

УДК 628.544

СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ УГОЛЬНЫХ ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ

канд. техн. наук, доц. В.Л. ГРУЗИНОВА

(Белорусский государственный университет транспорта, Гомель);

канд. техн. наук В.И. РОМАНОВСКИЙ

(Белорусский государственный технологический университет, Минск)

Анализируется работа очистных сооружений производственных нефтесодержащих сточных вод. Рассматривается основная проблема, возникающая в узле физико-химической очистки, в частности при использовании низкоактивных по отношению к нефтепродуктам фильтрующих материалов. Отмечено, что лучшими фильтрующими материалами являются угольные сорбенты, а Республика Беларусь – крупный производитель угольных волокон. Представлены результаты определения сорбционных свойств и эксплуатационных характеристик некоторых угольных волокнистых материалов, таких как массовая емкость поглощения нефтепродуктов в статических условиях, зависимость скорости фильтрования от толщины слоя загрузки и гидравлического напора перед ней, а также эффективность очистки сточной воды от нефтепродуктов. Выполнен сравнительный анализ нефтеемкости исследуемых материалов и промышленно выпускаемых в странах СНГ сорбционных материалов.

Введение. Одним из наиболее распространенных антропогенных факторов загрязнения окружающей среды являются нефтесодержащие сточные воды, образующиеся в результате производственной деятельности ремонтно-транспортных, машиностроительных, нефтеперерабатывающих предприятий.

Для очистки сточных вод от нефтепродуктов используют механический, физико-химический и биологический методы. Наибольшее распространение в системах очистки нефтесодержащих сточных вод нашли механический и физико-химический методы, поскольку присутствующие минеральные масла не только не являются биоразлагаемыми веществами, но и вызывают дестабилизацию активного ила и нарушение основных процессов в сооружениях биологической очистки.

При обследовании очистных сооружений ряда предприятий выявлена проблема низкой эффективности работы узла физико-химической очистки нефтесодержащих сточных вод. Результатом применения низкоактивных по отношению к нефтепродуктам материалов являются повышенный сброс загрязняющих веществ в городскую сеть водоотведения, нарушение технологического режима работы городских очистных сооружений, снижение их эффективности и загрязнение органическими веществами водных объектов – приемников очищенных сточных вод. К предприятиям, осуществляющим сброс сточных вод с превышением допустимых концентраций загрязняющих веществ, применяются повышенные тарифы и штрафные санкции за нарушение условий сброса сточных вод.

Наличие этой проблемы определило *актуальность* исследований по поиску новых материалов, обладающих высокой активностью по отношению к извлекаемым нефтепродуктам и позволяющих повысить эффективность работы очистных сооружений в целом. Одновременно необходимо учитывать, что внедрение новой технологии может вызывать увеличение стоимости очистки воды, в связи с чем работа направлена на поиск не только эффективных, но и экономически обоснованных решений. В этом случае при решении проблемы повышения эффективности очистки нефтесодержащих сточных вод наиболее целесообразным является замена используемых материалов без изменения технологической схемы.

Известно, что лучшими фильтрующими материалами являются угольные сорбенты, а Республика Беларусь выступает крупным производителем угольных волокон. Ввиду этого в работе представлен анализ сорбционных свойств, эксплуатационных характеристик угольных волокон и определена возможность использования их в качестве сорбционного материала для очистки сточных вод от нефтепродуктов [1].

Характеристики угольных волокон. В настоящее время в мире производится и используется для удаления нефтепродуктов несколько сотен различных сорбционных материалов, которые подразделяют:

- на неорганические (силикагели, алюмогели, перлит, вермикулит, различные сорта глины);
- природные – органические и органоминеральные (солома, кора, торф, древесная стружка) и синтетические (полиуретан, полипропилен, полистирол, полиакриламидный гель) материалы;
- углеродные и не углеродные (для их производства используется древесина, уголь, антрацит, торф, полимеры, промышленные отходы);
- порошкообразные (или гранулированные) и волокнистые.

