

*Ан. Н. Дмитриевский, Н. А. Еремин*

*Институт проблем нефти и газа (ИПНГ РАН)*

### **Инновационный потенциал умных технологий**

Аннотация

Проведен анализ инновационного потенциала умных российских и зарубежных технологий. Выявлены новые прорывные технологии в области геологии, бурения, разработки и эксплуатации умных месторождений. Обобщен опыт создания умных технологий в РФ и за рубежом.

**Ключевые слова:** инновационный потенциал; умные технологии; разработка и эксплуатация умных месторождений; научно-техническая революция (НТР); освоение углеводородных богатств, умные месторождения, режим реального времени.

An. Dmitrievskii, N. A. Eremin (OGRI RAS)

The innovative potential of the smart technologies

Abstract

The analysis of the innovation potential of the smart technologies in Russia and abroad was conducted. The new breakthrough technologies in the geology, drilling, development and operation of the smart oil and gas fields are identified. Summed up the experience of the creating smart technologies.

Keywords: innovative potential, smart technology, the development and operation of smart fields, scientific and technical revolution (STR), the exploitation of hydrocarbon resources, the smart field, real-time

Введение

Предметом данной статьи является рассмотрение инновационного потенциала умных технологий, созданных в России и за рубежом за последние десятилетие.

Всего в мире выявлено около 400 перспективных на нефть осадочных бассейнов, из них 226 нефтегазоносных бассейнов (НГБ) и 181 возможно нефтегазоносных бассейнов (ВНГБ). около 70 нефтегазоносных или потенциально нефтегазоносных бассейнов или провинций в мировом океане.

Россия обладает 25% мировых рентабельных ресурсов нефти, расположенных в основном в Западно-Сибирском и Лено-Тунгусским НГБ. Большая часть неосвоенных ресурсов расположены в Восточной Сибири, Дальнем Востоке и Арктических областях. Применение традиционных технологий потребуют огромных капитальных вложений в создание промышленной инфраструктуры. Создание умных производственных комплексов позволит существенно сократить капитальные затраты до 20% и снизить себестоимость добычи нефти до 10-15%

Мировыми ресурсами нефти и газа обладают около 100 государств, из них основную роль на мировом рынке играют около 15 государств. Интенсивное создание умных нефтегазовых технологий ведется только в 6 из 15 ведущих стран-производителей нефти (Россия, США, Саудовская Аравия, Китай, Норвегия и Великобритания).

Разведанные (доказанные) мировые запасы нефти составляют около 235 (150-160) млрд тонн, причем около одной трети приходится на Мировой океан - если сейчас каждая третья тонна нефти и газа добывается со дна морей и океанов, то по прогнозам в XXI веке более 50% нефти и газа будет добываться со дна океана

нефтеизвлечение в основных нефтедобывающих странах принимается обычно равным 30-35%, то есть 65-70% нефти остается в недрах. В США и в Северном море внедрены передовые технологии добычи, позволяющие увеличить извлекаемость нефти до 50%. Много пишут и о технологии вибросейсмического воздействия В.Белоненко, позволяющей извлекать забалансные запасы. По данным Геологической службы США (USGS), мировые запасы нефти за счет открытия новых залежей и новых нефтегазоносных горизонтов в границах известных месторождений, технического прогресса в области разведки и бурения, а также применения методов третичной добычи к 2025 году могут увеличиться на 110-120 млрд тонн. Если теперь учесть, что неоткрытые ресурсы нефти Земного шара оцениваются в 117-192 млрд тонн (табл. 2.12), то общий мировой потенциал технически извлекаемой нефти составит 360-465 млрд тонн.

Много это или мало? Всего из недр Земли на начало 2000 года извлечено 120-130 млрд тонн нефти - примерно 30% современного технического потенциала. При сохранении ежегодной мировой добычи на уровне 3-х миллиардов тонн разведанных запасов нефти хватит на 45-50 лет, а технически извлекаемой - примерно на 100-150 лет.

