

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДА ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ХОЗЯЙСТВЕННО-БЫТОВЫХ И СТОЧНЫХ ВОД МОРСКИХ СУДОВ, ПУТЕМ ЭЛЕКТРОУДЕРЖАНИЯ ПРИМЕСЕЙ НА ЗЕРНИСТОЙ ЗАГРУЗКЕ

С.В. Мурашев¹, А.Н. Ким²

¹Санкт-Петербургский государственный морской университет, г. Санкт-Петербург, Россия

²Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, г. Санкт-Петербург, Россия

Рассмотрен способ увеличения эффективности и производительности процесса фильтрации примесей путем их электроудержания на зернистой загрузке. Способ перспективен для обеззараживания хозяйственно-бытовых и сточных вод морских судов. Показано, что использование пьезокристаллической загрузки, на поверхность которой нанесено покрытие из полимерного вещества со значением диэлектрической проницаемости близкой к загрузке, увеличивает электросорбцию микроорганизмов с гранул пьезокерамики с 83,3 % до 86,4 % а десорбцию микроорганизмов с 44,4 % до 72,7 %.

Ключевые слова: обеззараживание, электроудержание, зернистая пьезокерамическая загрузка, электросорбция, десорбция.

IMPROVING THE METHOD OF DISINFECTION OF RESIDENTIAL SEWAGE OF SHIPS, BY THE ELECTRICAL RETENTION OF IMPURITIES ON A GRANULAR MATERIAL

S.V. Murashev¹, A.N. Kim²

¹St. Petersburg State Marine Technical University, Saint-Petersburg, Russia

²St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, Saint-Petersburg, Russia

A method for improving the filtering of impurities by electrically holding them on a granular material is considered. The method is promising for the disinfection sewage of ships. The use of a piezocrystalline material coated with a polymer substance of the same dielectric capacitivity increases the electrosorption of microorganisms from piezoceramic granules from 83.3 % to 86.4 % and the desorption of microorganisms from 44.4 % to 72.7 %.

Key words: disinfection, electrical retention, granular piezoceramic material, electrosorption, desorption.

Развитие судоходства, строительство нового флота, связанное с реализацией шельфовых проектов в Арктике, а также активное освоение человеком территорий островов Северного Ледовитого океана и прилегающих к нему архипелагов, совершенствование Северного морского пути и других приморских территорий страны, безусловно, всё это будет нести дополнительную нагрузку на природную среду. В настоящее время в Российской Федерации эксплуатируется не менее 400 морских судов и 700 судна класса «река-море» с автономностью плавания более 10 суток, что требует обязательное наличие на судах установок для обработки сточных и хозяйственно-бытовых вод, при этом, наиболее востребованная производительность установок находится в пределах от 5 до 100 м³ в сутки.

В соответствии с Международной конвенцией по предотвращению загрязнения с судов (МАРПОЛ 73/78) [1] сброс в море необработанных сточных вод запрещается, кроме того обязательному обеззараживанию подлежат не только сточные, но и хозяйственно-бытовые воды, сбрасываемые с судов.

Наличие систем с обработкой сточных вод и хозяйственно-бытовых вод на судне требует решения проблемы выбора соответствующей технологии и технических средств.

В семидесятых годах было разработано принципиально современное решение очистки воды, которое сформировано на взаимосвязи примесей с поверхностью твердых материалов в

смешанном электрическом поле и микробных клеток [2]. Плюсом метода служило то, что имелась управляемость всем процессом, а в будущем и его автоматизация. Впрочем, данный метод на практике широкого не использовался, например, из-за отсутствия необходимого технологического оборудования и загрузок.

За прошедшее время были разработаны основы процесса электроудержания [3,5] микроорганизмов и примесей и найдены материалы, которые можно применять в качестве электрозагрузки.

Д.М. Минц, М.Н. Ротмистров, И.Д. Смирнов, Г.И. Николадзе, М.Г. Журба [7] занимались изучением механизма удаления частиц из воды с помощью фильтрованием и сорбцией на зернистых загрузках.

