

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ВОДООЧИСТКИ НА НОВЫХ СОРБЕНТАХ С МАТРИЦЕЙ ИЗ БАЗАЛЬТОВЫХ МИКРОВОЛОКОН

В.О. Буравлев, А.В. Панасенко, Е.В. Кондратюк, Л.Ф. Комарова

В работе представлены исследования гидродинамики базальтовых микроволокон и моделирование процесса фильтрования. Проведено сравнение эффективности очистки воды от ионов железа и марганца на волокнистых и зернистых загрузках

Ключевые слова: гидравлическое сопротивление, фильтрация, базальтовые волокна

ВВЕДЕНИЕ

Сегодня водоподготовка на предприятиях различных отраслей промышленности занимает ключевую роль, так как от ее эффективности зависит качество конечного продукта. Не менее важное значение имеет и очистка сточных вод, чаще всего характеризующихся повышенным содержанием взвешенных веществ, нефтепродуктов, тяжелых металлов и др.

Основной тенденцией совершенствования устройств для водоочистки является увеличение их компактности и повышение эффективности работы, без резкого увеличения затрат.

Широкое распространение на сегодняшний день получил способ очистки жидкостей с помощью фильтрования через различные материалы. Большой перспективой обладают модифицированные сорбенты на основе микроволокон. Данные материалы можно применять для очистки от различных загрязнений как молекулярной, так и в ионной форме [1, 2].

В чистом виде базальтовые микроволокна обладают определенными фильтрующими и сорбционными свойствами [3], но наибольший эффект очистки достигается при модифицировании их поверхности. Например, путем нанесения бентонитовых глин синтезируют сорбционно-ионообменный материал, а при осаждении на поверхность некоторых переходных металлов, таких как железо, марганец, кобальт, титан и др., и их оксидов (соединений) получают каталитически активные материалы для очистки различных сред.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

В промышленных масштабах применения волокнистых материалов, на основе базальта, сдерживается отсутствием их технологических характеристик. Для этого необходимо провести определить потери напора в загрузке и величину фильтроцикла.

Для изучения гидравлических характеристик базальтовой матрицы была спроектирована и собрана фильтровальная установка, оснащенная двумя колоннами и системой электронных датчиков давления [4].

Исследования проводились в рамках полного факторного эксперимента (ПФЭ).

Варьируемыми параметрами являлись скорость фильтрования и удельная масса загрузки (кг волокнистого сорбента на 1 м^2 площади фильтрования). Определяемыми величинами являлись потерянный напор в загрузке и ее высота, в зависимости от удельного профильтрованного объема воды (рисунок 1 и 2).

Изначально волокнистый материал находится в фильтрующем модуле в свободно распределенном виде, поэтому постепенное возрастание потерь напора в фильтрующей загрузке обуславливается сжатием волокнистого материала, что в свою очередь приводит к увеличению потерь напора, которые снова вызывают уменьшение высоты загрузки. Данный циклический процесс компенсации продолжается до тех пор, пока сжатие волокна не достигнет предела своего упругого сжатия, который определяется постоянством высоты загрузки и потерянного напора на ней в процессе фильтрования воды. Из приведенных зависимостей видно, что с возрастанием массы загрузки степень сжатия материала уменьшается. Практически аналогичные зависимости получены при варьировании скорости фильтрования и постоянной удельной массе загрузки в фильтрующем модуле.

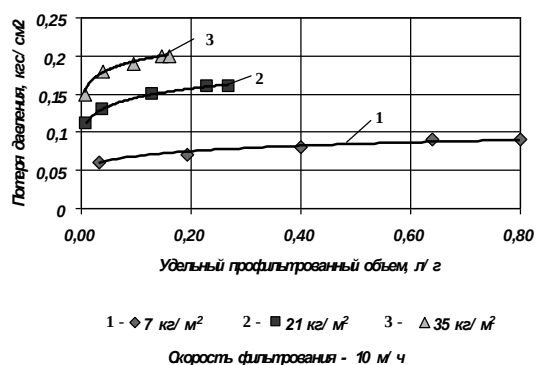


Рисунок 1. Зависимость потерь напора на фильтрующей загрузке из базальтового волокна от удельного пропущенного объема

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ВОДООЧИСТКИ НА НОВЫХ СОРБЕНТАХ С МАТРИЦЕЙ ИЗ БАЗАЛЬТОВЫХ МИКРОВОЛОКОН

