

## **Ресурсно-инновационная модель и решение актуальных проблем разработки месторождений нефти и газа**

**Дмитриевский А.Н.** академик РАН, директор ИПНГ РАН, **Еремин Н.А.**, зав. лабораторией ИПНГ РАН

### Тезисы

Предметом данной статьи является рассмотрение основ создания ресурсно-инновационной модели нефтегазового месторождения в режиме реального времени и будущего поколения умных месторождений и скважин.

Современная научно-техническая революция - НТР (Hi-End) происходит в области освоения углеводородных богатств Мирового Океана. По масштабности, сложности и революционности, а она не уступает НТР при освоении Космоса в конце 1950-х годов. НТР 2010-х годов определит долгосрочный тренд развития нефтегазовой отрасли и обеспечит перевод нефтегазовой промышленности на новый технологический уровень.

В ИПНГ РАН разрабатывается технологическая платформа «Ресурсно-инновационная модель нефтегазового месторождения реального времени», в рамках которой прорабатывается системный подход по внедрению отечественных и зарубежных высоких технологий в нефтегазовую промышленность.

Россия имеет собственную стратегическую линейку для освоения углеводородных ресурсов Мирового Океана. Огромный научно-технический потенциал, накопленный за многие годы покорения Космоса при решении синергетически аналогичных задач, позволяет России в кратчайшие сроки выйти на передовые позиции в освоении морских глубин, при наличии государственно-частного партнерства и глубоко продуманной программы по созданию умных месторождений и скважин нового поколения, работающих в режиме реального времени (онлайн).

В статье выявлены основные тренды в создании умных месторождений и скважин двух поколений и спрогнозированы базовые характеристики умных месторождений и скважин третьего поколения. Приведены ключевые инновационные технологии, которые легли в основу умных месторождений первого и второго поколения.

## Статья

Современная НТР (Hi-End) происходит в области освоения углеводородных богатств Мирового Океана. По масштабности, сложности и революционности, а она не уступает НТР при освоении Космоса в конце 1950-х годов (см. табл 1). НТР 2010-х годов определит долгосрочный тренд развития нефтегазовой отрасли и обеспечит перевод нефтегазовой промышленности на новый технологический уровень.

Таблица 1. Синергии между освоением богатств Мирового Океана и покорением Космоса, (по [1] и EC-ESA workshop on innovation and technology within space exploration, 2010)

<b>Освоение Мирового Океана</b>	<b>Освоение Космоса</b>
Погружение в "неизвестное"	Полет в "неизвестное"
Создание новой промышленности	Создание новой промышленности
Удаленные объекты	Удаленные объекты
Высокие капвложения	Высокие капвложения
Опасная среда	Опасная среда
Высокая вероятность катастроф	Высокая вероятность катастроф
Потребность в сокращении расходов	Потребность в сокращении расходов
Все чаще технически сложное	Технически сложное
Увеличение использования "Центров управления в РРВ"	Использование "Центров управления полетами"
Необходимость автоматизированных операций	Высокая степень автоматизации
Потребность в автономном режиме работы	Автономная работа
Необходимость в робототехнике	Теле-роботы
Повышение потребности в специализированных материалах и покрытиях	Специализированные, легкие материалы и покрытия

Наиболее успешные инновационные решения в области морской технологии и техники добычи УВ широко внедряются и на континентальных месторождениях нефти и газа. Обобщение последних научно-технических

достижений в области морской нефтегазодобычи позволяет сформулировать генеральное направление инновационного развития нефтегазовой отрасли на ближайшую перспективу, а именно, перевод ее на режим управления в реальном времени.

В ИПНГ РАН под руководством академика Дмитриевского разрабатывается технологическая платформа «Ресурсно-инновационная модель нефтегазового месторождения реального времени», в рамках которой прорабатывается системный подход по внедрению отечественных и зарубежных высоких технологий в нефтегазовую промышленность. Технологическая платформа «Ресурсно-инновационная модель нефтегазового месторождения реального времени» создается в соответствии с решением Правительственной комиссии по высоким технологиям и инновациям от 3 августа 2010 г. Реализация данной технологической платформы создаст необходимый научно-технический базис для модернизации нефтегазовой отрасли экономики и прогресса во всех областях добычи и подготовки нефти и газа.

Россия вторая страна в мире после США, обладающая собственной стратегической линейкой по созданию интегрированных систем управления нефтегазодобывающими комплексами в режиме реального времени. Составными элементами стратегической линейки являются – умные месторождения и скважины, собственная группировка спутников ГЛОНАСС, опто-волоконные технологии сбора и передачи информации, высокопроизводительные вычислительные комплексы, безлюдные системы управления сложными объектами (космические корабли, Буран и т.д.).

