

# The Needs of Subsurface Modeling Prompt a Search for the “Generation Next” Solution

## Обоснование необходимости следующего поколения решений по созданию геологических моделей

Jean-Claude Dulac

Жан-Клод Дюлак

So far, in the oil and gas industry, 3D grids have been used by two populations of geoscientists: the reservoir geologist and the reservoir engineers. Today when asking a reservoir geologist or reservoir engineer their most pressing difficulty in term of geomodeling, the most frequent answer is to fill the gap that exist between the geological structural model, typically modeled as a set of horizons and faults and the reservoir model, modeled as a 3D corner point grid.

In the industry, all grid modeling methods consist in modeling a 3D grid as a collection of cubic cells deformed to fit horizons and aligned in pillars along faults. We can imagine very easily the difficulty encountered when trying to fit these cubes inside certain geological configurations such as Y-faults. As models increase in structural and stratigraphic complexity the process of creating these grids has become cumbersome. The outcome is that in many cases the grids modeled do not honor requirements from either the reservoir geologist or the reservoir engineer. Based on these considerations, this article will show how gridding the subsurface should be addressed anew.

### Current Methods

In the upstream oil and gas industry field of 3D modeling and construction of 3D grids for reservoir simulation and reservoir characterization, the state-of-the-art among competing applications is roughly equal.

These 3D grids follow the sub-surface geometry (folding and faulting) to honor the current geological layers geometry. The current state of the art method for constructing these 3D grids is a three steps approach:

- Construction of the top of the reservoir;
- Construction of the base of the reservoir;
- Connect the top and base of the reservoir with pillars spread evenly on a 2D grid. One additional requirement is that these pillars must be aligned on faults. Faults are themselves composed of pillars and intersecting faults should have one identical pillar.

The construction of a 3D grid model is therefore decomposed into a series of 2D and 1D operations through the creation of the two 2D surfaces, and the construction of 1D pillars in the 3D space. This approach works well in simple,

Трехмерные сетки в первую очередь востребованы двумя группами специалистов нефтегазовой индустрии: специалистами, занимающимися геологическим моделированием месторождений и специалистами по гидродинамическому моделированию. Если в настоящее время задать специалистам вопрос о наибольших трудностях, возникающих в процессе геомоделирования, то самый распространенный ответ будет связан с проблемами преодоления различий между структурной геологической моделью, которая обычно включает серию тектонических нарушений и горизонтов и моделью резервуара, которая представляет собой трехмерную сетку.

Все существующие методы построения сеточных моделей представляют трехмерную сетку как набор кубических ячеек деформированных поверхностями горизонтов и ограниченных направляющими векторами – пилларами, расположенными вдоль разломов.

Нетрудно представить себе, насколько сложно вписать подобные кубики (ячейки) в такую ситуацию, когда в геологической модели есть оперяющие нарушения (Y-faults).

По мере усложнения модели в структурном и стратиграфическом отношении, процесс создания трехмерной сетки становится все более трудоемким. В большинстве случаев, результат такого моделирования не соответствует ни запросам геологов, ни запросам разработчиков. В соответствии с этим, в данной статье будет представлен новый подход к построению сеточной модели геологической среды.

### Методы, применяемые в настоящее время

В современной нефтегазовой отрасли уровень развития конкурирующих программных приложений, предназначенных для построения 3D сеток как для геологического, так и для гидродинамического моделирования остается примерно одинаковым.

3D сетка, следуя геометрии поверхностей и разломов, обеспечивает геометрию геологических слоев. Современные методы построения трехмерной сетки включают три этапа:

- построение кровли резервуара;
- построение подошвы резервуара;
- ассоциация кровли и подошвы резервуара с помощью пилларов (направляющих векторов), равномерно распре-

SOURCE / ИСТОЧНИК: PARADIGM



Jean-Claude Dulac is executive vice president and chief architect for Paradigm. Before joining the Paradigm team, he was founder and chief executive officer of Earth Decision, which was acquired by Paradigm in 2006. Prior to creating Earth Decision, he held positions at Unocal, including development manager and senior research geophysicist. In these roles, he managed the industrialization of GoCad, was responsible for most of the software architecture and design, and developed new techniques and programs for velocity analysis and velocity correction before or after depth migration. Prior to his work at Unocal, Dulac was a developer at Total. He holds an M.S. in geophysics from Stanford University and an M.S. in geology from Ecole Nationale Supérieure de Géologie in France.

