

УДК 628.31

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА РЕГЕНЕРАЦИЮ УГЛЕРОДНЫХ СОРБЕНТОВ ОТ НЕФТЕПРОДУКТОВ

Гусаров И.А., студент группы ХОб-221, 1 курс, Ушаков А.Г., к.т.н., доцент
Научный руководитель: Ушакова Е.С., к.т.н., доцент
Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачёва
г. Кемерово

Ежегодно в мире добывается более 2,5 млрд тонн сырой нефти, однако у нефтяной промышленности есть негативный аспект: загрязнение природной среды нефтью и продуктами ее переработки [1, 2].

Наиболее эффективный способ сбора нефти на водоемах – сорбционный метод с применением углеродных сорбентов, при этом на ликвидацию одной аварии в зависимости от масштабов может потребоваться до нескольких десятков и сотен тонн сорбента.

Основные требования к сорбентам [3, 4]:

- нетоксичность, химическая инертность и нерастворимость в воде;
- плавучесть в течении времени необходимого для его сбора;
- значительная нефтеемкость и низкая влагоемкость;
- соизмеримость пор сорбента с размером молекул поглощаемых углеводородов.

При разработке способа регенерации отработанных сорбентов необходимо учитывать различные факторы, связанные с характеристиками самого сорбента, поглощаемого вещества и внешними факторами.

Цель работы – рассмотреть параметры сорбента и нефтепродуктов, режимы обработки, влияющие на регенерацию углеродных нефтесорбентов.

В первую очередь для проведения регенерации необходимо выявить основные *свойства нефтепродуктов*, оказывающих влияние на процесс удаления углеводородов из пор сорбента. Химически нефть представляет собой смесь коллоидных частиц полимерных углеводородов (битума, карбена, нафтена), распределенных в жидкости. Коллоидная система также содержит примеси, включая воду и минеральный кислород, азот, серу и металлы [5].

На регенерацию могут влиять следующие характеристики нефти и нефтепродуктов.

1.1. Нефть и нефтяные фракции состоят из соединений с различной молекулярной массой, которая для большинства нефтей составляет 220–300 г/моль. Чем выше молекулярная масса нефтяных фракций, тем более высокие температуры необходимы для возгонки, а значит процесс регенерации станет более энергозатратным.

1.2. Чем менее вязкая консистенция нефтепродукта и меньшую плотность он имеет, тем легче будут проходить диффузии нефтепродуктов из пор на поверхность сорбента, а значит более эффективно будет проходить регене-

рация. В зависимости от плотности нефть подразделяется на следующие классы [6, 7]:

- суперлегкая (ниже 780 кг/м^3);
- сверхлегкая ($780\text{-}820 \text{ кг/м}^3$);
- легкая ($820\text{-}870 \text{ кг/м}^3$);
- средняя ($870\text{-}920 \text{ кг/м}^3$);
- тяжелая ($920\text{-}1000 \text{ кг/м}^3$);
- сверхтяжелая – плотность в этом случае превышает 1000 кг/м^3 .

Вязкость нефти также значительно уменьшается в зависимости от количества растворенного в нефти газа.

1.3. Содержание воды в нефти может достигать до 97%, однако большинство нефтей образуют с водой достаточно устойчивые эмульсии с содержанием воды не более 60%. На данном этапе сложно предположить каким образом содержание влаги будет влиять на процесс регенерации – необходимы экспериментальные исследования.

1.4. Нефть классифицируется как легковоспламеняющееся вещество и оценивается по температуре вспышки, температуре воспламенения и температуре самовоспламенения. Температура вспышки всегда выше температуры воспламенения, которая возникает при приближении нефтепродукта к пламени. Температура воспламенения всегда выше температуры вспышки, при которой нефтепродукт загорается при поднесении к нему пламени. Температура самовоспламенения зависит от фракционного состава и от преобладания углеводородов того или иного класса. Указанные температуры важны для придания технологии взрыво- и пожаробезопасности [2, 6].

1.5. Так как наиболее эффективный способ регенерации нефтесорбентов – температурный, то очень важным параметром является температуры возгонки фракций нефти [8]:

- $40\text{-}120^\circ\text{C}$ – бензиновая фракция;
- $120\text{-}180^\circ\text{C}$ – лигроиновая фракция (тяжелая нефть);
- $180\text{-}245^\circ\text{C}$ – керосиновая фракция;
- $245\text{-}350^\circ\text{C}$ – дизельная (газойлевая, соляровая) фракция.

Чем более высокомолекулярные углеводородные компоненты содержит фракция, тем она тяжелее и требует более высоких температур для отгонки. [9-12].

Сорбционная способность нефтесорбентов, так же, как и процесс регенерации, зависит не только от природы поглощаемого вещества, но и от характеристик сорбента.

2.1. В сорбентах возможно наличие трех видов пор по размерам: макропоры, мезопоры и микропоры [13].

Макропоры имеют эффективный радиус более 200 нм, удельный объем обычно находится в интервале от 0 до $0,8\text{-}1 \text{ см}^3/\text{г}$. Макропоры в процессе сорбции как правило не заполняются, а выполняют роль транспортных каналов для доставки вещества к поверхности адсорбирующих его пор.

Мезопоры, с эффективным радиусом от 200 нм до 1,6 мкм и удельным объемом около 0,15 см³/г. Мезопористые материалы представляют большой практический интерес как нефтесорбенты, в порах которых происходит капиллярная конденсация.

2.2. Плотность сорбента напрямую зависит от самого вещества сорбента и от его пористости.

2.3. Механическая прочность сорбента не влияет непосредственно на сам процесс регенерации, но при этом важна для сохранения целостности структуры и формы.

