

ПОРИСТЫЕ ПОРОШКОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ ИЗ НИХ

УДК 621.762

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ФИЛЬТРАЦИИ НА МЕЖРЕГЕНЕРАЦИОННЫЙ ЦИКЛ МНОГОСЛОЙНЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ ПОРОШКОВ НА ОСНОВЕ СИЛИКАТОВ И АЛЮМОСИЛИКАТОВ

С. М. Азаров¹, Т. А. Азарова², Е. Е. Петюшик³, А. А. Дробыш¹

¹Белорусский национальный технический университет, пр-т Независимости, 20, 220072, г. Минск, Беларусь

²Институт общей и неорганической химии, ул. Сурганова, 9, 220072, г. Минск, Беларусь

³ГНПО порошковой металлургии, ул. Платонова, 41, 220005, г. Минск, Беларусь

Поступила 19.09.2017 г.

Предложены методики оценки влияния режимов фильтрации водопроводной воды и оборотной воды систем охлаждения технологического оборудования на межрегенерационный период при использовании силикатных и алюмосиликатных многослойных пористых проницаемых материалов. Выявлен характер изменения фильтроцикла в зависимости от качественного состава веществ, формирующих загрязнения.

Введение. Использование фильтрующих материалов на основе порошков силикатов и алюмосиликатов эффективно для очистки жидкостей и газов и актуально в связи с повышенным уровнем потребления воды и воздуха [1]. В настоящее время отсутствуют методы расчета времени межрегенерационного периода и параметров регенерации, учитывающие динамику изменения фильтрационных режимов.

Целью работы является определение межрегенерационных периодов при различных режимах фильтрации.

Методы эксперимента. Для оценки влияния режимов фильтрации на межрегенерационный период использовали экспериментальные образцы в виде трубчатых фильтроэлементов диаметром 65 мм. Фильтрация производилась «снаружи – внутрь» трубчатого образца, его регенерация – обратным током «изнутри – наружу». Очистку водопроводной воды производили при рабочих давлениях 0,1–0,6 МПа. Регенерацию обратным током осуществляли при условии падения производительности 90 % от начальной. Время регенерации определялось опытным путем и составляло в каждом цикле 25 с.

Результаты экспериментов по регенерации алюмосиликатных пористых материалов представлены на рис. 1. Характеристики фильтроэлементов приведены в табл. 1.

Видно, что при давлении фильтрации 0,1 МПа период фильтроцикла с течением времени монотонно уменьшается. С увеличением рабочего давления от 0,1 до 0,6 МПа уменьшение периода фильтроцикла практически прекращается. Последний вывод является важным для проектирования установок очистки воды.

Для оценки влияния режимов фильтрации на межрегенерационный период при очистке оборотной воды систем охлаждения технологического оборудования использовали режим фильтрации с высотой столба воды над экспериментальным образцом 0,6 м. Исследовали различные варианты регенерации силикатных и алюмосиликатных образцов с применением сжатого воздуха и гипохлорида натрия, который при промывке обратным током воды специальным устройством подавался вместе с потоком сжатого воздуха как аэрозольный туман. Характеристики экспериментальных образцов фильтроэлементов, используемых при очистке оборотной воды, приведены в табл. 2, а результаты испытаний – в табл. 3.

Анализ экспериментальных данных. Как следует из представленных результатов, использование сжатого воздуха в сочетании с обратной промывкой увеличивает межрегенерационный цикл работы фильтроэлементов. Начальная производительность обоих типов фильтроэлементов

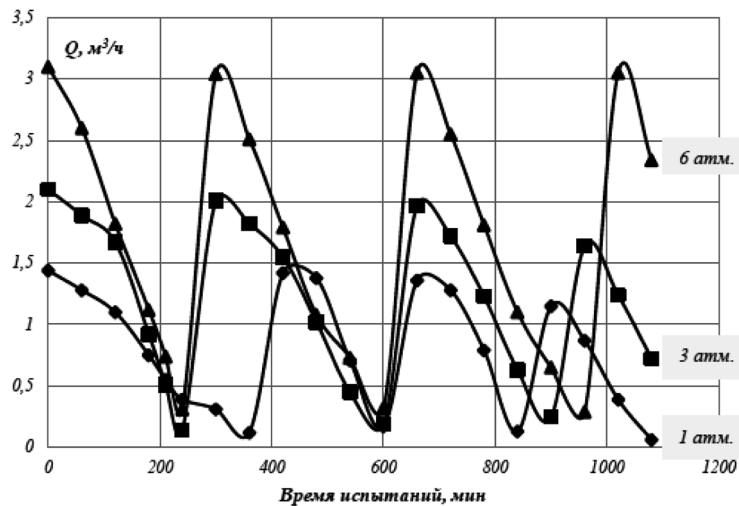


Рис. 1. Изменение производительности пористых материалов на основе алюмосиликатов при очистке воды для различных рабочих давлений и регенерации обратным потоком

