

## МОДИФИЦИРОВАННЫЕ СОРБЕНТЫ НА ОСНОВЕ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ СТОЧНЫХ ВОД

**Л. А. Шибека, М. В. Протас**

*Белорусский государственный технологический университет, Минск, Республика Беларусь*

### Аннотация

Представлена характеристика отходов, образующихся в Республике Беларусь. Приведены результаты исследований по использованию сорбентов на основе древесных отходов в процессах очистки сточных вод от ионов меди, никеля и цинка. Установлено, что обработка древесных отходов карбамидом повышает их поглотительную способность в отношении ионов тяжелых металлов.

### Ключевые слова:

древесные отходы, сорбционные материалы, сточные воды, очистка, тяжелые металлы, поглотительная емкость.

## MODIFIED SORBENTS BASED ON WOODEN WASTES FOR THE EXTRACTION OF HEAVY METAL IONS FROM WASTE WATERS

**L. A. Shibeka, M. V. Protas**

*Belarusian State Technological University, Minsk, Republic of Belarus*

### Abstract

The paper presents the characteristics of waste generated in the Republic of Belarus. The results of the research on the use of sorbents based on wood waste in waste water treatment processes from copper, nickel and zinc ions are presented. It has been established that treatment of wood waste with carbamide increases its absorption capacity in respect of heavy metal ions.

### Keywords:

wood waste, sorption materials, waste water, treatment, heavy metals, absorption capacity.

Проблема загрязнения окружающей среды отходами приобретает все большую актуальность в современном мире. Это обусловлено как общим усилением антропогенного воздействия на окружающую среду, что приводит к снижению способности экосистем к самовосстановлению, так и ростом количества отходов производства и потребления.

В 2018 г., согласно данным статистической отчетности [1], в Республике Беларусь образовалось 60 723 тыс. т отходов производства и 3 795 тыс. т твердых коммунальных отходов. Несмотря на их использование (в 2018 г. было использовано 20 106 тыс. т отходов производства и 714 тыс. т твердых коммунальных отходов) в различных отраслях народного хозяйства, значительная их часть подлежит захоронению. Вместе с тем многие отходы обладают рядом ценных свойств и могут рассматриваться в качестве вторичных материальных ресурсов. К этой группе можно отнести древесные отходы.

Древесные отходы образуются на всех этапах заготовки древесины, ее обработки и изготовления готовой продукции и характеризуются большим разнообразием. В соответствии с классификатором отходов Республики Беларусь [2] рассматриваемые отходы делятся на три группы: первая — «Отходы обработки и переработки древесины»; вторая — «Древесные отходы производства и потребления»; третья — «Древесные отходы, полученные в процессе лесозаготовки». Древесные отходы относятся к неопасным отходам, т. е. имеют третий или четвертый класс опасности. В настоящее время они используются в производстве строительных материалов, в качестве топлива, в гидролизном и канифольно-скипидарном производстве и др. Несмотря на вовлечение в хозяйственный оборот, определенная часть отходов лесозаготовок и деревообработки остается невостребованной.

Целью работы является исследование сорбционных свойств древесных отходов и оценка возможности их использования в процессах очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов. В качестве объектов исследований выступали три образца: 1) древесные отходы, состоящие из опилок, щепы и коры с размером частиц не более 30 мм; 2) вышеуказанные древесные отходы, обработанные карбамидом; 3) механическая смесь древесных отходов, обработанных карбамидом, и торфа в массовом соотношении 1 : 1.

Исследования проводили на модельных сточных водах, содержащих ионы тяжелых металлов (меди, никеля или цинка) в диапазоне концентраций 0,2–2,5 г/дм<sup>3</sup>. Изучение процессов сорбции осуществляли в статических условиях при периодическом перемешивании проб в течении 1,5 ч. Содержание ионов тяжелых металлов до и после контакта с сорбционным материалом определяли титриметрическим методом [3]. На основании полученных результатов производили расчет поглотительной емкости исследуемых образцов. Результаты исследований поглотительной емкости древесных отходов представлены на рис. 1.

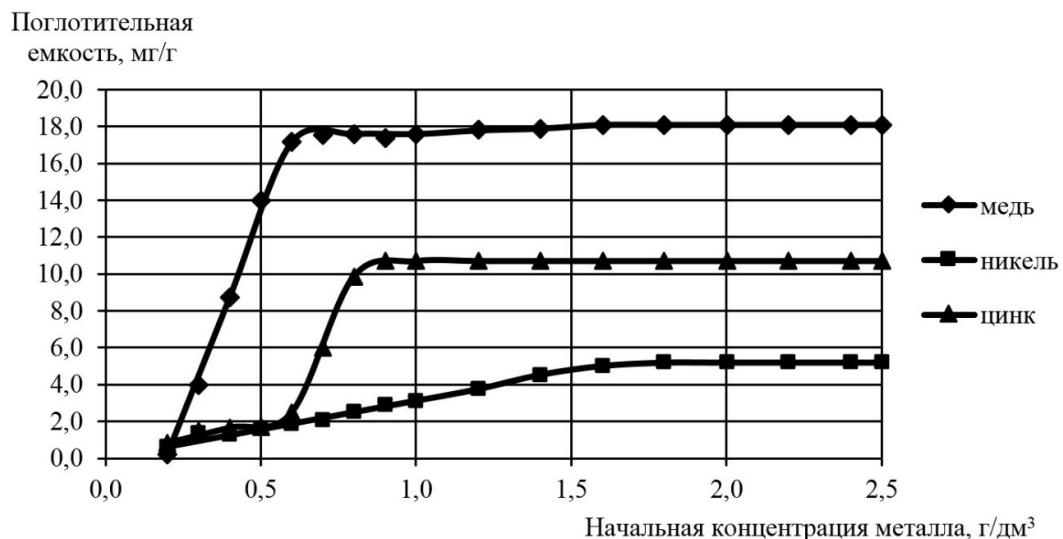


Рис. 1. Поглотительная емкость древесных отходов

Из представленных зависимостей видно, что максимальная величина поглотительной емкости древесных отходов наблюдается в отношении ионов меди, минимальная — в отношении ионов никеля. В целом древесные отходы характеризуются невысокими сорбционными свойствами по отношению к ионам тяжелых металлов.

