



# Симулятор INTERSECT для детального моделирования процессов разработки - опыт внедрения в России и мире

**А.С. ВОЗНЮК,**  
ведущий специалист по  
гидродинамическому  
моделированию

Schlumberger Information Solutions

**Д.С. МЕЗЕНЦЕВ,**  
заместитель  
начальника отдела

ООО «НОВАТЭК НТЦ»

**А.В. ЮЖАНИНОВ,**  
заместитель главного геолога по  
разработке месторождений

ОАО «ЯмалСПГ»

*Как и во многих странах, в российской нефтегазовой отрасли все чаще вводятся в эксплуатацию более сложные, чем прежде, месторождения. Такие проекты диктуют особые условия их осуществления, требуют применения новых принципов при разработки самой стратегии освоения месторождений.*

## INTERSECT SIMULATOR FOR DETAILED SIMULATION OF DEVELOPMENT PROCESSES, EXPERIENCE OF IMPLEMENTATION IN RUSSIA AND WORLD WIDE

**A. VOZNYUK,** SIS; **D. MEZENTSEV,** NOVATEK Research and Development Center LLC;  
**A. YUZHANINOV,** Yamal LNG OJSC.

More complicated fields are placed on production in Russian oil and gas industry with ever increasing frequency like in many other countries. Such projects impose special conditions for their implementation and require application of new approaches to generation of field development strategies.

Keywords: NOVATEK Research and Development Center, Yamal LNG, high resolution geological model, integrated simulation, drainage areas, next generation simulator, INTERSECT

### ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ В НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ: КУРС НА НЕТРАДИЦИОННЫЕ ЗАПАСЫ

Сегодняшние тенденции развития мировой нефтегазовой отрасли можно охарактеризовать фразой «Время «легкой» нефти подходит к концу». Все больше новых месторождений с осложненными условиями разработки вводятся в эксплуатацию, такие понятия как «сланцевая революция» («shale revolution»), «глубоководное бурение» («deep water drilling») все чаще встречаются в публикациях, и в том или ином виде без них не обходится ни

одна современная нефтегазовая научная конференция. Кроме того, все больший интерес вызывают такие технологии, как многостадийный ГРП, методы увеличения нефтеотдачи и термические процессы нефтеизвлечения.

Российские нефтегазовые компании не являются исключением и также активно работают в данном направлении, правда, в умеренной форме – процесс ввода в эксплуатацию более сложных месторождений в России можно увидеть, в частности, на примере Восточной Сибири, Ямальского полуострова, опробования технологий методов увеличения нефтеотдачи (полимерное заводнение, закачка газа-растворителя и проч.) на месторождениях поздней стадии разработки. Все эти проекты связаны с целым рядом проблем с геологической точки зрения (многопластовые залежи, карбонатные коллекторы и т.д.) и в большинстве случаев требуют применения (а иногда и разработки) новых принципов при проектировании стратегии освоения месторождения.

Упомянутые выше тенденции предполагают целый ряд дополнительных требований для инструментов и методов моделирования:

- Рост объема и качества данных пластовых исследований (каротажи, сейсмические исследования и проч.), новые методы нефтеизвлечения и переход к месторождениям с более сложной геоло-