Таблица 1. Характеристики образцов для очистки воды на основе алюмосиликатных пористых материалов

Размер порошка, формирующего пористый слой, мкм	$\frac{\text{Диаметр}}{\text{Длина}}$, мм	Начальная производительность *, м ³ /ч	Пористость, %
Основа 200–630; промежуточный слой 50–100; селективный слой 20–40	$\frac{65}{100}$	3	27

* Давление 0,3 МПа.

Таблица 2. Характеристики силикатных и алюмосиликатных фильтроэлементов для очистки оборотной воды в режиме безнапорной фильтрации

Образец	$\frac{\text{Диаметр}}{\text{Длина}}$, мм	Начальная производительность, м ³ /ч (давление 0,006 МПа)	Пористость, %
Фильтрующий элемент	$\frac{65}{500}$	0,9–1,2	26–32

тов составляла 0,9 м³/ч при рабочем давлении 6 КПа и ограничивалась диаметром и конструкцией выходного патрубка. Межрегенерационный цикл образца, изготовленного на основе алюмосиликатов, составлял 3–5 ч с постепенным уменьшением до 1 ч в течение 1200 ч работы. Межрегенерационный цикл силикатного образца составлял 10–15 ч в течение 1300 ч испытаний. После чего наблюдалось уменьшение межрегенерационного цикла. Применение аэрозоля гипохлорида натрия в сочетании со сжатым воздухом принципиально не улучшило качества регенерации.

Зависимости изменения производительности фильтроэлементов, изготовленных на основе алюмосиликатов и силикатов с использова-

нием регенерации обратным током при очистке оборотной воды представлены на рис. 2 и 3.

Материалы на основе силикатов в режиме безнапорной фильтрации обеспечивают в среднем более высокую производительность по сравнению с алюмосиликатными. В тоже время у обоих материалов наблюдается «сжатие» периода фильтроцикла с течением времени. «Сжатие» периода фильтроцикла как при очистке в режиме напорной, так и безнапорной фильтрации определяется не только сложным гранулометрическим составом содержащихся в воде механических примесей, но и качественным составом оборотной воды. На формирование качественного состава оборотной воды оказывают влияние различные диффузные источники загрязнения.

Таблица 3. Результаты испытаний экспериментального модуля с трубчатым фильтроэлементом

Дата отбора проб	Время отбора пробы	Место отбора пробы	Рабочее давление, МПа	Давление обратной промывки, МПа	Производительность, м ³ /ч*	Содержание взвешенных веществ, мг/л
08.11	14 ⁴⁵	вход	0,006			16,0
	14 ⁴⁵	выход	0,006		0,9	8,6
	16 ⁰⁰	выход	0,006		0,78	–
	17 ⁰⁰	выход	0,006		0,54	–
	18 ⁰⁰	выход	0,006		0,42	–
	20 ⁴⁵	выход	0,06		0,12	–
	20 ⁵⁵	выход	0,06		0,06	–
	21 ⁰⁰			0,4	Промывка обратным током воды. Время промывки 2 мин	
	21 ⁰⁰	выход	0,06		0,9	
	23 ⁰⁰	выход	0,06		0,023	
	23 ³⁰	выход		0,4	Промывка обратным током воды + воздух (13,8 л/м ² -с) + аэрозоль гипохлорида натрия. Время промывки 10 мин. Количество воды для промывки 30 л	
	23 ³⁷	выход	0,06		0,9	–
	23 ⁵⁵	выход	0,06		0,77	
09.11.	0 ³⁰	выход	0,06		0,40	
	1 ⁰⁰	выход	0,06		0,036	
	2 ³⁰	выход	0,06		0,015	
	2 ³⁰			0,4	Промывка обратным током воды + воздух (13,8 л/м ² -с) + аэрозоль гипохлорида натрия. Время промывки 10 мин. Количество воды для промывки 30 л	
	2 ³⁰	выход	0,06		0,9	
	3 ⁰⁰	выход	0,06		0,68	
	3 ³⁰	выход	0,06		0,18	
	3 ³⁰				Продувка воздухом. Время продувки 10 с	Расход 13,3 л/м ² -с
	3 ³⁰	выход	0,06		0,9	
	4 ⁰⁰	выход	0,06		0,1	
	4 ⁰⁰				Продувка воздухом. Время продувки 15 с	Расход 13,3 л/м ² -с
	4 ¹⁰	выход	0,06		0,9	
	6 ⁰⁰	выход	0,06		0,056	
					Продувка воздухом. Время продувки 15 с	Расход 13,3 л/м ² -с
	6 ¹⁰	выход	0,06		0,9	
	7 ⁰⁰	выход	0,06		0,042	
					Продувка воздухом. Время продувки 30 с	Расход 13,3 л/м ² -с
	7 ¹⁰	выход	0,06		0,77	
	8 ⁰⁰	выход	0,06		0,083	

