

УДК 547.66.502

**ОЧИСТКА ФЕНОЛ СОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД
МОДИФИЦИРОВАННЫМИ АДСОРБЦИОННЫМИ МАТЕРИАЛАМИ НА
ОСНОВЕ ОТХОДОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО И КОВРОВОГО
ПРОИЗВОДСТВА**

Доц., к.х.н. Ибадова Севиндж Ядулла кызы

Диссертант Халиса Ибрагимова Орхановна

Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности

xalise.ibrahimova22@gmail.com ; sevinc2206@mail.ru

Аннотация: Целью работы является исследование сорбционных свойств отходов коврового производства, таких как угар и кноп, в их адсорбционной и модифицированной формах, по отношению к фенолу, а также оценка эффективности их применения в качестве сорбентов при очистке сточных вод. Особое внимание уделяется химической модификации сорбционных материалов с использованием растворов серной кислоты для повышения их сорбционной способности, а также построению изотерм сорбции и математическому описанию процессов адсорбции с использованием различных моделей.

Ключевые слова: отходы переработки ковров, фенол, сорбция, изотермы сорбции, уравнения сорбции.

Açar sözlər: xalça emalı tullantıları, fenol, sorbsiya, sorbsiya izotermaları, sorbsiya tənlikləri.

Keywords: carpet production waste, phenol, sorption, sorption isotherms, sorption equations.

Введение

Нарастающие объемы промышленного производства приводят к образованию значительных количеств сточных вод, содержащих токсичные загрязнители, включая фенол. Фенол, будучи одним из массовых продуктов органического синтеза, широко используется в различных отраслях промышленности и служит полупродуктом для синтеза многих химических веществ. Глобальное производство фенола исчисляется миллионами тонн, однако его высокая токсичность является сдерживающим фактором для дальнейшего наращивания объемов производства. Попадание фенола в сточные воды оказывает разрушительное влияние на биологические процессы очистки, что приводит к отравлению и гибели микроорганизмов, участвующих в биологической очистке. В связи с этим особую актуальность приобретает разработка эффективных методов очистки фенол содержащих сточных вод, одним из которых является использование модифицированных адсорбентов на основе отходов сельскохозяйственного и коврового производства.

Одним из источников фенол содержащих сточных вод являются химические предприятия, в частности, производители фенолформальдегидных смол. При производстве одной тонны такой смолы образуется около 0,7 тонны «над смольной воды», содержащей от 1,5 до 12,4% фенола и от 0,33 до 4,3% формальдегида. Эти компоненты высоко токсичны и могут вызывать негативные экологические последствия при попадании в водные экосистемы.

В связи с выше изложенным, возникает необходимость локальной очистки сточных вод от фенола и его производных. Одним из наиболее эффективных методов для этого является сорбция, наряду с озонированием, химическим окислением и другими технологиями. Сорбционные методы получили широкое применение на промышленных предприятиях благодаря их высокой эффективности в водоочистке. Традиционно для этих целей используется активированный уголь, обладающий отличными адсорбционными свойствами, однако его высокая стоимость стимулирует поиск более доступных и эффективных альтернатив. В качестве таких альтернатив могут выступать сорбционные материалы на основе отходов промышленного и сельскохозяйственного производства, включая кератин содержащие отходы переработки шерсти. Ранее было показано, что данные материалы эффективно удаляют из водных сред ионы тяжелых металлов, нефть и её производные, а также красители. Использование отходов коврового и сельскохозяйственного производства в качестве сорбентов обладает рядом преимуществ, таких как низкая стоимость, доступность, высокая сорбционная способность и простота утилизации использованных материалов.

Одним из наиболее эффективных способов повышения сорбционных свойств материалов, в том числе на основе кератин содержащих отходов, является химическая модификация их поверхности с помощью реагентов. В рамках данного исследования были изучены сорбционные свойства отходов сельскохозяйственного и коврового производства, как в их нативной, так и в модифицированной формах, по отношению к фенолу. В качестве исследуемых материалов использовались отходы коврового производства, такие как «угар» и «кноп». Угар представляет собой отход, образующийся при очистке шерсти от растительных остатков, тогда как кноп – это отход, возникающий в процессе обработки ковровых изделий. Угар содержит более длинные шерстяные волокна, чем кноп, и состоит на 54 % из шерсти и на 46 % из растительных остатков.

