



Проект «Разработка делительных сеток с супергидрофобным эффектом для нефтегазовой промышленности»

К.В. Котоменков,

обучающийся Детско-юношеского центра «Радость», участник Фестиваля-конкурса «Алтарь Отечества» в категории «Кулибин: мир изобретений и открытий»,
Московская область, г. Красноармейск

В.Н. Мохова,

руководитель проекта, педагог дополнительного образования
МАОУ ДО «ДЮЦ «Радость», Московская область, г. Красноармейск

А.А. Бездомников,

руководитель проекта, преподаватель технопарка
ФГБОУ ВО «МИРЭА – РТУ», Москва

В месторождениях нефти и газа часто присутствует большое количество воды. При добыче, вода с нефтью образует устойчивую эмульсию [1], из-за чего добытую нефть приходится дополнительно перерабатывать, для снижения содержания в ней воды. При добыче газа, из-за высоких давлений, вода с природным газом может образовывать газовые гидраты, которые крайне легко нарастают на стенках газопроводов. Образование газовых гидратов в газопроводах при добыче и транспортировке природного газа может привести к внештатным ситуациям, из-за чего могут быть нарушены планы по добыче полезного ископаемого.

С данной проблемой сейчас борются пассивно – снижая вероятность образования гидратов, путём добавления смесей ПАВ, спиртов, в частности метанола, постоянным

подогревом трубы. Такие методы могут ухудшать качество сырья, либо являются крайне энергозатратными и неэкологичными [2]. Активная борьба – борьба с последствиями закупорки труб, сводится либо к сильному прогреву труб, либо к продувке. Оба этих метода приводят к остановке работы и являются энергозатратными.

В качестве решения этих проблем мы видим использование супергидрофобных сеток внутри трубопроводов. Наша гипотеза заключается в том, что комбинирование супергидрофобных сеток различной зернистости и различной формы внутри трубопроводов позволит разделять нефтяные эмульсии [3] и смеси природного и попутного газа с водой. Применение супергидрофобных сеток должно упростить переработку нефти и обеспечить газопроводы



пассивной системой защиты от образования газовых гидратов.

Разработка супергидрофобных сеток для нефтегазовой промышленности является сложной задачей, которую можно разделить на две отдельные работы: разработка самих сеток и разработка инженерных решений для их внедрения в трубопроводы. В данной работе мы сделали упор на получение самих сеток и изучении их возможностей.

Цель проекта: получение супергидрофобных сеток и изучение их принципиальной возможности разделения эмульсий и парогазовых смесей.

Задачи:

- 1) Модифицировать стальные сетки различных размеров ячеек;
- 2) Гидрофобизировать полученные образцы сеток;
- 3) Исследовать характеристики смачивания полученных изделий, и их возможность разделять эмульсии и парогазовые смеси.

Принципы создания супергидрофобных материалов изложены в [4–5]. В качестве исходных сеток были взяты 4 типа стальных сеток (сплав AISI 304), с размерами ячеек от 10 до 40 MESH. Было показано, что сетки с размерами ячеек 30 и более MESH не могут задерживать воду, даже являясь гидрофобными. Сетки с размерами ячеек 20 MESH могут лишь частично задерживать воду, проявляя высокие гидрофобные свойства, а сетки с размерами ячеек меньше 10 MESH проявляют супергидрофобность. Модификация сеток осуществлялась методом анодного оксидирования и с последующей гидрофобизацией фтороксисиланом. Сетки с размером ячеек 20 MESH показывают углы смачива-

ния порядка 130° , что указывает на высокую гидрофобность, а сетки с размером ячеек 10 MESH угол смачивания более 150° , углы скатывания меньше 15° , что соответствует состоянию супергидрофобности.

Экспериментальная часть

Расходные материалы: стальные сетки из сплава AISI 304 различных размеров ячеек от 10 до 40 MESH; платиновые электроды; фильтровальная бумага; вата.

