



ПРИМЕНЕНИЕ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В НЕФТЕГАЗОВОМ КОМПЛЕКСЕ — ОДИН ИЗ ПРИОРИТЕТОВ ИННОВАЦИОННОЙ ЭКОНОМИКИ РОССИИ

Хавкин А. Я., Парламентский центр «НТИС», ИПНГ РАН

Ресурсное обеспечение энергетического сектора экономики и его инновационное развитие — одна из ключевых проблем [1]. Экономический кризис конца 2008г. — начала 2009г. подтвердил огромное влияние нефти и газа на мировую экономику. Нефтегазовый комплекс играет не просто определяющую

Повышение как объема добычи нефти и газа, так и рациональности разработки месторождений, связано с созданием эффективных технологий разработки залежей с ТИЗН. Такие запасы требуют более сложных и дорогостоящих технологий их добычи, что ведет к низкой доходности по сравнению

сосредоточены в ОНЗ и НПК. Остаточные запасы нефти в России по каждой из этих категорий превышают десятки миллиардов тонн [3 — 5], хотя текущие доказанные извлекаемые запасы на основе применения традиционных технологий составляют всего 16,5 млрд. т [4].

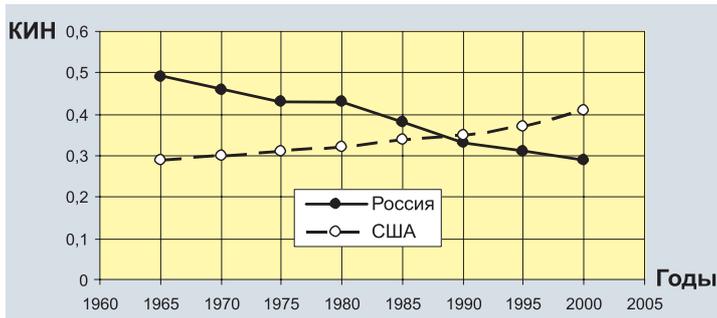


Рис. 1. Динамика проектного коэффициента извлечения нефти (КИН) в России и США

роль, а является локомотивом развития инновационной экономики России [2].

Огромный рост добычи нефти в России во второй половине XX века был обеспечен открытиями уникальных месторождений с приемлемыми геологическими условиями. Нынешняя деятельность нефтяных компаний на территории России осложнена огромными технологическими проблемами, поскольку 65% оставшихся к XXI веку российских запасов нефти и газа относится к категории трудноизвлекаемых запасов нефти (ТИЗН) [1 — 4].

В категории ТИЗН 30 — 40% общих запасов нефти находится в низкопроницаемых коллекторах (НПК), 25 — 30% — остаточные запасы нефти в заводненных зонах (ОЗН), 5 — 15% — запасы с высоковязкой нефтью, 2% — запасы в битумах. Десятки процентов составляют запасы в месторождениях со сложным геологическим строением, наличием в нефти осложняющих разработку компонентов (парафин, сероводород).

Средний коэффициент извлечения нефти (КИН) для активных запасов составляет 38 — 45%, для НПК 10 — 35%, для высоковязких нефтей 5 — 25% [3]. С каждым годом в составе разрабатываемых месторождений становится все больше месторождений с ТИЗН, проектный по пятилетним периодам КИН по российским месторождениям падает (рис. 1) [1, 4].

с добычей нефти в регионах нефтедобычи западными компаниями, выбирающими наиболее рентабельные участки. Применение же традиционных технологий на территории России ведет либо к низкому КИН при приемлемой рентабельности добычи нефти, либо к низкой рентабельности при приемлемом КИН. При этом КИН определяет налоговые поступления в бюджет.

Развитые страны мира тратят огромные средства на развитие нефтяной науки, что позволяет обосновывать высокорентабельные технологии даже для ТИЗН. В США

Себестоимость добычи нефти разными технологиями

Себестоимость (дол. США)	В освоенных районах	В новых районах
прироста 1 барреля извлекаемых запасов за счет геологоразведки (ГРП)	0,5	1,5
добычи 1 барреля нефти традиционными методами	3 — 5	8 — 9
добычи 1 барреля нефти традиционными методами с учетом затрат на ГРП	3,5 — 5,5	9 — 11
добычи 1 барреля нефти с применением современных методов увеличения КИН	4 — 18	10 — 23

государственная поддержка применения современных методов разработки привела к росту проектной нефтеотдачи (рис. 1) [1, 4]. В Канаде за счет внедрения суперсовременных тепловых методов добычи высоковязких нефтей удалось увеличить доказанные извлекаемые запасы в десятки раз и, в перспективе, применение уже освоенных современных технологий позволит увеличить величину среднего проектного КИН до 50% к 2020 г. [4].

