

Рис. 1. Зависимость степени очистки воды от железа на ПП волокне: 1 – без обработки гидроксидами железа; 2 – с предварительной обработкой

порозность фильтра выше, в растворе содержится больше растворенного кислорода, поэтому после пропускания через фильтр небольшого объема раствора, содержащего железо, процесс

осаждения гидроксида железа на волокне охватывает слой фильтра 3–4 см, что видно по цветовой окраске этой части фильтра. В этот период очистка неэффективна, остаточная концентрация железа в фильтрате много выше пороговой по ГОСТ 0,3 мг/л. Этот период можно условно назвать тренировкой фильтра. Однако начиная с шестой промывки фильтра концентрация резко снижается, а с седьмой становится существенно ниже пороговой по ГОСТ концентрации. Это вполне согласуется с [2], так как скорость автокаталитической реакции окисления железа резко возрастает при контакте с ранее выпавшим гидроксидом железа. Результаты экспериментов сведены в табл. 1 и 2.

Как видно из данных таблиц и рис. 1, экстремальный вид зависимости изменения концентрации железа при пропускании первых 10–20 колоночных объемов исходного раствора объясняется, по-видимому, ионообменной сорбцией ионов железа на карбоксильных функциональных группах, образующихся в процессе высокотемпературного процесса получения волокна.

Литература

1. Патент (РФ) № 2117719. Способ получения волокнистого материала из термопластов и установка для его осуществления. МКИ D 01 D 5/08, D 04 H 3/16, опубл. в Б.И. № 23, 1998.
2. Николадзе Г.И. Технология очистки природных вод: Учеб. для вузов. М., 1987.

УДК 504.06(1.9)

В.В. Бордунов*, С.В. Бордунов*, И.А. Соболев*, О.Л. Васильева**,
А.С. Ситников**, В.А. Ситников**

ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ОЧИСТКИ ВОД ОТ НЕФТЕПРОДУКТОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИМЕРНЫХ ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ

*Институт химии нефти СО РАН, г. Томск

**Томский государственный педагогический университет

Волокнистые материалы, полученные на основе разработанной в Томске технологии переработки утиля и отходов термопластов, являются перспективными сорбентами для нефтепродуктов, и нами был поставлен цикл экспериментов для оценки областей применения в технике, коммунальном хозяйстве и для решения проблем ликвидации аварийных проливов нефти в природную среду.

1. Сбор нефти и нефтепродуктов с поверхности воды волокнистыми материалами.

Поглотительную способность образцов волокон по нефти и нефтепродуктам применительно к сбору их с поверхности воды в условиях многократного использования материала в цикле сорбция-регенерация определяли по следующей методике.

Предварительно взвешенный образец волокна помещали на поверхность воды со слоем нефтепродуктов толщиной 3–6 мм. Для испытаний использовали сборную легкую западносибирскую нефть плотностью 863,2 кг/м³ при 20–21 °С, индустриальное масло И-20 А плотностью 812,7 кг/м³ при 20 °С и дизельное топливо 3-02 плотностью 832 кг/м³ при 20 °С.

Полноту насыщения сорбирующего материала нефтепродуктами контролировали методом взвешивания. Насыщенный нефтепродуктами волокнистый образец регенерировался путем выделения нефтепродуктов в поле центробежных сил на лабораторной центрифуге при факторе разделения 100±3. Установлено, что волокнистые нетканые материалы обладают высокой поглотительной способностью по отношению к

Характеристика фильтров на основе волокон из полипропилена при 20 °С

Показатели	№ образца					
	1	2	3	4	5	6
Плотность материала, кг/м ³	911	903	907	909	904	903
Насыпная плотность в свободной укладке, кг/м ³	102–117	167–174	112–127	123–136	112–117	107–112
Порозность, %	87,1–88,8	80,7–81,5	87,5	87,6	81,7–83,6	87,0
Диам. волокна, мкм	5–20	50–400	1–10	1–15	50–300	250–300
Отношение объема пор к объему тверд. мат-ла	6,75–7,93	4,18–4,40	6,14–7,06	5,67–6,41	4,0–5,14	4,7–5,8

нефтепродуктам составляющей 6,0–9,31 г/г для нефти; 6,0–13,0 г/г для И-20 А и 3,5–9,95 г/г сорбента для дизельного топлива. Наиболее высокой поглотительной способностью по отношению к сырой нефти обладают волокна изготовленные из полиэтилентерефталата – 19,5 г/г сорбента.