Под контролем 20 крупнейших государственных нефтяных компаний находится свыше 85% мировых доказанных запасов, а пять ближневосточных компаний (Saudi Aramco, Iraq

National Oil, Kuwait Petroleum, Abu-Daby National Oil, National Iranian Oil) владеют почти 63% мировых запасов нефти.

Транснациональным нефтяным компаниям (ТНК) промышленно развитых стран принадлежит лишь небольшая доля мировых запасов нефти. Так, корпорациям ExxonMobil, British Petroleum, Royal Dutch/Shell, Chevron и Texaco принадлежит всего 3.8% мировых запасов нефти

В XX веке было открыто много крупных месторождений с низкими издержками производства. Сейчас более 80% объема мировой добычи нефти осуществляется из месторождений, открытых до 1973 года. Если в 1960-е годы ежегодные приросты новых запасов достигали 9.6 млрд тонн, то в 1990-е годы объемы вновь открываемых запасов за счет чистой разведки не превышали 2.7 млрд тонн, что не возмещало объемы текущей добычи (3.5 млрд тонн). Главным образом это связано с ростом числа открываемых месторождений с небольшими запасами на фоне резкого снижения числа открываемых крупных месторождений

Обеспеченность запасами нефти и наращивание запасов в эксплуатируемых месторождениях в последние десятилетия достигаются за счет открытия небольших месторождений и совершенствованием методов разработки, в том числе методов повышения нефтеотдачи продуктивных пластов. За последние 30 лет не открыто ни одно супергигантское месторождение сравнимое с Самотлором (Россия), Прадхо-Бей (Аляска), Гаваром (Саудовская Аравия). В то же время, потенциальные возможности открытия крупных месторождений в глубоководных шельфах морей и океанов или в труднодоступных регионах с суровыми климатическими условиями достаточно высоки. Так, по данным Американского нефтяного института, с месторождений, расположенных на побережье Арктического национального природного заказника (штат Аляска) можно получить то же самое количество нефти, которое США будет импортировать из Саудовской Аравии в течение следующих 30 лет. Конечно же, обеспеченности запасами будут способствовать также и новейшие достижения в сейсморазведке (переход от двухмерных к трехмерным методам ведения разведки) и усовершенствование технологии бурения. Хотя это позволит и в XXI веке наращивать запасы нефти, но общая тенденция удорожания добычи сохранится.

Итак, современные запасы нефти в мире при нынешних темпах добычи (2% от мировых запасов), без обнаружения новых запасов и применения новых технологий добычи (сейчас прирост запасов нефти составляет 0.8% от мировых), могут быть исчерпаны в течение 50-70 лет.

## Introduction

The subject of this article is to review the status and prospects for the use of intellectual fields and wells in Russia and abroad. The development of hydrocarbon resources of the World Ocean reaches a new level of development. World oil production in 2015 comes to 50% of the total world production. Russia has its own strategic line for the development of mineral resources of the World Ocean. The enormous scientific potential, accumulated over many years of space exploration in the solution of similar problems in synergy, will allow Russia to get out as soon as possible to the forefront in the development of the deep sea, in the presence of public-private partnerships and deeply thought-government program. Russian oil and gas companies need to make extensive use of cutting-edge academic institutions and universities, including in the field of intellectual fields, in the development of offshore and deepwater fields. The material in this article may be used in the preparation of public and private science and technology programs of offshore oil and gas fields.

Современная НТР (Hi-End) происходит в области освоения нефтегазовых ресурсов Мирового Океана. По масштабности, сложности и революционности, а она не уступает НТР при освоении Космоса в конце 1950-х годов [1, 2]. Новая НТР определит долгосрочный тренд развития нефтегазовой отрасли и обеспечит перевод нефтегазовой промышленности на новый технологический уровень с использованием умных технологий первого и второго поколений. Как ожидается, мировая добыча нефти и газа на море в 2015 г. превысит 30% от общей мировой добычи (см. рис 1, источник Глобалшифт, 2013 г.).