2.4. Гранулометрический состав сорбента определяет его физические и физико-химические процессы, протекающие в сорбенте при регенерации: теплообмен и теплопередача, диффузия и испарение/конденсация нефтепродукта внутри пор и т.д.

2.5. Воздействие высоких температур может приводить к деструкции сорбента, что, во-первых, влияет на состав полученных после регенерации нефтепродуктов, а, во-вторых, это может привести к полному разрушению структуры сорбента. Поэтому термическая стойкость сорбента очень важна при температурной регенерации [14].

Углеродные сорбенты можно регенерировать путем двухэтапной обработки нефтесорбентов: первичная тепловая обработка для удаления легких нефтепродуктов и высокотемпературная регенерация для крекинга тяжелых нефтепродуктов в процессе пиролиза [13, 15]. В связи с этим можно также выделить следующие параметры тепловых и высокотемпературных процессов, влияющих на регенерацию.

3.1. Повышение температуры регенерации адсорбента увеличивает высвобождение нефтепродуктов из пор адсорбента.

3.2. Равномерность температурного поля внутри адсорбера в первую очередь определяется скоростью теплопередачи в нефтепродукте, так как теплопроводность углеродных сорбентов достаточно низкая. Из-за резкого увеличения мощности нагрева, которое необходимо для уменьшения времени выхода устройства на рабочий режим, между центральными и периферическими участками сорбента создается большой температурный градиент, что может привести к закоксованности поверхности сорбента, в то время, когда в порах еще будут находиться летучие фракции нефти.

3.3. При уменьшении давления в установке равновесие смещается в сторону образования парогазовой смеси.

3.4. По мере увеличения продолжительности тепловой регенерации в сорбенте остается все меньше легколетучих нефтепродуктов и повышается концентрация тяжелых углеводородов, что снижает эффективность процесса регенерации.

3.5. Применение инертного дутья позволит более эффективно проводить регенерацию, но в этом случае необходимо исключить химические реакции с углеводородами и сорбентом.

Таким образом, для тепловой и высокотемпературной регенерации углеродных сорбентов от нефти выделено как минимум 15 факторов, зависящих от характеристик сорбента, углеводородов и внешних факторов (параметров процесса). Наиболее значимыми и первоочередными для изучения являются следующие факторы: температурный режим, влияющий на сохранение структуры сорбента и возгонку нефтепродукта, а также воспламеняемость нефтепродуктов в указанных условиях, так как процесс в первую очередь должен быть пожаро- и взрывобезопасным.

Список литературы:

1. Иванова, М.А. Ликвидация нефтяных загрязнений / М.А. Иванова, Н.С. Чикина, Л.А. Зенитова // Материалы интернет-конференции «Бутлеровские чтения». – 2012 – Т. 29 №3. – С. 12.
2. Мерициди, И.А. Критерии выбора нефтяного сорбента для локализации аварийных разливов нефти на поверхности водоемов/ И.А. Мерициди, А.В. Шлапаков // Управление качеством в нефтегазовом комплексе. – 2007 – № 4. – С. 52-57.
3. Патент № 2772723 Российская Федерация – Дубинов Ю.С. Способ получения сорбента для сбора нефти и нефтепродуктов RU 2 772 723 С1. – 2022-05-24.
4. Сорбенты для сбора нефти [Электронный ресурс]. – 2023. — URL: <https://www.neftegaz-expo.ru/ru/ui/17035/> (дата обращения 08.02.2023).
5. Основные физические свойства и характеристики нефти и нефтепродуктов [Электронный ресурс]. – 2009 - 2023. – URL: <https://pandia.ru/text/78/516/1955.php> (дата обращения 08.02.2023).
6. Физико-химические свойства нефти и их характеристики [Электронный ресурс]. – 2018. – URL: <https://fb.ru/article/385059/fiziko-himicheskie-svoystva-nefti-i-ih-harakteristiki> (дата обращения 08.02.2023).
7. Чупрова, Л.В. Химико-технологические аспекты процесса регенерации нефтеотходов. // Молодой ученый. – 2013. – № 6 (53). – С. 235-237.
8. Физико-химические свойства нефти и их характеристики [Электронный ресурс]. – 2018. – URL: <https://fb.ru/article/385059/fiziko-himicheskie-svoystva-nefti-i-ih-harakteristiki> (дата обращения 08.02.2023).
9. Гулишамбаров, С.Й., Законы касающейся добычи хранения, переработки и транспортировки нефти. – М.: Нобель Пресс, 2019. – 941 с.
10. Остриков, В.В. Смазочная композиция на основе отработавшего моторного масла / В.В. Остриков, Н.Н. Тупотилов, А.Ю. Корнев, С.В. Власов // Химия и технология топлив и масел. – 2006 – № 4. – С. 35-37.
11. Патент №2177364 Российская Федерация – Ажгибицев И.А., Острцов В.И. Способ регенерации сорбента, отработанного в процессах очистки вод и твердых поверхностей от нефти. – 27.12.2001.
12. Сотскова, Е.Л., Основы автоматизации технологических процессов переработки нефти и газа. Учебник. – М.: Академия (Academia), 2018. – 767 с.

13. Патент № 1453672 Российская Федерация – Слободяник И.П. Способ регенерации сорбентов для извлечения нефти и нефтепродуктов SU 1 453 672 A1. – 1996.11.10.

14. Темирханов, Б.А. Оценка некоторых свойств сорбентов при ликвидации нефтяных загрязнений / Б.А. Темирханов, З.А. Темердашев, О.А Шпигун // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2005 – № 2. – С. 16-18.

15. Романов, Д.А. Регенерация магнитоуправляемых углеродных нефте-сорбентов / Д.А. Романов, Е.С. Ушакова // Всероссийская молодежная научно-практическая конференция – 2018 – С. 1-5.