

ИЗУЧЕНИЕ ПЕРСПЕКТИВ ПРИМЕНЕНИЯ ГИДРОФОБИЗИРОВАННОГО ДИОКСИДА КРЕМНИЯ В КАЧЕСТВЕ СОРБЕНТА НЕФТЯНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ

В. Ю. Писарев

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель И. И. Злотников

Добыча нефти и ее транспортировка связаны с риском техногенных аварий, приводящих к загрязнениям почвы и водных поверхностей, для ликвидации которых эффективно применение сорбентов различной природы, в частности силикатов. Цель работы – улучшение сорбционных свойств диоксида кремния путем его поверхностной обработки кремнийорганическими соединениями. Определены оптимальные концентрации гидрофобизатора по отношению к диоксиду кремния и время смешивания. Проведены эксперименты по определению плавучести гидрофобных сорбентов и их сорбционной активности по отношению к нефти.

Ключевые слова: нефть, загрязнение окружающей среды, сорбенты, диоксид кремния, гидрофобизация

Нефтегазовая отрасль и трубопроводный транспорт связаны с возможными техногенными авариями, которые могут приводить к загрязнениям почвы и водных поверхностей. Масштабные нефтяные разливы наносят непоправимый ущерб окружающей среде и несут опасность нарушения природных экосистем, деградации почв и акваторий. Следствием этого является угроза для развития сельского хозяйства, гибель животных и растений, убытки и даже приостановка деятельности нефтедобывающих и нефтеперерабатывающих предприятий.

Для сбора нефти с поверхности воды наиболее широко применяются сорбционные способы. В настоящее время разработано и применяется много сорбирующих материалов различной природы, наиболее многочисленными из которых являются искусственные и природные силикаты: силикагель, алюмосиликаты, цеолиты, вермикулит, перлит, бентонитовые глины, кремнеземы, в том числе модифицированные органическими и неорганическими реагентами [1-3]. Высокие сорбирующие свойства кремнеземов определяются их большой удельной поверхностью, пористостью и особыми физико-химическими свойствами поверхности. Однако эти же свойства приводят к активному поглощению влаги, что препятствует сорбции нефти и снижает плавучесть таких сорбентов. Но главным требованием к сорбентам для сбора нефти с поверхности воды является их способность длительное время находится на поверхности не поглощая воду, а этого можно достигнуть только в том случае, если сорбент является достаточно гидрофобным.

Цель работы – изучение влияния гидрофобизации на свойства диоксида кремния и рассмотрение перспектив его применения в качестве сорбента при проведении мероприятий по ликвидации разливов нефти на поверхности воды.

В качестве объектов исследования были выбраны: промышленный диоксид кремния («белая сажа» марки БС-100) и гидрофобизирующие кремнийорганические жидкости: полигидросилоксан марки ГКЖ-94 (растворим в нефтепродуктах), этилсиликонат натрия марки ГКЖ-11 и фенилсиликонат натрия марки ГКЖ-12 (водорастворимые). Гидрофобизацию проводили следующим образом. В навеску порошка диоксида кремния, предварительно высушенного при температуре 125 °С вводили отмеренное количество кремнийорганической жидкости и перемешивали в лабора-

торном миксере в течение заданного времени. После перемешивания гидрофобизированный порошок диоксида кремния извлекали для исследования.

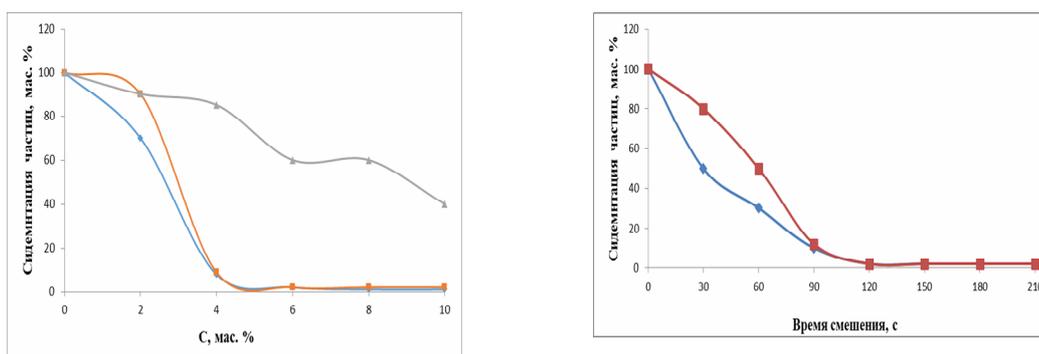
Гидрофобность поверхности обработанных частиц диоксида кремния оценивали по ГОСТ 32704-2014. Для этого пробу исследуемого порошка (2 г) ссыпали на поверхность дистиллированной воды в стакане и оставляли 24 часа, после чего оценивали количество порошка погрузившегося на дно стакана. Порошок диоксида кремния считали полностью гидрофобным, если через 24 ч весь порошок оставался на поверхности воды. Маслосемкость диоксида кремния определяли по ГОСТ 21119.8-75 с помощью стеклянной палочки. Для определения истинной плотности измеряли массу диоксида кремния и его истинный объем по объему вытесненной воды. Насыпную плотность оценивали по объему навески диоксида кремния при свободной засыпке в мерный цилиндр. Сорбционную способность по отношению к нефти определяли ускоренным методом по ГОСТ 33627-2015 для адсорбента II типа. Нефтеемкость k рассчитывали по формуле:

$$k = (m - m_0) / m_0,$$

где m_0 – масса сорбента до испытания, m – масса адсорбента после обработки нефтью.