Объектами исследований являлись углеродные волокна и ткани производства ОАО «Светлогорск-Химволокно», характеристики которых представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики исследуемых материалов

| Наименование материала | Применение | Поверхностная плотность, г/м ² | Адсорбционная активность по метиленовому голубому, мг/г, не менее | Адсорбционная активность по йоду, %, не менее |
|---|---|---|---|---|
| Трикожажное углеродное полотно «Урал-ТР», углеродная ткань «Урал ЛО-22 ЭХО» | Углерод-углеродные и пироуглеродные композиты. Высокотемпературная изоляция. Антикоррозионные покрытия и футеровка. Носители катализаторов. Электрохимия: трехмерные электроды (для осаждения золота, платины, палладия). Гибкие и жесткие электронагреватели. Электротермические маты. Фильтры для агрессивных сред. Радиопоглощающие материалы (EMI-shielding) | 680...850 | | |
| Углеволокнистый сорбент, ткань САУТ-1С | Сорбционно-фильтрующий материал для изготовления средств индивидуальной защиты (СИЗ) и спецодежды для работы в условиях контакта с сильнодействующими ядовитыми веществами (СДЯВ). Устройств для рекуперации органических растворителей (дихлорэтан, бензин, ацетон и др.). Очистка гальванических растворов от органических примесей. Системы очистки воздуха и поглотители запаха. Фильтры для питьевой воды. Фильтр-материал для газоочистки при сварочных работах. Фильтр-материал для курительных комнат; поглощение запаха в холодильниках. Эффективная тонкая очистка в ликероводочном производстве и выпуске лимонной кислоты | 130 | 200 | 105 |
| Ткань углеродная техническая Т-1-15Н | Защитная накладка для спецодежды: алюминий, металлургия, сварка, нефтепромысел, средства индивидуальной защиты рук от высоких температур и брызг металла, рукавные фильтры для горячих газов, тентов для высокотемпературных перевозок (асфальт, шихта, внутрицеховой транспорт) | 170...1100 | | |
| Углеволокнистый войлок «КАРБОПОН-В-АКТИВ» | Термоизоляция вакуумных печей и печей инертной среды, тепловых узлов. Электрохимия: трехмерные электроды (для осаждения золота, платины, палладия). Адсорбция нейтронов в ядерных реакторах. Фильтры для агрессивных сред. Радиопоглощающие материалы. Фильтры для расплавленных металлов. Основа для нанесения катализаторов. Антикоррозионная футеровка емкостей. Защита при пайке и сварке | 290..1000 | 200 | 105 |
| Углеволокнистый сорбент «БУСОФИТ-Т-040» | Фильтр-материал для органических примесей из технологических растворов и сточных вод (особенно в области низких концентраций). Устройств для рекуперации органических растворителей (дихлорэтан, бензин, ацетон и др.). Очистка гальванических растворов от органических примесей. Нефтеловушки для АЗС, автомоек, нефтеналивных территорий. Системы очистки воздуха и поглотители запаха. Суперконденсаторы на двойном электрическом слое. Фильтры для питьевой воды. Сорбционно-фильтрующий материал для изготовления СИЗ и спецодежды для работы в условиях контакта со СДЯВ. Фильтр-материал для газоочистки при сварочных работах. Фильтр-материал для курительных комнат; использование в сигаретных фильтрах. Поглощение запаха в холодильниках. Высокоэффективная очистка в производстве ликероводочной продукции и лимонной кислоты | 240 | 250 | 110 |