Жан-Клод Дюлак является исполнительным вице-президентом и главным архитектором компании Paradigm. До начала работы в Paradigm он был основателем и исполнительным директором компании Earth Decision, купленной Paradigm в 2006 году. Прежде чем основать Earth Decision, Жан-Клод Дюлак занимал различные должности в компании Unocal, в том числе менеджера по развитию и старшего геофизика. Работая на этих позициях, Дюлак занимался индустриализацией программного обеспечения GoCad, отвечал за большую часть архитектуры и дизайна программного обеспечения, разрабатывал новые технологии и программы в сфере анализа и коррекции скоростей до и после глубинной миграции. Перед поступлением в Unocal Жан-Клод Дюлак был разработчиком в компании Total. Он также является обладателем ученой степени по геофизике Стэнфордского университета и ученой степени по геологии Высшей государственной геологической школы (Ecole Nationale Supérieure de Géologie) во Франции.

vertically faulted, layer cake geometries, or when the stratigraphy is not too complex (Fig. 1).

Unfortunately, geology is not that simple and many different structural deformation regimes will create more complex fault geometries as shown below (Fig. 2). Equally difficult will be the definitions of internal stratigraphy in between the top and bottom surface, when the internal stratigraphic surfaces geometry will differ strongly from the geometry of the top and bottom surfaces, or where thin layers need to be modeled.

The main default and limitation of this technique is the construction of the fault pillars. This process is a manual or semi-automatic process, tedious, cumbersome and possesses serious limitations in the complexity of models that it can handle. The one-by-one construction of pillars does not automatically ensure the consistency of the 3D model.

деленных по 2D сетке. Одно дополнительное требование заключается в том, чтобы пиляры были обязательно направлены вдоль плоскостей разломов. Разломы, в свою очередь, тоже описываются пилярами, и пересечение разломов друг с другом должно соответствовать определенному пиляру.

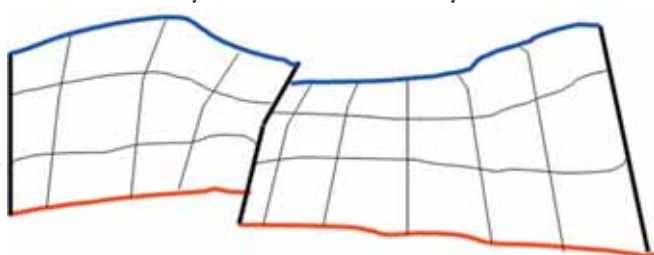
Построение трехмерной сеточной модели с использованием обычных подходов в силу вышесказанного распадается на серию одномерных и двумерных операций по созданию двух двумерных поверхностей и построению одномерных пиляров в трехмерном пространстве. Этот подход хорошо работает в простых геологических условиях, при наличии только вертикальных разломов, горизонтальном залегании слоев или в условиях незначительных литологических или стратиграфических несогласий. На рис. 1 представлена простая разломная модель, где подход с использованием пиляров является эффективным.

Однако геологические условия не так просты, и различные тектонические режимы создают разрывные нарушения очень сложной геометрии. Например, на рис. 2 продемонстрирована рифтовая система. Так же проблематично воспроизвести в модели внутреннюю стратиграфию между кровлей и подошвой, когда внутренние стратиграфические поверхности значительно отличаются от геометрии кровли или подошвы или когда нужно моделировать тонкие горизонты.

Основной недостаток и ограничение этой методики – построение сети разломов с помощью пиляров. Это процесс ручной, в лучшем случае полуавтоматический, трудоемкий, утомительный и содержит серьезные ограничения в случае сложных моделей. Построение пиляров друг за другом не гарантирует автоматически создание полноценной 3D модели. При использовании этой методики во многих случаях возникает необходимость игнорировать часть разломов, удаляя их из геологической модели или сильно деформировать их, чтобы построение модели стало возможным.

Кроме того, в среде, включающей оперяющиеся нарушения или сбросы, построение сетки с использованием пиляров вдоль нарушений приводит к нежелательной, а иногда и недопустимой, деформации геометрии ячеек.