На первом этапе исследования получены модифицированные кнопки и угар. Модификацию поверхности осуществляли 5 %-ным раствором серной кислоты при нормальных условиях. Кинетика сорбции фенола угаром и кнопом изучалась в режиме статической адсорбции на модельных системах – водных растворах фенола ($C_0 = 0 - 1000$ мг/дм³) при дозировки сорбционного материала 10 г/дм³. Методика проведения эксперимента, а также определения начальной и равновесной концентрации фенола представлены в работе.

Фенол и его производные являются одними из приоритетных загрязнителей из-за их высокой токсичности и способности накапливаться в окружающей среде. Эти вещества попадают в водные экосистемы через промышленные стоки, связанные с переработкой угля, производством бензина, пластмасс, эластомеров, дезинфицирующих средств, а также в процессе фармацевтического и сталелитейного производства. Очистка сточных вод от фенольных соединений может осуществляться различными методами: химическим окислением, электрохимическими процессами, сорбцией, биологической очисткой, экстракцией и другими способами.

Существует множество методов очистки сточных вод от фенола, однако на практике чаще всего используется адсорбционный метод с применением активированного угля. Этот метод считается наиболее эффективным и подходит для различных начальных концентраций загрязнителя. Тем не менее, его недостатками являются высокая стоимость регенерации угля и образование сажи. В последние годы

активно развивается инновационное направление — использование отходов сельскохозяйственного и промышленного производства в качестве реагентов для очистки сточных и природных вод от загрязняющих веществ, включая фенол. Одним из наиболее эффективных способов повышения сорбционной способности таких материалов является химическая модификация их поверхности с использованием кислот и щелочей.

Изучена сорбция фенола с использованием ионообменных материалов из модельных растворов и сточных вод в статических и динамических условиях. Рассчитаны константы скорости, энергия активации и коэффициенты диффузии процесса сорбции. Определены ключевые технологические параметры очистки сточных вод от фенола.

Для обработки фенол содержащих сточных вод предложены различные методы, такие как химический, термический и биохимический, однако ни один из них не получил широкого применения из-за потери ценных веществ. Разработан способ очистки, заключающийся в адсорбции фенола на твердофазных сорбентах, таких как древесные опилки, с последующей утилизацией смоло образующих компонентов. Этот метод обеспечивает высокую степень очистки (до 99,3%) и позволяет перерабатывать отходы в древесно-полимерные композиционные материалы.

С целью снижения остаточного содержания фенола до нормативных значений, конденсатные воды подвергались сорбционной очистке с использованием органических ионообменных материалов. Сорбция фенола эффективно происходит при высоких его концентрациях, но для низких концентраций данный процесс практически не изучен, что потребовало исследования различных ионообменных материалов.

Сорбцию проводили из модельных водных растворов и конденсатных вод на ионитах с высокой сорбционной активностью. Кинетика сорбции изучалась при различных температурах, и рассчитывались параметры, такие как порядок реакции и константы скорости. Сорбция также проводилась в динамических условиях с использованием колонок.

В последние годы активно исследуются различные сорбенты, включая углеродные, полученные из недорогих и доступных отходов, что позволяет снизить затраты на очистку и количество отходов. В данной работе разработаны углеродные адсорбенты из отходов ковровых покрытий, активированные с использованием КОН при различных температурах. Полученные материалы были охарактеризованы и протестированы на адсорбцию CO_2 , показывая, что условия активации существенно влияют на их сорбционные свойства. Адсорбент, полученный из бывших в употреблении ковровых отходов, продемонстрировал максимальную способность улавливать CO_2 , что подтверждает эффективность разработки экологически чистых технологий для очистки сточных вод и утилизации отходов.

Одним из наиболее эффективных способов повышения сорбционной активности материалов является химическая модификация их поверхности с использованием кислот и щелочей. В рамках данного исследования в условиях одноступенчатой статической адсорбции на модельных водных растворах фенола при дозировке сорбционного материала и температуре 25 °C была изучена кинетика сорбции фенола на отходах валяльно-войлочного производства (угаре) и модифицированном угаре. Химическую модификацию проводили с использованием 5%-ного раствора серной кислоты в течение 24 часов.

Перемешивание раствора сорбата с сорбционным материалом осуществлялось в плоскодонных сосудах с помощью магнитной мешалки на протяжении 5 часов. Начальная и равновесная концентрации фенола определялись броматометрическим титрованием, основанным на бромировании с использованием бромидно-броматной смеси, получении йода при взаимодействии йодида калия с бромом и титровании йода тиосульфатом натрия с крахмалом в качестве индикатора. Погрешность измерений составила 10-5 ммоль/дм³, что является допустимым для данного метода. На основе полученных экспериментальных данных была рассчитана сорбционная ёмкость по фенолу.