На первом иерархическом уровне управления нефтегазовыми месторождениями в режиме реального времени (РРВ) находится система сенсорных датчиков на основе оптоволоконных технологий от забоев скважин, системы сбора и подготовки газа, межпромыслового транспорта. На

втором уровне – осуществляется анализ геолого-промысловых метаданных; на третьем – производится оптимизация операций на промысле и на четвертом – в случае необходимости может быть принято решение о трансформации технологической цепочки добычи углеводородов.

Существует несколько разновидностей режимов управления нефтегазовыми процессами в реальном времени: квартальный, месячный, суточный, часовой, минутный и даже секундный. Например, процессы бурения и эксплуатации скважин управляются в ежеминутном и/или ежечасном режиме (см. рис. 1)

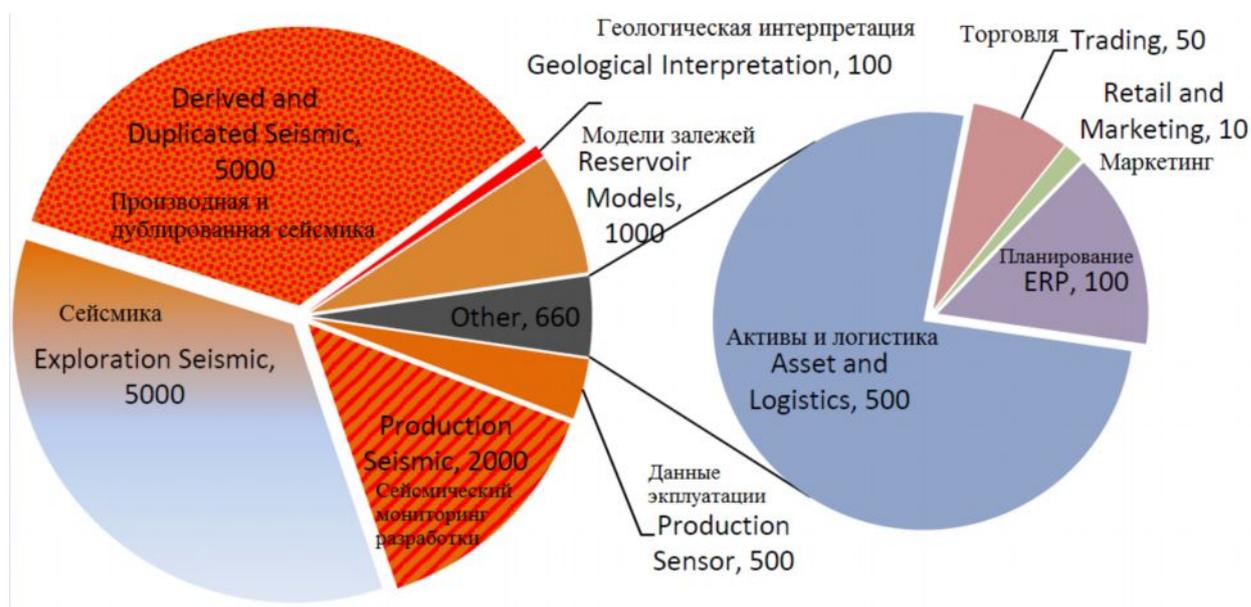


Рис. 1 Объем геолого-промысловой информации, генерируемой на различных этапах технологической цепочки нефтегазового производства, в терабайтах. Источник: Teradata

По сравнению с традиционными методами при управлении нефтегазовыми месторождениями в режиме реального времени резко сокращаются непроизводительные затраты ресурсов, энергии, рабочего времени. Все этапы освоения месторождений углеводородов (поиска, разведки, бурения, разработки и эксплуатации) становятся более энергоэффективными и ресурсосберегающими. Если взять этап бурения, то это приводит к режиму экономии капитальных вложений от 5 % до 15 %, а операционных затрат от 5 % до 10 %. Так например, на салымской группе

месторождений компания «Салым Петролеум Девелопмент» среднее время проходки скважин глубиной 2500 м составляет 8 суток, что существенно меньше среднего времени проходки скважин с аналогичной глубиной для месторождений Западной Сибири 20 суток.

К 2012 г. количество умных месторождений первого поколения превысило 200 штук. Лидерами по количеству умных месторождений среди нефтегазовых компаний являются BP, Exxon/Mobil, Shevron, Shell, Saudi Aramco, Statoil и Petrobras. Компания BP анонсировало запуск двух умных месторождений второго поколения в Северном море: Valhall и Skarv. Основным отличием умных месторождений второго поколения от первого является осуществление удаленного управления разработкой месторождениями из прибрежных центров и использование опто-волоконных каналов, связывающих морскую и прибрежную инфраструктуры. Если на месторождении Valhall количество дистанционно-управляемых операций, составляет 40, то на месторождении Skarv оно достигает 46.

