

УДК 628.31

РЕГЕНЕРАЦИЯ МАГНИТОУПРАВЛЯЕМЫХ УГЛЕРОДНЫХ НЕФТЕСОСОРБЕНТОВ

Романов Д.А., студент гр. ХТб-181, 1 курс
Ушакова Е.С., к.т.н., доцент

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева
г. Кемерово

На сегодняшний день 20 % загрязнений нефтяными продуктами удаляются механическим способом, ещё 20 % – с применением современных сорбирующих веществ, а 60% вообще не ликвидируются [1]. При этом, наиболее эффективным, имеющим явные преимущества считается именно сорбционные методы [2].

Для решения проблемы сбора разливов нефти и нефтепродуктов применяют различные виды сорбентов [3], однако все из них после насыщения нефтепродуктами требуют регенерации.

Наиболее дешевым, но неэкологичным является *метод захоронения или размещение на специальных полигонах отработанных сорбентов*. Такие «склады» негативно влияют на состояние окружающей среды, растительность и животных. Кроме того, со временем наблюдается десорбция нефтепродуктов из сорбентов, а, следовательно, происходит вторичное загрязнение окружающей среды, особенно опасно в этом случае попадание углеводородов в подземные воды.

Сжигание отработанных сорбентов может предотвратить вторичное загрязнение среды, но при этом теряется сам продукт – нефть, что влечет за собой дополнительные издержки и потерю прибыли. Любое предприятие – виновник загрязнения, стремится как можно быстрее собрать разлив, но при этом уменьшить затраты. Кроме того, не всегда есть возможность сжечь сорбент, например, в случае с минеральными сорбентами или полимерными (при нагревании расплавляются и забивают колосниковые решетки) [4]. Конечным продуктом является зола, используемая в качестве стройматериалов.

Механические (компрессионные) методы регенерации: отжим на центрифуге, на фильтрпрессе с промывкой и т.д., подходят в случае полимерных материалов, а вот от в случае с углеродными нефтесорбентами, вообще не применим из-за значительной пористости и относительно низкой прочности [5].

Для углеродных нефтесорбентов применимы также методы низкотемпературной, термической и химической регенерации [6].

Низкотемпературный (тепловой) метод основан на нагревании отработанного сорбента паром или инертными газами до температуры 100-400 °С [7].

Высокотемпературный метод (термический) проводится при условиях, приближенных к условиям получения сорбента, при этом сорбат также

подвергается термодеструкции с выделением летучих и конденсирующихся продуктов пиролиза и образованием вторичного углеродного остатка.

Оптимальные условия применения термических и электротермических регенераций: температура 650-920 °С, содержание в реактивирующей среде кислорода – 0,1-2%, водяного пара – 2-30%, время термообработки при температурах выше 500 °С – 2-20 мин. [8].

Сорбционная активность после регенерации сорбента практически полностью восстанавливается или даже на 5-30 % может превышать активность исходного материала из-за закоксованности поверхности исходного сорбента сорбированными углеводородами [9].

Химическая обработка отработанных сорбентов жидкими (растворителями) или газообразными реагентами при температурах до 100°С приводит к десорбции или деструкции сорбата. Общим недостатком описанных способов является возникающая проблема сбора и утилизации сорбентов после адсорбции нефтяных продуктов, поэтому на сегодняшний день редко применяются. В качестве реагентов применяют растворы ПАВ [10], бензин и керосин [11], гексаном и хлороформом [12] и др.

Еще одним, набирающим оборот, является *метод микробиологической деструкции сорбированной нефти и сорбента* [13]. Недостатком данного способа является его сложность и длительность (несколько суток и более), связанная с необходимостью культивирования микроорганизмов.

На кафедре химической технологии твердого топлива КузГТУ предложен способ получения магнитоуправляемого нефтесорбента из отходов угольных и деревообрабатывающих предприятий, а также из избыточного активного ила и животноводческих отходов [14, 15]. Сорбция нефти нефтесорбентом наблюдается сразу же после соприкосновения, при этом сорбент прочно удерживает нефтепродукт, не позволяя ему расплываться пленкой по воде. Но вопрос регенерации для этих сорбентов все еще не решен.

В таблице приведено сравнение рассмотренных методов, которые теоретически могут быть использованы для регенерации разработанных сорбентов.

