

УДК 502.37

UDC 502.37

05.00.00 Технические науки

Technical sciences

ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ ФИЛЬТРУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ**STUDY OF SORPTION PROPERTIES OF FILTER MATERIALS**

Привалова Наталья Михайловна
к.х.н., доцент,
dodoka57@mail.ru
Кубанский Государственный Технологический университет, Краснодар, Россия

Privalova Natalia Mikhailovna
Cand.Chem.Sci., associate professor
dodoka57@mail.ru
Kuban State University of Technology, Krasnodar, Russia

Двадненко Марина Владимировна
к.х.н., доцент,
meriru@rambler.ru
Кубанский Государственный Технологический университет, Краснодар, Россия

Dvadnenko Marina Vladimirovna
Cand.Chem.Sci., associate professor
meriru@rambler.ru
Kuban State University of Technology, Krasnodar, Russia

Некрасова Алина Александровна
Эксперт
midel80@mail.ru
*ЭКЦ ГУ МВД России
по Краснодарскому краю, Краснодар, Россия*

Nekrasova Alina Aleksandrovna
Expert
midel80@mail.ru
ECC MD MIA of Russia across Krasnodar territory, Krasnodar, Russia

Привалов Дмитрий Михайлович
Магистр
privaldo@mail.ru
Кубанский Государственный Технологический университет, Краснодар, Россия

Privalov Dmitry Mihailovich
Master
privaldo@mail.ru
Kuban State University of Technology, Krasnodar, Russia

Настоящая статья посвящена исследованию сорбционных свойств различных фильтрующих материалов. Рассмотрены различные типы фильтров, такие как тканевые, каркасные, зернистые фильтры. Рассмотрены принципы работы каждого типа фильтров, особенности и отличия их друг от друга. Изучены условия их применения. Также описан процесс фильтрования через слой зернистой загрузки. Приведены физико-химические показатели некоторых зернистых материалов в том числе песок, Гидроантрацит-Р, гранитный щебень, вулканические туфы, вермикулит вспученный. Рассмотрено сравнение нефтеёмкости некоторых материалов при их использовании в качестве фильтрующего материала и нефтесобирателей. Описаны сорбционные свойства активированных углей, используемых в качестве фильтрующего материала для очистки вод от нефти и нефтепродуктов. Сделан вывод об их перспективности и эффективности применения при борьбе с нефтяными загрязнениями

Present article is devoted to research of sorption properties of various filtering materials. The various types of filters, such as fabric, frame, granular filters are considered. The principles of work of each type of filters, feature and difference them from each other are considered. The conditions of their application are investigated. Process of filtering through a layer of granular loading also is described. The physico-chemical parameters of some granular materials including sand, hydroanthracite-P, granite road metal, volcanic tuffs, and expanded vermiculite are given. The comparison of oil capacity of some materials is considered at their use as a filtering material and oil collectors. We have described sorption features of activated carbon, used as a filtering material for clearing waters of petroleum and petroleum. The article has a conclusion about their prospects and the efficiency of application when fighting with petroleum pollutions

Ключевые слова: ОЧИСТКА ВОД, СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА, ФИЛЬТРУЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ, НЕФТЕЁМКОСТЬ, АДСОРБЦИЯ

Keywords: WATER PURIFICATION, SORPTION OF PROPERTY, FILTERING MATERIALS, OIL CAPACITY, ADSORPTION

Doi: 10.21515/1990-4665-126-020

В настоящее время проблема всю большую значимость приобретает проблема загрязнения окружающей среды. В частности загрязнения поверхностных и сточных вод нефтепродуктами. Загрязнение окружающей среды, и вод в частности, происходит в результате добычи и транспортировки, хранения, переработки нефтепродуктов, несанкционированного сброса их в водоёмы, техногенных аварий, промышленного производства. Стоки с городских территорий, морских портов, различных промышленных площадок также являются загрязнёнными данными веществами. Такое положение дел отражается не только на состоянии природной среды, но и состоянии здоровья человека.

Для решения этой проблемы используются различные способы такие как: механический, химический, микробиологический, физико-химический (с использованием сорбентов) и другие [1,2,3,4,5].

Необходимо отметить, что не один из вышеперечисленных методов не является панацеей для решения данной проблемы. Каждый из них имеет свои достоинства и недостатки.

В настоящее время ведутся активные научные исследования, направленные на совершенствование уже существующих технологий и разработку новых.

