УДК 622.276

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ АДСОРБЦИОННЫХ СЛОЕВ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ НА ПОВЕРХНОСТИ ТВЕРДОГО ТЕЛА С ПРИМЕНЕНИЕМ АТОМНО-СИЛОВОГО МИКРОСКОПА

STUDY OF THE STRUCTURE OF SURFACTANTS ADSORPTION LAYERS ON THE SOLID BODY SURFACE USING THE ATOMIC-FORCE MICROSCOPE

Р. Ш. Салихов, Ю. В. Пахаруков
R. Sh. Salikhov, Yu. V. Pakharukov

Тюменский государственный нефтегазовый университет, г. Тюмень

Ключевые слова: ***адсорбция; поверхностно-активное вещество; гидрофобизатор; атомный микроскоп***
Key words: ***adsorption; hydrophobisator; surfactant; atomic microscope***

Современный этап разработки большинства месторождений Западной Сибири характеризуется значительной выработкой запасов, а также высокими значениями обводненности скважинной продукции. В таких условиях применение поверхностно-

активных веществ (ПАВ) для воздействия на пласт получило широкое распространение. ПАВ позволяет вытеснять остаточную нефть за счет снижения межфазного натяжения на границе нефть-вода, а также интенсифицировать приток нефти к забоям добывающих скважин за счет изменения смачиваемости поверхности коллектора с гидрофильного на гидрофобный.

Промышленное применение поверхностно-активных веществ всегда сопровождается необходимостью учета их адсорбции. В большинстве случаев адсорбцию ПАВ учитывают как снижение концентрации активного вещества в растворе по мере продвижения оторочки активного вещества в пласте. Несмотря на это вопрос структуры образующегося адсорбционного слоя почти не рассматривается.

Методы исследования структуры распределения ПАВ на поверхности твердого тела в результате адсорбции, по мнению авторов [1], условно можно разделить на две группы. Первая группа методов (косвенных) основана на измерении изменения концентрации вещества в растворе в результате адсорбции. Полученные таким образом изотермы адсорбции позволяют оценить площадь поверхности, занимаемой одной молекулой в адсорбционном слое, а также толщину этого слоя. Такого рода исследования не дают информации о непосредственном распределении вещества на поверхности, а также обладают низкой чувствительностью, не позволяющей проводить исследования при концентрации ПАВ ниже критической концентрации мицеллообразования [3].

Вторая группа методов основана на непосредственном изучении адсорбционных слоев на поверхности. Такими методами являются методы радиоактивных индикаторов, ИК-спектроскопии, метод пьезоэлектрического микровзвешивания, а также исследования с применением атомно-силовых микроскопов.

В данной работе представлены результаты исследования структуры адсорбционных слоев поверхностно-активных веществ «Неонол БС-1», «Бетанол» и «ГКЖ-11» с применением атомно-силового микроскопа. Изучение строения адсорбционного слоя проводилось на поверхности пластинки слюды. Для исследования применялись растворы ПАВ с концентрацией 0,1, 1 и 5 % масс. Нанесение адсорбционного слоя на поверхность проводилось следующим образом: пластинку слюды помещали в раствор поверхностно-активного вещества на 30 минут. По истечении времени образец вынимался из раствора и выдерживался при комнатной температуре в течение 3-х часов, затем в сушильном шкафу в течение 5 часов при температуре 80 ^{0}С. Далее проводили сканирование поверхности. На рисунке 1 представлена структура адсорбционных слоев ПАВ при концентрации 5 %.

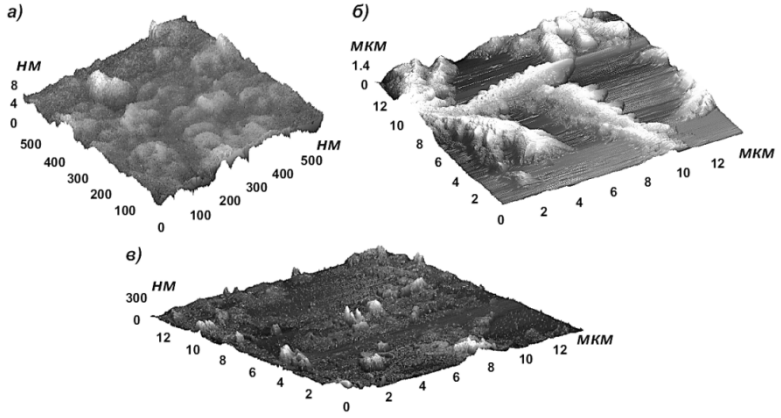

Рис. 1. ***Трехмерное изображение поверхности с нанесенным адсорбционным слоем, концентрация ПАВ — 5 %:*** *а — Неонол БС-1; б — ГКЖ-11; в — Бетанол*