В нынешнее время схожие системы представлены чередой экземпляров, имеющих различное исполнение, производительность и назначение. Электросорбционные аппараты выводят из воды бактерии, вирусы и разного рода патогенные микроорганизмы, любые инородные макро- и микрочастицы. Отличительная черта электросорбционных аппаратов от мембранных систем заключается в том, что они обладают производительностью, не снижающейся со временем [4].

Такие системы перспективны для использования на судах, так одним электросорбционным аппаратом можно осуществить глубокую очистку

воды от всех видов микроорганизмов, органических и минеральных частиц, не растворимых в воде нефтепродуктов, поверхностно-активных веществ, самых разнообразных растворимых ионизированных и неионизированных компонентов. Однако представленные аппараты имеют недостаточную производительность.

Сложность усиления эффективности технологии электроудержания, в первую очередь зависит от показателя использования рабочей поверхности загрузки, что составило предмет данного исследования.

При использовании пьезокерамики важную роль в обеспечении эффекта электроудерживания микроорганизмов играет электростатическое взаимодействие примесей с поляризованным полем материала загрузки, перераспределением зарядов, электростатическим диполь-дипольным взаимодействием загрузки и примесей, которые, как известно, обладают в электрическом поле водной среды значительным дипольным моментом. В целях настоящего исследования были использованы сегнетоэлектрические керамические материалы на основе титаната бария ($BaTiO_3$) с большой диэлектрической проницаемостью (ϵ) – от 1250 до 10000. Поляризационный заряд таких материалов превышает соответствующую величину кварцевых, силикагелевых и других наполнителей и определяется уравнением:

$$q = \frac{\epsilon E}{4\pi}$$

где E – напряженность электрического поля, ϵ – диэлектрическая проницаемость материала

Экспериментальные данные, показывающие производительности различных загрузок приведены в табл. 1.

Таблица 1

Эффективность сорбции-десорбции разных электросорбентов при различных pH среды.

Сорбционный материал	Напряжение (В)	pH	Концентрация сорбированных клеток, на загрузке, %	Концентрация десорбированных клеток от исходного объема, %
Пьезокерамика (титанат бария T-10000 с дисперсностью гранул 0,25–0,5 мм)	12	4,9	78,2	33,8
		6,1	82,3	41,1
		7,4	85,4	42,0
		8,0	81,5	43,3
Кварцевый песок (0,3 мм и до 1 мм)	20	5,1	11,9	7,7
		6,3	24,8	13,3
		7,2	31,5	13,6
		8,1	15,4	11,2

Было установлено, что основная часть поверхности гранул пьезокерамики в силу слабого электрического заряда не активно сорбирует

клетки микроорганизмов, а десорбция микроорганизмов с сильно заряженных участков происходит не полностью.

Устранения этого недостатка было предложено путем рассеивания электрического поля высокой концентрации, образующегося в местах соприкосновения гранул пьезокерамики.

Такое рассеяние было выполнено с помощью покрытия, имеющего достаточную гидрофобность и низкую диэлектрическую проницаемость. Таким условиям соответствует сополимер стирол с дивенилбензолом [6]. При близких значениях диэлектрических проницаемостей полимерного покрытия и гранул пьезокерамики обеспечивается равномерное распределение заряда на гранулах, что резко увеличивает их электросорбционную емкость и заметно улучшает процесс десорбции материала при снятии электрического поля (табл. 2).

Таблица 2

Зависимость сорбции – десорбции микробных клеток от покрытия гранул сегнетоэлектрика полимерной пленкой

Гранулы пьезокерамики	Концентрация клеток микроорганизмов в растворе до электросорбции	Концентрация электросорбированных микроорганизмов на гранулах	Концентрация десорбированных микроорганизмов с гранул сегнетоэлектрика после отключения электрического тока
Без покрытия полимерной оболочкой	100 %	83,3 %	44,4 %
с покрытием полимерной оболочкой	100 %	86,4 %	72,7 %

Изучение способа концентрирования микроорганизмов производилась на макете рабочей ячейки (рис. 1), позволяющей моделировать различные условия эксперимента.