Окончание таблицы 1

| Наименование материала | Применение | Поверхностная плотность, г/м ² | Адсорбционная активность по метиленовому голубому, мг/г, не менее | Адсорбционная активность по йоду, %, не менее |
|--|--|---|---|---|
| Углеволокнистый сорбент «Бусофиг Л-0,3-135С» | Фильтр-материал для органических примесей из технологических растворов и сточных вод (особенно в области низких концентраций). Устройства для рекуперации органических растворителей (дихлорэтан, бензин, ацетон и др.). Очистка гальванических растворов от органических примесей. Нефтеловушки для автозаправочных станций, автомоек, нефтеналивных территорий. Системы очистки воздуха и поглотители запаха. Суперконденсаторы на двойном электрическом слое. Фильтры для питьевой воды. Сорбционно-фильтрующий материал для изготовления СИЗ и спецодежды для работы в условиях контакта со СДЯВ. Фильтр-материал для газоочистки при сварочных работах. Фильтр-материал для курительных комнат; использование в сигаретных фильтрах. Поглощение запаха в холодильниках. Высокоэффективная очистка в производстве ликероводочной продукции и лимонной кислоты | 750 | 400 | 130 |

Как видно из таблицы 1, применение углеродных волокон указанных марок для очистки сточных вод от нефтепродуктов является новым направлением их использования.

Методики исследований. Определение содержания нефтепродуктов в воде проводили по методике № 2.2.34.9 «Методика выполнения измерений концентраций нефтепродуктов в пробах природных, питьевых, сточных вод флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «Флюорат-02» [2].

Исследования по определению массовой емкости поглощения проводились с использованием модельных сточных вод в статических условиях. Массовая емкость поглощения вычислялась по формуле

$$e = \frac{m_{\text{нп}}}{m_{\text{сор}}},$$

где $m_{\text{нп}}$ – масса поглощенного нефтепродукта, г; $m_{\text{сор}}$ – масса использованного сорбента, г.

Результаты исследований характеристик углеродных материалов

при извлечении нефтепродуктов из сточных вод. Важными показателями для сравнения сорбционных материалов являются: нефтеемкость, зависимость скорости фильтрования от толщины слоя загрузки и гидравлического напора перед ней, степень очистки по нефтепродуктам.

Значения полученных величин нефтеемкости исследуемых углеродных материалов представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Массовая емкость поглощения исследуемых углеродных материалов