Таблица 1

Сравнение методов регенерации углеродных нефтесорбентов

Метод регенерации	Достоинства	Недостатки
Высокотемпературный (термический)	Печи просты в эксплуатации; образование вторичного сорбента. Образующиеся газообразные вещества являются топливом и могут применяться как синтез-газ	Требуется высокая температура, выше 800 °С. Образование жидких продуктов термообработки, которые необходимо утилизировать.
Низкотемпературный (тепловой)	Невысокие температуры, возможность выделить без деструкции легкокипящие фракции нефти	1/3 часть всех адсорбированных веществ (тяжелых фракций) остается в сорбенте; не обеспечивает полного восстановления

Реагентный	Невысокие температуры	Повышение себестоимости регенерации, необходимость восстановления или утилизации отработанных реагентов
Микробиологическая де-структуризация	Полная регенерация сорбента	Высокая стоимость регенерации, необходимость работы с микроорганизмами

Используя указанные методы организацию регенерации углеродных нефтесорбентов можно провести по схеме, приведенной на рисунке.

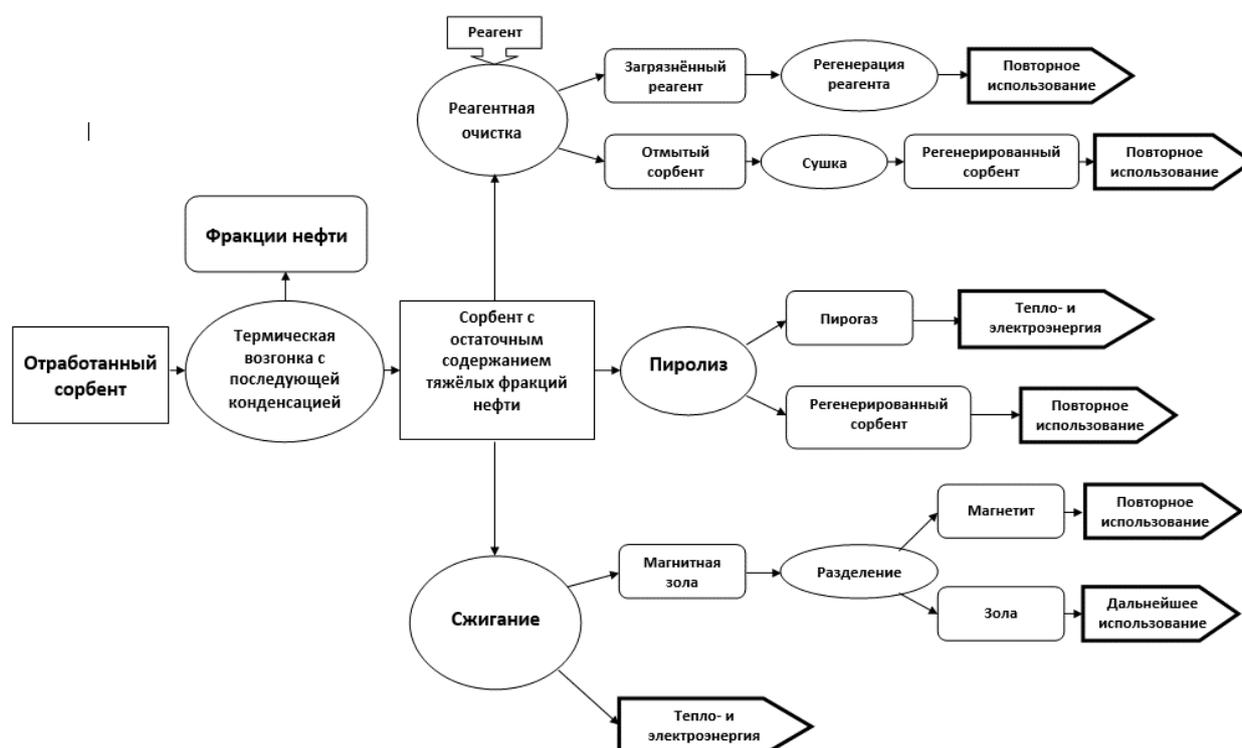


Рис. Схема организации полной регенерации отработанных нефтесорбентов

Отработанный нефтесорбент подвергают низкотемпературной обработке, при которой легкие и средние фракции нефти возгоняют, а в дальнейшем конденсируют и используют по назначению.

