

# Unique Solutions

## Creating High-Precision Subsurface Models

# Уникальные решения компании Paradigm

## для построения высокоточных моделей среды

Konstantin Smirnov, Tatyana Malyarova, Tatyana Olneva

Константин Смирнов, Татьяна Малярова, Татьяна Ольнева

The degree of economic efficiency and the field life cycle depends in many ways on how deep the specialists understand its geological structure. At the stage of exploration and initial evaluation, the a priori geological model makes it possible to avoid drilling of “dry” wells and helps to put the field on production. The consequent field development optimization on the basis of the more detailed geological information enables minimizing operating costs, increasing production and extending the period of the field exploitation. The field study is performed at all stages of its life cycle. The depth of the analysis of the obtained information and degree of its involvement in the consequent decision-making process depends to a large extent on the level of the software technologies maturity.

The Paradigm technologies, aimed at the detailed subsurface study, include seismic and well data processing and interpretation solutions, workflows for geological model building, risk and uncertainty analysis tools and well planning and geosteering solutions. In June of 2008, the first release of Paradigm SKUA™, the brand new software product for 3D geological modeling was issued. This product is based on the conceptually new approach and makes a claim to be the integrator in the company's software solutions portfolio.

The authors evaluated the new technology capabilities on one of the Russian fields having a complex tectonic structure. State-of-the-art tools for automatic horizons and faults correlation (3D Propagator and FaultTrack), patented algorithms for coherence cube computation and special capabilities of volume visualization ensured a high degree of detail of the structural frame, which included more than a hundred of various faults (X, Y,  $\lambda$ , dying faults) (Fig. 1). Such a scrupulous approach of the interpreters is not always appreciated by the modelers, as the “inconvenient” faults are often ignored and not included into a geological model. The SKUA technol-

Степень эффективности экономической отдачи и продолжительность жизненного цикла месторождения во многом зависят от глубины понимания специалистами его геологического строения. На этапе разведки и первичной оценки априорная геологическая модель позволяет избежать бурения сухих скважин и помогает ускорить ввод объекта в эксплуатацию. Цели последующей разработки на основе более детальной геологической модели – минимизировать операционные затраты, увеличить добычу и продлить период эксплуатации месторождения. На каждом этапе жизни месторождения идет его непрерывное изучение. Глубина проработки получаемой информации, ее востребованность и степень вовлечения в последующее принятие решений во многом зависят от уровня программных технологий.

Технологии компании Paradigm, направленные на изучение геологического строения месторождения, включают работу с сейсмическими данными, обработку и интерпретацию каротажных диаграмм, решения по геологическому моделированию, анализу неопределенности и рисков, а также планирование и мониторинг бурения. В июне 2008 года вышел первый релиз принципиально нового программного продукта по объемному геологическому моделированию – Paradigm SKUA™. Программный продукт основан на революционном подходе и претендует на роль интегрирующего звена в общей цепочке технологических решений компании.

Новая технология была протестирована авторами на примере одного из сложнопостроенных в структурно-тектоническом отношении Российских месторождений. Современные инструменты автоматической корреляции горизонтов и тектонических нарушений 3D Propagator и FaultTrack, запатентованные алгоритмы расчета кубов когерентности, особые возможности объемной визуализации обеспечили высокую степень детальности структурно-тектонического каркаса, который включал более сотни разломов различного характера (X,

ogy makes it possible to bridge the gap between the seismic interpretation detail and capabilities of the traditional “pillar” geological modeling solutions. The unique mathematical approach enables generation of the structural framework of any complexity, therefore, all the interpreted faults found their place in the geological model without any simplifications, the same as one of the beds 2 meters thick, modeled based on the well data only (Fig. 2).

Properties distribution is the important step in the subsurface modeling. The result of the process depends on the one hand on the data available (such as impedances cubes, seismic facies data, etc.) which enables the most precise prediction of petrophysical parameters in the inter-well space, and on the other hand – on the inner structure of the grid model, which should be correct for geostatistical algorithms to be applied.

Seismic facies maps obtained in the Stratimagic package by the automatic classification of seismic amplitude and P-wave velocity cubes (the result of amplitude inversion in the Vanguard package) enabled mapping of the areas of sandstone with bigger (up to 25 meters) and smaller (up to 6-8 meters) reservoir thickness, and delineation of the zone in which the reservoir is divided into two separate beds by a clay interlayer.

The SKUA technology implies the capability for generation of two cell models on the basis of the common structural framework: Geological Grid и Flow Simulation Grid. The Geological Grid model consists of uniform cells and presents the optimal space for geostatistical algorithms application (Fig. 2). The Flow Simulation Grid model is designed to solve the simulation tasks; its inner grid structure is adapted to the enquiries of the software applications in respect of solvers. With an account for all available data, properties were distributed in the Geological Grids model (Fig. 2), and were subsequently rescaled into a Flow Simulation Grid.

As a result of the innovative solutions integrated approach, the authors succeeded to obtain a conceptually new level of detail of the subsurface, which would enable estimating the reserves more precisely and optimizing well drilling. Which in turn will guarantee both the field life cycle duration and the higher economic efficiency of the production. ♦