SOURCE / ИСТОЧНИК: PARADIGM



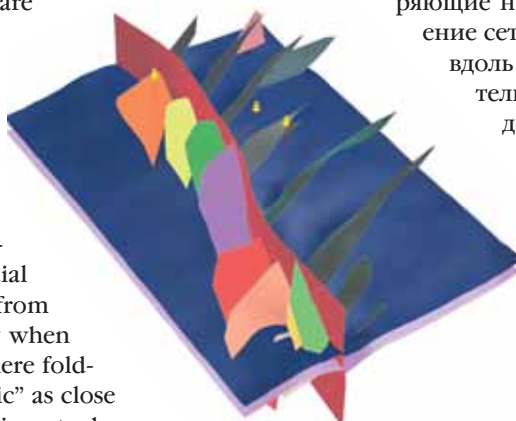
● Fig. 1. Simple faulted model where pillars approach works well  
● Рис. 1. Простая разломная модель, для которой использование «пиллар-технологий» является эффективным

In fact, by using this technique, there are many geological settings where faults need to be removed from the geological model or deformed substantially to allow the construction of a reservoir model.

In environments containing Y-faults or oblique faults, the grid constructed using pillars aligned to faults introduces deformations of the cells geometry that are unacceptable as discussed below.

Artifact of the “Pillars” Method

To perform reservoir simulation or reservoir characterization, the 3D grids must be populated with properties such as net-to-gross, porosity, permeability, etc. These properties are typically known at the well location and to populate these grids it is essential to perform extrapolation of log values away from the wells in a “geologic way”. More explicitly when extrapolating, we need to work in a space where folding and faulting is removed, and which “mimic” as close as possible the condition under which the sediment where



SOURCE / ИСТОЧНИК: PARADIGM

● Fig. 2. Fault Rift System with Complex Faulting  
● Рис. 2. Рифтовая система со сложными нарушениями

deposited. We call that space the “Paleo space” as each plane of that space represents a paleo-surface.

One method of extrapolation is based on geostatistics. Geostatistics main requirement is that distance between two grid nodes is the same in the current space or in the Paleo space anywhere in the volume. In the two cases shown below (Fig. 3), where we constructed a 2D grid with pillars parallel to some faults (and truncated by other in the case of the Y-fault example) it is clear that original distance between two samples is not preserved from the top to the bottom of the reservoir or that the restored space distances do not match the original depositional distance.

These artifacts lead to volume deformation, wrong spatial correlation of well samples, wrong geobodies computation, and wrong volumetrics.

### Introducing the Paleo-geochronological Transformation

The pillar approach based on being able to construct column of cells from a top horizon to a base horizon while honoring faults introduces large deformation of the transformation of the XYZ space to the Paleo-space which leads to erroneous volumes.

To correct these problems we are introducing a new full 3D transformation from the XYZ space to the Paleo-space called the “UVT-Transform”. The construction of this transformation is simple. We assign to a given horizon (seismic

### Артефакты метода «пилларов»

Для гидродинамического моделирования и определения характеристик коллектора 3D сетка должна быть заполнена свойствами, такими как песчаность, пористость, проницаемость и т.д. Данные свойства обычно известны в точках скважин и насыщение сетки заключается в геологической «экстраполяции» этих значений от скважин в геологическое пространство. Наиболее очевидно, что для экстраполяции геологам и разработчикам необходимо работать в такой среде, где не существует границ и разломов, и это возможно при условии имитации той среды, в которой проходило осадконакопление. Эту среду можно назвать «палеопространством», так как каждая плоскость этой среды представляет собой палеоповерхность.

Один подход экстраполяции основывается на геостатистике. Основное условие использования геостатистических методов заключается в том, чтобы расстояние между двумя узлами сетки в текущей геологической ситуации и в палеопространстве было одинаковым в любой точке объема. В двух случаях, показанных на рис. 3, 2D сетка с пилларами была построена параллельно ограничивающим нарушениям (и вариант сетки в случае оперяющих нарушений). Очевидно, что расстояние между точками в кровле и подошве резервуара не сохранено, и это расстояние не соответствует начальному расстоянию, на этапе осадконакопления.

Эти артефакты, как следствие объемной деформации, ведут к ошибочной пространственной корреляции сква-

## News from the Russian Branch of Paradigm™

In the second half of February, HP and Intel made an announcement of the completion of realization of the project on construction of a computer complex intended for solving problems of seismic data processing and migration for the company Paradigm™. This complex is based on the innovative clustering technology of HP and Intel and provides computational capabilities necessary for the oil and gas sector of Russia.

