

ВЛИЯНИЕ НАНОЧАСТИЦ НА ВЯЗКОСТЬ СЫРОЙ НЕФТИ

Аль-ани А.А.А., Рабатуев Г.Г.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Борисенко В.Е. – д-р физ.-мат. наук, профессор

Качественно показана возможность применения наночастиц кварца для снижения вязкости сырой нефти за счёт адсорбции асфальтенов, ингибирования процесса их ассоциации и формирования вязкой связно-дисперсной системы (геля).

Поскольку нефть является ресурсом широчайшего использования, её добыча и транспортировка должны быть максимально экологичны и экономичны. Вязкость нефти является ключевым фактором, определяющим энергетические затраты на выкачивание нефти с больших глубин из коллекторов с низкой проницаемостью и её транспортировку по трубопроводам на тысячи километров. Снижение вязкости может быть достигнуто увеличением её температуры [1], приложением электрического [2] и магнитного полей, разбавлением водой и другими добавками. Многие методы являются малоэффективными, затратными или нереализуемыми, особенно на стадии выкачивания, но эффективность даже этого процесса может быть изящно увеличена с использованием нанотехнологий. Тяжёлыми частицами, которые в большей степени препятствуют транспортировке нефти, являются смолы и асфальтены, на которых концентрируются все металлы в составе нефти [3]. Молекулярные агрегаты образуют лишь молекулы асфальтенов. Если дисперсионная среда лиофобна по отношению к асфальтенам, то асфальтены образуют ассоциаты, которые выделяются в твёрдую фазу. Из ассоциатов формируется золь, то есть дисперсная среда без сплошных жестких структур, а при дальнейшем объединении ассоциатов образуются гели, то есть вязкие связно-дисперсные системы с жесткой пространственной структурой. Снизить вязкость нефти за счёт снижения среднего размера асфальтеновых агрегатов и интенсивности их образования представляется возможным при использовании наночастиц. При правильном подборе материала энергетически выгоднее может стать ассоциация частиц асфальтена с вводимыми наночастицами, чем между собой. Этот процесс представляет собой адсорбцию частиц асфальтена поверхностью наночастицы-сорбента или наоборот – пассивацию сформировавшихся агрегатов асфальтена вводимыми наночастицами, препятствующими дальнейшей ассоциации.

Основными требованиями к наночастицам являются: энергетическая выгода ассоциации с асфальтеном, экономическая целесообразность применения, размер меньший размеров пор в сланцевых кластерах, термическая, химическая и механическая стойкость. Этим требованиям соответствуют наночастицы оксида кремния с характерным размером порядка 10 нм и активированной силанольными группами поверхностью. Существуют две основных модели, описывающие адсорбцию в дисперсионной среде. Модель Ленгмюра [4] предполагает, что адсорбция происходит на однородной поверхности с монослойным покрытием, а модель Фрейндлиха [5] описывает адсорбцию, когда адсорбент имеет пористую поверхность. В работе [6] обнаружено, что адсорбция асфальтена имеет характер монослойной хемосорбции на силанольных группах кремнезема. Следовательно, при использовании наночастиц кварца сферической формы от модели Ленгмюра ожидается лучшее соответствие действительности. Но и при более простом рассмотрении можно убедиться в эффективности данного подхода. Пусть в 1 л нефти содержится 1 г частиц асфальтена с размером $1,5 \times 1,5 \times 1,5 \text{ нм}^3$ [6] и плотностью $1,1 \text{ г/см}^3$, что соответствует количеству частиц порядка $2,4 \times 10^{19}$, способных покрыть площадь сорбента 600 м^2 . При добавлении 1 г коллоидного кварца с удельной площадью $300 \text{ м}^2/\text{г}$ в первом приближении половина асфальтена окажется адсорбированной, на 50% может быть снижена вероятность ассоциации, гелеобразования, а также средний размер агрегатов.

Таким образом, качественно показана применимость наночастиц кварца для снижения вязкости нефти. Такой метод в перспективе может быть использован на стадии выкачивания нефти из сланцевых залежей, поскольку возможно введение наночастиц в сам резервуар.

Список использованных источников:

1. Raicar J, Procter RM (1984) *Economic considerations and potential of heavy oil supply from Lloydminster-Alberta, Canada*. In: Meyer RF, Wynn JC, Olson JC (eds) *The future of heavy oil and tar sands, second internal conference*. McGraw-Hill, New York, pp 212–219
2. Tao, Rongjia & Gu, G. (2015). *Suppressing turbulence and enhancing liquid suspension flow in pipelines with electrorheology*. *Physical review E, Statistical, nonlinear, and soft matter physics*. 91. 012304. 10.1103/PhysRevE.91.012304.
3. *Современные представления о нефтяных дисперсных системах [Электронный ресурс]*. – Режим доступа: <http://econf.rae.ru/pdf/2014/03/3293.pdf>
4. Langmuir I. *The constitution and fundamental properties of solids and liquids. Part I. Solids* // *Journal of the American chemical society*. – 1916. – Т. 38. – №. 11. – С. 2221–2295.
5. Freundlich H. *Adsorption in solids* // *Z. Phys. Chem.* – 1906. – Т. 57. – С. 385–470.
6. Fritschy, G., & Papirer, E. (1978). *Interactions between a bitumen, its components and model fillers*. *Fuel*, 57(11), 701–704.