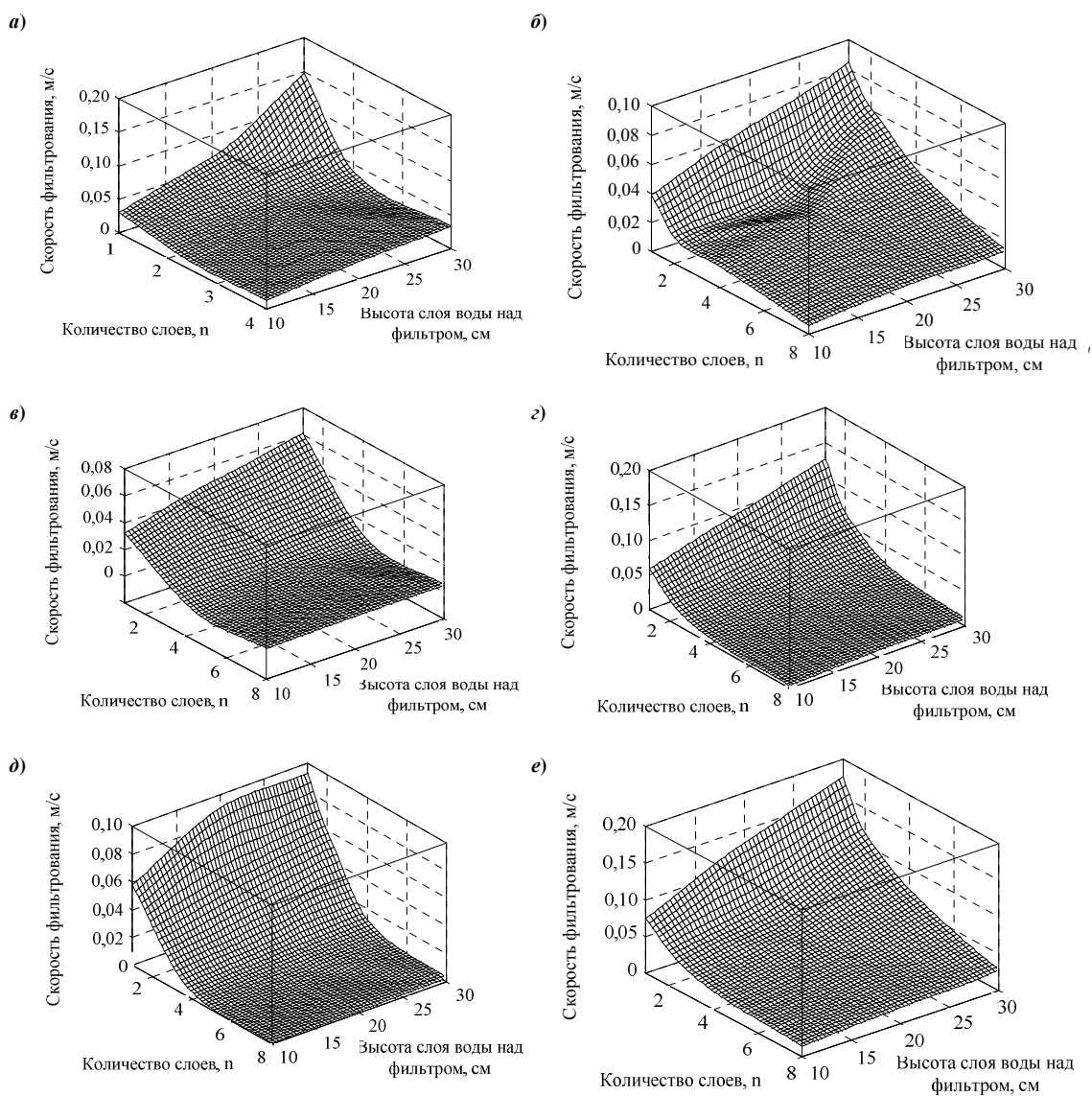
| Образец | Массовая емкость поглощения, г/г |
|--|----------------------------------|
| Трикотажное углеродное полотно «Урал-ТР» | 2,97 |
| Углеволокнистый сорбент, ткань САУТ-1С | 4,77 |
| Углеволокнистый сорбент «БУСОФИТ-Т-040» | 3,81 |
| Углеволокнистый сорбент «БУСОФИТ Л-0,3-135С» | 3,39 |
| Углеродная ткань «Урал ЛО-22 ЭХО» | 6,05 |
| Ткань углеродная техническая Т-1-15Н | 1,98 |
| Углеволокнистый войлок «КАРБОПОН-В-АКТИВ» | 15,35 |

Для сравнения приведем значения нефтеемкости некоторых сорбционных материалов, выпускаемых в странах СНГ (табл. 3).

Таблица 3 – Нефтеемкость рыночных сорбентов

| Образец | Нефтеемкость, г/г |
|------------------------------------|-------------------|
| МАУ-2А | 0,38 |
| С-Верад | 2 |
| АУ-7 | 4,7 |
| Пиросорб | 8 |
| Ньюсорб | 9 |
| Сорбент постоянной плавучести OPUB | 13 |
| Нетканый сорбент Экосорб | 15 |
| Сорбент ОМУ-1 | 18 |
| Сорбент СТГ | 30 |

Из представленных данных следует, что исследуемые сорбционные материалы обладают средними значениями нефтеемкости среди сравниваемых сорбентов. Определение скорости фильтрования проводили для разной толщины слоя исследуемого материала и гидравлического напора перед ним. По результатам исследований построены графические зависимости, проиллюстрированные на рисунке.



а – углеволокнистый войлок «КАРБОПОН-В-АКТИВ»; *б* – ткань углеродная техническая Т-1-15Н;
в – углеродная ткань «Урал ЛО-22 ЭХО»; *г* – углеволокнистый сорбент «Бусофит Л-0,3-135С»;
д – углеволокнистый сорбент «БУСОФИТ-Т-040»; *е* – углеволокнистый сорбент, ткань САУТ-1С

Зависимости скорости фильтрования от количества слоев фильтрующего материала и высоты слоя воды

В таблице 4 представлены результаты определения остаточной концентрации нефтепродуктов в сточной воде при использовании исследуемых материалов. Начальная концентрация нефтепродуктов в модельной сточной воде составляет 33,3 мг/дм³.