New computational capabilities of the complex will enable Paradigm™ to significantly accelerate seismic data processing for their customers by reducing the time of the operational cycle and improving the quality of the results. While the volume of data to be processed is constantly increasing, and time allocated for its processing is being reduced, the new complex will enable the Paradigm customers to quicker and more efficiently perform computation, search and exploration of new hydrocarbon resources and increase reserves. “Being a leading supplier of technologies for processing and interpretation of geological and geophysical data, and also – designing of well drilling, Paradigm™ devotes special attention to extending of its own computational capabilities, which will enable them to reduce the operational cycle time during data processing, – said Nikolai Baranskiy, Paradigm vice president for operations in Russia and the CIS countries. – Working in close cooperation with our engineers, HP and Intel proposed the optimal innovative solution developed for our sector, which will enable Paradigm™ to expand the range of rendered services and meet the demands for seismic data processing and migration.” HP ProLiant DL140G3 servers on the basis of quad-core processors Intel® Xeon®, series 5300 were used as computational nodes; they

## Новости от российского отделения компании Paradigm™

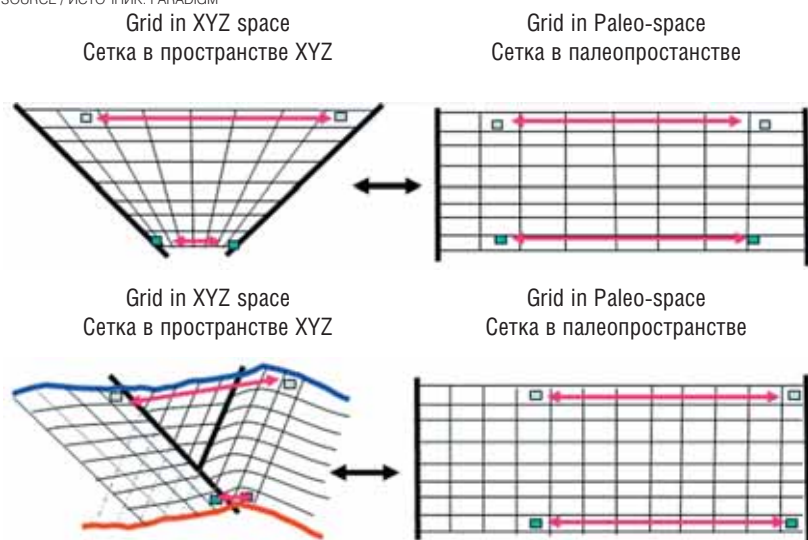
Во второй половине февраля компании HP и Intel объявили о завершении реализации проекта по построению вычислительного комплекса для решения задач обработки и миграции сейсмических данных для компании Paradigm™. Данный комплекс основан на инновационной кластерной технологии HP и Intel и предоставляет вычислительные мощности, необходимые нефтегазовой отрасли России.

Новые вычислительные ресурсы комплекса позволят Paradigm™ значительно ускорить обработку сейсмических данных для своих клиентов, сократив время рабочего цикла и повысив качество результатов. В то время как объемы обрабатываемых данных постоянно растут, а сроки, отводимые на их обработку, сокращаются, новый комплекс позволит заказчикам Paradigm™ быстрее и эффективнее производить расчеты, осуществлять поиски и разведку новых углеводородных ресурсов и наращивать запасы.

«Компания Paradigm™, являясь ведущим поставщиком технологий для обработки и интерпретации геолого-геофизических данных, а также проектирования скважин и бурения, уделяет особое внимание увеличению собственных вычислительных мощностей для сокращения времени производственного цикла при выполнении обработки, – говорит Николай Баранский, вице-президент Paradigm по операциям в России и СНГ. – Работая в тесном сотрудничестве с нашими инженерами, компании HP и Intel предложили наиболее оптимальное инновационное решение, разработанное для нашей отрасли, которое позволит Paradigm™ расширить спектр предоставляемых услуг и удовлетворить растущий спрос на услуги по обработке и миграции сейсмических данных».