Регенерация волокнистых сорбентов осуществляется центрифугированием при факторах разделения ~100 и позволяет удалять из объема сорбента до 96–98 % мас. нефтепродуктов и является вполне эффективным методом продления срока службы сорбентов. Сорбционная емкость снижается не более чем на 20 % после 50 циклов регенерации.

Уровень остаточного содержания нефти и нефтепродуктов в волокнистых материалах после регенерации методом центрифугирования по нефти составляет ~ 0,25–0,50 г/г сорбента; 0,21–0,45 г/г по индустриальному маслу И-20 А; 0,13–0,21 г/г сорбента по дизельному топливу, что примерно равно поглотительной емкости данных волокнистых материалов для соответствующих нефтепродуктов в режиме фильтрации.

2. Сорбционная очистка воды от эмульгированных и растворенных нефтепродуктов.

При очистке сильнозагрязненных сточных вод от нефти и нефтепродуктов существующими гравитационными и центробежными методами, из воды удаляются частицы нефтепродуктов с размером капель свыше 60 мкм и достигается остаточное содержание нефтепродуктов в воде ~1000 мг/л. При последующей фильтрации этой воды через кварцевый песок, шлак, гранулированный бентонит, природные цеолиты, перлит, полимерное волокно «сипрон», обеспечивается

остаточная концентрация нефтепродуктов в очищенной воде 7–20 мг/л.

При пропускании водомасляной эмульсии типа «масло в воде» через слой волокнистого материала микрокапли нефти и нефтепродуктов соприкасаются с элементарным волокном или филаментом волокнистого материала обволакивают их, образуя ундулоиды.

По мере накопления микрокапель масла на филаментах часть их сливается с образованием укрупненных ундулоид, другие образуют сплошные жидкие покрытия, что в итоге приводит к коалесценции капель нефтепродукта водномасляной эмульсии, разрушению водномасляной эмульсии и достижению эффекта очистки сточных вод от нефти и нефтепродуктов. Такой механизм очистки реализуется в коалесцирующих фильтрах. Установлено, что эффективность очистки, определяемая отношением концентрации нефтепродуктов в очищенной воде и в исходной эмульсии увеличивается: при уменьшении среднего диаметра волокна; увеличении удельной поверхности волокнистого материала; повышении степени уплотнения («набивки») фильтрующего материала; снижении скорости фильтрации очищаемой эмульсии.

Для определения полной динамической емкости фильтровального волокна в условиях безнапорной фильтрации мы приготавливали эмульсию, полученную диспергированием индустриального масла И-20А в пресной воде с помощью ультразвукового диспергатора УЗДН-2.

Концентрация масла в эмульсии варьировали в пределах 150–4 800 мг/л. Размер капель дисперсной фазы составлял ~0,3–3 мкм (белый матовый однородный раствор).

Образцы испытуемых волокнистых материалов определенной массы помещались в фильтровальную колонку с внутренним диаметром 10 мм так, чтобы высота слоя волокна составляла (200±2) мм. Исходную эмульсию подавали сверху, а очищенную воду собирали в мерный сборник и определяли остаточное содержание нефтепродуктов по ОСТ 38.01378-85.

В условиях безнапорной фильтрации эмульсии через слой волокнистых материалов высотой ~200 мм с различной плотностью укладки достигнуто разделение эмульсии с начальной концентрацией 2 300–4 800 мг/л до остаточного содержания нефтепродуктов (масло И-20А) в очищенной воде до уровня 1–5 мг/л при плотности укладки ~500–540 кг/м³, ~0,4–0,5 мг/л при плотности укладки ~150–170 кг/м³. По величине сорбционной емкости ~0,52–0,54 г масла И-20А на 1 г сорбента волокнистые материалы превосходят широко применяемые фильтровальные материалы типа сульфуголь, активированный уголь, значение сорбционной способности кото-

рого 0,1 г/г сорбента, а по скорости фильтрации – «сипрон» и сульфуголь.

Рекомендуемая плотность укладки полипропиленовых волокон в безнапорных фильтрах 150–190 кг/м³, что соответствует потере напора в фильтре $\sim(0,15-0,30)10^5$ Па при высоте слоя фильтрующего материала $\sim 0,9-1,3$ м и скорости фильтрации не менее 0,1–0,2 м/ч.

