

На примере гидродинамических исследований скважины газоконденсатного месторождения Тюменской области показано, что метод адаптивной интерпретации на коротких недовосстановленных КВД обеспечивает получение более точных оценок проводимости пласта, пьезопроводности и пластового давления, позволяет значительно сократить время простоя скважины по сравнению с традиционным методом наилучшего совмещения и метода интерпретации реализованного в программе Saphir.

Литература

1. Гриценко А.И. Алиев З.С. и др. Руководство по исследованию скважин. – М.: Наука, 1995. – 523 с.
2. Шагиев Р.Г. Исследование скважин по КВД. – М.: Наука, 1998. – 304 с.
3. Bourdet D., Ayoub J.A., Pirard Y.M. Use of pressure derivative in well test interpretation // SPE. – 1984. – № 12777, 293 – 302 p.
4. Сергеев В.Л., Анисанов А.С. Метод адаптивной идентификации гидродинамических исследований скважин с учетом априорной информации // Известия Томского политехнического университета. – Томск, 2010. – Т. 317. – № 5. – С. 50 – 52.
5. Гаврилов К. С., Сергеев В.Л. Адаптивная интерпретация нестационарных гидродинамических исследований скважин в системе «пласт- скважина» методом интегрированных моделей // Известия Томского политехнического университета. – Томск, 2012. – Т. 321. – № 5. С.72 – 75.
6. Тихонов А.Н., Арсенин В.Я. Методы решения некорректных задач. – М.: Наука, 1979. – 392 с.

ПЕРСПЕКТИВЫ НАНОТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ДОБЫЧЕ НЕФТИ

Г.Т. Гараев

Научный руководитель профессор Зятиков П.Н.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Нанотехнология вошла в нефтегазовую промышленность не так давно, но многие ее приложения уже стали неотделимой частью многих, традиционных технологических процессов. Предположим, спользование нано-структурированных цеолитов позволило на 40% повысить выход бензиновых фракций по сравнению с применением обычных катализаторов. В области разработки месторождений и бурения известны лишь исключительные примеры использования нанотехнологий, допустим, использование оборудования, изготовленного из нового поколения нано-материалов. Буровые долота, трубы нефтяного сортамента, элементы оборудования промыслов необходимы противостоять колоссальным нагрузкам, следовательно потребность нефтегазовой промышленности в прочных и долговечных материалах крайне высока. Использование материалов с заданной нано-структурой допускает делать более легкое, долговечное и прочное оборудование. Нанотехнология, может помочь в разработке новых способов измерений. Миниатюрные по размерам датчики можно разместить на любом оборудовании, включая и в подземном. Тем самым, можно быстро повысить количество и качество информации о продуктивном пласте. Наиболее известная область применения нанотехнологии в нефтегазовой промышленности - это создание «умных» технологических жидкостей, или жидкостей с запрограммированными свойствами. Они находят применение в процессах интенсификации добычи, повышения нефтеотдачи пласта и при бурении скважин. К таким жидкостям относятся растворы ПАВ и полимеров, микроэмульсии, гели, а также бижидкостные пены (афроны). Еще одна растущая область промышленности занимается исследованием и применением «наножидкостей». Наножидкости – это технологические растворы с добавлением небольшого количества нанодисперсии твердых частиц для улучшения тех или иных свойств. Наножидкости можно создавать таким образом, чтобы они были совместимы с флюидами и горными породами продуктивного пласта и в то же время не представляли опасности для окружающей среды. Некоторые из них уже находят применение, и в скором времени они решат ряд острых проблем, возникающих при бурении, закачивании и эксплуатации скважин.

Одним из важных и перспективных направлений применения нанотехнологий в нефтяной промышленности является создание миниатюрных устройств, оснащенных микропроцессорами и способных выполнять операции с объектами нанометровых масштабов, называемых «нанороботами». Например, они могут использоваться для сверхточного каротажа скважин.

Важнейшим направлением применения нанотехнологий является разработка новых и повышение эффективности существующих химических реагентов. К подобным реагентам, например, относятся так называемые «умные» технологические жидкости для процессов бурения и повышения нефтеотдачи. Для их характеристики иногда используют термин «наножидкость» (если коллоидные частицы представляют собой твердую фазу). Например, разработаны технологические растворы, содержащие коллоидные частицы геля, которые при бурении, закачивании и глушении скважин препятствуют поглощению раствора пластом. В результате снижаются потери технологических жидкостей при закачивании и ремонте скважин.

Существующие производственные технологии добычи, транспорта и хранения могут стать «нанотехнологиями», если они будут оптимизированы или спроектированы заново с учетом комплексных диаграмм фазового состояния природных нанокolloидов нефти. Это позволит если не улучшить, то, по меньшей мере, предотвратить ухудшение качества добываемого сырья.