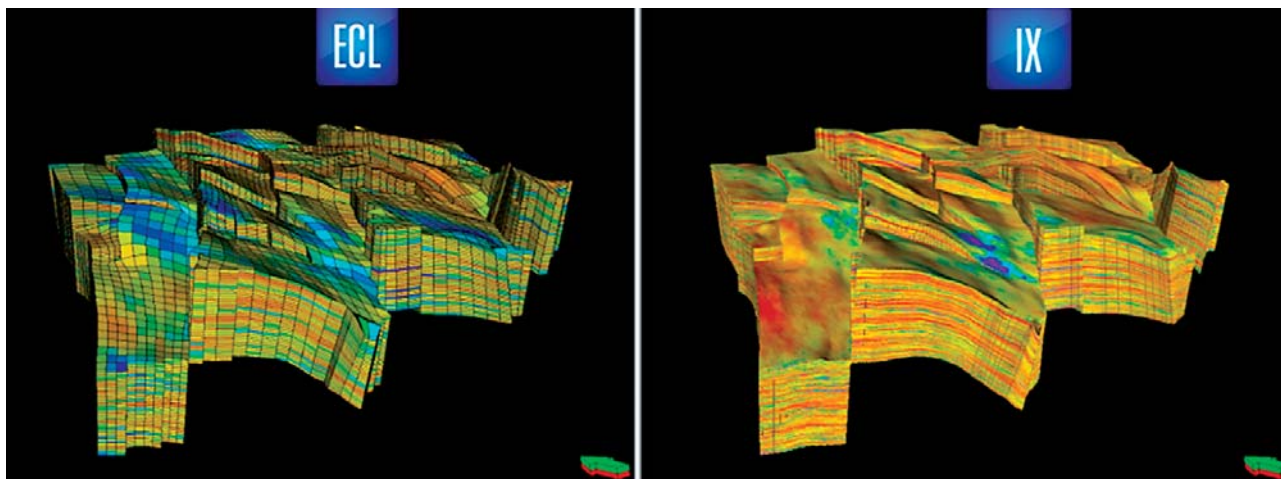


Рис. 1. ПО INTERSECT – программный продукт для фильтрационных моделей высокого разрешения

гией пластов требуют для фильтрационных моделей максимально возможную детализацию («геологическая модель высокого разрешения»).

- Совершенствование систем наземного оборудования делает все более обязательным требование учета в моделировании взаимовлияния пластовых условий и наземной инфраструктуры – так называемое интегрированное моделирование становится все более востребованной технологией, при этом особенно важным фактором в ряде случаев является учет композиционных эффектов в пласте и в наземной сети.

- Максимальная гибкость в управлении разработкой – проверка на модели различных сценариев и имитация возможных решений при оптимизации, как правило, проходят в условиях сравнительно небольшого времени, отведенного на проектирование. Такое ограничение требует от современных инструментов моделирования возможности создания соответствующих сценариев на основе условных операторов, способных учитывать взаимосвязь разнородных элементов модели. Примером подобных задач может служить, скажем, возможность управления скважинами и группами на основе показателей региона, с автоматическим определением списка скважин, работающих в данном регионе.

- Набирающая популярность концепция анализа неопределенности при моделировании разработки обуславливает необходимость проведения в рамках проекта гораздо большего числа расчетов, чем в традиционном проектировании. При этом, с учетом того, что общие сроки проектирования, как правило, остаются теми же или даже сокращаются, – современный гидродинамический симулятор должен обеспечивать максимальную скорость расчета моделей, в том числе за счет эффективного использования параллельных расчетов и вычислительных суперкомпьютеров.

Приведенный набор требований, по сути, формирует портрет симулятора нового поколения – обеспечивающего быстрые расчеты на детальной сетке для моделей со сложными геологическими условиями, а также предоставляющий возможность совместного расчета пласта и наземной сети и максимально гибкого управления разработкой месторождения при моделировании.

### СИМУЛЯТОР INTERSECT – РЕШЕНИЕ SCHLUMBERGER ДЛЯ МОДЕЛЕЙ ВЫСОКОЙ СТЕПЕНИ ДЕТАЛИЗАЦИИ

Для решения подобных задач компания Schlumberger Information Solutions при участии компаний Chevron и Total разработала симулятор INTERSECT\* (рис. 1) – программный продукт, позволяющий эффективно обрабатывать модели с большим количеством ячеек и с ячейками малого размера, обеспечивающий эффективное распараллеливание расчетов на большом количестве процессоров, поддерживающий работу как с упрощенной моделью флюида (т.н. модель черной нефти), так и с композиционным описанием пластовых флюидов, моделирование процессов увеличения нефтеотдачи, в т.ч. термических.

Пилотные проекты по внедрению симулятора INTERSECT в международных нефтегазовых компаниях (таких как Chevron, PEMEX, Total, BG Group, Norsk Hydro и др.) уже неоднократно доказали эффективность данного инструмента для работы со сложными моделями высокой степени детализации, большими размерностями задачи и высокой неоднородностью распределения свойств. Применение симулятора INTERSECT значительно повысило эффективность использования вычислительных суперкомпьютеров («кластеров»), обеспечивая ускорение в десятки раз на большом количестве ядер (результат, практически недостижимый для традиционных симуляторов). Важным фактором также является возможность интегрировать модель пласта с моделью наземной сети сбора, причем как в упрощенной форме (так называемая быстрая модель сети – (Fast Network Solver), примером которой может служить модуль Network симулятора ECLIPSE\*, основанный на использовании интерполяционных таблиц), так и в виде полноценной интегрированной модели – расчет модели пласта совместно с моделью наземной сети в программном продукте PIPESIM\*. В данном случае стоит отметить тот факт, что при создании интегрированной модели сохраняется возможность использования вычислительных ресурсов суперкомпьютеров, что опять же позволяет использовать INTERSECT для расчетов интегрированных моделей больших сложных месторождений.

