

УДК 66-966.1

ВЛИЯНИЕ ВВЕДЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ ПРИСАДОК НА ИЗМЕНЕНИЕ СТАТИЧЕСКОЙ ПРОЧНОСТИ НА ИСТИРАНИЕ УГЛЕРОДНЫХ НЕФТЕСОРБЕНТОВ

Соловьева Л.В., студентка гр. ХТб-171, 4 курс, Ушакова Е.С., к.т.н., доцент
Научный руководитель: Ушаков А.Г., к.т.н., доцент
Кузбасский государственный технический университет им. Т. Ф. Горбачева,
г. Кемерово

Одним из наиболее опасных веществ, загрязняющих окружающую среду и оказывающих негативное влияние на растительный и животный мир – является нефть и продукты её переработки. Нефть представляет собой довольно сложный комплекс веществ, состоящий из более чем 3000 элементов, большая часть которых легко окисляется, из-за чего оказывает большое токсическое воздействие на растения, организмы животных и человека. Преимущественно более тяжёлые компоненты нефти являются наиболее токсичными составляющими чем лёгкие углеводороды [1, 2].

Один из наиболее эффективных способов устранения нефтеразливов является сорбционный метод, заключающийся в использовании углеродных сорбентов, для которых наиболее важными свойствами являются высокая гидрофобность, отвечающая за плавучесть сорбентов, нефтеёмкость и прочность, характеризующая степень разрушения сорбентов при транспортировке и очистке воды [3].

На кафедре химической технологии твердого топлива Кузбасского государственного технического университета имени Т.Ф. Горбачева разработаны нефтесорбенты на основе углеродсодержащих и органических отходов, которые могут использоваться при очистке воды от нефти и нефтяных продуктов. Разработанные сорбенты обладают высоким показателем нефтеёмкости – 3,5–4 г/г и плавучести – более 20 суток, однако при проведении лабораторных испытаний было выявлено, что прочность сорбентов недостаточно высокая, в результате чего каркас углеродного сорбента в процессе очистки воды и его транспортировке может разрушаться. Для решения данной проблемы в состав сорбента было решено вводить модифицирующие добавки, которые теоретически должны увеличить прочность сорбента [4-6].

Цель работы – изучение влияние введения минеральных присадок на показатель статической прочности на истирание углеродных нефтесорбентов.

В качестве исходного сырья для получения сорбентов использовали углеродсодержащие отходы деревообрабатывающих предприятий – опилки в количестве 17–20%, кек (обезвоженный избыточный активный или биологических очистных сооружений) – 77–80% и минеральные присадки

(цемент и глину), содержание которых варьировалось от 4 до 8%. Характеристика применяемого сырья представлена в таблице 1.

Таблица 1

Характеристика сырья

Определяемый параметр	Древесные опилки	Кек	Глина	Цемент
Влажность, %	4,0–6,0	90,0–94,0	2,0-8,0	0,1–0,5
Зольность, %	5–7	35–40	–	–
Плотность, кг/м ³	105–117	1190–1210	900–1000	1100–1300
Размер частиц, мм	0,5–2,0	–	1–5	0,005–0,050
Выход летучих веществ, %	70–80	84–86	–	–

Процесс получения модифицированных нефтесорбентов можно разделить на несколько этапов:

1 Этап – смесь опилок, биомассы, обеспечивающей поддержание формы, и минеральных присадок (глины или цемента), используемых в качестве упрочняющей добавки, после предварительного перемешивания загружали в гранулятор барабанного типа. Гранулы образовывались за счёт наслоения смеси на твёрдые частицы тонкодисперсного материала.

2 Этап – сушка. Процесс сушки проходил в инфракрасном шкафу, где под действием инфракрасного излучения при температуре 40–60°C из гранул удалялась свободная влага.

3 Этап – термическая обработка гранул.

В результате пиролиза, протекающего при температуре 600°C в течение 1–1,5 часа, полученных гранул получают:

- газообразные продукты, в состав которых входят углеводороды непредельного ряда (группы этилена), CO₂, CO, H₂O;
- подсмольная вода, содержащая кетоны, уксусную кислоту, фурфуролы, производные фурана и т.д.;
- смола, включающая фенолы, олефинопарафиновую и ароматическую фракции;
- карбонизат – твёрдый углеродистый остаток.