На рис. 1 приведены результаты исследования процесса седиментации частиц диоксида кремния в дистиллированной воде в зависимости от типа гидрофобизатора (время смешения диоксида кремния с гидрофобизатором во всех случаях – 3 мин).

Из рис. 1 следует, что наилучшим гидрофобизирующим эффектом обладают полигидросилоксан и этилсиликонат натрия в количестве около 5 мас. %. В этом случае количество гидрофобных частиц составляет не менее 99 %. Дальнейшее увеличение содержания гидрофобизаторов в порошке диоксида кремния не приводит к дополнительному положительному результату. При использовании фенилсиликоната натрия максимальная степень гидрофобности частиц диоксида кремния составляет только 60% и достигается в интервале 9–10 мас. %, поэтому для дальнейших исследований фенилсиликонат натрия не использовали.



На рис. 2 приведены результаты по определению влияние времени смешивания диоксида кремния с гидрофобизирующей жидкостью для получения максимального эффекта. Полученные данные показывает, что оптимальным временем смешивания составляет 120–130 с. При таком времени количество гидрофобных частиц составляет не менее 99 %. При увеличении времени смешивания дополнительного положительного эффекта не наблюдается.

Сравнительные свойства полученных гидрофобизированных порошков диоксида кремния приведены в таблице.

Влияние гидрофобизации на свойства диоксида кремния

Образец	Насыпная плотность, г/л	Степень гидрофобности, %	Маслоемкость, г/г	Нефтеемкость, г/г
Исходный диоксид кремния	120	0	2,2	2,4
Диоксид кремния + 5 мас. % полигидросилоксана	110	99	2,9	3,3
Диоксид кремния + 5 мас. % этилсиликоната натрия	110	99	2,7	3,1

Из таблицы видно, что наиболее эффективным гидрофобизатором является полигидросилоксан. Тот факт, что гидрофобизация привела к уменьшению насыпной плотности диоксида кремния можно объяснить следующим. На поверхности частиц диоксида кремния всегда в большом количестве присутствуют силанольные группы $\equiv\text{Si}-\text{OH}$, из-за чего между частицами возникают водородные связи и частицы слипаются с образованием крупных агломератов [4]. После интенсивного смешивания диоксида кремния с гидрофобизатором агломераты частично разрушаются, а поверхностные силанольные группы оказываются блокированы тонким слоем кремнийорганической жидкости и склонность к агломерации частиц значительно уменьшается. В результате увеличивается дисперсность и удельная поверхность порошка сорбента. Этим же частично объясняется и увеличение маслоемкости и нефтеемкости получаемого сорбента.

Таким образом, на основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

- обработка диоксида кремния кремнийорганическими соединениями в количестве около 5 мас.% позволяет получить гидрофобный сорбент для сбора нефтяных загрязнений с поверхности воды, обладающий высокой нефтеемкостью и плавучестью более 24 часов;
- среди рассмотренных гидрофобизаторов наилучшие свойства показал полигидросилоксан;
- изученный процесс гидрофобизации диоксида кремния кремнийорганическими жидкостями отличаются простой методикой и может быть успешно реализован в промышленных условиях.

Литература

1. Васильева, Ж. В. Оценка эффективности сорбентов для реагирования на аварийные разливы нефти в арктической акватории / Ж. В. Васильева, М. В. Васеха, В. С. Тюляев // Зап. Горного ин-та. – 2023. – Т. 264. – С. 856–864.
2. Мамонтов Г. В. Силикагель – сорбент и носитель катализаторов: совершенствование технологий и поиск альтернативных путей производства / Г. В. Мамонтов, Е. В. Евдокимова, А. С. Савельева [и др.] // Катализ в промышленности. – 2022. – № 6. – С. 6–15.
3. Пожидаев, Ю.Н. Кремнийсодержащие сорбционные материалы: синтез, свойства, применение / Ю. Н. Пожидаев // Изв. ВУЗов. Приклад. химия и биотехнология. – 2014 – № 4. – С. 7–37.
4. Неймарк, И. Е. Силикагель, его свойства и применение / И. Е. Неймарк, Р. Ю. Шейнфайн. – Киев : Наукова думка – 1973. – 202 с.