В качестве вычислительных узлов используются серверы HP ProLiant DL140G3 на базе четырехъядерных процессоров Intel® Xeon® серии 5300, характеризующиеся сбалансированной систем-

SOURCE / ИСТОЧНИК: PARADIGM



● Fig. 3. Top graph: Deformation of distances between the top and bottom of the reservoir induced by the pillar gridding (oppositely dipping faults case). Bottom graph: Deformation of distances between the top and bottom of the reservoir induced by the pillar gridding (Y-fault case).  
 ● Рис. 3. Верхняя схема: деформация расстояний в кровле и подошве пласта, в случае построения сеточной модели на основе пилларов в пределах тектонических нарушений. Нижняя схема: деформация расстояний в кровле и подошве пласта, в случае построения сеточной модели на основе пилларов в пределах оперяющего нарушения.

жинной информации, неправильно определению геологических тел и расчету объема ловушки.

Введение в палео-геохронологическую трансформацию

Подход с использованием пилларов, основанный на возможности формирования колонки ячеек от кровли горизонта к его подошве, с учетом направлений разломов, приводит к значительной деформации всей конструкции при трансформации XYZ пространства в палеопространство, что ведет к получению ошибочных объемов.

Решение подобных проблем возможно путем новой полной 3D трансформации (UVT – преобразование) из XYZ пространства в палеопространство. Эта трансформация осуществляется довольно просто. Уникальное геохронологическое время (T) присваивается каждой точке горизонта сейсмической интерпретации и/или скважинным маркерам. В XYZ пространстве поверхность, определяемая значением T, будет нарушенной разломами или складками, а в UVT пространстве, поверхность будет ровной (плоской). Координаты «UV»

SOURCE / ИСТОЧНИК: PARADIGM



● Paradigm, Intel and HP succeeded in expanding capacities for seismic data processing for the Russian oil and gas companies.  
 ● Успешное сотрудничество компаний Paradigm, Intel и HP позволило расширить мощности для обработки сейсмических данных, используемых российскими нефтегазовыми компаниями.

are characterized by a balanced system architecture and optimal price/performance ratio. Total amount of processor cores in the complex is 512; the planned peak performance will be over 4.7 teraflops, total RAM space – over 1 TByte. Network infrastructure of the computational cluster is built on the basis of ProCurve solutions of HP. OS Linux is used as the operating system for the computational nodes of HP cluster.

This is the first installation of Paradigm on the basis of the quad-core technology. The project of the computational complex integration was realized by the specialists of HP and Paradigm, and the cluster was delivered in the record time – within one month.

“We see today that HPC become more and more important in the business of oil-and-gas companies worldwide including Russia, as the results of computations affect decision-making on the field development and evaluation of possible risks, – mentioned Owen Camp, vice president and general director of HP Russia. – The developed cluster will enable the Russian customers to considerably

ется ОС Linux.

Для Paradigm это первая инсталляция на базе четырехядерной технологии. Проект интеграции вычислительного комплекса был реализован специалистами HP и Paradigm, при этом поставка кластера была осуществлена в рекордно короткие сроки – в течение одного месяца.

«Сегодня мы видим, что высокопроизводительные вычисления занимают все более важное место в бизнесе нефтегазовых компаний по всему миру, в том числе и в России, поскольку результаты проводимых расчетов влияют на принятие решений о разработке месторождений и оценку возможных рисков, – отметил Оуэн Кемп, вице-президент и генеральный директор HP Россия. – Созданный кластер позволит российским заказчикам значительно снизить издержки, эффективно использовать ресурсы и, таким образом, заметно улучшить коммерческие показатели, быстро и качественно проводя необходимые расчеты».

«Для разработки одного месторождения нефти или газа разведывательная компания должна обработать информацию объ-

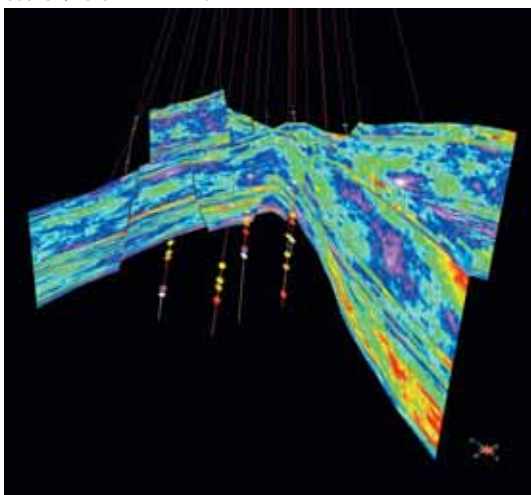
interpretation scattered points and/or well markers) a unique geochronological time (T). In the XYZ space the surface defined by that T will be faulted and folded, but in the UVT space, the surface will be a plane (by definition). The UV represents the two other dimension of the Paleo-space and defines the paleo-geography of each T plane. Given a collection of (X, Y, Z) points where (U, V, T) is known this transformation is interpolated using D.S.I. in the volume where faults are discontinuities.