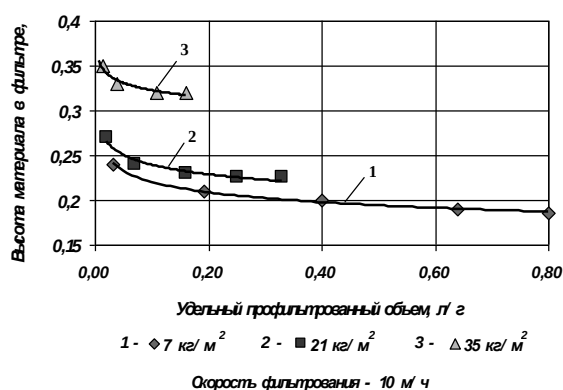


Рисунок 2 – Зависимость изменения высоты фильтрующей загрузки из базальтового волокна от удельного пропущенного объема

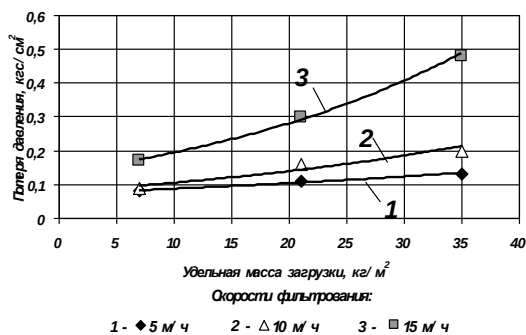


Рисунок 3. Изменения потерь напора в зависимости от удельной массы волокна

С помощью зависимостей приведенных на рисунке 3, можно определить начальное гидравлическое сопротивление материала в колонне при различных удельных массах загрузки и скоростях фильтрования.

Моделирование процесса фильтрования на базальтовых микроволокнах проводилось с помощью трех уравнений:

$$\Delta P = 0,65 \cdot m \cdot w + 0,18 \cdot w - 0,20 \cdot m - 23,52, \quad (1)$$

$$\Delta P = (0,001 \cdot w^2 - 0,014 \cdot w + 0,117) \cdot e^{(-0,00005w^2 + 0,003w + 0,0035)m}, \quad (2)$$

$$\Delta P = \frac{\lambda \cdot H \cdot \alpha \cdot \rho \cdot w^2}{8 \cdot \varepsilon^3}, \quad (3)$$

где ΔP – гидравлическое сопротивление (потерянный напор), кгс/см²; m – удельная масса загрузки, кг/м²; w – скорость фильтрования, м/ч; λ – коэффициент трения; H – высота загрузки, м; α – удельная поверхность материала, м²/кг; ρ – плотность воды, кг/м³; ε – порозность загрузки.

Уравнение (1) получено в ходе ПФЭ, 2 – выведено эмпирически, 3 – классическое [5]. Результаты экспериментов и расчетные значения приведены в таблице 1. Так наибольшую точность имеет эмпирическое уравнение (среднеквадратичное отклонение 4,7 % и значение критерия Фишера в пределах табулированного). Классическое уравнение (3)

непригодно для рассмотрения данного процесса.

Таблица 1

Расчетные и экспериментальные величины потерь напора на загрузке из базальтового волокна

Масса удельная m , кг/м ²	Скорость фильтрования w , м/ч	Потерянный напор в загрузке ΔP , кгс/см ²			
		Экспериментальное значение	Эмпирическое уравнение	Уравнение ПФЭ	Классическое уравнение
7	15	0,17	0,17	0,17	-
7	10	0,09	0,10	0,13	-
7	5	0,08	0,08	0,08	-
35	15	0,48	0,50	0,48	$0,9 \cdot 10^{-8}$
35	10	0,20	0,21	0,31	$1,6 \cdot 10^{-8}$
35	5	0,13	0,13	0,13	$3,5 \cdot 10^{-8}$
21	10	0,16	0,14	0,22	-

Как показали исследования, фильтровально-сорбционный материал «Бентосорб» имеет высокие ионообменные и сорбционные емкости по различным загрязнениям [6].

Предварительно проведенные испытания показали, что наиболее оптимальное соотношение матрица/модификатор базальтовое волокно/бentonитовая глина в материале «Бентосорб», с точки зрения гидродинамики процесса, составляет 1/5 [7]. Наилучшие фильтрующие свойства у композита наблюдаются при скоростном режиме 5 м/ч, поэтому все исследования проводились при численных оптимальных параметрах. Полученные экспериментальные данные, представлены на рисунках 4 и 5.