Мы не можем сделать такой же рывок в доказанных извлекаемых запасах, воспользовавшись мировым опытом в области технологий для высоковязких нефтей, поскольку у России основные запасы нефти

традиционных технологий добычи нефти в новых районах. Если же считать, что себестоимость составляет 25% от цены нефти, и только 5% — прибыль, а остальное налоги [7], то при цене 40 долларов за баррель можно применять некоторый набор современных технологий, обеспечивающих себестоимость на уровне 4 — 9 долларов за баррель. Более того, перед нами стоит дилемма — или согласиться с тем, что запасов нефти у России только на 40 лет, или начать применять современные инновационные технологии.

Проблема обводненных месторождений — высокая доля воды в добываемых скважинах, что является причиной их остановки.



В последние годы в России простаивает десятки тысяч обводненных скважин, что приближается к 20% всех добывающих скважин. На многих крупнейших нефтяных месторождениях доля воды в продукции составляет 90%, а в целом по России превышает 83,5% [4]. Это означает, что в продукции добывающих скважин в 5 раз больше воды, чем нефти. Получается, что при уровне добычи нефти в России более 400 млн. т, из добывающих скважин вместе с нефтью поднимается более 2 млрд. т воды. Снижение доли воды в продукции только на 10% [5] приведет к уменьшению отбора воды на 900 млн. т, или почти в два раза.

Закачка такого количества воды для вытеснения нефти, затем подъем воды, ее отделение от нефти стоит дорого и требует значительных энергозатрат, что означает высокую экономическую выгоду от снижения обводненности продукции скважин. Экономия средств и энергии приведет к снижению себестоимости добычи нефти, что приведет к уменьшению экономически приемлемого дебита скважин по нефти и, в конечном счете, к увеличению КИН. Однако в статистических данных по добыче нефти ни обводненность продукции, ни количество поднятой жидкости (нефть плюс вода), не публикуется.

Проблема низкопроницаемых коллекторов в том, что закачать воду в поры и вытеснить из них нефть чрезвычайно трудно, поскольку КИН резко падает из-за нарушения структурного равновесия цементирующих породу глин [5].

Нанонаука выделилась в качестве отдельной дисциплины лишь в 90-е годы XX века [8]. Именно в наноразмерном интервале на молекулярном уровне природа «программирует» основные характеристики веществ, явлений и процессов. Поэтому многие из давно используемых материалов и процессов фактически связаны с нанотехнологиями. В частности, изучение ультрадисперсных состояний в коллоидной химии велось давно, но название «нанохимия» произошло после введения метрической системы СИ и обязательности использования приставок к базовым величинам (мкм, нм) [9].

Под термином «нанотехнология» понимают умение работать с объектами размером 1 – 100 нм [8]. Особенность нанотел состоит в том, что такой размер соизмерим с радиусом действия сил межфазного взаимодействия. Для процессов вытеснения нефти как раз важны наноразмерные объекты: глины, аэрозоли, мицеллярные коллоидные растворы, полимерные золи и гели, пленки жидкости на поверхности. К нанотехнологиям относятся технологии регулирования смачиваемости [9],

определяющей процессы вытеснения нефти в пористых средах, и технологии регулирования состояния газогидратов [5, 10].

Нанотехнологиями также являются разработки залежи нефти баженовской свиты – нефтепромыслового объекта, содержащего запасы в сотни миллиардов тон углеводородов. При этом основная часть углеводородов сосредоточена в коллекторе со средним радиусом пор 8 – 25 нм [5, 10]. Такие коллекторы с размерами пор менее 100 нм можно называть нанокolleкторами.

Нанотехнологиями являются и процессы регулирования состояния глинистых минералов в поровом пространстве. Глинистые частицы тонкозернисты: их характерный размер изменяется в диапазоне от несколь-

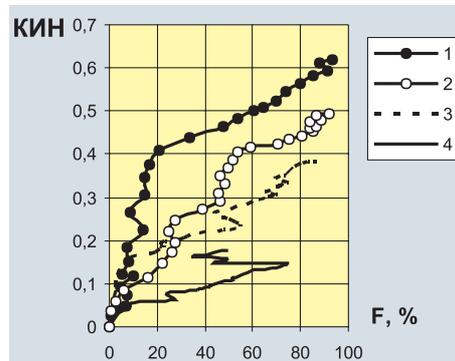


Рис. 2. Зависимость КИН от обводненности F по участкам Ромашкинского месторождения с разным КгЛ: 2,4% (1), 3,6% (2), 4,2% (3), 5,6% (4)

ких нанометров до нескольких микрон [5]. Характерные радиусы ионов менее нанометра. Поэтому нанотехнологиями являются технологии ионообмена и регулирования состояния глинистых материалов в поровом пространстве. При изменении ионного равновесия в системе «вода-глинистый минерал» реализуется основная особенность глинистых минералов – их способность к ионному обмену, приводящая к переупаковке кристаллической решетки. Как следует из промысловых данных, увеличение количества глин КгЛ в коллекторе всего на несколько процентов снижает КИН с 0,6 до 0,2 (рис. 2) [11].