The key to the “UVT Transform” or paleo-geochronological transform is that this transformation is defined everywhere in the 3D space. Horizons surfaces are result of this transformation and not an input. This is the fundamental step change.

### Introducing the Geologic Grid

Using the paleo-geochronological transform we can construct a grid inside the XYZ space. This grid will not have cells column parallel to faults, i.e. cells will be split by faults and offsetted by the fault throw. An image of such a geologic grid is shown below (Fig. 4). The constant cell dimensions and their regular shape across the entire domain is ensured through the use of specific D.S.I constraints when interpolating the paleo-geochronological transform.

SOURCE / ИСТОЧНИК: PARADIGM



● Fig. 4. Cell Geometry Inside a Geologic Grid and Fault Throw

● Рис. 4. Геометрия ячеек в геологической сетке в пределах тектонических нарушений

представляют остальные два измерения палеопространства и определяют палеогеографию каждой T плоскости. Для заданных точек (X, Y, Z) с известными (U, V, T) координатами, результаты этого преобразования интерполируются с использованием алгоритма D.S.I. в пространство, в котором разломы остаются разрывными нарушениями.

ями.

Ключ к пониманию «UVT – преобразования» или палео-геохронологической трансформации в том, что эта трансформация происходит в каждой точке трехмерного пространства. Поверхности горизонтов являются результатом этого преобразования, а не входными данными. Это фундаментальное изменение подхода к моделированию.

### Представление объекта геологической сетки

С использованием палео-геохронологической трансформации сетка может быть построена внутри XYZ пространства, при этом колонки с ячейками не должны быть направлены параллельно разломам, ячейки могут пересече-

reduce costs, efficiently use resources and, therefore, improve their commercial performance by quick and high-quality computations.”

“For development of an oil or gas field, the exploration company has to process information of at least 100 TByte, which is ten times more than the total volume of the published information accumulated by the U.S. Congress Library, – said Dmitry Konash, regional director of Intel Corporation in the CIS countries. – That is why the oil and gas sector has got one of the most dynamically developing computer infrastructures on the basis of high-performance systems – annual growth of computational capabilities of the world oil and gas sector varies from 50 to 100 percent. Software algorithms used by exploratory companies for discovery of oil fields are extremely sophisticated, and their complexity is still developing. Quad-core processors Intel Xeon on the basis of micro-architecture Intel Core display excellent performance, especially in applications for seismic analysis used for hydrocarbon field exploration.”

It is necessary to note that, according to the recent rating listing of 500 high-performance computer systems in the world (Top500), 354 positions in it are taken by SMP-systems and clusters on the basis of Intel® processors.

In the 4th Quarter of the last year, Intel officially announced that a new generation products were released – a family of processors code-named Penryn which is created on the basis of the advanced 45-nm manufacturing technology. Intel anticipates that computational nodes on the basis of the latest 2- and 4-core processors, designed based on the 45-nm technology, will find the widest application in clustering complexes used by the oil industry for hydrodynamic calculations, seismic data processing and graphical simulation (for more detailed information on 45-nm Intel technology see OGE, Issue 2, 2008, page 13, and also our web-site: <http://www.oilandgaseurasia.com/ru/news/p/2/news/1772>).

емом не менее 100 ТБ, что в десять раз больше всего объема печатной информации, накопленной библиотекой Конгресса США, – сообщил Дмитрий Конаш, региональный директор корпорации Intel в странах СНГ. – Поэтому нефтегазовая отрасль обладает одной из наиболее динамично развивающихся компьютерных инфраструктур на базе высокопроизводительных систем – рост вычислительных мощностей мировой нефтегазовой отрасли в целом составляет от 50 до 100% в год. Программные алгоритмы, используемые разведывательными компаниями для обнаружения нефтяных месторождений, чрезвычайно сложны, причем их сложность продолжает расти. Четырехъядерные процессоры Intel Xeon на базе микроархитектуры Intel Core демонстрируют отличную производительность, особенно в приложениях для сейсмического анализа, используемых для поисков и разведки месторождений углеводородов».