Сорбент с тяжелыми фракциями, оставшимися в порах, можно подвергнуть одному из трех методов: реагентной очистке, высокотемпературной обработке (пиролизу) или сжечь при получении тепло-электроэнергии. При этом у каждого из этих методов в конечном итоге разные продукты.

При реагентной очистке получаем вновь нефтесорбент, но необходимо продумать дальнейшую технологию использования и утилизации смеси реагентов и нефтепродуктов.

При пиролизе масса нефтесорбента не только не теряется, а, наоборот, возрастает за счет коксования в сорбенте тяжелых фракций, при этом необходимо изучить изменение сорбционных свойств нефтесорбента в процессе регенерации. Кроме того, в случае использования магнитных сорбентов,

многократный пиролиз может привести к снижению магнитоуправляемости сорбентов за счет увеличения массы гранул.

Осуществимость и эффективность методов обходимо проверить в лабораторных условиях с дальнейшей экономической оценкой.

Список литературы:

1. Луценко А.Н. О применении инновационных сорбентов и устройств для ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов [Электронный ресурс]// Интернет-журнал «Технологии техносферной безопасности». – 2012. – № 3 (43). Режим доступа: <http://ipb.mos.ru/ttb>
2. Кахраманлы Ю.Н., Аджамов К.Ю. Исследование процесса сорбции нефти и нефтепродуктов пенополимерными сорбентами при аварийных разливах на поверхности грунта // Нефть и газ Западной Сибири: мат-лы Международ. науч. - техн. конф., посвящ. 55-летию ТюмГНГУ. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2011. – Т. IV. – С. 321-324.
3. Еремеева Н.М. Разработка составов и технологии нефтесорбентов и эпоксидных компаундов на основе модифицированных целлюлозосодержащих продуктов // Дисс. На соиск. ст. канд. техн. наук. – Саратов, 2015. – 133 с.
4. Гридин, О. М. Как выбирать нефтяные сорбенты // Экология и промышленность России. – 1999. – № 12. – С. 28-33.
5. Иванова М.А., Чикина Н.С., Зенитова Л.А. Ликвидация нефтяных загрязнений // Материалы интернет-конференции “Бутлеровские чтения”. – 2012. – Т. 29 №3. – 12 с.
6. Кудайбергенов К.К. Разработка и изучение карбонизованных сорбентов для очистки воды от нефтяных загрязнений // Дис. на соиск. ст. PhD. – Казахстан, 2012. – 101 с.
7. Трусова В.В. Очистка оборотных и сточных вод предприятий от нефтепродуктов сорбентом на основе бурых углей // Дис. на соиск. ст. канд. техн. наук. – Иркутск, 2014. – 132 с.
8. Дидковский А.А. Методы регенерации сорбентов // Современные наукоемкие технологии. – 2014. – № 5–2. – С. 101-102.
9. Долина Л.Ф. Современная технология и сооружения для очистки нефтесодержащих сточных вод. – Днепропетровск: Континент, 2005. – 297 с.
10. Роев Г.А. Очистка сточных вод и вторичное использование нефтепродуктов. М.: Недра. 1987. – 224 с.
11. Темирханов Б.А., Султыгова З.Х., Арчакова Р.Д., Медова З.С.-А. Синтез высокоэффективных сорбентов из скорлупы грецкого ореха // Сорбционные и хроматографические процессы. 2012. Т. 12. Вып. 6. – С. 1025-1032.
12. Способ очистки вод от нефтепродуктов: Патент 2117635 Россия, МПК С02F1/28 / Смирнов А.В., Котельников В.А. - № 97100932/25; Заявл. 29.01.1997; Опубл. 20.08.1998.
13. Пат. 2462500 Российская федерация, С10G15/08, В01J20/20, В01J19/08, С02F1/28, С02F101/32 Способ скоростной деструкции нефтяных

остатков и загрязнений/ Цодиков М.В., Хаджиев С.Н., Передерий М.А. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Ордена Трудового Красного Знамени Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева Российской академии наук (ИНХС РАН). - 2010149307/05 заявл. 03.12.2010; опубл. 27.09.2012.

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

15. Ushakova E.S., Kvashevaya E.A., Ushakov A.G. Innovative environment-saving technology using magnetic sorbents based on carbon-containing waste from coal // 3rd international innovative mining symposium, IIMS 2018 Kemerovo, 03-05 октября 2018 г.