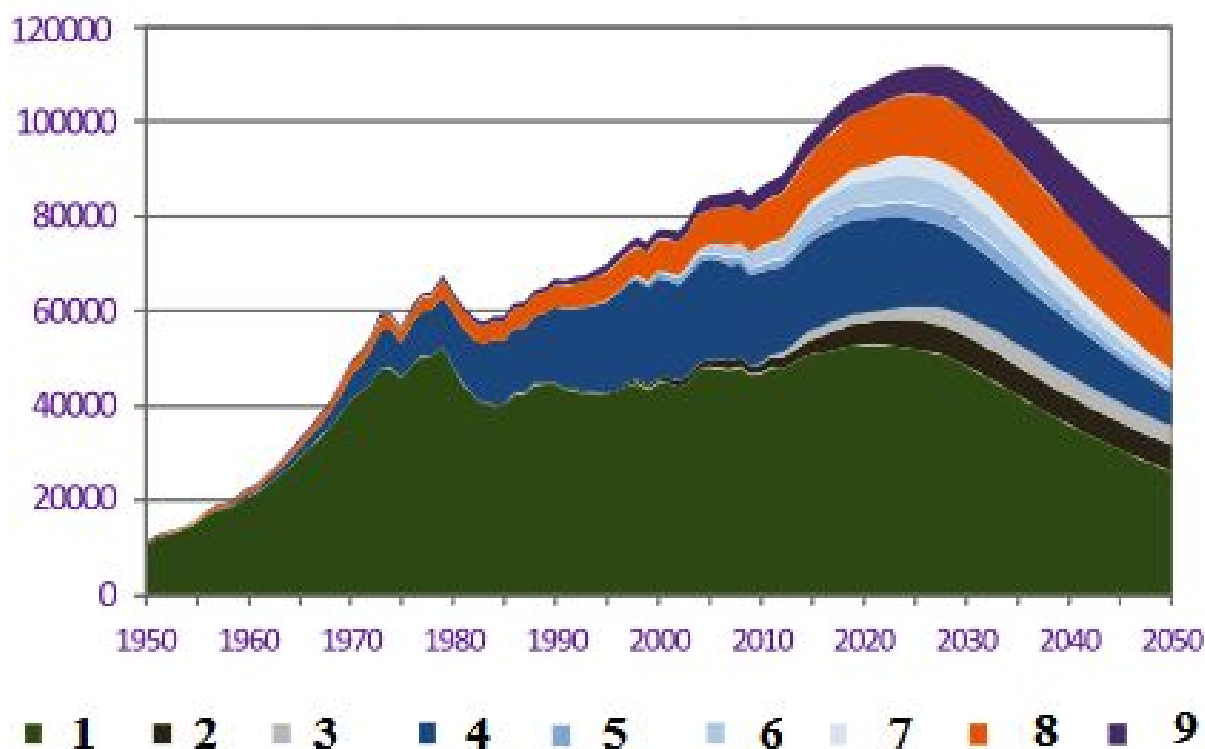


Рис. 1 Перспектива мировой добычи нефти и газоконденсата до 2050 г., в тыс. баррелей в сут.

Подрисуночные подписи: 1 – на суше; 2 – битуминозные пески; 3 – нефтяные сланцы; на шельфе с глубиной моря: 4 – до 130 м; 5 – от 130 до 330 м; 6 – от 330 до 660 м; 7 – свыше 660 м; 8 – газоконденсатные жидкости; 9 – нетрадиционные источники.

Главные технологические пути умного освоения остаточных запасов гигантских и крупных месторождений на суше и новых месторождений шельфа России (на основе линий Жана-Ноэля Буларда, компании TotalFina) следующие:

1. Путь внедрения прорывных технологий освоения труднодоступных нефтегазовых месторождений на основе создания умных нефтегазовых комплексов (полностью автоматизированных и безлюдных), - «линия технологического прорыва»;
2. Путь освоения в первую очередь гигантских месторождений нефти и газа, включая снижение затрат за счет масштабности проектов – «линия масштаба»;
3. Путь создания центров управления разработкой нефтегазовых месторождений, работающих в режиме реального времени – «линия информационно-коммуникационного прорыва»;

4. Путь перехода от уникальных к рутинным умным технологическим операциям по освоению близлежащих ресурсов в разрабатываемом углеводородном кластере – «линия повторения».