В России уже несколько компаний имеют опыт пилотных проектов с симулятором INTERSECT – однако

наиболее активный пример внедрения симулятора в свои рабочие процессы показывает компания «НОВАТЭК».

### ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ INTERSECT В КОМПАНИИ «НОВАТЭК»

Компания «НОВАТЭК» является крупнейшей в России независимой газодобывающей компанией. Ее основные активы находятся на Ямальском полуострове, где «НОВАТЭК» разрабатывает несколько крупнейших газоконденсатных месторождений. Одним из наиболее важных и амбициозных проектов является разработка Южно-Тамбейского газоконденсатного месторождения. Его разрабатывает компания «Ямал-СПГ» («НОВАТЭК» выступает в качестве одного из основных инвесторов). Месторождение представляет собой многопластовую систему со сложной геологией и высокой степенью неоднородности свойств в зависимости от глубины. Проект разработки Южно-Тамбейского НГКМ предусматривает реализацию достаточно сложной комплексной системы транспорта и переработки продукции, в частности, строительство завода по сжижению газа (СПГ), который будет выступать в качестве конечной точки для сети сбора продукции месторождения. Таким образом, помимо сложной геологии стратегия разработки Южно-Тамбейского месторождения должна учитывать требования и ограничения, накладываемые заводом СПГ (ограничения по давлению в сети, требование постоянного состава продукции и проч.).

В рамках реализации данного проекта компанией «НОВАТЭК» была создана гидродинамическая модель месторождения. При этом оказалось, что расчет полноценной модели (в целом около 80 млн ячеек, из них около 5 млн активных ячеек, около 80 независимых регионов с разными свойствами флюидов и

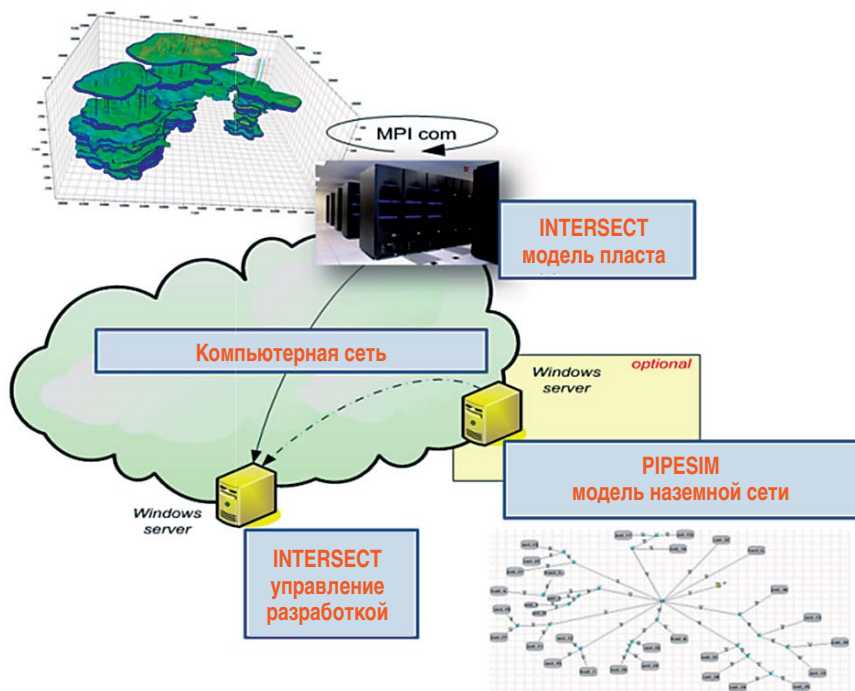


Рис. 2. Принципиальный вид компьютерной модели разработки Южно-Тамбейского НГКМ

начальными условиями), учитывающей все требования к уровню сложности проекта (достаточное разрешение геологической модели, композиционная модель флюида, связь скважин с сетью сбора, спроектированной в ПО PIPESIM) для традиционных симуляторов, является непосильной задачей. Потому для успешной реализации проекта была разработана концепция, основанная на использовании кластерных расчетов и интегрированного моделирования на основе связки программных продуктов INTERSECT и PIPESIM (рис. 2).