* Давление 0,3 МПа.

На рис. 4 представлено изображение отложений на силикатном фильтроэлементе после очистки оборотной воды в режиме безнапорной фильтрации. Основу осадков отфильтрованной оборотной воды составляют железо, а также про-

дукты природного происхождения: силикаты, алюмосиликаты и карбонаты.

Известно, что в природных водах железо может встречаться в следующих видах: в растворенном виде (прозрачная вода); в нерастворенном

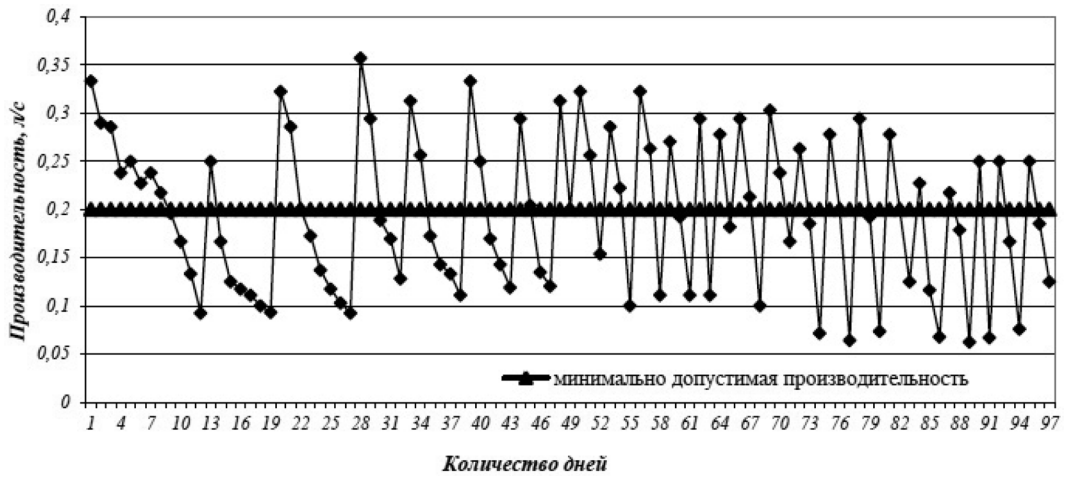


Рис. 2. Изменение производительности фильтроэлементов на основе алюмосиликатных материалов при очистке оборотной воды в режиме безнапорной фильтрации

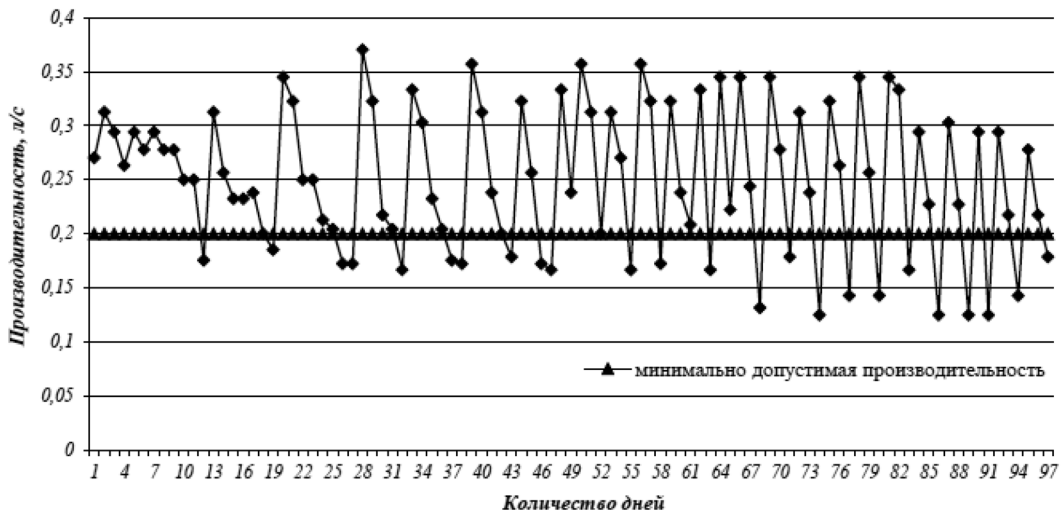


Рис. 3. Изменение производительности фильтроэлементов на основе силикатных материалов при очистке оборотной воды в режиме безнапорной фильтрации

