

В нефтяной отрасли одновременно сосуществуют две основные задачи: с одной стороны, максимум добываемой нефти при минимальном отрицательном воздействии на нее и окружающую среду; с другой, при наличии множества средств и технологических приемов добычи и подготовки нефти — унификация подхода к их выбору. И хотя исследования в данном направлении ведутся уже достаточно давно, им не хватает системности и общего базиса [1]. Системный подход предполагает одновременное рассмотрение всего объекта исследования в целом, и его составных частей в отдельности с использованием принципа дифференциации и интеграции явлений [2, 3]. Для нефтесодержащих систем это хорошо известные параметры и функции межфазных и внутрифазных физических, физико-химических и химических взаимодействий: структурно-групповой состав, собственная и вынужденная ассоциация и диссоциация и обусловленные этими факторами вязкость, межфазное натяжение, теплоемкость, плотность, температуры фазово-полиморфного. Всех их связывает тот факт, что основу нефтесодержащих систем, по нашему мнению, составляют нестехиометрические соединения. Исходная нефть существенно отличается от нефти, добываемой в ходе эксплуатации месторождения. Отличия обусловлены нагнетанием в нефтеносные пласты значительного количества воды, имеющей различные физико-химические и микробиологические свойства. В результате протекания окислительных процессов в остаточной нефти увеличивается доля полициклических фрагментов и окислительных групп. Отсюда различия в качестве и структуре бронирующих и сольватных оболочек. В то же время, техногенное воздействие на нефть начинается с самого бурения скважин [1] и, следовательно, речь по существу идет о степени техногенного воздействия. Кроме того, уровень внутренней ассоциации [2] и в той, и в другой нефти, по-видимому, не претерпевает существенных качественных изменений. Поэтому ассоциативность можно рассматривать как общую первичную составляющую коллоидоподобных частиц нефти. Распространена точка зрения, что нефтяные дисперсные системы (НДС) неспособны к самопроизвольному диспергированию, вследствие некомпенсированности поверхностной энергии частиц асфальтенов. По нашему мнению [4], НДС, напротив, способны к саморегулированию. Именно разные стадии процесса саморегуляции, очевидно, и обуславливают наличие разных моделей сложных структурных единиц (ССЕ). Более того, все возможные внутренние конформации ССЕ образуют, по-видимому, подобные друг другу внешние ассоциаты, также находящиеся в непрерывном динамическом развитии. Аналогичные системы составляют асфальто-смоло-парафиновые отложения (АСПО). На выпадении АСПО существенно сказывается степень обводненности нефти, поскольку капельки воды могут участвовать в доставке высокомолекулярных парафинов к месту формирования отложений. Высокая обводненность даже считается основной причиной образования АСПО [5]. Полярные соединения – смолисто-

асфальтеновые вещества (СAB) концентрируются на поверхности всплывающих капель нефти в воде, способствуя возникновению двойного электрического слоя, отрицательная часть которого представлена поляризованной пленкой из макромолекул (асфальтенов и смол), а положительная – ионами пластовой воды ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^{+}$ ). Длительный период разработки месторождений приводит к нарушению динамического равновесия в залежи. В этом случае может происходить либо супрамолекулярное структурирование нефти (переход от свободнодисперсной к связнодисперсной системе) с увеличением ее вязкости, либо фазовые переходы с выпадением высокомолекулярных компонентов. Если же учитывать и наноуровень взаимодействий (т.е. взаимодействие и тип электронных связей ингредиентов ассоциатов), то априорный точный расчет характеристик этих взаимодействий невозможен. Поэтому незаменимо, по нашему мнению, применение принципа дифференциации и интеграции явлений и их ключевых усредненных характеристик [6,7]. Топологически (схематично и приближенно) связь между межфазным натяжением и вязкостью можно отобразить следующим образом (рис. 1). Рис. 1 – Топологическая иллюстрация связи  $\mu$  и  $\sigma$  на поверхностном и предповерхностном слоях: I – внутренний слой; II – поверхностный слой;  $\alpha$  – угол касательной;  $F$ ,  $F'$  – силы, характеризующие соответственно величины вязкости и поверхностного натяжения;  $F$  представляет собой силу сдвига поверхностного слоя жидкости относительно ниженаходящегося. Можно записать следующие выражения: (1) (2) где  $l$  – путь сдвига,  $w$  – скорость сдвига,  $\Delta t$  – время. Далее вытекает: (3) где  $dV$  – элементарный объем. Использование модульных значений вязкости и натяжения обусловлено тем, что первая характеризует усилие, необходимое для создания движения, а второе – для его компенсации. Для элементарных объемов, поверхностей и расстояний между ними (стремящимся к очень малым значениям) достаточно корректным должно быть следующее соотношение (4): (4) Для проверки этого предположения осуществлена серия расчетов связи межфазного натяжения внутри жидкости с её внутренней вязкостью (см.[8]). Полученные данные свидетельствуют, что поверхностное (межфазное) натяжение, как и вязкость, хорошо описывается пространственно-волновым уравнением. Сверка расчетных и табличных данных подтверждает правомерность нашей исходной посылки о линейности связи между  $\sigma$  и  $\mu$  (особенно для жидкофазного состояния углеводородов). Общим базисом нефтесодержащих систем является их ассоциативность и нестехиометричность[3]. Ассоциативность сложных жидкофазных (химических, физико-химических или физических) процессов предполагает наличие комплексов и конгломератов огромного числа молекул ( $10^{10}$ - $10^{17}$ ), взаимодействующих ингредиентами своих поверхностных слоев. В этом случае понятие молекул как индивидуальных самостоятельных структурных единиц теряет смысл. В частности, в нефтесодержащих системах, по нашему мнению,

превалирующую роль во многих взаимодействиях оказывают комплексы нестехиометрических соединений, подобных постоянным фрагментам в полимерах, с различной степенью ассоциативности. В соответствии с изложенным представляется, что очень значимый (если не основной) вклад в различные физические и химические виды взаимодействия вносят поверхностные ингредиенты нестехиометрических соединений. Это подтверждают результаты специально проведенных исследований внешних и внутренних надмолекулярных структур методами ядерного магнитного резонанса и тепловизионных измерений. Были сняты, обчислены и интерпретированы ~50 спектров образцов при различных параметрах режима импульсного Фурье ЯМР анализа. И более 800 тепловизионных снимков этих же образцов при различной интенсивности теплового движения. Резюмируя настоящее Сообщение, целесообразно еще раз подчеркнуть, что все аналогии нефтесодержащих и им подобных систем, обусловлены неразрывным сочетанием их супрамолекулярной и нанокластерной составляющих.