Необходимо отметить, что согласно недавнему списку рейтинга 500 наиболее высокопроизводительных вычислительных систем в мире (Top500), 354 позиции в нем занимают SMP-системы и кластеры на базе процессоров Intel®.

В четвертом квартале прошлого года компания Intel официально объявила о выпуске продукции нового поколения – процессоров, семейство которых в настоящее время имеет кодовое наименование Penryn и создано на базе передовой 45-нм производственной технологии. Intel ожидает, что вычислительные узлы на базе новейших двух- и четырехъядерных процессоров, созданных по 45-нм технологии найдут самое широкое применение в кластерных комплексах, используемых нефтяниками для гидродинамических расчетов, обработки сейсмических данных и графического моделирования (более подробная информация о 45-нм технологии Intel представлена на страницах НГЕ, № 2, 2008, стр.13, а также на нашем сайте: <http://www.oilandgaseurasia.com/ru/news/p/2/news/1772>).

## A Step Change in Modeling

The new unified modeling approach is a step change in modeling. There are no horizon surfaces to create, no pillars to create between a top and a bottom horizon, no pillars to align when faults are in contacts, four time-consuming steps. The user constructs a faulted volume and all horizons and 3D grids are constructed simultaneously as the paleo-geochronological transform is computed.

Working with a paleo-geographically 'correct' mesh, geobodies, reservoir properties and other attributes can be correctly modeled in their depositional state.

The volumic approach is a step change compared to previous modelers. All the models constructed with the new unified modeling approach can be constructed in hours versus weeks or months. Below is a table comparing pillar-based

**Table 5**

Geological setting	Pillar modeling time	SKUA modeling time
Compressive environment Reverse faults Large displacements	3 days	2 hours
Extensive environment 51 faults 3 thin beds and 12 horizons	Model is 4 models 2 months	3 hours
Highly compressive thrust 30 faults	2 Weeks	2 hours

**Таблица 5**

Геологическая обстановка	Время моделирования на основе «пиллар-технологий»	Время моделирования в SKUA
Взбросы Значительные дислокации в условиях сжатия	3 дня	2 часа
Значительная площадь 51 сброс 3 тонких пласта и 12 горизонтов	Построено 4 модели 2 месяца	3 часа
Сильное осевое сжатие 30 сбросов	2 недели	2 часа

каться разломами и интервалами смещений в разломах. Изображение подобной геологической сетки представлено на рис. 4, где показана геометрия внутренней геологической сетки и смещений по разломам. Постоянные размеры ячеек и их правильная форма обеспечиваются использованием определенных ограничивающих условий при интерполяции методом D.S.I. в ходе выполнения палео-геохронологического преобразования.

**adv**

modeling time and SKUA modeling time (Table 5). The models built in the new unified modeling approach contain all interpreted faults while traditional models have fewer and deformed faults to follow the pillar model constraints.

### Better Reservoir Models

The construction of geological models that honor structural and stratigraphic complexities lead to the construction of better reservoir models, which enable better history matching, and enable better production forecasts.

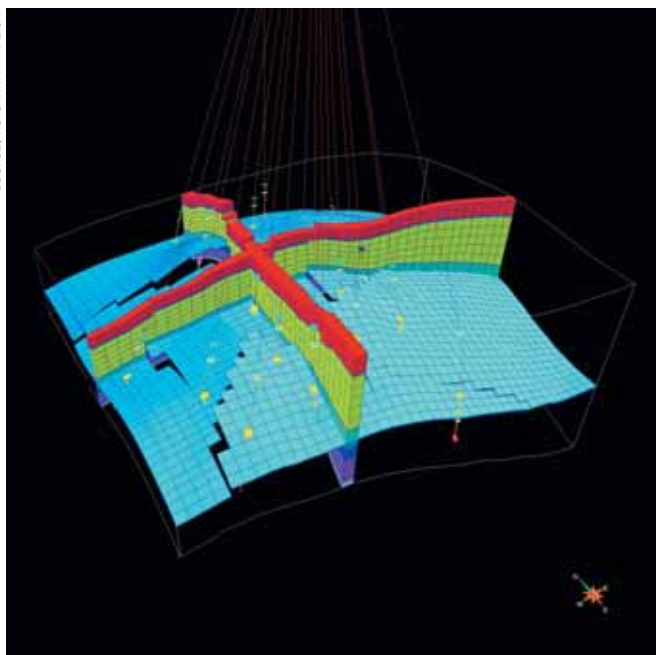
Requirements for flow simulators and geological modeling grids are different and the new unified modeling approach differentiates between a geological grid and a flow simulation grid which is not the case for most modeling applications. Flow simulation grids created in the new unified modeling approach are corner point grids which can have faults represented as pillars or as stair steps across mostly vertical pillars (Fig. 6). The choice is left to the reservoir engineer which technique will be used. Correct upscaling from the geologic grid to the reservoir grid is insured because of the information contained in the unified volumetric model.