При таком значении концентрации адсорбция «Неонол БС-1» происходит в виде больших агрегатов молекул (d ≈ 100 нм). Адсорбированное вещество полностью покрывает поверхность твердого тела и образует сплошной слой толщиной порядка 5–7 нм. Адсорбирование на поверхности твердого тела «ГКЖ-11» приводит к полному

покрытию поверхности веществом. Отмечается наличие протяженных участков с повышенной адсорбцией на них, что обусловливает высокое значение их высоты (h ≈ 1,4 мкм). Адсорбция поверхностно-активного вещества «Бетанол» приводит к созданию сплошного адсорбционного слоя толщиной ≈ 250–300 нм. Высокое значение толщины адсорбционных слоев, вероятнее всего, связано с образованием нескольких адсорбированных слоев.

На основании полученных изображений адсорбционных слоев поверхности слюды при концентрации активного вещества 1 % (рис. 2) отмечается следующее: толщина адсорбционного слоя «Неонол БС-1» составляет ≈ 1,4 нм; помимо полного покрытия поверхности, происходит адсорбция отдельных агрегатов молекул ПАВ (d ≈ 1÷4 мкм). Аналогичные результаты получены при исследовании структуры адсорбционного слоя «ГКЖ-11» — средняя толщина составляет величину 200 нм, средний диаметр агрегатов молекул — около 2 мкм. Структура адсорбционного слоя «Бетанола» соответствует сплошному адсорбционному слою (h ≈ 1,6 мкм). Адсорбции отдельных агрегатов молекул при данной концентрации не происходит.

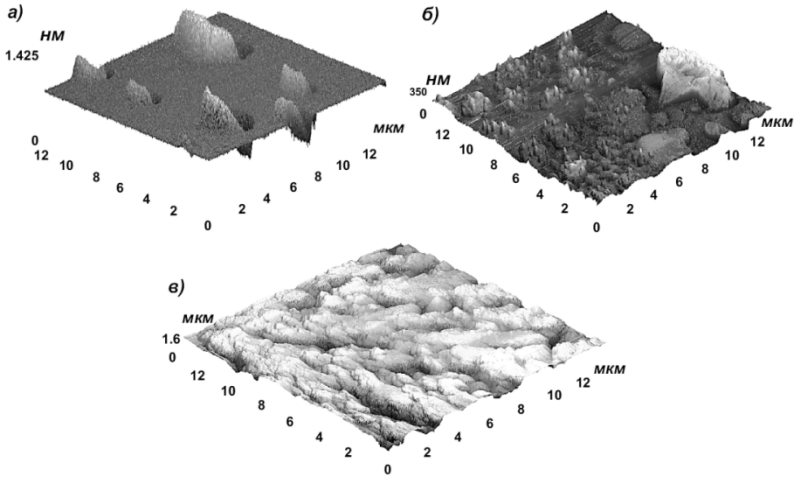

Рис. 2. ***Трехмерное изображение поверхности с нанесенным адсорбционным слоем, концентрация ПАВ — 1 %:*** *а — Неонол БС-1; б — ГКЖ-11; в — Бетанол*

Завершающим этапом исследований стало изучение структуры адсорбционного слоя ПАВ при концентрации 0,1 % (рис. 3).