В оптоволокне в процессе распространения мощного светового импульса с длиной волны  $\lambda_0$  (частотой  $\omega_0 = c / \lambda_0$ , где  $c$  - скорость света), называемого импульсом накачки, часть его энергии рассеивается во всех направлениях на локальных неоднородностях. В оптоволокне рассеяние может происходить либо на неоднородностях материала (Рэлеевское рассеяние) либо на акустических волнах (Рассеяние Мандельштамма-Бриллюэна - иначе Бриллюэновское рассеяние) либо на молекулярных колебаниях (Комбинационное - иначе Рамановское рассеяние). Сам оптоволоконный кабель на всем своем протяжении представляет собой непрерывный распределенный чувствительный элемент, способный заменить тысячи точечных сенсоров.

На двух- трех месторождениях второго поколения Северного моря планируется создание донных антенных опто-волоконных решеток с многочисленными соединениями с береговыми опто-волоконной линиями. В решетках сам опто-волоконный кабель представляет собой распределенный тип сенсора, в котором каждая его часть, например, длиной 50 см, является опто-волоконным сенсором. Протяженность опто-волоконных линий на каждой из решеток будет составлять от 2000 до 4000 км, таким образом, количество опто-волоконных сенсоров будет достигать 4-8 миллионов.

Общая потребность в опто-волоконном кабеле для внутрипромысловых решеток системы мониторинга процессов разработки в РРВ достигнет 10-15% от всего мирового производства опто-волоконного кабеля. Для умных месторождений третьего поколения следует прогнозировать 1,5-2 кратное уплотнение сетки опто-волоконных антенных систем.

До 2010 г. для передачи геолого-промысловых данных с морских промыслов в центры управления эксплуатацией использовались космические системы передачи информации. С 2010 г. все чаще стали строить опто-волоконные системы передачи информации из-за рост объемов данных, получаемых при разведке и разработке (см.рис.2).

Скорость передачи данных для умных месторождений первого поколения обычно составляло 10 Гбит/с. Строительство донных антенных комплексов приведет к появлению еще большего объема геолого-промысловых данных на месторождениях второго поколения – петабайтам информации, генерируемой в еще более короткие промежутки времени. Это есть так называемая проблема «Big Data» - «Большие Данные». Для передачи экстремально больших объемов информации потребуется использование систем с более высокой скоростью передачи данных в 40 и возможно в 100 Гбит/с.

Безлюдные подводные и поверхностные комплексы добычи углеводородов могут найти широкое применение в нефтегазовых провинциях Арктики, Восточной Сибири и Дальнего Востока, где полностью отсутствует инфраструктура. Наиболее востребованными для безлюдных комплексов добычи углеводородов могут оказаться второе и третье поколение умных месторождений. Это снизит риски человеческого фактора и повысит экологическую безопасность. В качестве примеров, можно привести умные месторождения в таких проектах как Сахалин –II и Салымскую группу месторождений.

Проект «Умная скважина» представляет собой разработку технологии, которая позволяет обеспечить контроль и управление скважиной и её состоянием в режиме реального времени путем использования распределенных сенсорных датчиков на устье и забое, обсадных трубах и НКТ (см. рис 2). Количество распределенных опто-волоконных сенсорных датчиков в умных скважинах второго поколения возрастает до 20-50 тысяч по сравнению с 4-10 сенсорными датчиками в умных скважинах первого поколения.

Наиболее востребованным может оказаться визуализатор труб: обсадных, НКТ и межпромысловых. При его внедрении на промыслах появится возможность наблюдения за состоянием механических и физических характеристик в каждой точке трубы на всем протяжении жизненного цикла месторождения, в частности, осуществлять контроль за процессом цементирования скважин в режиме реального времени. Как известно, в России у 60-70 % законченных строительством скважин есть проблемы с цементированием заколонного пространства.

