

Л. А. Шибека, М. В. Протас,  
*Белорусский государственный технологический университет, Минск,  
Республика Беларусь*

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ В КАЧЕСТВЕ СОРБЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

The article considers the features of water disposal in the Republic of Belarus. The results of the use of wood waste subjected to chemical and thermal treatment in the processes of wastewater treatment of copper ions are presented. Treatment of wood wastes with carbamide is found to increase sorption properties of wastes.

Проблема загрязнения природных вод приобретает в настоящее время все большую остроту и актуальность. Обусловлено это общим снижением качества водных ресурсов в природных экосистемах, что связано, в том числе, с усилением антропогенного воздействия на все компоненты окружающей среды.

Основным источником загрязнения поверхностных водных экосистем является сброс в них неочищенных или недостаточно очищенных сточных вод. Согласно данным статистической отчетности [1] в Республике Беларусь в 2018 г. образовалось 1 134,2 млн м<sup>3</sup> сточных вод. Вклад основных видов экономической деятельности в общий объем сточных вод составил [1]:

- сельское, лесное и рыбное хозяйство 227,2 млн м<sup>3</sup>,
- горнодобывающая промышленность – 35,1 млн м<sup>3</sup>,
- обрабатывающая промышленность – 114,9 млн м<sup>3</sup>,
- водоснабжение; сбор, обработка и удаление отходов, деятельность по ликвидации загрязнений – 529,2 млн м<sup>3</sup>,
- снабжение электроэнергией, газом, паром, горячей водой и кондиционированным воздухом – 139,9 млн м<sup>3</sup>.

На долю остальных видов хозяйственной деятельности приходится менее 8 % общего объема сточных вод. Особенностью водоотведения на территории Республики Беларусь является то, что более 91 % образующихся сточных вод (1034 млн м<sup>3</sup>) сбрасывается в поверхностные водные объекты [1].

В составе сбрасываемых сточных вод содержится значительное количество тяжелых металлов, характеризующихся высокой токсичностью в

отношении живых организмов. Основное количество тяжелых металлов поступает в сточные воды в результате производственной деятельности предприятий машиностроительной, приборостроительной и других отраслей промышленности, имеющих в своем составе гальванические участки.

Цель работы – оценка сорбционных свойств модифицированных древесных отходов в отношении ионов тяжелых металлов. В качестве объектов исследований в работе выступали следующие образцы:

- древесные отходы (древесная кора и щепа с размером частиц до 30 мм);
- вышеуказанные древесные отходы, обработанные карбамидом;
- механическая смесь, состоящая из древесных отходов, обработанных карбамидом, и торфа в массовом соотношении 1:1;
- зольный остаток, образующийся при высокотемпературной обработке древесных отходов, состоящих из коры и щепы;
- зольный остаток, образующийся при высокотемпературной обработке древесных отходов, обработанных карбамидом;
- зольный остаток, образующийся при высокотемпературной обработке древесных отходов и торфа в массовом соотношении 1:1.

Таким образом, для увеличения сорбционных свойств древесных отходов проводили их модификацию путем их обработки карбамидом, введением в состав древесных отходов торфа и высокотемпературной обработки образцов при 600 °С.

В работе использовали модельные сточные воды, содержащие ионы меди с концентрацией 0,2–2,5 г/дм<sup>3</sup>. Навеску модифицированных древесных отходов помещали в химический стакан, приливали раствор с известной концентрацией металла и в течении 1,5 часа производили периодическое перемешивание пробы. По истечении указанного времени разделяли суспензию фильтрованием и определяли содержание ионов меди в растворе титриметрическим методом [2]. По полученным результатам производили расчет поглотительной емкости образцов по ионам меди.

Результаты исследований сорбционных свойств образцов, не подвергшихся высокотемпературной обработке, представлены в таблице 1.