Создание умного нефтегазового комплекса требует нового мышления и технологий, которые позволят сделать нашу добычу нефти и газа более эффективной, интегрированной и экологически ответственной. Умный нефтегазовый комплекс ориентирован на коренной рост производительности труда, сокращения трудовых, материальных ресурсов, снижения капитальных и эксплуатационных затрат, нивелирования техногенного воздействия на окружающую среду. Освоение новых нефтегазоносных провинций и областей на российском шельфе, в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке приводит к вовлечению в разработку труднодоступных ресурсов углеводородов, обладающих рядом особенностей (удаленность территории, дефицит энергетических и людских ресурсов, отсутствие транспортной и промышленной инфраструктуры, наличие хрупкой экосистемой). Умный нефтегазовый комплекс – это умная разведка, бурение, добыча, разработка, транспорт, энергетика, водопользование, логистика и маркетинг продукции (см. рис. 3.). Стратегическими нефтегазодобывающими регионами с точки зрения открытых запасов нефти и газа являются шельф Ямала и Баренцева моря, акватории Печорского моря, Обской и Тазовской губ. Месторождения акваторий Арктического шельфа, кроме месторождений акватории Обской и Тазовской губ, характеризуются значительной удаленностью от существующей производственной инфраструктуры, включая действующую систему магистральных газопроводов, сложными горно-геологическими условиями залегания. Для их эффективной эксплуатации в условиях Арктики необходимо обеспечить решение ряда сложных фундаментальных и технических задач в области строительства умных нефтегазовых комплексов (скважин, газопромысловых объектов и транспорта нефти, газа и продуктов их переработки). Все это потребует привлечения значительных объемов инвестиций в наукоемкие умные методы освоения за счет которых можно будеткратно снизить затраты на освоение ресурсов УВ в Арктике. Следует отметить, что в настоящее время нефтегазодобывающая промышленность, а тем более, ее научно-проектная база критически недофинансируется. Наблюдается хроническое отставание развития умного нефтегазового производства в РФ, особенно в области создания умных систем разведки, бурения, добычи УВ режима реального времени. Создание умных технологий будет востребовано в ближайшие годы в таких удаленных регионах, как Арктический шельф, Восточная Сибирь, Дальний Восток, где нет инфраструктуры и стремительно нарастает дефицит в ИТР.

С начала разведки углеводородных месторождений, которая стартовала в 1860-х годов, было открыто более чем 65 000 месторождений нефти и газа. Исследования показывают, что более 90% из открытых месторождений незначительны по своим запасам и их влияние на мировую добычу нефти минимально. На менее чем 1500 гигантских и крупных месторождениях нефти сосредоточено более чем 94% всех открытых нефтяных запасов [1]. Наибольший эффект на мировую экономику может оказать внедрение умных технологий на крупных и гигантских месторождениях нефти и газа. Около 50% российских запасов нефти сосредоточено на уникальных месторождениях, в каждом из которых более 300 млн. т., и еще 20% запасов приходится на крупные месторождения с запасами от 30 до 300 млн. т. В ближайшие 5-10 лет следует ожидать быстрого внедрения элементов умных нефтегазовых технологий на гигантских и крупных месторождениях, как РФ так и во всем мире. На 01.01.2013 г. количество умных месторождений первого поколения (включая месторождения на которых были частично внедрены ряд элементов умных технологий) в мире достигло 250; количество умных месторождений второго поколения – 2. Из них в РФ количество месторождений с элементами умных технологий первого поколения составило 13 (Роснефть (Ванкорское; Приобское; Одопту – Сахалин I); ТНК-ВР (Уватская группа месторождений (Урненское); Каменное; Самоотлорское; Ваньеганское); Татнефть (Ромашкинское); Лукойл (Западная Курна II; Кокуйское ГНМ); Газпром (Пильтун-Астохское и Лунское НГМ - Сахалин II)); Газпромнефть (Муравленское ГКМ, 2011). Общее количество эксплуатационных нефтяных скважин в мире около 950000, из них в США 536000 и в России 180000. Количество умных скважин первого поколения в мире на 01.01.2013 г. составило 900, из них в России – 40. Доля бурения умных скважин в общем ежегодном бурении скважин мала. Во всем мире ежегодно бурится около 80000 скважин, из них умных скважин около 80, т.е. 0,1%. Создание умных скважин второго поколения находится на стадии опытно-пилотных испытаний. Потенциал бурения умных скважин достаточно высок, так как новые скважины вступают в эксплуатацию с высоким дебитом, что и обеспечивает быструю окупаемость. В ближайшие 5 – 7 лет следует ожидать увеличения объема ежегодного бурения скважин с умным заканчиванием с 80 до 200-250 скважин, в том числе в РФ с 8 до 40 скважин.

