Захаров Дмитрий Евгеньевич. Очистка сточных вод от ионов тяжелых металлов сорбентом из отходов древесины и хитозана;[Место защиты: ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет»], 2023

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

«Ивановский государственный химико-технологический университет»

На правах рукописи

Захаров Дмитрий Евгеньевич

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ОТ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

СОРБЕНТОМ ИЗ ОТХОДОВ ДРЕВЕСИНЫ И ХИТОЗАНА

1.5.15. Экология

Диссертация на соискание ученой степени кандидата

технических наук

Научный руководитель:

доктор технических наук, профессор

Натареев Сергей Валентинович

Иваново - 2023

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 5

Глава 1 ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА МЕТОДА ИОННОГО ОБМЕНА ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ ОТ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И ЕГО ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ 11

1.1 Анализ современных методов очистки сточных вод от ионов

тяжелых металлов 11

1.2 Регенерация сорбентов на основе целлюлозосодержащих

материлов 15

1.3 Современные конструкции ионообменных аппаратов с плотным

слоем ионита 18

1.4 Применение метода математического моделирования для

расчета периодических процессов ионного обмена 24

Глава 2 ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ КОМПОЗИЦИОННОГО

ДРЕВЕСНО-ХИТОЗАНОВОГО КАТИОНИТА 29

2.1 Используемые материалы и реактивы в экспериментальных

исследованиях 29

2.2 Методы и методики исследования адсорбента 30

2.2.1 Методика определения механической прочности адсорбента 30

2.2.2 Определение массовой доли влаги в адсорбенте 33

2.2.3 Определение удельной поверхности адсорбента методом

низкотемпературной адсорбции азота 32

2.2.4 Методика исследования поверхности адсорбента на

электронном микроскопе 32

2.2.5 ИК-Фурье спектроскопия 33

2.2.6 Методы анализа растворов 33

2.2.7 Методика изучения равновесия ионного обмена 34

2.2.8 Методика изучения кинетики ионного обмена 35

2.2.9 Методика исследования динамики ионного обмена 36

2.2.10 Статистическая обработка результатов исследований 38

2.3 Обсуждение результатов экспериментов 39

2.3.1 Механическая прочность и структура адсорбента 39

2.3.2 Сорбционно-регенерационные свойства и степень

44

опасности адсорбента

Глава 3 ПРОЦЕССЫ ИОНООБМЕННОЙ СОРБЦИИ И

ДЕСОРБЦИИ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В

ЕМКОСТНОМ АППАРАТЕ ПРОТОЧНОГО ТИПА 56

3.1 Описание принципа работы лабораторной ионообменной

установки и методик проведения эксперимента

3.2 Обсуждение полученных результатов 57

3.3 Разработка методики расчета емкостного аппарата проточного

типа 64

3.4 Сравнение экспериментальных и расчетных данных 77

Глава 4 ПРОЦЕССЫ ИОНООБМЕННОЙ СОРБЦИИ И

ДЕСОРБЦИИ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В

АППАРАТЕ С НЕПОДВИЖНЫМ КОЛЬЦЕВЫМ СЛОЕМ ИОНИТА 86

4.1 Описание принципа работы лабораторной ионообменной

установки и методик проведения эксперимента 86

4.2 Обсуждение полученных результатов 88

4.3 Разработка методики расчета кольцевого адсорбера 94

4.4 Сравнение экспериментальных и расчетных данных 102

Глава 5 ПОЛУЧЕНИЕ КОМПОЗИЦИОННОГО СОРБЕНТА И

ПРИМЕНЕНИЕ ЕГО НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ 108

5.1 Схема производства композиционного сорбента на основе

древесных опилок и хитозана 108

5.2 Очистка сточных вод гальванических производств 109

5.3 Очистка природной воды в производстве строительных

композитных панелей 114

5.4 Выбор способа утилизации отработанных материалов после

очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов 121

5.5 Расчет предотвращенного экологического ущерба водным

объектам в связи с уменьшением сброса промышленными предприятиями сточных вод 124