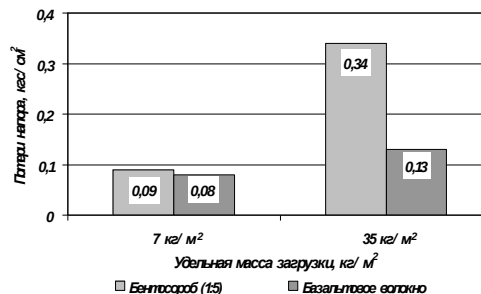


Рисунок 4. Сравнение потерь напора на базальтовом волокне и «Бентосорб» при скорости фильтрования 5 м/ч

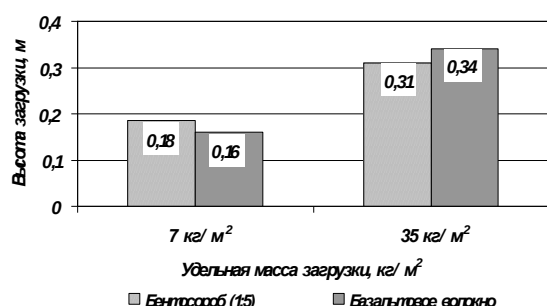


Рисунок 5. Сравнение конечных высот материала в колонне для загрузок из базальтового волокна и «Бентосорб» при скорости фильтрации 5 м/ч

Из гистограмм видно, что при практически одной и той же степени сжатия обеих загрузок, «Бентосорб» имеет значительно большее гидравлическое сопротивление, нежели базальтовое волокно. Это можно объяснить тем, что при модификации поверхности бентонитовыми глинами происходит уменьшение проходимости каналов в загрузке, вследствие чего резко возрастает гидравлическое сопротивление материала. Практически одинаковые степени сжатия обоих материалов можно объяснить наличием различных компенсационных сил, а, следовательно, и различной упругостью. Еще одним фактором, провоцирующим постепенное увеличение сопротивления, может являться сорбция растворенных в воде газов на высокопористой поверхности волокнистой матрицы материала, что еще требует уточнения и дальнейших исследований.

При извлечении из воды таких элементов как железо и марганец, вследствие возможности образования устойчивых коллоидов и гидроксидов, происходит дополнительное уплотнение загрузки и возрастание потерянного напора, вследствие закупоривания каналов (Рисунок 6)

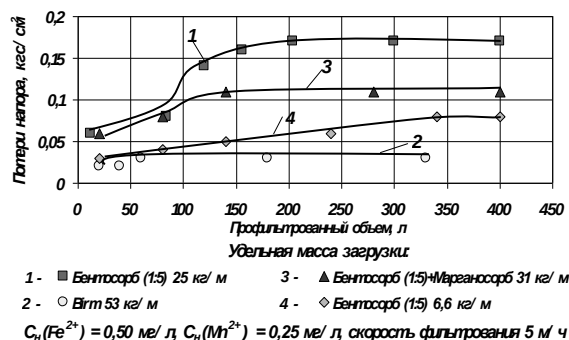


Рисунок 6. Зависимость потерь напора на композитной загрузке из базальтового волокна от пропущенного объема раствора

Опыты проводились на модельном растворе, содержащем Fe^{2+} и Mn^{2+} , с определением эффективности очистки воды, результаты представлены на рисунке 7. Эксперименты показали, что материалы на основе базальтовых микроволокон более эффективно удаляют ионы железа, по сравнению с зернистым каталитическим материалом, но в то же время с меньшим успехом очищают воду от марганца. Данный факт можно объяснить различной природой ионов и способностью их к образованию гидратокомплексов, также каталитически активная поверхность Birm позволяет ускорять процесс образования соединений $Mn(OH)_2$ и $Mn(OH)_4$, в то время как базальтовые композиты в большей степени являются сорбционно-ионообменными материалами.

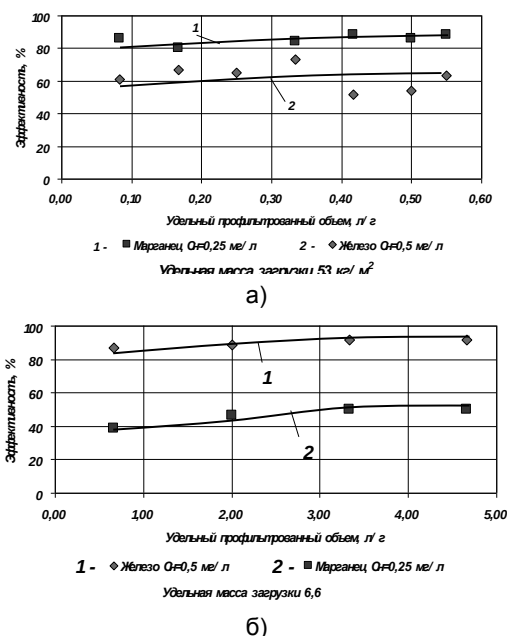


Рисунок 7. Зависимости эффективности деманганизации и обезжелезивания от удельного профильтрованного объема воды, для Birm (а) и «Бентосорб» (1:5) (б)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведены исследования гидравлического сопротивления базальтовых микроволокон и композиционного материала «Бентосорб».