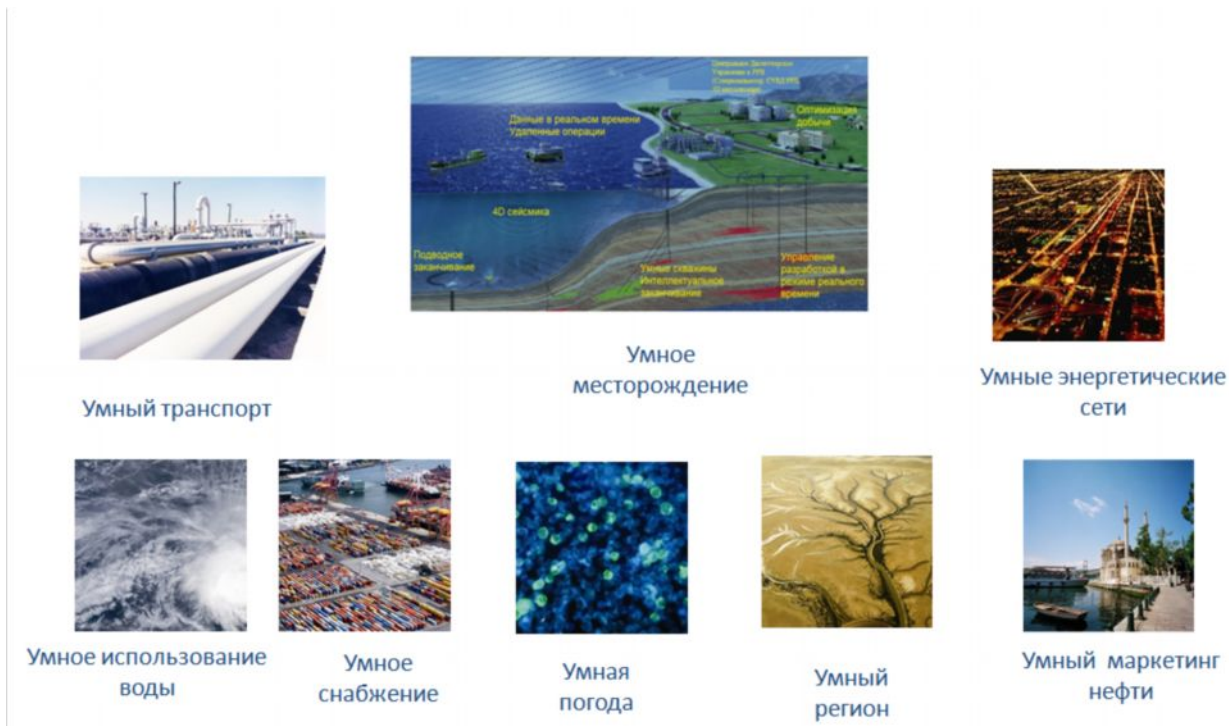


Рис. 3. Умная добыча нефти и газа

Революционные изменения в нефтегазовой отрасли приводят к созданию центров управления поиска и разведки, бурения, разработки, эксплуатации, подготовки, транспорта, переработки и маркетинга нефти, газа и нефтепродуктов, работающих в режиме реального времени. В каждой крупной нефтегазовой компании количество центров управления разработкой работающих в режиме реального времени (PPV) стремительно растет. Так к 2013 г. в компании BP количество центров (ACE – Advanced Control Environment) достигло 10. У компании Conoco/Philips количество центров управления (OCE - Onshore Operations Centers) возросло до 5. Компания Shell увеличило свое количество центров (CWE – Collaborative Work Environment) до семи, два из которых построены в РФ на Сахалин – II и СПД – Салым Петролеум девелопмент. Компания Chevron построила 8 центров управления (ADE - Advanced Decision Environment).

Освоение близлежащих ресурсов в разрабатываемом углеводородном кластере одно из перспективных направлений экспансии умных технологий, так BP планирует их внедрение (полное или частичное) на более чем 50 месторождениях и управление с их помощью 42% своей добычи нефти в режиме реального времени. Шелл поставило перед собой задачу управления в режиме реального времени всей своей добычей нефти.

К прорывным умным технологиям второго поколения относятся следующие научно-технические разработки:



В области разведки во время разработки – опто-волоконные системы мониторинга разработки;

В области бурения для совместной разведки и разработки – системы бурения без буровой установки Баджер Эксплорер;

В области разработки – нанозаводнение и бионанозаводнение;

В области добычи – умная скважина второго поколения и бионическая скважина.

Кратко остановимся на их описании.

Основная задача создания опто-волоконных систем мониторинга разработки перейти к мониторингу и управлению процессами разработки от ежеквартального к месячному режиму, а с появлением более мощных высокопроизводительных вычислительных систем, и к еженедельному режиму. Опто-волоконная система состоит из трех основных элементов: поверхностная (донная) система