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 127

СПИСОК УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ И СОКРАЩЕНИЙ 129

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 130

ПРИЛОЖЕНИЯ 146

Приложение А Данные ионообменной сорбции на катионитах 146

Приложение Б Акт о проведении испытаний ионообменных

материалов 148

Приложение В Акт о проведении испытаний сорбционно¬ионообменных материалов 150

Приложение Г Акт испытаний ионообменных аппаратов 152

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

1. Получен новый гранулированный композиционный катионит из дре­весных опилок и хитозана для очистки воды от ИТМ и изучены его механи­ческие свойства и структура. Установлено, что при мольном соотношении древесные опилки:хитозан, равном 1:0,4, истираемость сорбента равна 0,1 %. Сорбент имеет макропористую структуру и содержит карбоксильные, фе­нольные гидроксильные группы и аминогруппы.
2. При исследовании сорбционно-регенерационных свойств КДХК уста­новлено, что равновесие ионообменной сорбции ионов Си2+ и Zn2+ удовле­творительно описывается уравнением изотермы адсорбции Ленгмюра, а де­сорбции этих ионов раствором гидроксида натрия - уравнением изотермы Г енри. Определена ионообменная емкость сорбента в статических и динами­ческих условиях, которая после 5 циклов сорбция-десорбция снижается не более чем на 24 %, что связано с частичной деструкцией целлюлозы, умень­шением количества функциональных групп и уплотнением структуры адсор­бента.
3. Проведен анализ выходные кривые ионообменной сорбции и десорб­ции ионов меди и цинка на КДХК в емкостном аппарате проточного типа с мешалкой и аппарате с неподвижным кольцевым слоем адсорбента, на осно­вании которого сделан вывод о существенном влиянии на скорость процес­сов концентрации и расхода раствора, подаваемого на очистку. Результаты исследований подтвердили адекватность разработанных математических мо­делей ионного обмена реальному процессу.
4. Для обеспечения эффективной очистки сточных вод гальванических производств от ИТМ и умягчения воды до нормативных показателей разра­ботаны новые конструкции кольцевого адсорбера и фильтра смешанного действия, а также методики расчета данных аппаратов, позволяющие опреде­лить основные их габаритные размеры и параметры работы.
5. Разработана принципиальная технологическая схема получения сор­бента на основе древесных опилок и хитозана для очистки сточных вод от ИТМ и выбран способ утилизации отработанного сорбента путем его сжига­ния в печи с пульсирующим горением.
6. Предложена технологическая схема очистки сточных вод гальваниче­ских производств с применением полученного сорбента и разработанной конструкции кольцевого адсорбера, позволяющая возвратить не менее 70 % очищенной воды и извлеченных из неё ценных компонентов обратно в про­изводство.
7. Разработана схема ионообменной установки для умягчения природ­ной воды в фильтрах смешанного действия с загрузкой сорбентами из цел­люлозосодержащих материалов, позволяющая получить очищенную воду, удовлетворяющую требованиям для производства строительных композит­ных панелей.
8. Выполнен расчет экономического эффекта от снижения экологическо­го ущерба в связи с уменьшением сброса гальваническими производствами АО ИПЗ «Полет», г. Иваново и ООО ИМЗ «Автокран», г. Иваново сточных вод, который составляет 486695 тыс. руб. в год.

**Рекомендации, перспективы дальнейшей разработки темы исследования**

Результаты исследований позволяют рекомендовать полученный сор­бент и разработанные ионообменные аппараты для очистки медь- и цинкосо­держащих промышленных сточных вод предприятий химической, машино­строительной, электротехнической и других отраслей промышленности. Планируется проведение исследований по очистке воды от ионов никеля, хрома, кадмия, железа с помощью полученного сорбента для создания замк­нутых систем водного хозяйства промышленных предприятий.