### Conclusion

Today modeling technology suffers from the assumption that geological grids and reservoir flow simulation grids should be modeled similarly. In fact, none are modeled optimally. Using the paleo-geochronological transform the new unified modeling approach revolutionizes the world of geological modeling producing in record time paleo-geographically “correct” mesh and a future paper will show how the new unified modeling approach also revolutionizes the world of reservoir flow simulation grids.

Removing the modeling barrier makes it possible to provide better reservoir models that will allow better history matching, which will produce better production forecast. In parallel, it will enable studying of more geological scenarios, thus reducing overall exploration and production risk. ●

● Fig. 6. Stair-Step Flow Simulation Grids Generated by Unified Modeling Approach  
● Рис. 6. Ступенчатые сетки для имитации потока, созданные с использованием SKUA



### Принципиально другой подход к моделированию

Новый унифицированный подход позволяет коренным образом пересмотреть процесс моделирования. Нет необходимости создавать поверхности горизонта, создавать пиляры между кровлей и подошвой, не нужно выстраивать пиляры на замыкании разломов – то есть, за счет сокращения всех этих длительных этапов экономится время. Пользователь строит тектоническую модель, а все горизонты и объемная сетка строятся одновременно с расчетом палеохронологической трансформации. Работая с палеохронологическими «корректными» ячейками, можно правильно моделировать геологические тела, коллекторские свойства и другие характеристики.

Объемный подход является прорывом по сравнению с существующими технологиями моделирования. Все модели, построенные благодаря новому унифицированному подходу, заняли часы в сравнении с неделями и месяцами, отведенными для моделирования. В таблице 5 приводится сравнение времени, затраченного на построение моделей с использованием технологий, основанных на пилярах, и новой технологии моделирования SKUA. Модели, созданные с помощью нового подхода включают все нарушения, полученные на этапе интерпретации, в то время как в традиционных подходах, с использованием пиляр-технологий, нарушения приходится деформировать или игнорировать некоторые из них.

### Построение более точных гидродинамических моделей

Построение геологических моделей включающих все структурные и стратиграфические особенности среды позволяет создавать более качественные гидродинамические модели, которые лучше соответствуют истории разработки и позволяют более надежно прогнозировать добычу.

Требования к геологическим сеткам и сеткам для гидродинамического моделирования различны и новый подход моделирования позволяет дифференцировать эти сетки, что не делается при стандартном подходе. Сетки для гидродинамического моделирования, созданные в новом программном приложении могут включать разломы, как в виде пиляров (направляющих векторов), так и в виде ступенек вдоль вертикальных пиляров (рис. 6). Выбор методики остается на усмотрение инженера-разработчика. На основе информации, содержащейся в объемной модели, может проводиться укрупнение сетки.

### Выводы

В настоящее время на технологиях негативно сказывается условие о том, что геологические сетки и сетки для гидродинамического моделирования должны моделироваться одинаково. В результате моделирование ни тех, ни других не получается оптимальным. С использованием палео-геохронологического преобразования, новый комплексный подход вносит революционные изменения в область геологического моделирования, позволяя создавать в рекордно короткое время палео-географически «корректные» ячейки. В следующей работе будут показаны революционные изменения, которые вносит новый комплексный подход в создание сеток для гидродинамического моделирования.

Устранение барьеров в моделировании позволит строить более качественные модели пласта с более точным согласованием истории разработки месторождения, которые обеспечат более надежное прогнозирование добычи. Параллельно можно будет рассматривать большее число геологических сценариев, что приведет к снижению рисков, связанных с разведкой и добычей. ●