Реактивы: фтороксисиланы; хлорная кислота 70 % ХЧ; этилен гликоль; глицерин; гидроксид натрия тв. ХЧ; изопропиловый спирт безводный ХЧ; ацетон ХЧ; дистиллированная вода.

Посуда: химические стаканы; мерные колбы; мерные цилиндры; чашки петри; стеклянные палочки; эксикатор.

Оборудование: источник тока APS-3605L; технические весы; аналитические весы; термометры; сушильный шкаф; магнитная мешалка; хемосорбционный активатор; цифровая камера для макросъемки; автоматический дозатор 10–100 мкл.

Электрохимическое анодирование

Анодирование сталей – достаточно трудоемкий процесс, в отличие от алюминиевых сплавов, где достаточно легко получить пористую текстуру. Исходя из литературных данных, получить пористую текстуру, подходящую для наших целей, можно используя в качестве электролита 5 % раствор хлорной кислоты в этиленгликоле при температуре от 0 до 10°C [6–7].

В данной работе мы обработали образцы в электролите, описанном выше, и в качестве альтернативы заменили этиленгликоль на другой многоатомный спирт – глицерин. Однако глицерин имеет крайне высокую



вязкость, для решения этой проблемы мы попытались разбавить глицерин изопропиловым спиртом. Это привело к существенному ускорению процесса анодирования, который при этом приводил к неоднородной обработке поверхности.

Анодирование осуществлялось в химическом термостатируемом стакане, образец помещался между двумя катодами, процесс осуществлялся при активном перемешивании магнитной мешалкой.

Гидрофобизация

Сетки гидрофобизировались смесью фтороксисиланов из легколетучего растворителя (ацетона). Образцы вымачивались в этом растворе в течение 1 часа, затем высушивались в печи при 90°C в течение часа, эта процедура повторялась 3 раза. Затем образцы окончательно выдерживались в печи при 120°C в течение 2 часов.

Изучение полученных образцов

Характеристики смачивания оценивались методом сидячей капли – фотографировалась капля на поверхности образца, по границе раздела из точки трёхфазного контакта определялся угол смачивания и методом скатывания капли на гонеометрической платформе. Набирался массив данных, которые усреднялись средней арифметической с простейшим разбросом (без привлечения инструментов математической статистики). Таким образом мы получали средний контактный угол и средний угол скатывания с разбросом по образцу.

Способность к разделению эмульсий определялась путём пропускания через каскад сеток жидких эмульсий масла в воде и воды в масле. Способность к разделению газопаровых смесей определялась аналогичным образом.

Выводы

Сетки с размерами ячеек 30 и более MESH не могут задерживать воду, даже являясь гидрофобными. Сетки с размерами ячеек 20 MESH могут лишь частично задерживать воду, проявляя высокие гидрофобные свойства, а сетки с размерами ячеек меньше 10 MESH проявляют супергидрофобность.

Была показана принципиальная возможность каскада супергидрофобных и гидрофобных сеток разделять эмульсии или парогазовые смеси. Однако полученные нами сетки смогли лишь частично разделить смеси, что указывает на необходимость дальнейшего совершенствования технологии.

Библиографический список

1. Сахабутдинов Р.З., Судыкин А.Н., Губайдулин Ф.Р. // Сборник научных трудов ТатНИПИнефть. 2013. С. 362.
2. Ахмедов М.И. // Нефтяное хозяйство. 2016. № 5. С. 106
3. Yang X. et al. // ACS NANO. 2015 V. 9. N. 4. P. 3791.
4. Бойнович Л.Б., Емельяненко А.М. // Успехи химии. 2008. Т. 77. № 7. С. 619.
5. Бездомников А.А., Емельяненко К.А., Емельяненко А.М., Бойнович Л.Б. // Журнал физической химии. 2018. Т 92, № 1, с. 161
6. Weiting Z., Hongwei N., Rongsheng C. et al. // J. Mater. Res. 2012. V. 27. N. 18. P. 2417.
7. Bowei Z., Hongwei N., Rongsheng C. et al. // Appl. Surf. Sc. 2015. N. 351. P. 1161.