Исследования, проводившиеся на протяжении последних лет, показали что нефть с полным правом можно относить к наноматериалам, так как они содержат природные нанообъекты (нанофазы), эволюция которых описывается универсальными закономерностями (фазовыми диаграммами). Это делает возможным

применение к нефти нанотехнологий молекулярной самоорганизации, основанных на подходах супрамолекулярной химии. Подобные подходы не предполагают насильственного внедрения в нефть «чужеродных» наноконпонентов (и, тем самым, не создают проблем экологии окружающей среды), а основаны на управлении структурой фаз нанобъектов путем «мягких» целенаправленных изменений внешних условий и состава среды. К природным нанобъектам нефтегазового сырья можно отнести:

- 1) Наноглерод (фуллерены, нанотрубки, графены, диамондоиды).
- 2) Ассоциативные нанокolloиды (асфальтены, смолы, нафтеновые кислоты, нафтенаты).
- 3) Кристаллизующиеся нанокolloиды (парафины, гидраты, неорганические соли).
- 4) Нанокolloиды механических примесей.
- 5) Объекты естественной нанодисперсности жидкого состояния вещества.

С точки зрения супрамолекулярных нанотехнологий нефти основной интерес представляют ассоциативные нанокolloиды асфальтенов, структурные фазовые превращения которых оказывают наиболее сильное влияние на макроскопические, эксплуатационно-значимые свойства добываемого сырья.

В настоящее время, в связи с трудоемкостью исследований, пока отсутствуют надежные сведения о поведении нанофаз нефти при пластовых давлениях. Однако, имеющиеся результаты лабораторного изучения добытой нефти и их фракций (при атмосферном давлении) уже позволили построить диаграмму состояния нанофаз в координатах: температура среды – содержание асфальтенов, упрощенная схема которой показана на рисунке .

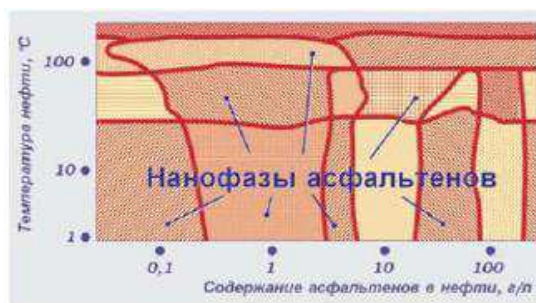


Рис. 1 Диаграмма состояния асфальтенов нефти

Имеющиеся сведения о состояниях нанофаз асфальтенов можно упрощенно описать следующим образом. Нанофаза мономеров (отдельных молекул) существуют в нефтяных средах лишь при концентрациях асфальтенов до фазовой границы при 5 – 10 мг/л. При превышении этой границы формируется нанофаза олигомеров – агрегатов из небольшого числа молекул. В нефтяных средах с содержанием асфальтенов между границами при 0,10-0,15 г/л и 1 – 3 г/л нанофазу составляют «нанокolloиды» – частицы диаметром 2 – 10 нм. При еще более высоких содержаниях асфальтенов формируются различные нанофазы флокулировавших нанокolloидов (ФНК). Так, между границами при 7-10 г/л и 20-35 г/л.

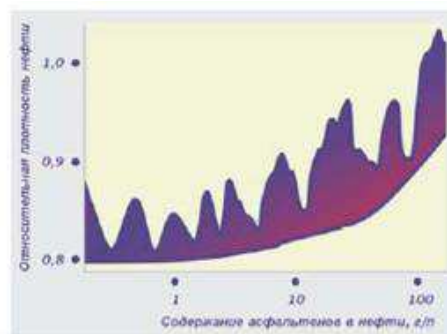


Рис. 2 Превращения нанофаз и изменения плотности и вязкости природных нефтей

ФНК представляют собой обособленные объекты с размерами до нескольких десятков нанометров. Между границами при 20 – 35 г/л и 70 – 90 г/л внутренняя структура ФНК остается неизменной, но они начинают взаимодействовать с образованием рыхлых фрактальных объектов, что придает взаимодействовать с образованием рыхлых фрактальных объектов, что придает жидкой среде высокую вязкость. Область между границами при 70 – 90 г/л и 140 – 160 г/л соответствует фазе из крупных (>0,1 мкм) флокулировавших частиц, которые могут формировать пространственные упорядоченные структуры, подобные гелям. В этой области может также произойти потеря седиментационной устойчивости и выпадение фазы асфальтенов в осадок. Молекулярные процессы на температурных границах нанофаз пока менее изучены. Предположительно, при температурах ниже фазовой границы при – 25 – 40°C, структура частиц всех нанофаз является аморфной

благодаря взаимодействиям боковых алкильных цепей молекул асфальтенов. При переходе через эту границу в результате нагрева, преобладающими становятся связи между ароматическими пластинами асфальтенов, и частицы уплотняются, уменьшая свои размеры. Между фазовыми границами в диапазоне температур 100 – 180°C некоторые нанофазы асфальтенов приобретают определенную кристаллическую упорядоченность. Кристаллические образования начинают плавиться вблизи фазовой границы при 220 – 240°C.