На сегодняшний день одним из самых распространённых способов очистки вод от нефтепродуктов является фильтрование. Он применяется для снижения концентрации мелкодисперсных нефтепродуктов в очищаемых водах. Данный способ часто используется в отстойниках или после биологической очистки. Процесс основан на прилипанию грубодисперсных частиц нефти и нефтепродуктов к поверхности фильтрующего материала [6].

Рассмотрим различные виды фильтров, применяемых для очистки сточных вод, содержащих нефтепродукты на примере сточных вод автомоек. Различают следующие виды фильтров:

- тканевые или сетчатые фильтры;
- каркасные или намывные фильтры;
- зернистые или мембранные фильтры для очистки сточных вод автомоек.

Более глубокую очистку нефтесодержащей воды можно осуществлять на каркасных фильтрах. Пленочные фильтры очищают воду на молекулярном уровне.

Микрофильтры могут применяться для очистки сточных вод от различных загрязнений. Микрофильтр – это фильтрующее устройство, где в качестве очищающей структуры используются металлические сетки, ткани и полимерные материалы.

Каркасные фильтры также могут с успехом применяться для очистки сточных вод от ПАВ, нефтепродуктов, краски, масел, бензинов. Специалисты по очистке сточных вод автомоек выделяют три вида фильтров каркасного типа:

- фильтры каркасного типа, в которых используется пористые зернистые материалы, имеющие адгезионные свойства (кварцевый песок, керамзит, антрацит, пенополистирол, котельные и металлургические шлаки и др.)

- фильтры каркасного типа, в конструкции которых использованы волокнистые и эластичные материалы. Подобные фильтры могут с особым успехом применяться в ходе очистки сточных вод, так как обладают повышенной способностью к задержанию нефтепродуктов, так называемой повышенной нефтеемкостью.

- фильтры каркасного типа для очистки сточных вод автомоек, в основу которых положен принцип укрупнения эмульгированных частиц нефтепродуктов.

Принцип работы каркасных фильтров последнего типа для очистки сточных вод существенно отличается от первых двух. Если каркасные

фильтры, сконструированные с использованием адгезионных свойств материалов и волокнисто-эластичных материалов, задерживают собственно нефтепродукты на своей поверхности, то фильтры, укрупняющие частицы нефтепродуктов, способствуют всплыванию бензина и масел на поверхность жидкости, формируя из них крупные капли.

Это дает возможность более полноценно очищать воду от нефтепродуктов, более того, данный метод механической очистки сточных вод представляется более экономически эффективным.

Ещё одной разновидностью фильтров является коалисцирующие фильтры.

Отличительные особенности таких фильтров, работающих по принципу укрупнения частиц материала на станциях очистки воды:

- эффективное разделение сред и удельная производительность при очистке сточных вод;
- устойчивость фильтра к колебаниям содержания в воде ПАВ, масел, бензина и других нефтепродуктов при очистке сточных вод;
- простота в использовании и производстве;
- возможность более продолжительного использования коалесцирующего фильтра до возникновения необходимости регенерации.

Однако, надо отметить, что все преимущества данной схемы очистки воды в полной мере раскрываются только при очистке большого количества сточных вод, загрязненных нефтепродуктами [6].

Рассмотрим подробнее процесс фильтрования и различные наполнители фильтров. Фильтрование нефтесодержащих сточных вод через слой зернистой загрузки происходит в две стадии: доставка частиц к зернам загрузки и прилипание их к зернам. Рабочей зоной при фильтровании являются поверхность материала и пространство между зернами загрузки. При фильтровании жидкости геометрическая структура

загрузки непрерывно изменяется в результате отложения частиц нефти на поверхности зерен [6, 7].

При существующем разнообразии технологических приемов фильтрования и инженерных оформлений этого процесса эффективность работы фильтров с одинаковыми гидродинамическими параметрами определяется взаимодействием материала фильтровальной загрузки с нефтепродуктами.

Эффективное удаление из воды нерастворенных нефтепродуктов достигается благодаря способности нефтепродуктов к адгезии на поверхности материала загрузки фильтра, которое присутствует в разной степени на всех твердых поверхностях [8].

Правильный подбор зернистой загрузки во многом определяет эффективность фильтрования, которая зависит от свойств фильтрующего материала (крупность, форма, шероховатость) и геометрической структуры слоя (порозность слоя, размер отдельных межзеренных пор, однородность зерен). Основные физико-химические показатели широко используемых фильтрующих материалов приведены в таблице 1 [9].

