

лодых ученых «Перспективы развития фундаментальных наук». Томск, 2021. С. 220-222.

Научная статья  
УДК 630\*8

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СПОСОБА МОДИФИКАЦИИ НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СОРБЕНТОВ НА ОСНОВЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОТХОДОВ

Мария Евгеньевна Сафонова<sup>1</sup>, Инна Геннадьевна Первова<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

<sup>1</sup>safonovame@m.usfeu.ru

<sup>2</sup>pervovaig@m.usfeu.ru

**Аннотация.** Исследовано влияние термической и химической модификации на физико-химические характеристики сорбционных материалов, полученных на основе скорлупы кедрового ореха. Показана возможность получения сорбентов с настраиваемыми величиной удельной поверхности и количеством функциональных групп.

**Ключевые слова:** скорлупа кедрового ореха, сорбент, термическая и химическая модификации

**Благодарности:** работа выполнена в рамках исполнения госбюджетной темы FEUG-2020-0013 «Экологические аспекты рационального природопользования»

Scientific article

## RESEARCH OF THE EFFECT OF MODIFICATION METHOD ON PHYSICO-CHEMICAL CHARACTERISTICS OF SORBENTS BASED ON PLANT WASTES

Maria E. Safonova<sup>1</sup>, Inna G. Pervova<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

<sup>1</sup>safonovame@m.usfeu.ru

<sup>2</sup>pervovaig@m.usfeu.ru

**Abstract.** The influence of thermal and chemical modification on the physico-chemical characteristics of sorption materials based on the pine nut hulls is investigated. The possibility to produce sorbents with adjustable value specific surface area and the quantity of functional groups is shown.

**Keywords:** pine nut hull, sorbent, thermal and chemical modification

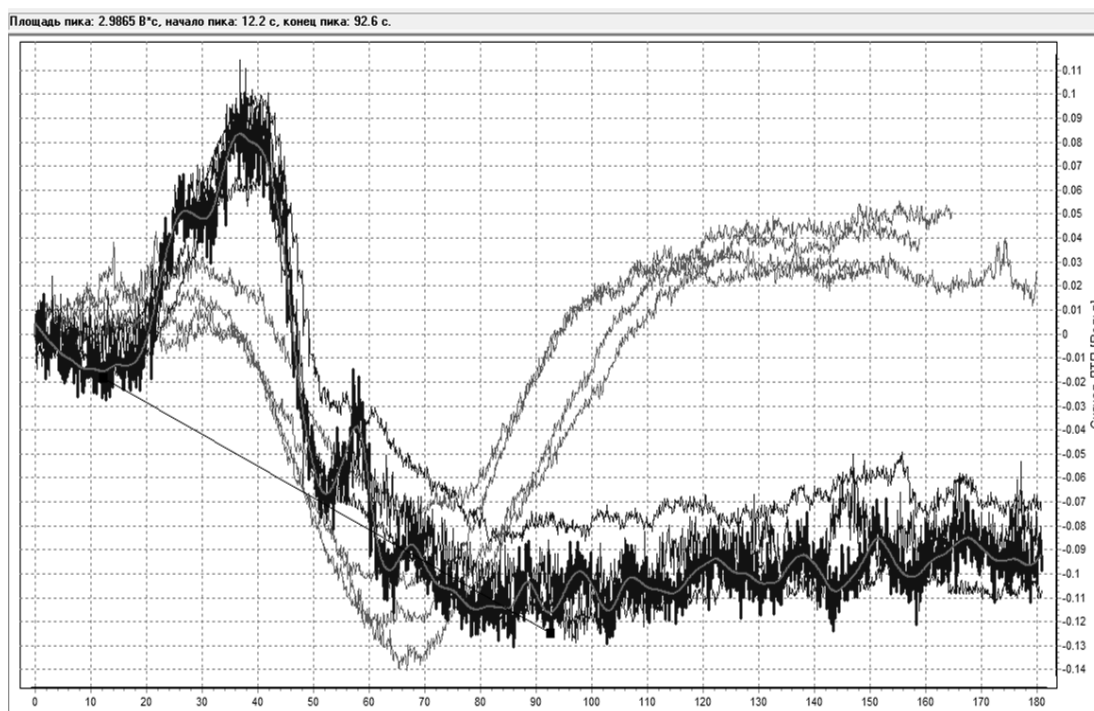
**Acknowledgment:** the work was carried out within the framework of the implementation of the state budgetary theme FEUG-2020-0013