опто-волоконных кабелей с распределенными сенсорами от 2000 до 4000 км; две опто-волоконные линии, связывающие опто-волоконную сеть месторождения с центром управления и центр управления операциями, на котором осуществляется обработка и анализ данных, моделирование сценариев разработки, принятие решений и контроль за выполнением принятых решений в режиме реального времени.

Уникальная система бурения без буровой установки Баджер Эксплорер. Badger Explorer является инструментом, который осуществляет бурение без буровой установки. Этот инструмент забуривается в недра и остается в горной породе, после окончания бурения. Основные части инструмента Баджер Эксплорер: устройство для утилизации бурового шлама, его уплотнения и проведения микроразрыва в поглощающем пласте; отсек для хранения кабеля и его развертывания; каротажный и коммуникационный отсек; отсек для накопления и транспорта бурового шлама; двигатель; устройство контроля нагрузок на долото; буровое долото. Технология Badger Explorer может привести к снижению риска и кратному снижению стоимости бурения как разведочной так и эксплуатационной скважин, особенно в условиях Арктики.

Нанозаводнение и бионанозаводнение. Умная технология второго поколения «НаноЗаводнение» предназначена для нагнетания водных растворов различных видов пластовых наноботов с целью выявления целиков, линз; исследования свойств пластовых флюидов и извлечения остаточной нефти из терригенных коллекторов на месторождениях находящихся на поздней стадии разработки с развитой инфраструктурой. Основная цель технологии «Нанозаводнение» это увеличение добычи нефти и газа на 10-15% и конечной нефтеотдачи на 5-10%. Технология «Бионанозаводнение» предназначена для выявления состава и геохимической деятельности нано и ультрамикрорганизмов в терригенных

нефтяных пластах; выделения экстремофильных микроорганизмов, образующих нефтевытесняющие метаболиты при высокой температуре и солености, и доизвлечения остаточной нефти из месторождений находящихся на поздней стадии разработки с развитой инфраструктурой. Назначение: увеличение текущей добычи и конечной нефтеотдачи на 8-12% на месторождениях, находящихся на поздней стадии разработки.