Такое построение рабочего процесса позволило полноценно реализовать ряд инноваций в построении и управлении сетью сбора, разработанных специалистами научно-технического центра компании «НОВАТЭК» (г. Тюмень). В частности, при проектировании сети сбора было предложено уменьшить диаметры труб и общее их количество за счет создания параллельных транспортных линий с возможностью переключения каналов потока для обеспечения полноты загрузки сети. Такой подход обеспечивает уменьше-

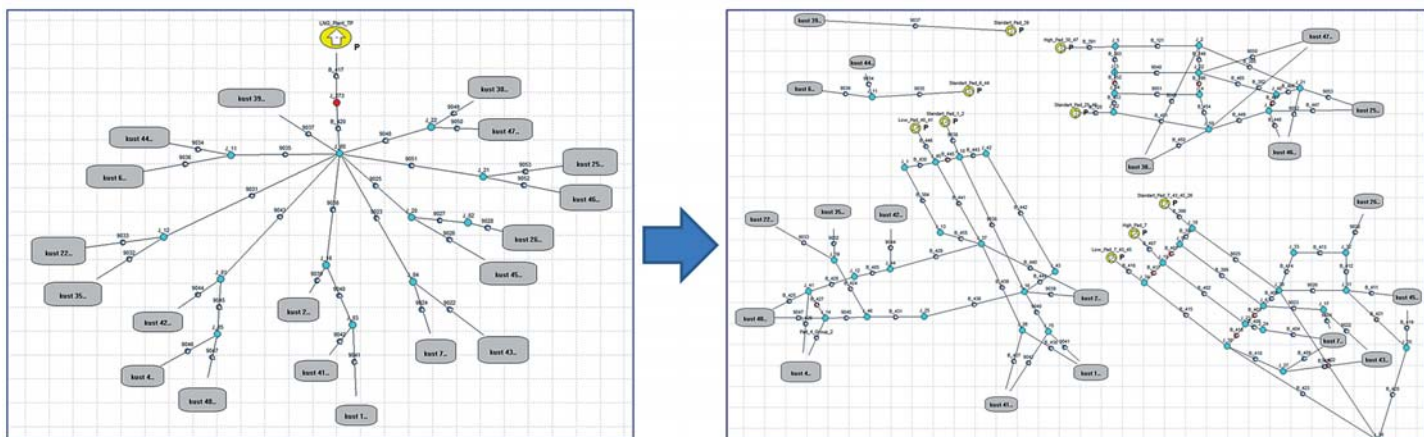


Рис. 3. Проектная схема сети сбора Южно-Тамбейского месторождения – традиционный подход и итоговое решение



ние металлоемкости системы сбора почти на 40% по сравнению с традиционными подходами, при аналогичной пропускной способности сети (рис. 3) – общая экономия капитальных вложений, по расчетам, должна составить около 260 млн долларов. Использование связи INTERSECT–PIPESIM позволило проверить данную структуру сети в динамике и доказать, что продолжительность периода постоянной добычи не уступает сети, спроектированной на основе традиционных подходов.

Другой инновацией, внедренной уже в процессе интеграции данной сети сбора с моделью пласта в INTERSECT, явилась стратегия управления разработкой. Благодаря модулю INTERSECT Field Management – блоку управления разработкой месторождения в модели INTERSECT, поддерживающему сложную объектно-ориентированную логику управления добычей – был сформулирован набор автоматических правил, управляющих снижением давления на терминальных узлах сети, открытием/закрытием тех или иных линий и др. для оптимизации распределения нагрузки на объекты разработки и достижения максимальной продолжительности периода постоянной добычи. Такая стратегия позволила снизить потери давления в различных элементах сети сбора, оптимизировать работу управляющих узлов, нейтрализовать узкие места в работе наземной сети.

В процессе реализации созданной концепции и построения интегрированной модели пласта и наземной сети компании «НОВАТЭК НТЦ» и «Шлюмберже – Информационные решения» находились (и находятся) в тесном контакте, что позволило обеспечить оперативную реакцию «Шлюмберже» как поставщика программных решений на требования и нужды «заказчика» – компании «НОВАТЭК». Одним из наиболее наглядных результатов подобного сотрудничества явилась разработка по запросу «НОВАТЭК НТЦ» специального модуля Petrel\*: в ходе работы над проектом возникла проблема анализа показателей работы наземной сети, которая с учетом размеров сети сбора (большое количество узлов, несколько разнотипных терминальных узлов, сложная топология сети) оказалась задачей весьма трудоемкой. Разработанный компанией «Шлюмберже» модуль Petrel Network Analysis (рис. 4) значительно ускорил и упростил анализ работы интегрированной модели, позволил уточнить и оптимизировать автоматическую стратегию разработки.