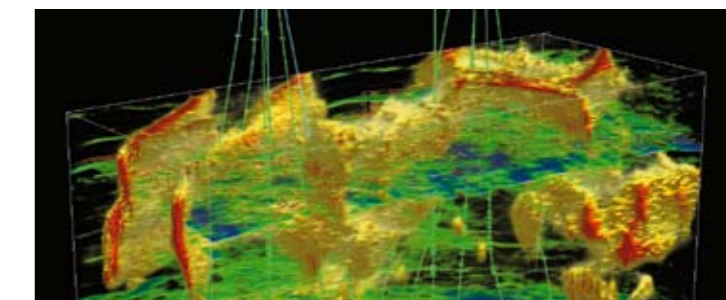
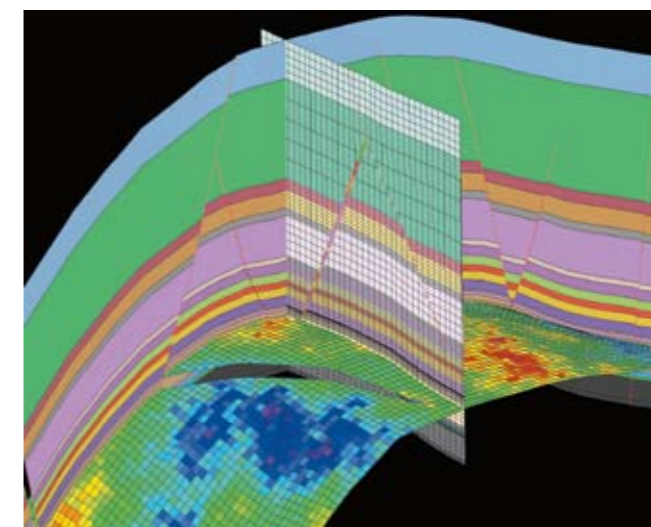


Fig. 1. Multi-attributes concurrent visualization and interpretation in VoxelGeo makes it possible to easily understand and build the field structural framework. Рис. 1. Совместная визуализация и интерпретация различных типов данных в приложении VoxelGeo позволяет быстро понять и построить структурно-тектонический каркас месторождения.

$\lambda$ , затухающие разломы) (рис. 1). Такой скрупулезный подход интерпретаторов не всегда по достоинству оценивается модельерами, так как «неудобные» для построения сеточной геологической модели разломы зачастую просто игнорируются. Технология SKUA позволяет преодолеть разрыв между детальностью сейсморазведки и возможностями традиционных «пилларных» технологий геологического моделирования. Уникальный математический подход обеспечивает создание структурно-тектонического каркаса любой сложности, поэтому все проинтерпретированные разломы без упрощения формы нашли свое отражение в геологической модели, как и один из пластов, мощностью 2 м, отстроенный только по данным скважин (рис. 2).

Важным этапом в построении модели среды является распределение свойств. Большую роль в этом процессе с одной стороны играют тренды, такие как куб акустического импеданса, данные сейсмофациального анализа, позволяющие наиболее точно спрогнозировать петрофизические параметры пласта в межскважинном пространстве, с другой стороны внутренняя структура сеточной модели, которая должна быть корректной для работы геостатистических алгоритмов.

Карты сейсмофаций, полученные в пакете Stratimagic путем автоматической классификации кубов амплитуд и псевдоскоростей (результат амплитудной инверсии в пакете Vanguard), позволили закартировать области распространения песчаников с повышенной (до 25 м) и пониженной мощностью коллектора (до 6-8 м), и ограничить зону, в которой коллектор в продуктивном интервале разделен глинистым прослоем на два отдельных пласта.

Технология SKUA включает в себе возможность создания на основе структурно-тектонического каркаса двух сеточных моделей: Geological Grids и Flow Simulation Grids. Geological Grids состоит из равномерных ячеек и представляет собой идеальное пространство для работы геостатистических алгоритмов (рис. 2). Flow Simulation Grids предназначена для решения задач гидродинамического моделирования и адаптирована по своей внутренней сеточной структуре к запросам программных приложений по гидродинамике. С учетом сейсмических трендов и данных сейсмофациального анализа в модели Geological Grids были распределены фильтрационно-емкостные свойства (рис. 2), в дальнейшем перемасштабированные в модель Flow Simulation Grids.

В результате интегрированного применения современных программных технологий авторы реализовали в модели принципиально новую детальность геологической среды, которая позволит специалистам, работающим с этим объектом, более точно оценить запасы и тщательнее спланировать размещение скважин. В этом случае возрастут как вероятность увеличения продолжительности жизненного цикла месторождения, так и вероятность повышения экономической эффективности его эксплуатации. ♦

- Geological model (Geological Grid), generated by the leading-edge SKUA technology, includes the faults of any complexity, guarantees the correct properties modeling.
- Геологическая модель, построенная с использованием революционной технологии SKUA, включающая тектонические нарушения любой степени сложности, гарантирует корректное распределение свойств.

### AUTHOR'S BIO

**Konstantin Smirnov** – Head of the Business Development Group at the Paradigm Moscow office. Graduate of the Lomonosov Moscow State University. His interests include seismic exploration data processing, interpretation and modeling.  
**Tatyana Malyarova** – Business Development Manager at the Paradigm Moscow office. Her interests include forecasting reservoir properties based on seismic data with application of amplitude inversion and seismic facies analysis. Graduated with honors from Perm State University.  
**Tatyana Olneva** – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Business Development Manager at the Paradigm Moscow office. Graduate of Kazan State University, Presidential Program on Management Training. Key area of interest – management.

### ОБ АВТОРАХ

**Константин Смирнов** – руководитель группы по развитию бизнеса московского офиса компании Paradigm. Закончил Московский государственный университет им. Ломоносова. Область интересов – обработка и интерпретация данных сейсморазведки, моделирование.  
**Малярова Татьяна** – менеджер по развитию бизнеса московского офиса компании Paradigm. Область интересов – прогноз свойств резервуара по сейсмическим данным с использованием амплитудной инверсии и сейсмофациального анализа. Закончила с отличием Пермский государственный университет.  
**Ольнева Татьяна** – кандидат геолого-минералогических наук, менеджер по развитию бизнеса московского офиса компании Paradigm. Закончила Казанский государственный университет. Президентскую программу по подготовке управленческих кадров. Область интересов – менеджмент.