Знание особенностей наноминералогии и поведения ультрадисперсных систем при многофазной фильтрации позволяет определить механизмы воздействия на наноразмерные явления в нефтяных пластах и создавать нанотехнологии повышения КИН. Использование глиностабилизаторов позволило уменьшить негативное влияние глин [5, 10]. Развитие этих работ позволит на участках с низким КИН увеличить его до 0,6, что в 2 раза выше проектного КИН (рис. 1).

Многие годы перед российской наукой стояла задача сделать высокоэффективные

рациональные технологии, которые были бы не менее рентабельны, чем заводные. Сегодня для этого создана достаточная технологическая и техническая база. Например, постоянное обновление технологий компанией Shell позволило за период с 1990 г. по 2000 г. уменьшить затраты на добычу 1 т нефти на глубоководных месторождениях более чем в 2,5 раза [1].

Широкомасштабное применение нанотехнологий в нефтегазовом комплексе увеличит КИН до уровня 0,5 – 0,65. Запасы газа в месторождениях газогидратов также невозможно освоить без применения современных нанотехнологий. Более того, применение нанотехнологий позволит торговать природным газом в газогидратном состоянии [5, 12].

Для того чтобы рационально добывать нефть и газ, нужно взаимодействие огромного числа отраслей и специалистов. Это широкий спектр вопросов геологии, гидродинамики, химии, физики, металлургии, биологии. Например, для изучения наноразмерных структур в пористых средах нужны аппаратура, специалисты физико-химии высокой квалификации, специалисты геологи высочайшей квалификации. Необходима также техника и аппаратура для работы при высоких термобарических условиях. Поэтому применение нанотехнологий в нефтегазовом комплексе действительно является локомотивом подъема инновационной экономики России.

Литература

1. Лавров Н. П. Топливо-энергетические ресурсы // Вестник РАН, 2006, т. 76, № 5, с. 398 – 408.
2. Хавкин А. Я. Нанотехнологии добычи нефти – локомотив российской экономики // Эфирная дискуссия на радио «Русская служба ВВС» 17.12.2008, 18.30 – 19.00.
3. Байбаков Н. К. Эффективные методы повышения нефте- и конденсатоотдачи пластов // РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина, сер. Академические чтения, вып. 12, М., Нефть и газ, 1997, 35 с.
4. Концепция программы преодоления падения нефтеотдачи / Спиридонов Ю. А., Храмов Р. А., Боксерман А. А., Хавкин А. Я. и др. // М., Госдума РФ, ОАО «Зарубежнефть», 2006, 144 с.
5. Хавкин А. Я. Нанотехнологии в добыче нефти и газа / под ред. член-корр. РАН Г. К. Сафаралиева // М., Нефть и газ, ПЦ «НТИС», 2008, изд. 2, 171 с.
6. Дмитриевский А. Н. На сколько лет нам хватит собственных запасов // Аргументы и факты, 2008, № 43, 22 – 28 октября 2008, с. 17.
7. Из чего складывается мировая цена российской нефти марки Urals // Аргументы и факты, 2008, № 43, 22 – 28 октября 2008, с. 16.
8. Киреев В. Нанотехнологии: история возникновения и развития // Нанондустрия, 2008, № 2, с. 2 – 10.
9. Сумм Б. Д., Иванова Н. И. Коллоидно-химические аспекты нанохимии – от Фарадея до Пригожина // Вестник МГУ, сер. Химия, 2001, т. 42, № 5, с. 300 – 305.
10. Хавкин А. Я. Пора откупорить поры // Поиск, Ежедневная газета научного сообщества, 22 августа 2008, № 33 – 34, с. 9.
11. Исследования влияния глинистости коллектора на нефтеотдачу / Ахметов Н. З., Хусаинов В. М., Салихов И. М. и др. // Нефтяное хозяйство, 2001, № 8, с. 41 – 43.
12. Хавкин А. Я. Пути развития экспортного потенциала российского газа // Эфирная дискуссия на радио «Русская служба ВВС» 15.01.2009 г., 09.40 – 09.55.