Выведена эмпирическая формула для расчета потерь напора на базальтовом волокне в зависимости от удельной массы загрузки и скорости фильтрации, с достоверностью 95 %.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ВОДООЧИСТКИ НА НОВЫХ СОРБЕНТАХ С МАТРИЦЕЙ ИЗ БАЗАЛЬТОВЫХ МИКРОВОЛОКОН

Проведена оценка эффективности очистки воды от ионов железа и марганца на загрузках «Бентосорб» и «Віrm».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кондратюк Е.В., Комарова Л.Ф., Буравлев В.О. // Вода Magazine. Рынки и тенденции. 2008. - с. 36-38.
2. Пат. № 2345834 Российская Федерация, МПК B01J20/16. Кондратюк Е.В., Комарова Л.Ф., Лебедев И.А., Сомин В.А.; № 2007128249/15, заявл. 23.07.2007; опубл. 10.02.2009.
3. Буравлев В.О., Кондратюк Е.В. // Материалы докладов VI Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых

ученых «Наука и молодежь», АлтГТУ, г. Барнаул, 2009. - с. 52-55.

4. Кондратюк Е.В., Комарова Л.Ф., Панасенко А.В., Буравлев В.О. // Журнал «Вода Magazine», №25(12), 2009. - с. 42-44.

5. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию/ Г.С. Борисова, В.П. Брыков, Ю.И. Дытнерский и др. Под ред. Ю.И. Дытнерского, 2-е изд., перераб. и доп. М.: Химия, 1991. - 496 с.

6. Кондратюк Е.В. // Автореферат диссертации на соискание ученой степени канд. технических наук, - Барнаул. - 2008.- с.19.

7. Буравлев В.О. // Ползуновский альманах №2. 2009. -с.82-83.

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ ОЧИСТКИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ И ЛИВНЕВЫХ СТОЧНЫХ ВОД ОТ НЕФТЕПРОДУКТОВ И ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

А.В. Панасенко, Е.В. Кондратюк, Л.Ф. Комарова

В работе представлены экспериментальные исследования эффективности очистки воды от нефтепродуктов и ПАВ методом напорной флотации, а также рассмотрен способ получения нанокompозитного материала по золь-гель технологии, исследованы его сорбционные и каталитические свойства, оценена эффективность использования полученного материала в сочетании с процессом флотации.

Ключевые слова: ПАВ, флотация, золь-гель технология, волокнистый сорбент

ВВЕДЕНИЕ

Одним из главных источников загрязнения водных ресурсов являются стоки, содержащие нефтепродукты и поверхностно-активные вещества (ПАВ). Большие объемы стоков с ПАВ образуются на предприятиях химической и легкой промышленности, на гальванических линиях, линиях окраски и т.д. Сточные воды предприятий нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности, автотранспортного комплекса, а также ливневой канализации наряду с мощными средствами содержат примеси взвешенных веществ, нефтепродуктов (моторных масел, смазочных и машинных масел).

Накапливаясь в водоемах, ПАВ и нефтепродукты оказывают сильное токсическое действие на флору и фауну, ухудшают органолептические показатели воды, препятствуют процессам самоочищения водных объектов. Даже небольшие количества ПАВ (0,8 - 2 мг/л) вызывают обильное пенообразование, нарушают кислородный обмен в водоемах,

тормозят процессы фотосинтеза, сокращая кормовую базу, и приводят к гибели рыб.

Совершенствование и разработка новых технологий по очистке стоков от данных загрязняющих веществ является важной экологической задачей.

Обезвреживание проливневых вод имеет ряд особенностей. Эти стоки представляют собой смесь истинно растворимых соединений и эмульгированных органических примесей. Устойчивость формируемых эмульсий зависит от множества факторов, таких как кислотность среды, ионная сила раствора, наличия компонентов технических моющих средств и т.д. [1].

Очистить рассматриваемые сточные воды до нормативных требований практически невозможно одним каким-либо методом. Поэтому обычно их очистка осуществляется в несколько ступеней, каждая из которых обеспечивает удаление отдельных компонентов, находящихся в определенном фазово-дисперсном состоянии. Как правило, такие многоступенчатые схемы состоят из несколь-