Таблица 1 - Физико-химические показатели некоторых зернистых фильтрующих материалов

Показатель	Песок	Гидроантрацит-Р	Гранитный щебень	Вулканические туфы	Вермикулит вспученный
Измельчаемость, %	2,9	1,7	3,35	0,8	2,9
Истираемость, %	0,7	0,2	0,2	0,3	0,3
Зольность, %	0,2	0,1	0,1	4,5	0,5
Окисляемость, мг/л	9,7	9,2	8,4	7,5	6,2
Кремниевая кислота, мг/л	5,0	0,8	2,5	3,5	2,5
Плотный остаток мг/л	8,7	19,7	5,7	12,6	9,3
Остаточное содержание НП* в воде, мг/л	3,0 - 5,0	1,5 - 2,5	4,5 - 5,0	3,0 - 3,5	1,0 - 2,5

Примечание. НП* - нефтепродукт.

Исходя из показателей данной таблицы можно сделать вывод, что лучшими наполнителями, обеспечивающими наиболее качественную очистку вод являются гидроантрацит-Р и вермукулит вспученный. Но эти материалы не могут извлекать из воды растворённые формы нефтепродуктов из-за малой внутренней поверхности частиц и из-за низкого суммарного значения пор соответственно.

При использовании торфа в качестве фильтрующего материала для удаления нерастворенных нефтепродуктов возникает возможность загрязнения очищаемой воды органическими примесями, присутствующими в торфе [10].

Для повышения качества фильтрации, а именно для усиления удельного потенциала адсорбционных сил поверхностного слоя различных природных материалов используется обогащение их углеродными добавками в процессе термической или химической обработки (вермикулит с различными добавками, шунгит, модифицированный углеродным волокном, гидрофобизированный керамзит и др.). Повышение содержания углерода в поверхностном слое фильтрующих загрузок увеличивает эффективность их применения для очистки от нерастворимых углеводородов [11-13].

В качестве наполнителей фильтров могут использоваться различные нефтяные сорбенты как природные, так и искусственные. Необходимо отметить, что нефтеёмкость данных сорбентов при использовании их в процессе фильтрования ниже, чем нефтеёмкость при сборе розливов нефтепродуктов с различных поверхностей. Но, несмотря на это, данные материалы обладают более высокой нефтеёмкостью чем традиционные наполнители фильтров благодаря высокой адгезии нефтепродуктов на их поверхности. Сравнение нефтеёмкости сорбентов при различном их использовании приведено на рисунке 1.

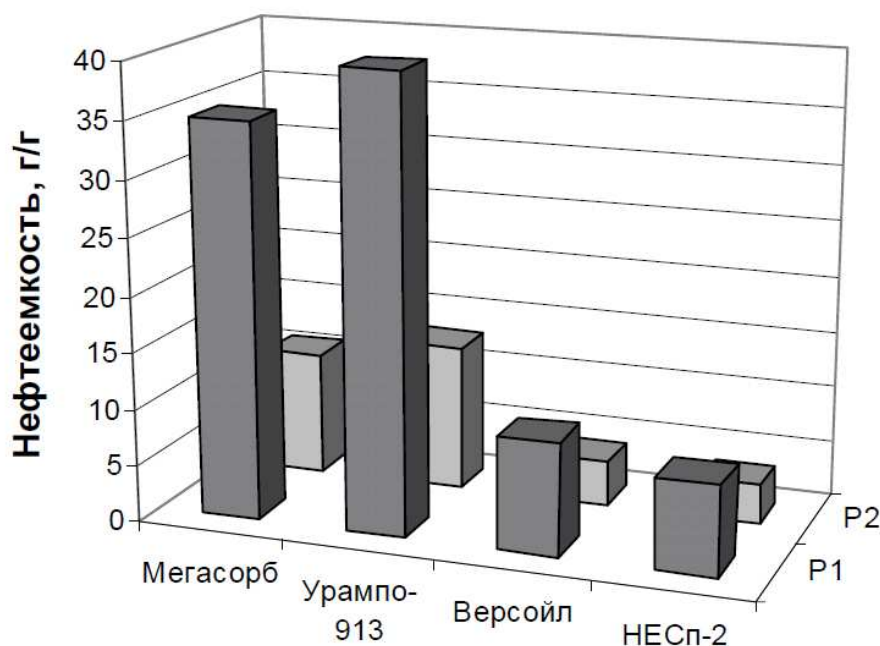


Рисунок 1 - Изменение нефтеёмкости сорбентов при использовании их в качестве нефтесобирателей (P1) и фильтрующих материалов (P2) [9].

При выборе нефтяных сорбентов в качестве наполнителя фильтра особое внимание необходимо уделить показателю водопоглощения. Чем выше данный показатель, тем хуже будет качество процесса. Данный недостаток можно исправить путём гидрофобизации наполнителя.