Так, на рисунке 2 приведен график корреляции плотности нефти с содержанием в них асфальтенов. Для наглядности, отдельные точки не показаны, сплошными линиями соединены данные, соответствующие нефти с наибольшими и наименьшими плотностями. На рисунке хорошо видны значительные «всплески» плотности нефти, в которых содержание асфальтенов приближается к положению выявленных ранее границ нанофаз. В этой же нефти наблюдается и аномальное увеличение вязкости (до нескольких десятков раз).

Таким образом, наноявления определяют особенности многих нефтегазовых технологий. Это означает необходимость более глубокого изучения наноявлений в науках о Земле с целью повышения долгосрочной эффективности добычи нефти и газа.

Литература

1. Хавкин А.Я. Наноявления в нефтегазодобыче // Вестник РАН, 2009, – № 6, С. 519 – 522.
2. Хавкин А.Я. Перспективы развития нефтегазовой наноиндустрии // НANOтехнологии Экология Производство, 2009, – № 1, – С. 98 – 102.
3. И.Н. Евдокимов. Нанотехнологии управления свойствами природных нефтегазовых флюидов.
4. Хавкин А.Я. Российские нанотехнологии должны служить России // Интервью, ИТАР-ТАСС, 22 ноября 2010 года, Интернет, 4 с., <http://www.itar-tass.com>.

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ СПИРТОВ НА ПРОЦЕСС АГРЕГАЦИИ АСФАЛЬТЕНОВ

Г.А. Гесь

Научный руководитель: аспирант А.М. Горшков

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

На сегодняшний день при добыче и транспортировке нефти возникает важная проблема, это выпадение асфальтеновых осадков из нефти вызывающее закупоривание оборудования при добыче и транспорте нефти. Термин «асфальтены» был введен Ж.Б Буссенго в 1837 г., так он назвал остаток от перегонки битума. Современная трактовка асфальтенов звучит так: остаток не растворимый в n-алканах таких как, n-пентан или n-гептан, но растворимый в толуоле. [1] Как было сказано выше, асфальтены оказывают пагубное воздействие на оборудование и являются причиной нарушения функциональности системы добычи и транспортировки нефти, поэтому их исследование постепенно получило некий приоритет. Изучение условий сохранения и потери устойчивости асфальтенов дает возможность регулировать эти процессы, то есть, возможна стабилизация асфальтенов. Исследование асфальтенов затрудняется тем, что стандартные оптические методы не эффективны ввиду сильного поглощения света асфальтенами. Для разрешения этой проблемы предложено использовать метод спектроскопии оптического смещения – метод фотонной корреляционной спектроскопии.

Цель данной работы – изучить влияние природы спиртов на процесс агрегации асфальтенов в модельной системе методом фотонной корреляционной спектроскопии.

Фотонная корреляционная спектроскопия (ФКС) – метод, использующий явление рассеяния света, и предназначенный для измерения размеров нано- и субмикронных дисперсных частиц. Метод является бесконтактным, не вносящим возмущение в исследуемую среду и отличается высоким быстродействием и точностью [3].

Метод ФКС позволяет измерять коэффициент диффузии дисперсных частиц в жидкости. Информация о коэффициенте диффузии частиц содержится во временной корреляционной функции флуктуаций интенсивности рассеянного света. Если форма частиц известна или задана, их размер может быть рассчитан с использованием соответствующей формулы. Например, для сферических частиц можно использовать формулу Стокса-Эйнштейна [3]:

$$R = \frac{k_B \cdot T}{6 \cdot \pi \cdot \mu \cdot D} \quad (1)$$

где k_B – константа Больцмана, T – абсолютная температура, μ – сдвиговая вязкость среды, в которой взвешены частицы радиуса R , D – коэффициент диффузии.

Объектом исследования являлись асфальтены, выделенные из высокопарафинистой нефти. Процесс агрегации асфальтенов был изучен на модельной системе. В качестве растворителя использовался толуол. Концентрация асфальтенов в толуоле составляла 0,065 г/л. Инициирование агрегации асфальтенов осуществлялось добавлением n-гептана 80% об. Для исследования влияния поверхностно-активных веществ (ПАВ) на процесс агрегации асфальтенов были выбраны три различных спирта: изопропиловый, гексиловый и октиловый. Количество спирта в смеси асфальтены-толуол-гептан составляло 1,96% об. Все растворители, используемые в экспериментах, подвергались очистке согласно стандартной методике. Обеспыливание проводилось с помощью мембранных фильтров. Перед измерением размеров частиц исследуемые растворы подвергались диспергированию в ультразвуковой ванне в течение 15 секунд.