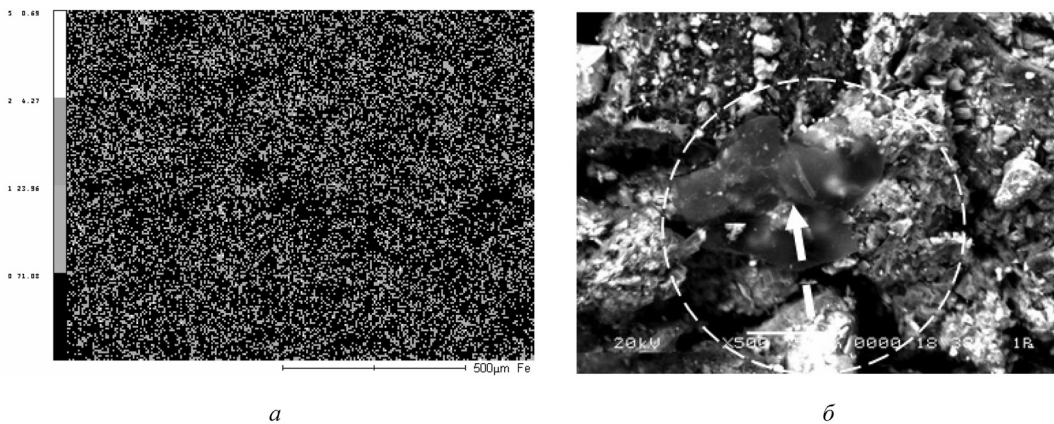


Рис. 4. Изображение в характеристическом рентгеновском излучении распределения железа (а) и структуры отложений на силикатном фильтроэлементе (б) после очистки оборотной воды в режиме безнапорной фильтрации. Стрелкой указана колония железобактерий

виде (вода коричневого оттенка, при стоянии выпадает коричневый осадок), железоорганика (соли железа, гумус и фульвокислоты), железобактерии (на трубах обнаруживается коричневая слизь), коллоидное состояние (вода имеет коричневый оттенок, но при стоянии осадок не образуется). Принимая во внимание характер распределения Fe на изображении в характеристическом рентгеновском излучении (рис. 4), а также вид промывочной воды после длительного отстаивания, можно сказать, что в нашем случае железо присутствует во всех вышеперечисленных формах. Незначительные уровни при-

сутствия меди, цинка и марганца определяются, скорее всего, природными факторами.

Заключение. На основании проведенных исследований можно сделать вывод о том, что характер уменьшения фильтроцикла определяется качественными составом веществ, формирующих загрязнение. Поскольку они характеризуются изменяющимся минералогическим составом, различной морфологией неорганических включений, это в значительной степени усложняет процессы фильтрации и регенерации пористых материалов при очистке оборотной воды [2].

Литература

1. **Пористая** алюмосиликатная керамика / С. М. Азаров [и др.]. – Минск: Ковчег, 2009. – 258 с.
2. **Композиционные** материалы на основе силикатов и алюмосиликатов / С. М. Азаров [и др.]. – Минск: Беларус. навука, 2014. – 175 с.

EFFECT OF FILTRATION MODES ON THE INTER-REGENERATION CYCLE OF MULTILAYER MATERIALS FROM POWDERS BASED ON SILICATES AND ALUMOSILICATES

S. M. Azarov¹, T. A. Azarova², Ya. Ya. Petyushik³, A. A. Drobysh¹

¹Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus

²Institute of General and Organic Chemistry, Minsk, Belarus

³SRPPMA, Minsk, Belarus

Methods for evaluating the effect of filtration modes of tap water and recirculated water of cooling systems of process equipment on the inter-regeneration period have been proposed using silicate and aluminosilicate multilayer porous permeable materials. The nature of the change in the filter cycle has been determined depending on the qualitative composition of the substances forming the contamination.