Существует много предложений по использованию в качестве фильтрующих загрузок гранулированных, волокнистых, эластичных синтетических материалов (гранулы и волокна полипропилена, полиэтиленаполистирола, пенополиуретан и др.).

Исследования показывают, что в фильтрах с пенополиуретановой, сипроновой или полипропиленовой загрузкой можно обеспечить очистку от нефтепродуктов на уровне 5 – 7 и 0,1 – 0,3 мг/л при исходных концентрациях 10 – 20 и 2 – 5 мг/г соответственно [13, 14]. Благодаря высокой адгезии нефтепродуктов на поверхности синтетических материалов, они эффективно используются и в коалесцентных фильтрах[8].

Перспективными материала, позволяющими одновременно удалять из воды как мелкодисперсные, так растворённые нефтепродукты являются пористые фильтрующие материалы.

Особого внимания заслуживают активированные угли позволяющие удалять из сточных вод растворённые примеси. Из всех природных материалов, изготавливаемых без химической и термической обработки, выделяется своей эффективностью угольный природный сорбент МИУ-С. При очистке воды с содержанием нефтепродуктов 5 – 20 мг/л фильтрованием через данную загрузку концентрация примеси снижается до 0,6 – 1,2 мг/г. Величина удельной поверхности мезопор диаметром 3 – 4 нм составляет 120 м²/г. Следовательно, использование этого фильтрующего материала позволяет удалять нерастворенные и часть растворенных нефтепродуктов. При трехступенчатой фильтрации содержание нефтепродуктов в очищенной воде не превышает 0,05 мг/л. Одновременно происходит уменьшение содержания в воде ионов тяжелых металлов, железа, фенолов, аммония и общего микробного числа. Благодаря промывкам и регенерации с частотой 1, 2 раза в год ресурс МИУ-С достигает 7 лет, без регенерации – 2-3 года [13].

В настоящее время существует широкий выбор различных материалов, в том числе сорбентов, используемых в качестве фильтрующих материалов. Использование сорбентов в качестве загрузки для фильтров позволяет более качественно, по сравнению с традиционной загрузкой, проводить очистку вод от нефтяных загрязнений. Наибольшее применение в этой сфере нашли такие материалы как кварцевый песок, керамзит, антрацит, гранулы и волокна полипропилена, полиэтиленаполистирола, пенополиуретан, а также активированные угли.

Для улучшения фильтрующих свойств природных сорбентов производится их обогащение различными углеродными добавками.

Выбор того или иного материала зависит от различных факторов, в том числе от этапа очистки, требуемого качества очищенных вод, а также от содержащихся в них загрязняющих веществ.

Качественной очистке вод от мелкодисперсных нефтепродуктов способствуют песок, антрацит, вспученный вермикулит, полипропилен, полиэтиленаполистирол, пенополиуретан и различные другие сорбенты.

Наиболее эффективно борются с растворёнными нефтяными загрязнителями различные пористые материалы и активированные угли.

Литература

1. Двадненко М.В., Привалова Н.М., Беленькова Ю.И. Обезвреживание и очистка сточных вод // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2012. – № 2. – С. 56.
2. Боковикова Т.Н., Степаненко С.В., Капустянская Ж.В., Марченко Л.А., Двадненко М.В., Привалова Н.М., Ефименко С.А. Способ очистки нефтесодержащих сточных вод // Патент на изобретение RUS № 2333158 20.12.2006.
3. Двадненко М.В., Привалова Н.М., Лявина Е.Б., Процай А.А., Динченко Ю.В. Использование сорбционной технологии для очистки нефтесодержащих сточных вод // Фундаментальные исследования. – 2009. – № 55. – С.45-46.
4. Привалова Н.М., Двадненко М.В., Некрасова А.А., Попова О.С., Привалов Д.М. Исследование методов очистки вод от загрязнений нефтью и нефтепродуктами // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского аграрного университета. 2015. №113. С.307-316.
5. Привалова Н.М., Двадненко М.В., Некрасова А.А., Попова О.С., Привалов Д.М. Очистка нефтесодержащих сточных вод с помощью природных и искусственных сорбентов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского аграрного университета. 2015. №113. С.297-306.
6. Журба М.Г. Очистка воды на зернистых фильтрах. Львов: Вища школа, 1980. – С. 134-140.
7. Журба М.Г., Нежлукченко В.М. Адгезионные процессы и формирование осадка в зернистых слоях загрузки контактных фильтров. Химия и технология воды. – 2008. – Т. 30, № 4. – С.444 – 459.
8. Роев Г.А. Очистные сооружения газонеперекачивающих станций и нефтебаз. М.: Недра, 1981. – 160 – 168.
9. Особенности очистки воды от нефтепродуктов с использованием нефтяных сорбентов, фильтрующих материалов и активных углей. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://elib.sfu-kras.ru/handle/2311/2187> (дата обращения 05.09.2015).
10. Крупнов Р.А., Базин Е.Т., Попов М.В. Использование торфа и торфяных месторождений в народном хозяйстве. М.: Недра, 1992. – С. 135–147.
11. Агафонов Д.В., Сибиряков Р.В. Фильтрующий сорбент для очистки воды от нефтепродуктов // Патент 2045334 РФ. 1995. БИ. № 10.