4 Этап – охлаждение сорбента в инертной среде углекислого газа до температуры 200°C и на воздухе до комнатной температуры [3].

Полученные гранулы анализировали на параметры прочности на сжатие и статического воздействия.

Прочность на сжатие определяли на приборе, представляющего собой модифицированные лабораторные двучашечные весы (рисунок 1 а). Под центр одной из чаш весов помещали исследуемый образец сорбента. Чашу весов приводили в соприкосновение с сорбентом, после этого на неё помещали гири определённой массы. Первоначальная нагрузка на образец – 100 г, в

дальнейшем её увеличивали по 50 г до критического значения, когда образец поддавался разрушению [7].

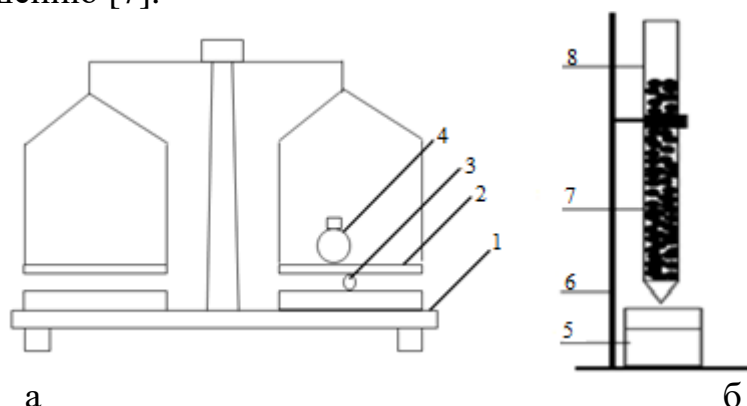


Рис. 1 Схема лабораторной установки для определения:
а) динамической прочности на истирание в водной среде;
б) разрушающей нагрузки на сорбент

1 – двухчашечные весы, 2 – платформа, 3 – сорбент, 4 – груз известной массы; 5 – приёмная ёмкость; 6 – штатив; 7 – сорбент; 8 – колонка

Статическую прочность на истирание определяли следующим образом: через слой сорбента, помещённого в колонку, пропускали воду объёмом не менее 50 л (рисунок 1 б). Степень разрушения определяли, как отношение потери массы нефтесорбента к его первоначальной массе [8].

В результате введения минеральных присадок увеличились плотность и зольность нефтесорбента из-за увеличения содержания минеральных соединений, которые обладают плотным строением кристаллических решёток (таблица 2). Это поспособствовало набору прочности сорбента до 1,43 кг/гранула. Кроме того, на показатель прочности оказывает влияние каолинит, который при нагревании свыше 500°C начинает разлагаться на силлиманит и муллит (в случае с глиной), и алит, отвечающий за прочность и быстроту затвердевания цемента (в случае с цементом).

Таблица 2

Характеристика сорбентов

Определяемый параметр	Исходный сорбент	Сорбент с цементом		Сорбент с глиной	
		4%	8%	4%	8%
Нефтеёмкость, %	3,5±0,2	2,05±0,10	1,37±0,11	1,55±0,11	1,56±0,12
Влагоёмкость, %	2,1±0,1	0,54±0,01	0,55±0,01	0,030±0,001	0,19±0,01
Плотность, кг/м ³	195±5	312±10	502±18	516±20	462±18
Прочность, кг/гранула	0,40±0,01	1,00±0,02	1,18±0,02	1,10±0,02	1,43±0,04

В связи с увеличением плотности нефтесорбента уменьшается его удельная поверхность, что оказывает существенное влияние на его нефтеёмкость, снижение которой составило в 2,2–2,6 раза, и влагоёмкость, которая снизилась до 0,03 г/г [4].

Согласно полученным данным, величина статической прочности сорбентов после введения 4% минеральных присадок увеличилась в 1,43 раза, 8% присадок в 1,46–1,47 раза, при этом с течением времени степень разрушения сорбента уменьшалась (рисунок 2).