Таблица 4 – Остаточная концентрация нефтепродуктов в составе сточных вод

| Марка фильтра | Количество слоев | Концентрация нефтепродуктов после фильтра, мг/дм ³ | Эффективность очистки, % |
|---|------------------|---|--------------------------|
| Углеволоконный войлок «КАРБОПОН-В-АКТИВ» | 2 | 23,5 | 29,3 |
| | 4 | 15,5 | 53,3 |
| | 8 | 1,0 | 96,9 |
| Марка фильтра | Количество слоев | Концентрация нефтепродуктов после фильтра, мг/дм ³ | Эффективность очистки, % |
| Ткань углеродная техническая Т-1-15Н | 2 | 26,6 | 19,9 |
| | 4 | 21,3 | 36,1 |
| | 8 | 11,4 | 65,7 |
| Углеродная ткань «Урал ЛО-22 ЭХО» | 2 | 25,8 | 22,4 |
| | 4 | 19,7 | 40,8 |
| | 8 | 8,6 | 74,2 |
| Углеволоконный сорбент «Бусофит Л-0,3-135С» | 2 | 26,5 | 20,4 |
| | 4 | 20,1 | 39,6 |
| | 8 | 9,2 | 72,7 |
| Углеволоконный сорбент «БУСОФИТ-Т-040» | 2 | 26,1 | 21,6 |
| | 4 | 20,4 | 38,7 |
| | 8 | 9,6 | 71,2 |

Заключение. Результаты выполненных исследований по удалению из производственных сточных вод нефтепродуктов показали, что углеволоконный войлок «КАРБОПОН-В-АКТИВ» обладает самой высокой емкостью поглощения нефтепродуктов (15,35 г/г) и эффективностью очистки (96,9%). По сравнению с промышленно выпускаемыми неткаными синтетическими сорбентами нефтепродуктов, полученными методом пневмоэкструзии из полипропилена и обладающими емкостью поглощения в пределах от 11 до 13,5 г/г, «КАРБОПОН-В-АКТИВ» целесообразно применять для очистки производственных нефтесодержащих сточных вод. Очевидно, что для снижения негативного воздействия транспортного комплекса на окружающую среду и поддержания благоприятной экологической обстановки производственные сточные воды должны подвергаться качественной очистке с применением последних достижений в этой области. Совершенствование технологии очистки нефтесодержащих сточных вод позволит повторно использовать очищенную воду в производственном цикле предприятия, сократить водопотребление и связанные с этим затраты, что является немаловажным в рамках энергосберегающей политики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Грузинова, В.Л. Очистка нефтесодержащих сточных вод локомотивных депо с применением коагулянтов и отходов синтетических материалов: дис. ...канд. техн. наук: 05.23.04 / В.Л. Грузинова; БГТУ. – Минск, 2014. – 205 с.
2. Методика выполнения измерений массовой концентрации нефтепродуктов в пробах природной, питьевой и сточной воды флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «Флюорат-02». ПНД Ф 14.1:2.4.128-98. – М.: Госкомитет Рос. Федерации по ООС, 1998. – 18 с.

Поступила 06.12.2015

SORPTION PROPERTIES AND PERFORMANCE CHARACTERISTICS OF COAL FIBROUS MATERIALS

V. GRUZINOVA, V. ROMANOVSKIJ

The paper presents the results of the analysis of treatment facilities of industrial oily waste water. It is shown that the main problem occurs at the node of physico-chemical treatment, in particular using low-active filtering materials in relative to oil-products. The best filter materials are carbon sorbents, and the Republic of Belarus is a major producer of carbon fibers. The results of determination of the sorption properties and performance characteristics of carbon fibrous materials are presented, such as oil intensity, filtration rate dependence on the layer thickness and hydraulic pressure in front of it, as well as the degree of model waste water purification by oil-products. A comparative analysis of oil capacity of the studied sorption materials which are industrially produced in the CIS countries are presented.