На основе полученных экспериментальных данных, рассчитана сорбционная ёмкость по фенолу (Φ) по формуле:

$$\Phi = \frac{C_0 - C_1}{V \cdot m}$$

где Φ – сорбционная ёмкость по фенолу (ммоль /г), C₀ - начальная концентрация фенола (ммоль/дм³), C₁ - концентрация фенола после сорбции (ммоль/дм³), V - объем раствора (дм³), m - масса сорбционного материала (г).

Для оценки сорбционной ёмкости модифицированного и нативного угара в отношении фенола были построены изотермы сорбции, что позволило более глубоко понять механизмы взаимодействия сорбента с поллютантом. Исследование проводилось в различных диапазонах концентраций фенола, что дало возможность установить оптимальные условия для максимальной эффективности сорбции.

Кроме того, анализ полученных данных позволил рассчитать основные кинетические параметры процесса, такие как константы скорости и порядок реакции. Эти параметры необходимы для оценки динамики сорбционного процесса и его масштабируемости на промышленные уровни.

В результате проведенных экспериментов было установлено, что модифицированный угар демонстрирует значительно более высокую сорбционную ёмкость по сравнению с нативным образцом. Это подчеркивает важность химической модификации для повышения эффективности сорбционных материалов на основе отходов коврового производства.

Таким образом, результаты исследования подтверждают целесообразность использования органических кератин содержащих отходов в качестве эффективных сорбционных материалов для очистки сточных вод от фенола, что открывает новые перспективы для экологически безопасных технологий обработки промышленных сточных вод.

Литература

1. Шайхиев И.Г. Шерсть и отходы от ее переработки в качестве реагентов для очистки сточных вод от поллютантов // Все материалы. Энциклопедический справочник. 2008.
2. Е.Ю. Беляев, Химия растительного сырья, 2, 5–15 (2000).
3. V.K. Gupta, P.J.M. Carrott, M.M.L. Ribeiro Carrott, Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 39, 10, 783-842 (2009).
4. Ali, M. Asim, T.A. Khan, Journal of Environmental Management, 113, 170–183 (2012).
5. Фасхутдинова З.Т., Шайхиев И.Г., Абдуллин И.Ш. Повышение эффективности метода очистки маслосодержащих сточных вод модифицированными отходами коврового производства // Вестник Казанского технологического университета. 2014.

FENOL TƏRKİBLİ TULLANTI SULARININ KƏND TƏSƏRRÜFATI VƏ XALÇA İSTEHSALI TULLANTILARI ƏSASLI MODİFİKASIYA OLUNMUŞ SORBSİYON MATERIALLARLA TƏMİZLƏNMƏSİ

İbadova Sevinc Yadulla qızı, İbrahimova Xalisə Orxan qızı
Xülasə

Məqalədə fenolun xalça istehsalı tullantılarından hazırlanmış modifikasiya olunmuş sorbsiyon materiallarla təmizlənməsi metodları müzakirə edilir. Əsas diqqət, sulfur turşusu ilə uqara kimyəvi modifikasiyasına yönəldilir ki, bu da onun sorbsiyon tutumunu artırır. Fenolun statik şəraitdə sorbsiyasının kinetikasi öyrənilir, fenolun başlanğıc və tarazlıq konsentrasiyaları müəyyən edilir, eləcə də prosesin kinetik parametrləri hesablanır. Nəticələr göstərir ki, modifikasiya olunmuş uqara fenolu effektiv şəkildə adsorbsiya edir, bu da onun tullantı sularının təmizlənməsi üçün tətbiq imkanlarını açır.

PURIFICATION OF PHENOL-CONTAINING WASTEWATER USING MODIFIED ADSORPTION MATERIALS BASED ON AGRICULTURAL AND CARPET PRODUCTION WASTE

Ibadova Sevinj Yadulla, Khalisa Ibrahimova Orkhan
Summary

The article discusses methods for purifying wastewater from phenol using modified sorption materials based on carpet production waste. The main focus is on the chemical modification of char using sulfuric acid to enhance its sorption capacity. The kinetics of phenol sorption in static conditions are studied, initial and equilibrium concentrations of phenol are determined, and kinetic parameters of the process are calculated. The results show that modified char effectively adsorbs phenol, opening up possibilities for its application in wastewater treatment.

Rəyçi: Məmmədova Rəna İsgəndər qızı
Neft Kimya texnologiyası və sənaye ekologiyası kafedrasının 04 dekabr 2024-cü il tarixli iclasın 04 sayılı protokolu
Daxil olma tarixi 06 dekabr 2024-cü il