Растительные отходы, такие как скорлупа кедрового, грецкого ореха, арахиса или фундука, рассматриваются в настоящее время в качестве перспективных источников получения различных материалов. Возможность их использования в качестве сорбентов обусловлена в значительной степени наличием в их составе лигнина, который в результате пиролиза-активации позволит получать углеродные материалы с регулируемым объемом пор и требуемыми поверхностными функциональными группами.

Задачей проводимых нами исследований явилось получение и изучение физико-химических характеристик экологически безопасного и доступного сорбционного материала на основе модифицированной различными способами скорлупы кедрового ореха (СКО). Известно [1], что химический состав скорлупы кедрового ореха составляют, %: клетчатка – 69; целлюлоза – 38,6; лигнины – 23,8; жиры и смолы – до 3,4. По количеству активных функциональных групп исходной СКО максимально приближены к скорлупе грецкого ореха, мг-экв/г: карбоксильные группы – 5, гидроксильные – 3,66, фенольные группы – 1,34.

Из физических методов модифицирования были использованы механикоактивация и воздействие высоких температур (термическая модификация). Поскольку размер частиц влияет на скорость протекания сорбционных процессов на первом этапе, активацию скорлупы кедровых орехов механическим методом проводили с применением мельницы марки High Multifunctional Grinder SE в течение 1...2 минут. После фракционирования с помощью ситового метода анализа были получены две фракции 0,1...0,5 и 0,5...0,75 мм для дальнейшего определения удельной поверхности и функциональных групп.

На втором этапе была осуществлена термическая модификация полученных фракций СКО, так как данная обработка позволяет улучшить параметры пористой структуры и получить мезо-макропористый сорбент. Аналогично [2], при оптимальной температуре 300 °С и выдержке в течение 30 минут максимальный выход после пиролиза-активации (обжига) составил 49,2 % от исходной навески. Для определения удельной поверхности использовали метод БЭТ с применением анализатора удельной поверхности и пористости динамического типа «Sorbi», то есть измерение проводилось в токе инертного газа. Выявлено, что данный метод (рисунок) может быть применим для фракции 0,1...0,5 мкм только для исходного (не модифицированного) образца СКО, поскольку для образцов после обжига не регистрируется корректно характерный вид сигналов [2].



Вид сигналов, регистрируемых датчиком теплопроводности, для термически обработанных образцов СКО, фракция 0,1...0,5 мм, при адсорбции (нижняя) и десорбции (верхняя линии)

Установлено, что термическая модификация позволила увеличить значение удельной поверхности в 4,5 раза по сравнению с исходной СКО.

Третьим этапом являлась химическая модификация, а именно обработка фракций СКО азотной кислотой, под воздействием которой на поверхности образуются кислородсодержащие ионогенные группы, обуславливающие катионообменные свойства синтезируемого сорбента. Обработку проводили растворами азотной кислоты различных концентраций: 0,5 н  $\text{HNO}_3$ , 1н  $\text{HNO}_3$ , 3н  $\text{HNO}_3$ , 5н  $\text{HNO}_3$ . Показано, что оптимальными условиями химической модификации является воздействие 0,5н или 5н  $\text{HNO}_3$  в течение 5 часов при температуре 80 °С, в результате которого удельная поверхность увеличивается примерно в 10 раз.

Следующим этапом являлся синтез углеродных сорбентов в результате вариации условий термической и химической модификации. Обожжённые образцы подвергались химической модификации, что приводит к изменению количества и качества функциональных групп, а также увеличению удельной площади поверхности в 8,5 раз. Для установления состава функциональных групп использовали титриметрический метод Бозма для выбранных образцов СКО, представленных в табл. 1.