Таблица 1

Поглотительная емкость исследуемых образцов, мг/г

Начальная концентрация ионов меди, г/дм <sup>3</sup>	Древесные отходы	Древесные отходы, обработанные карбамидом	Смесь древесных отходов, обработанных карбамидом, и торфа в массовом соотношении 1:1
0,2	0,2	8,5	0,2
0,4	8,7	17,0	0,4
0,6	17,3	25,5	3,4
0,8	17,4	34,0	34,0
1,0	17,6	42,5	34,2
1,2	17,8	49,0	34,3
1,4	17,9	51,3	34,6
1,6	18,1	51,3	34,8
1,8	18,1	51,3	34,8
2,0	18,1	51,3	34,8
2,5	18,1	51,3	34,8

Установлено, что исходные древесные отходы обладают невысокой сорбционной емкостью по отношению к ионам меди. Максимальная величина поглотительной емкости древесных отходов составляет 18,1 мг/г. Обработка отходов карбамидом существенно (в 2,8 раза с учетом максимальных показателей поглотительной емкости образцов) увеличивает сорбционные свойства древесных отходов. Введение в состав образца древесных отходов, обработанных карбамидом, торфа приводит к снижению сорбционных свойств почти в 1,5 раза.

В таблице 2 приведены результаты исследований сорбционных свойств зольных остатков вышеуказанных образцов.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что зольный остаток исходных древесных отходов обладает большее выраженными сорбционными свойствами по сравнению с древесными отходами, не подвергшимися высокотемпературной обработке. Однако, предельная величина поглотительной

емкости (43,2 мг/г) данного образца ниже максимальных значений емкости (51,3 мг/г), полученных для древесных отходов, обработанных карбамидом.

Таблица 2

Поглотительная емкость зольных остатков, мг/г

Начальная концентрация ионов меди, г/дм <sup>3</sup>	Зольные остатки, полученные из		
	древесных отходов	древесных отходов, обработанных карбамидом	смеси древесных отходов, обработанных карбамидом, и торфа в массовом соотношении 1:1
0,2	5,2	0,1	0,2
0,4	10,2	0,3	8,8
0,6	16,0	8,8	17,3
0,8	20,2	17,3	17,5
1,0	24,7	17,5	17,6
1,2	29,2	17,5	17,8
1,4	33,5	17,5	34,6
1,6	37,6	17,5	43,1
1,8	43,2	17,5	43,2
2,0	43,2	17,5	43,5
2,5	43,2	17,5	43,5

Зольный остаток, полученный из древесных отходов, обработанных карбамидом, характеризуется низкими сорбционными свойствами. Вероятно, это связано с выжигом органической составляющей образцов, в том числе карбамида, при введении которого в исходные древесные отходы происходило образование дополнительных активных центров, способствующих удержанию ионов меди в сорбционном материале. Подтверждением этой гипотезы являются близкие друг к другу величины максимальной поглотительной емкости древесных отходов и зольного остатка, образующегося при высокотемпературной обработке древесных отходов, обработанных карбамидом, – 18,1 мг/г и 17,5 мг/г соответственно.

Зольный остаток, полученный из механической смеси древесных отходов, обработанных карбамидом, и торфа имеет большую поглотительную емкость по сравнению с образцом смеси, не подвергшейся высокотемпературной обработке.

Вероятно, в этом случае, высокая зольность торфа способствует образованию в образце дополнительных активных центров, позволяющих удерживать ионы меди в сорбционном материале.

Таким образом, древесные отходы могут использоваться в качестве сорбционных материалов для извлечения ионов меди из сточных вод.

Установлено, что обработка древесных отходов карбамидом увеличивает сорбционные свойства отходов. Показано, что применение высокотемпературной обработки, в отношении модифицированных путем химической пропитки карбамидом древесных отходов или путем введения в состав отходов торфа, в отдельных случаях приводит к росту сорбционных свойств указанных материалов, однако поглощательная емкость таких образцов меньше, чем поглощательная емкость древесных отходов, обработанных карбамидом.

---

1. Охрана окружающей среды в Республике Беларусь. Статистический сборник. – Минск: Национальный статистический комитет Республики Беларусь, 2019. – 200 с.

2. Лихачева, А. В. Химия окружающей среды. Лабораторный практикум: учеб.-метод. пособие для студ / А. В. Лихачева, Л. А. Шибека. – Минск: БГТУ, 2011. – 204 с.