12. Крылов И.О., Ануфриева С.И., Исаев В.И. Установка доочистки сточных и ливневых вод от нефтепродуктов // Экология и промышленность России. – 2002. – № 6. С. – 17 – 20.

13. Тарнопольская М.Г. Фильтрующие материалы для очистки воды от нефтепродуктов и критерии их выбора // Вода и экология: проблемы и решения. – 2005. – № 3. С. – 74 – 79.

14. Журба М.Г. Пенополистирольные фильтры. М.: Стройиздат, 1992. – С. 100 – 112.

References:

1. Dvadnenko M.V., Privalova N.M., Belen'kova Ju.I. Obezvrezhivanie i ochistka stochnyh vod // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh t fundamental'nyh issledovanij. – 2012. – № 2. – S. 56.

2. Bokovikova T.N., Stepanenko S.V., Kapustjanskaja Zh.V., Marchenko L.A., Dvadnenko M.V., Privalova N.M., Efimenko S.A. Sposob ochistki neftesoderzhashhih stochnyh vod // Patent na izobretenie RUS № 2333158 20.12.2006.

3. Dvadnenko M.V., Privalova N.M., Ljavina E.B., Procaj A.A., Dinchenko Ju.V. Ispol'zovanie sorbcionnoj tehnologii dlja ochistki neftesoderzhashhih stochnyh vod // Fundamental'nye issledovanija. – 2009. – № S5. – S.45-46.

4. Privalova N.M., Dvadnenko M.V., Nekrasova A.A., Popova O.S., Privalov D.M. Issledovanie metodov ochistki vod ot zagrjaznenij نفت'ju i нефтепродуктами // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo agrarnogo universiteta.2015.№113.S.307-316.

5. Privalova N.M., Dvadnenko M.V., Nekrasova A.A., Popova O.S., Privalov D.M. Ochistka neftesoderzhashhih stochnyh vod s pomoshh'ju prirodnyh i iskusstvennyh sorbentov // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo agrarnogo universiteta.2015.№113.S.297-306.

6. Zhurba M.G. Ochistka vody na zernistyh fil'trah. L'vov: Vishha shkola, 1980. – S. 134-140.

7. Zhurba M.G., Nezhlukchenko V.M. Adgezionnye processy i formirovanie osadka v zernistyh slojah zagruzki kontaktnykh fil'trov. Himija i tehnologija vody. – 2008. – T. 30, № 4. – S.444 – 459.

8. Rojev G.A. Ochistnye sooruzhenija gazonefteperekachivajushhih stancij i neftebaz. M.: Nedra, 1981. – 160 – 168.

9. Osobennosti ochistki vody ot нефтепродуктов s ispol'zovaniem нефтяных сорбентов, фил'трующих материалов и активных углей. [Elektronnyj resurs].– Rezhim dostupa: <http://elib.sfu-kras.ru/handle/2311/2187> (data obrashhenija 05.09.2015).

10. Krupnov R.A., Bazin E.T., Popov M.V. Ispol'zovanie torfa i torfjanyh mestorozhdenij v narodnom hozjajstve. M.: Nedra, 1992. – S. 135–147.

11. Agafonov D.V., Sibirjakov R.V. Fil'trujushhij sorbent dlja ochistki vody ot нефтепродуктов//Patent 2045334 RF. 1995. BI. № 10.

12. Krylov I.O., Anufrieva S.I., Isaev V.I. Ustanovka doochistki stochnyh i livnevnyh vod ot нефтепродуктов // Jekologija i promyshlennost' Rossii. – 2002. – № 6. S. – 17 – 20.

13. Tarnopol'skaja M.G. Fil'trujushhie materialy dlja ochistki vody ot нефтепродуктов i kriterii ih vybora // Voda i jekologija: problemy i reshenija. – 2005. – № 3. S. – 74 – 79.

14. Zhurba M.G. Penopolistirol'nye fil'try. M.: Strojizdat, 1992. – S. 100 – 112.