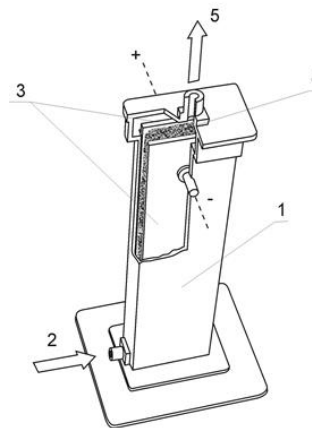


Рис. 1. Макет рабочей ячейки: 1 – корпус, 2 – входной патрубков, 3 – электроды, 4 – загрузка, 5 – выходной патрубков

Исследования проводились на лабораторной базе ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» и ФГБУ «АНИИ» при консультации д.м.н. Воробейчикова В.М.

В результате предложен способ электроочистки и обеззараживания загрязненных жидкостей включающий в себя электросорбцию загрязнений путем пропускания жидкости через сегнетокерамический фильтрующий зернистый материал, помещенный в знакопостоянное электрическое поле, и последующую десорбцию фильтрующего материала. В качестве зернистого материала используют титанат бария с размером зерен 0,1–3,0 мм, обладающий неоднородной поверхностью, с нанесенным на него покрытием из сополимера стирола с дивинилбензолом, имеющим диэлектрическую проницаемость, сравнимую с диэлектрической проницаемостью

фильтрующего материала, при этом во время десорбции фильтрующего материала электрическое поле отключают. Технический результат – увеличение электросорбционной емкости фильтрующего зернистого материала. Способ защищен патентом на изобретение [8].

Вывод

Использование пьезокристаллической загрузки, на поверхность которой нанесено покрытие из полимерного вещества со значением диэлектрической проницаемостей близкой к используемой загрузке улучшает ее восстановительную способность (десорбцию микроорганизмов) примерно на 30 %. Результаты экспериментов, показали, что метод электроудержания может быть использован в качестве перспективного безреагентного способа обеззараживания в судовых системах очистки.

Список литературы

1. Международная Конвенция по предотвращению загрязнения с судов (МАРПОЛ 73/78), ИМО.
2. Гвоздяк П.И., Гребенюк В.Д., Кошечкина Л.П., Чеховская Т.П., Гвоздяк Р.И., Ротмистров М.Н., Щучьева А.В. Способ очистки воды. А.С. №470503. Бюл., – 1975, т.52, №8, с.50.
3. Микробиология очистки воды. Ротмистров М.Н., Гвоздяк П.И., Ставская С.К. К.:«Наукова думка», – 1978. – 268 с.
4. Многофункциональные фильтры для очистки воды. Электронный ресурс URL <http://www.elecotec.com>. Дата обращения 19 мая 2020.
5. Чеховская Т.П. Электроудерживание микроорганизмов в очистке воды: Дис. ... канд. технические науки: Институт коллоидной химии и химии воды им. А.В. Думанского. – Киев. – 1983. – 183 с.
6. Шорыгина Н.В. Стирол, его полимеры и сополимеры Москва-Ленинград. – Госхимиздат. – 1960. – 124 с.
7. Лебедев И.А. Разработка технологий фильтровально-сорбционной очистки воды от нефтепродуктов, взвешенных веществ и ионов железа с применением минеральных базальтовых волокон: Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук, 2007. – 20 с.
8. Пат. 2603372 Российская Федерация МПК C02F1/46, B03C5/00 Способ электроочистки и обеззараживания загрязненных жидкостей, [Текст] / Мурашев С.В., Степанов В.В.; заявитель и патентообладатель Мурашев С.В., – №2014150677; заявл. 15.12.2014; опубл. 27.11.16, Бюл. № 22. – 9 с.

© С.В. Мурашев, А.Н. Ким

Ссылка для цитирования:

С.В. Мурашев, А.Н. Ким. Совершенствование метода обеззараживания хозяйственно-бытовых и сточных вод морских судов, путем электроудержания примесей на зернистой загрузке // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2020. № 4 (34). С. 103–105.