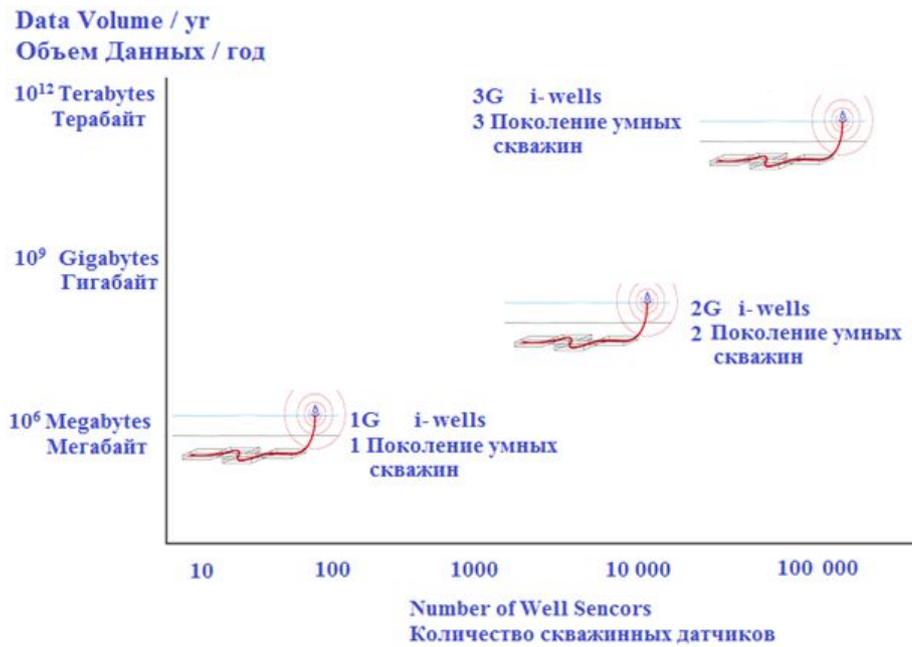


Рис. 2 Объем данных и количество скважинных датчиков для каждого из поколений умных скважин.

Объем информации с одной умной скважины второго поколения уже будет достигать нескольких терабайтов.

	<b>1G i-fields</b>	<b>2G i-fields</b>	<b>3G i-fields</b>
Геофизика	4D/4C сейсмика	4D Пассивная сейсмика	Внутрипромысловые оптоволоконные решетки
Геология	Экомониторинг в РРВ	Матричная нефть	Сенсорная "пыль"
Бурение	Геонавигация в РРВ	Бурение в РРВ	Автоматизированные буровые установки
Разработка	Умное заводнение; умные жидкости	Пластовые нанороботы	Интегрированная система разработки
Добыча	Мультилатеральная скважина с экстремальной областью дренирования	Визуализатор скважин и трубопроводов	Безлюдные добычные комплексы
Моделирование	3D моделирование	Визуализация в РРВ	Интегрированное моделирование в РРВ
Обработка метаданных	Стандарты данных	СУБД в РРВ	Суперкомпьютеры в РРВ

Таблица 2. Ключевые ресурсно-инновационные технологии каждого из поколений умных месторождений, желтым цветом отмечены технологии, разрабатываемые ИПНГ РАН, где 1G i-fields – умные месторождения 1-го поколения, 2G i-fields – второго поколения и 3G i-fields – третьего поколения.

В таблице 2 приведен краткий перечень ресурсно-инновационных технологий каждого из поколений умных месторождений, желтым цветом отмечены технологии, разрабатываемые ИПНГ РАН.

Международные нефтегазовые компании тратят ежегодно только на создание систем разработки нефтегазовых месторождений в режиме реального времени \$100 млрд. Затраты российских компаний в целом на нефтегазовую науку на два порядка меньше.

Необходима государственная программа поддержки усилий ОАО «Роснефть», ОАО «Газпром» и других российских компаний по созданию умных месторождений и скважин нового поколения, работающих в режиме реального времени (онлайн) в ежегодном объеме не менее \$10 млрд.долл.

Как пишет РБК daily в своей статье «Слишком много нефти» от 15 октября 2012 г. «благодаря буму добычи углеводородов» в США «из-за развития технологий» шесть американских компаний, включая Shell и BP, впервые за десятилетия готовы экспортировать большие объемы нефти из США. Из 200 умных месторождений первого поколения на долю Shell и BP приходится, соответственно, 10 и 20 месторождений.

Внедрение умных технологий первого и второго поколений по оценкам независимых организаций позволит увеличить конечную нефтеотдачу в мире с 30% до 50%. По оценке нефтяной компании Saudi Aramco внедрение пластовых нанороботов и бионанороботов на нефтяных месторождениях, находящихся на поздних стадиях разработки, позволит увеличить конечную нефтеотдачу до 60-70%.

Список литературы

- **Дмитриевский А.Н., Еремин Н.А. Ресурсно-инновационная модель и решение актуальных проблем разработки месторождений нефти и газа. Интернет источник: <http://oilconference.ru/d/304647/d/dmitrievskiy-a.n.,-eremin-n.a.-resursno-innovacionnaya-model.pdf>**
- **Еремин Н.А., Еремин Ал. Н., Еремин Ан. Н. Управление разработкой умных месторождений,- М., Недра, 2012 г. (в печати) – 210 с.**
- **Еремин Н.А. Управление разработкой интеллектуальных месторождений, - М., Недра, 2011 г.- 200 с.**
- **Еремин Н.А. Современная разработка месторождений нефти и газа (умная скважина – интеллектуальный промысел – виртуальная компания), - М., Недра, 2008 г. – 241 с.**