Таблица 1

Характеристики образцов сорбентов, полученных различными способами модификации скорлупы кедрового ореха

№	Условия модификации
1	Образец исходной СКО, фракция 0,1-0,5 мм
2	СКО, фракция 0,5...0,75 мм, после термической модификации
3	СКО, фракция 0,1...0,5 мм, после химической модификации 0,5н HNO <sub>3</sub>
4	СКО, фракция 0,1...0,5 мм, после химической модификации 5н HNO <sub>3</sub>
5	СКО, фракция 0,5...0,75 мм, после термической и дополнительной химической модификации 0,5н HNO <sub>3</sub>
6	СКО, фракция 0,5...0,75 мм, после термической и дополнительной химической модификации 5н HNO <sub>3</sub>

По кривым потенциометрического титрования рассчитаны константы ионизации рКа поверхностных функциональных групп (табл. 2). Они близки по значению соответствующим функциональным группам в ионнообменных смолах [3], а их разнообразие способствует дополнительному координационному взаимодействию при сорбции металлов по ионнообменному механизму.

Таблица 2

Величины констант ионизации функциональных групп СКО, мг·экв/г

№	рКа гидроксильные группы	рКа карбоксильные группы	рКа фенольные группы
1	5,00	3,66	1,34
2	8,57	8,57	0
3	3,33	3,33	0
4	6,33	2,17	4,16
5	6,33	1,67	4,66
6	6,67	3,33	3,34

По количеству активных функциональных групп СКО после термической активации максимально приближена к характеристикам сорбентов на основе модифицированного бурого угля [2]. Кислородсодержащие функциональные группы, в частности карбоксильные, могут быть активными центрами при сорбции катионов металлов из водных растворов.

Таким образом, показано, что в зависимости от используемых подходов для модификации скорлупы кедрового ореха возможно получить сорбенты, отличающиеся и удельной поверхностью, и составом функциональных группировок, что особенно актуально при реализации технологий очистки сточных вод от различных видов загрязнений.

## Список источников

1. Егорова Е. Ю., Митрофанов Р. Ю., Лебедева А. А. Получение сорбента из скорлупы кедрового ореха методом низкотемпературной обработки // Ползуновский вестник. Барнаул. 2007. № 3. С. 35.

2. Оффан К. Б., Петров В. С., Ефремов А. А. Закономерности пиролиза скорлупы кедровых орехов с образованием древесного угля в интервале температур 200...500 °С // Химия растительного сырья. 1999. № 2. С. 61-64.

3. Одинцова М. В. Физико-химические характеристики бифункционального сорбента из скорлупы кедровых орехов: автореф... дис. кан. хим. наук / Одинцова М. В. Тюмень, 2010. 19 с.

Научная статья  
УДК 674.81

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ПОКАЗАТЕЛИ ВОДОСТОЙКОСТИ ПЛАСТИКОВ БЕЗ СВЯЗУЮЩИХ НА ОСНОВЕ СОСНОВЫХ ОПИЛОК И КУКУРУЗНОГО КРАХМАЛА

**Владислав Вадимович Сиражев<sup>1</sup>, Полина Викторовна Давыдова<sup>2</sup>, Артём Вячеславович Артёмов<sup>3</sup>, Андрей Викторович Савиновских<sup>4</sup>**

<sup>1, 2, 3, 4</sup> Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

<sup>1</sup> vlad.sirazhev@mail.ru

<sup>2</sup> poliadavydova@yandex.ru

<sup>3</sup> artemovav@m.usfeu.ru

<sup>4</sup> savinovskihav@m.usfeu.ru

**Аннотация.** Обобщены результаты определения показателей водостойкости пластика без добавления синтетических связующих на основе сосновых опилок и кукурузного крахмала. Для описания изучаемых процессов влияния технологических факторов на параметры оптимизации показателей водостойкости были использованы системы линейных уравнений.

**Ключевые слова:** пластики, опилки, крахмал, водостойкость, водопоглощение, разбухание

**Благодарности.** Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования в рамках научного проекта FEUG-2020-0013.