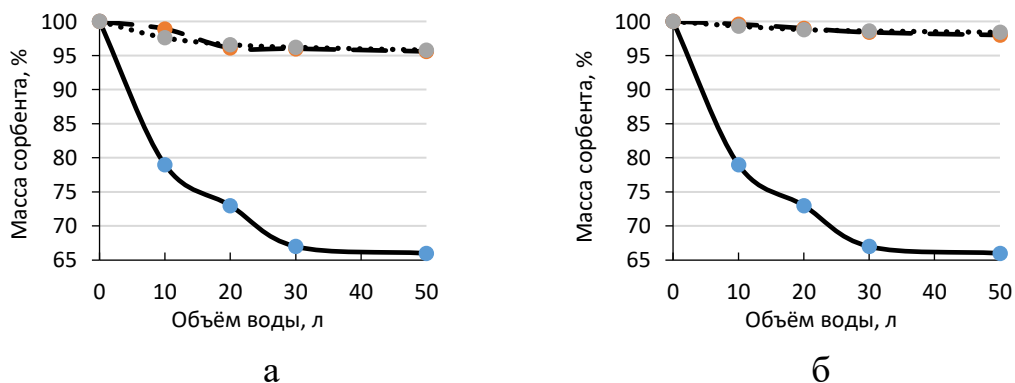


Рис. 2 График изменения статической прочности на истирание: а) сорбентов с 4% минеральных присадок, б) сорбентов с 8% минеральных присадок

—●— Исходный сорбент -●- Сорбент с цементом ●●● Сорбент с глиной

Таким образом:

1. Статическая прочность сорбентов после введения 4% и 8% минеральных присадок увеличилась примерно в 1,4 раза, что подтверждает теоретическое предположение об упрочнении углеродных сорбентов путём введения минеральных добавок. При этом с течением времени степень разрушения сорбентов уменьшалась.

2. Прочность на сжатие углеродных нефтесорбентов с глиной выше в 1,1–1,2, что связано с содержанием в глине каолинита, который способен спекаться при высоких температурах. При этом статическая прочность сорбентов с цементом и глиной отличается незначительно.

3. Степень разрушения сорбента при определении прочности статическим методом после пропускания более 30 л воды практически не изменялась.

Литература:

1. Хаустов, А.П. Охрана окружающей среды при добыче нефти / А.П. Хаустов, М.М. Редина. Издательство: «Дело», 2006. – 552 с.
2. Смольникова, В.В. Воздействие углеводородов нефти на окружающую среду и способы очистки нефтезагрязнённых субстратов / В.В. Смольникова,

С.А. Емельянов, М.С. Дементьев // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2009. – Т. 11. - №1(6).

3. Двадненко, М.В. Адсорбционная очистка сточных вод / М.В. Двадненко, [и др.] // Современные наукоемкие технологии. – 2010. – № 10. – С. 214–215.

4. Брюханова, Е. С. Процессы получения нефтесорбента пиролизом гранул на основе древесных отходов и органического связующего в слоевых аппаратах / Дис. на соиск. канд. техн. наук. – Томск, 2012. – 152 с.

5. Квашева, Е.А. Влияние содержания связующего материала в исходном сырье на влагоёмкость углеродных нефтесорбентов / Е.А. Квашева, Е.С. Ушакова // Сборник материалов VI Всероссийской 59-й научно-практической конференции молодых ученых с международным участием «Россия молодая». – Кемерово: КузГТУ, 2014. – С. 4.

6. Ушаков, А. Г. Утилизация обезвоженного избыточного активного ила с получением топливных гранул // Вестник КузГТУ. – 2010. – №5. – С. 142–144.

7. Соловьёва, Л.В. Изменение свойств углеродных сорбентов в результате введения в их состав минеральных присадок / Л.В. Соловьёва, Е.С. Ушакова // V Всероссийская конференция молодых учёных «Химия и химическая технология: достижения и перспективы». – 2020.

8. Соловьёва, Л.В. Изучение прочности на истирание углеродных сорбентов / Л.В. Соловьёва, Е.С. Ушакова // Сборник тезисов VIII Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых учёных «Пищевые инновации и биотехнологии». – Том 2. – 2020 – 214–216.