Умная скважина второго поколения предназначена для постоянно-действующего мониторинга и управления скважиной на протяжении всей ее жизни, начиная с этапа цементирования и до ее ликвидации. Умная скважина состоит из трех ключевых элементов : оптоволоконного кабеля с десятками тысяч брэгговских датчиков, равномерно распределенных по всей его длине; наземного блока управления; системой обработки, анализа и моделирования состояния скважины. Технология чувствительна ко всем видам деформации, включая осевое сжатие, изгиб, овализацию, изменение температуры и давления. Технология позволяет непрерывно отслеживает изменения формы обсадной колонны с высоким пространственным разрешением (~ 1 см) и высокоточным измерением субмикронных деформаций и на ранних стадиях выявлять и количественно оценивать геомеханические нагрузки, такие как уплотнения резервуара и его расширение, скольжения поверхности сдвига и другие параметры, для принятия соответствующих мер для предотвращения дальнейшего повреждения ствола скважины и оптимизации добычи. Умная скважина второго поколения имеет своей целью повышение уровня добычи за счет быстрого и обоснованного принятия решений на основе обработки скважинных данных в режиме реального времени. Первая умная скважина второго поколения была успешно опробована 6 августа 2008 года в газовой эксплуатационной скважине для контроля завершения строительства скважины и долгосрочного мониторинга состояния скважины в процессе добычи.

Бионическая скважина – это разветвленная скважина со 100-150 умными латеральными- ветвями, оборудованных электрическим актуатором, который отсекает латераль-ветвь при высокой обводненности или низкой продуктивности. Основная цель бионической скважины – это увеличения охвата воздействием неоднородных, сложно-построенных карбонатных и терригенных пластов.

В заключении отметим, что внедрение умных технологий второго поколения предназначено для увеличения средней нефтеотдачи с текущих 30-35% до 50%, а внедрение технологий нанозаводнения и бионанозаводнения позволит прирастить нефтеотдачу дополнительно на 10-15%.

Литература:

1. Li Guoyu (2011), World Atlas of Oil and Gas Basins (Oxford: Wiley-Blackwell), p. 20.
2. М.Белонин, В Назаров, 2001
3. BP Statistical Review of World Energy June 2013
4. Еремин Н.А., Кондратюк А.Т., Еремин Ал. Н. Ресурсная база нефти и газа арктического шельфа России.- Георесурсы. Геоэнергетика. Геополитика., 2010, вып.1, <http://www.oilgasjournal.ru/2009-1/3-rubric/eremin.pdf>
5. Дмитриевский А.Н., Еремин Н.А. Ресурсно-инновационная модель и решение актуальных проблем разработки месторождений нефти и газа. 1-ой международной конференции "Интеллектуальные месторождения: мировой опыт и современные технологии": <http://oilconference.ru/d/304647/d/dmitrievskiy-a.n.-eremin-n.a.-resursno-innovacionnaya-model.pdf>.
6. Дмитриевский А.Н., Еремин Н.А. Ресурсно-инновационная модель и решение актуальных проблем разработки месторождений нефти и газа. Нефть. Газ. Новации., 2012, №10., <http://neft-gaz-novacii.ru/ru/archive/55-2012/759>
7. Еремин Н.А., Еремин А.Н., Еремин А.Н. Управление разработкой умных месторождений: Учеб. пособие для вузов: М.: РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, 2012. – 210 с.: ил. ISBN 978-5-91961-329-7.
8. Еремин Н.А. Управление разработкой интеллектуальных месторождений: Учеб. пособие для вузов: В 2 кн. – Кн. 1. М.: РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, 2011. – 200 с.: ил. ISBN 978-5-91961-019-9
9. Еремин Н.А. Современная разработка месторождений нефти и газа. Умная скважина. Интеллектуальный промысел. Виртуальная компания: Учеб. пособие для вузов. – М.: ООО «НедраБизнесцентр», 2008. – 244 с.: ил. ISBN 978-58365-0311-6