

раствора на реакторной системе СВЧ-ультразвуковой-ультрафиолетовый синтез. Установлен наибольший флокулирующий эффект для полисахаридов, полученных с помощью микроволновой и химической модификации в сравнении с исходным раствором цитрусового пектина. Наибольшую флокулирующую активность проявили образцы модифицированного пектина, адсорбировавшегося на поверхности частиц бентонитовой глины в маслonaполненной системе. Значительный рост размеров агрегатов при концентрациях добавок  $6 \cdot 10^{-4}$  кг/м<sup>3</sup> и  $12,4 \cdot 10^{-4}$  кг/м<sup>3</sup> связан с последовательным введением полимерных добавок и образованием вторичных флокул (суперфлокул), превосходящих по своим размерам первичные и оседающих с большей скоростью. При сравнении способа модификации, более действенным является метод химической модификации. Сопоставительный анализ

спектров исходного пектина и модифицированного образца свидетельствует об их отличиях. В ИК-спектре отчетливо проявляются валентные колебания O–H- и/или N–H-связей, связанных водородными связями, в виде полосы с максимумом при  $3404 \text{ см}^{-1}$ . Исчезает пик в области валентных колебаний карбоксильной группы ( $1746 \text{ см}^{-1}$ ).

По данным хроматографического анализа обнаружено значительное снижение суммарного содержания фурановых соединений. Отмечено, что флокуляционная очистка при использовании в качестве адсорбента диоксида кремния в сравнении с бентонитовой глиной наиболее эффективно осветляет отработанное трансформаторное масло.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ (№ 18-03-00099).

## СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА СКОРЛУПЫ КЕДРОВОГО ОРЕХА ПО ОЧИСТКЕ ВОДЫ ОТ ИОНОВ МЕДИ

Р.Е. Кожамкулов, В.Е. Тарасов  
 Научный руководитель – к.т.н., доцент О.В. Ротарь

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, tarasovv111@gmail.com*

Сточные воды предприятий химической, и металлургической промышленности являются основными источниками загрязнения природных вод медью, также ее загрязняют альдегидные реагенты, которые применяются для уничтожения водорослей и шахтные воды. Медь может образовываться, из-за коррозии медных трубопроводов и разного рода систем водоснабжения.

На сегодняшний день в мире существуют физические, химические и биологические способы очистки воды, но благодаря оптимальному соотношению экономических затрат и эффективности большое распространение получил метод сорбции. Современные промышленные сорбенты отличаются высокой эффективностью, а также дороговизной. Для снижения затрат предприятия могут заменить классические сорбенты природными.

Целью работы является оценка сорбционной способности скорлупы кедрового ореха, его пригодность для очистки сточных вод от ионов меди.

Известны химические, физико-химические,

физические и биологические методы очистки природной, питьевой и сточной вод.

Для очистки воды биологическим методом используются микроорганизмы, которые поедают тяжелые токсичные металлы, уничтожают их, и тем самым очищают воду. Данный метод является очень дорогостоящим.

Сорбция является предпочтительным способом снижения концентрации ионов тяжелых металлов в промышленных стоках, благодаря своей низкой затратности. Особое внимание стоит уделить сорбентам из отходов растительного происхождения.

Для природных сорбентов характерна пористая структура, которая состоит полостных образований в веществе сорбента в виде каналов

**Таблица 1.** Состав скорлупы кедрового ореха

Скорлупа кедрового ореха	Содержание в %
Целлюлоза	39
Гемицеллюлоза	8
Пентозаны	23
Лигнин	23,8

**Таблица 1.** Сорбция ионов меди различными сорбентами

Маркер	Сорбент	Начальная концентрация, мг/мл	Остаточная концентрация в растворе, мг/мл	Процент поглощения
Ионы меди	Опилки сосновые	2	0,6635	66,83
	Торф		0,7639	61,81
	Мох		0,6931	65,35
	Скорлупа		0,2621	86,90

– пор. При этом поры делятся на макропоры – полости эффективным радиусом свыше 200 нм, мезопоры – размером 100 – 1,6 нм, и микропоры – образования менее 1,6 нм. Соответственно молекулы небольшого размера хорошо адсорбируются микропорами, а более крупные органические молекулы мезопорами, и макропорами.

Экспериментальным путем была установлена сорбционная способность скорлупы кедрового ореха к ионам меди (II), эффективность процесса оценивалась при помощи Уф-спектроскопии.

Для этого были приготовлены модельные растворы, содержащие ионы  $\text{Cu}^{2+}$  (сульфат меди) с точно заданными концентрациями. Далее был построен калибровочный график, по которому позже рассчитывалась остаточная концентрация

ионов меди в растворе и концентрация меди в сорбенте

Для водных растворов солей меди (II) характерна голубая окраска, вследствие образования комплексов. Но для проведения фотометрического анализа интенсивность окраски таких растворов недостаточна. Поэтому для увеличения интенсивности окраски проводилась фотометрическая реакция. Реакция основана на получении интенсивно окрашенного комплексного соединения – аммиаката меди (II). Максимум светопоглощения этого соединения соответствует длине волны  $\lambda = 610$  нм.

Таким образом, отходы лесопромышленного комплекса могут быть использованы в качестве сорбентов для очистки воды от ионов меди.

## ПЕРЕРАБОТКА КИСЛЫХ СТОЧНЫХ ВОД МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ ЭЛЕКТРОМЕМБРАННЫМ СПОСОБОМ

А.Н. Коржов, С.А. Лоза, К.С. Дмитриева, И.Д. Бондаренко  
Научный руководитель – д.х.н., профессор В.И. Заболоцкий

*Кубанский государственный университет  
350040, Россия, г. Краснодар, ул. Ставропольская 149, shtrih\_ooo@mail.ru*

Накопление техногенных отходов металлургических предприятий (в частности – большие объёмы сильноминерализованных сточных вод, содержащие кислоты, тяжёлые металлы и другие токсичные компоненты), в настоящее время актуальные экологические и экономические проблемы. Такие токсичные сточные воды оказывают негативное влияние на окружающую среду и человека.

Сложность переработки большого количества (на тонну товарного продукта приходится более 100 м<sup>3</sup> сильноминерализованных сточных вод) сточных вод металлургических предприятий (например, при производстве кобальта, никеля, ванадия, хрома и других металлов) в первую очередь связана с ежегодным увеличе-

нием объёмов. Существуют различные методы и способы утилизации, очистки и переработки промышленных сточных вод [1–2]. Актуальными решениями проблемы переработки сточных вод металлургических производств являются электрохимические технологии (биполярный электродиализ) [3].

Цель настоящей работы – исследование переработки кислых сточных вод электромембранным методом. Объектом исследования был выбран раствор с  $\text{pH} = 1,15$ , моделирующий стоки ванадиевого производства (содержащий ионы тяжёлых металлов и концентрацией сульфатов 20–25 г/л). Исследования проводили на экспериментальной гибридной электромембранной установке ЭДС с трёхкамерной элементарной