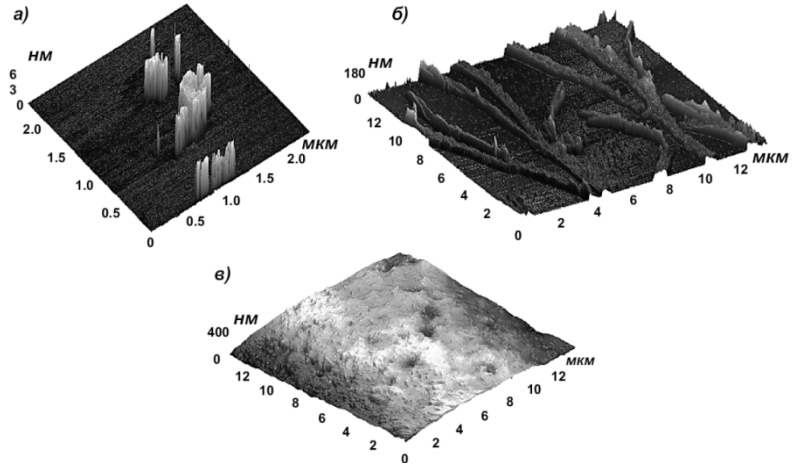

Рис. 3. ***Трехмерное изображение поверхности с нанесенным адсорбционным слоем, концентрация ПАВ — 0,1 %:*** *а — Неонол БС-1; б — ГКЖ-11; в — Бетанол*

При адсорбции «Неонола БС-1» не происходит образование сплошного адсорбционного слоя. Адсорбция молекул происходит в виде отдельных «частиц» с размерами ≈ 0,5–1,0 мкм в диаметре и около 8 нм в высоту. Адсорбция «ГКЖ-11» также не приводит к полному покрытию поверхности адсорбентом, происходит образование протяженных адсорбированных каналов. Структура адсорбционного слоя «Бетанола» соответствует полному покрытию поверхности веществом, толщина такого слоя составляет ≈ 400 нм.

Проведенные исследования структуры адсорбционного слоя различных поверхностно-активных веществ позволили установить связь структуры адсорбционного слоя и концентрации активного вещества в растворе. В интервале низких значений концентраций ПАВ «Неонол БС-1» и «ГКЖ-11» образования сплошного адсорбционного слоя не происходит. Наблюдается частичное заполнение поверхности адсорбатом. Увеличение концентрации приводит к полному покрытию поверхности молекулами ПАВ. Дальнейшее повышение концентрации приводит к эффекту «замасливания» поверхности, то есть образованию на поверхности твердого тела нескольких адсорбционных слоев.

Список литературы

1. Должикова В. Д., Сумм Б. Д. О строении адсорбционного слоя поверхностно-активных веществ на границе раствор-твердое тело // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 2. Химия. – 1998 – т. 39, № 6. – С. 408-412.

2. Избирательное смачивание в системе водный раствор бромида тетрадецилтриметиламмония/n-ксилол/твердое тело / О. А. Соболева, Г. А. Бадун, В. И. Коробков и др. // Коллоидный журнал. – 2007. – № 4. т. 69. – С. 542-549.

3. Богданова Ю. Г., Должикова В. Д., Сумм Б. Д. Адсорбционные слои тритона Х-100 на поверхности полиэтилена // Коллоидный журнал. – 1994. – № 5. – т. 56. – С. 619-623.

4. Сергеева И. П., Ермакова Т. Б. Структура и свойства адсорбционных слоев катионных полиэлектролитов на отрицательно заряженной поверхности // сборник статей IX Всероссийской конференции «Структура и динамика молекулярных систем». – Ялычик, 2000. – т. 1. – С.184-187.

Сведения об авторах

Салихов Рустам Шафкатович, *аспирант, кафедра «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений», Тюменский государственный нефтегазовый университет, г. Тюмень, тел.: +89220733010, e-mail: Salihov.R.Sh@gmail.com*

Пахаруков Юрий Вавилович, *д. ф.- м. н., профессор кафедры «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений», Тюменский государственный нефтегазовый университет, г. Тюмень, тел.: 89058230315, e-mail: PacharukovYu@yandex.ru*

Information about the authors

Salikhov R. Sh., *post graduate of the chair «Development and exploration of oil and gas fields», Tyumen State Oil and Gas University, Tyumen, phone: 89220733010, e-mail: Salihov.R.Sh@gmail.com*

Pakharukov Yu. V., *Doctor of Science in Physics and Mathematics, professor of the chair«Development and exploration of oil and gas fields», Tyumen State Oiland Gas University, Tyumen, phone: 89058230315, e-mail: PacharukovYu@yandex.ru*