На основе описанных в работе волокнистых сорбентов изготавливаются системы оборотного водоснабжения, боновые заграждения для ликвидации разливов нефтепродуктов на поверхности воды, например, после аварий трубопроводов и нефтеналивного оборудования. На рисунке схематически представлена промышленно поставляемая установка для оборотного технического водоснабжения, например, для автомобильных моек.

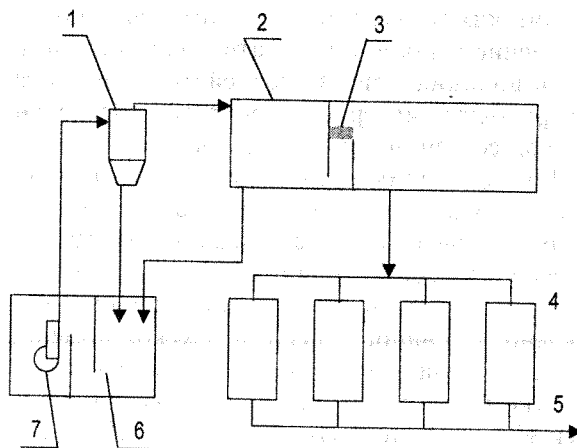


Рис. 1. Принципиальная схема установки оборотного технического водоснабжения: 1 – гидроциклон; 2 – напорный бак; 3 – фильтр из стекловолокна; 4 – фильтры с набивкой волокнистым сорбентом; 5 – линия очищенной воды; 6 – емкость с исходной водой; 7 – насос

УДК 541.183;665.666

В.В. Бордунов*, С.В. Бордунов*, Л.Ю. Новоселова*, И.А. Соболев*,
А.С. Ситников**, В.А. Ситников**, О.Л. Васильева**

ИОНООБМЕННЫЕ ВОЛОКНИСТЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ ТЕРМОПЛАСТОВ

*Институт химии нефти СО РАН, г. Томск

**Томский государственный педагогический университет

Наиболее широкое применение волокнистые материалы находят в процессах фильтрации для очистки водных и воздушных сред. По сравнению с промышленными гранулированными сорбентами – волокнистые имеют высокую удельную поверхность (на уровне 10 м²/г) и сорбцию в кинетических условиях, которая в отличие от гранулированных сорбентов не лимитируется стадией диффузии сорбата внутрь зерен сорбента.

Обменная емкость волокнистых сорбентов достаточно высока для промышленного применения и не снижается при многократных циклах регенерации кислотами и щелочами. Кроме того, волокнистые сорбенты обладают более высокими механическими свойствами, не истираются и не измельчаются в процессе работы и характеризуются более продолжительным сроком эксплуатации по сравнению с гранулированными сорбентами.

Синтез формованных гранулированных сорбентов является сложным и многостадийным процессом, а исходные продукты для синтеза, например, ионита КУ-2-8 – сополимер стирола с дивинилбензолом имеют высокую стоимость, что обеспечивает высокую цену промышленных зернистых и гранулированных сорбентов.

Волокнистые сорбенты на основе отходов полипропилена, получаемые по технологии ИХН

СО РАН, содержат в своем составе функциональные карбоксильные и карбонильные группы, что придает волокнам определенные ионообменные свойства. Себестоимость их производства значительно ниже гранулированных и зернистых сорбентов. Образцы волокон из термопластов в основном из смесевых композиций полипропилена (ПП) марок 21030-16 – 21060-16 и полистирола, а также из полиэтилентерефталата (ПЭТФ), были получены на опытной установке с центробежно-аэродинамическим способом получения волокна.

В процессе получения волокна полимерный материал подвергался частичному окислению кислородом воздуха, что по данным ИК-спектрометрии приводило к появлению в спектре полос поглощения, характерных для карбонильных, карбоксильных и гидроксильных функциональных групп в области 1600–1850 см⁻¹. Готовый продукт представляет собой волокна с диаметром от 0,1–10 мкм до 150–300 мкм. Цвет от светлого до темно-серого (при неокрашенном сырье). Насыпная плотность образца волокнистых материалов составляла 107–192 кг/м³ при порозности 80,7–87,5 %.

Основными методами модификации волокнистых материалов на основе полиолефинов, которые весьма устойчивы к действию большинства