### Заключение

Проект продолжается, по мере уточнения исходных данных и обновления геолого-технологической модели меняются и оптимизируются сама модель, набор правил стратегии разработки, инструментарий расчета и анализа результатов. Однако уже на нынешнем этапе компанией «НОВАТЭК» запланировано внедрение дан-

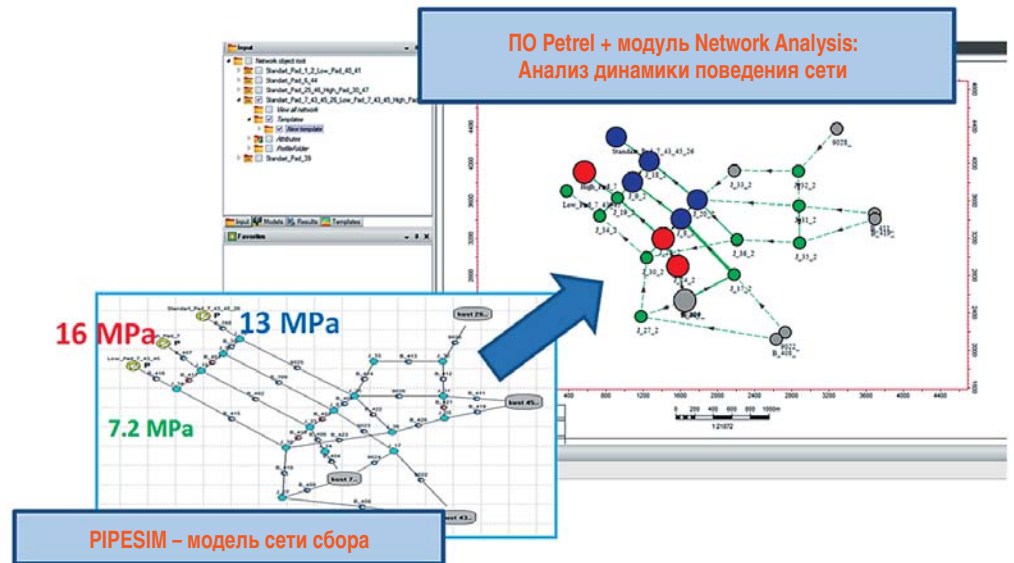


Рис. 4. Модуль Petrel Network Analysis

ного типа рабочего процесса на нескольких аналогичных месторождениях. В результате можно с уверенностью сказать, что, благодаря внедрению подобных инновационных технологий и активному взаимодействию с партнерами-поставщиками программных решений, ОАО «НОВАТЭК» является на нашем рынке лидером в области построения интегрированных моделей «пласт – сеть сбора». Компания активно накапливает опыт и формирует набор инструментов, технологий и методов моделирования подобного класса задач не только в России, но и в мировом масштабе. ■

**ООО «НОВАТЭК НТЦ»**,  
625026, г. Тюмень, 50 Лет ВЛКСМ, 53  
Тел.: (3452) 680-300  
E-mail: [ntc@novatek.ru](mailto:ntc@novatek.ru)  
[www.novatek.ru](http://www.novatek.ru)

**ОАО «Ямал СПГ»**  
629700, Ямало-Ненецкий автономный округ,  
Ямальский район,  
с. Яр-Сале, ул. Худи-Сэроко, 25А  
Тел.: +7 (495) 228-9850  
Факс: +7 (495) 228-9849  
E-mail: [secretary@yamalspg.ru](mailto:secretary@yamalspg.ru)  
[www.yamallng.ru](http://www.yamallng.ru)

**«Шлюмберже Лоджелко Инк.»**  
625000, г. Тюмень, ул. 8 марта, дом 2/1  
Тел.: (3452) 520-060,  
Факс: (3452) 520-061  
E-mail: [customercenter@slb.com](mailto:customercenter@slb.com)  
[www.sis.slb.ru](http://www.sis.slb.ru)

**Ключевые слова:** «НОВАТЭК НТЦ», «Ямал-СПГ», геологическая модель высокого разрешения, интегрированное моделирование, зоны дренирования, симулятор нового поколения, INTERSECT