Для увеличения сорбционной емкости древесные отходы подвергали обработке карбамидом, так как известно [4], что обработка целлюлозосодержащих материалов карбамидом приводит к росту их сорбционной емкости за счет наличия карбоксильных групп и формирования первичных аминогрупп на поверхности сорбента. Результаты определения поглотительной емкости древесных отходов, обработанных карбамидом, представлены на рис. 2.

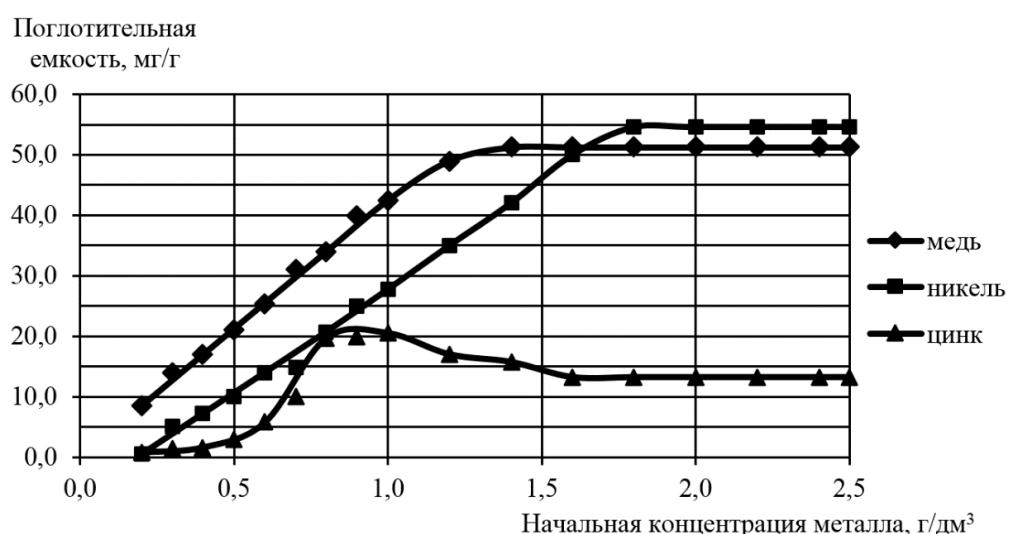
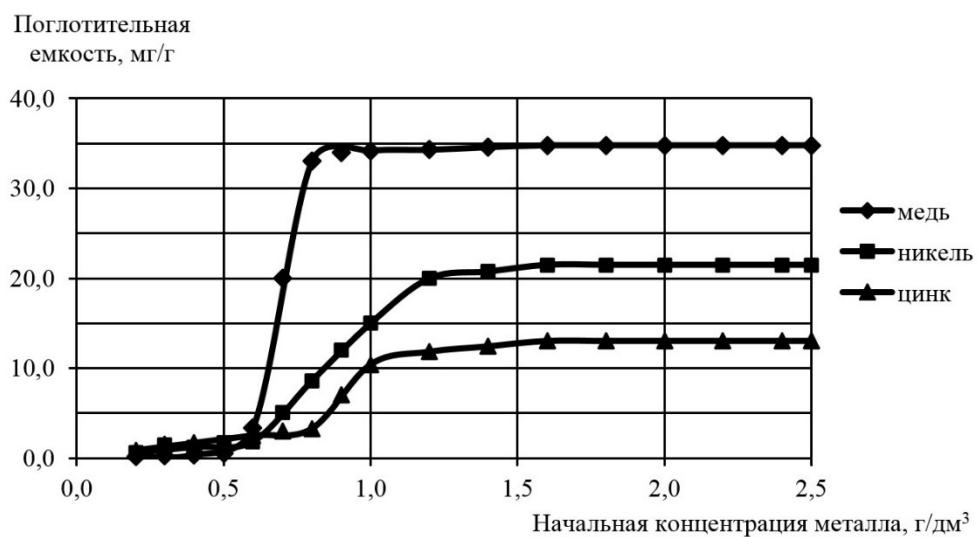


Рис. 2. Поглотительная емкость древесных отходов, обработанных карбамидом

Установлено, что модификация древесных отходов приводит к увеличению их поглотительной емкости в отношении рассматриваемых тяжелых металлов. Максимальный рост данного показателя отмечается в отношении ионов никеля (в 10,5 раза в сравнении с древесными отходами, не обработанными карбамидом). По ионам меди и цинка также наблюдается увеличение степени их извлечения из раствора. Следует отметить, что максимальные величины поглотительной емкости модифицированных древесных отходов близки по ионам никеля и меди и составляют около 55 и 51 мг/г соответственно.

Также в работе проводили исследования поглотительной емкости механической смеси, состоящей из древесных отходов и торфа при массовом соотношении 1 : 1. Полученные результаты представлены на рис. 3.



**Рис. 3.** Поглотительная емкость механической смеси древесных отходов, обработанных карбамидом, и торфа в массовом соотношении 1 : 1

Установлено, что добавление торфа в состав древесных отходов, обработанных карбамидом, не приводит к увеличению поглотительной емкости материала. С учетом предельных величин поглотительной емкости образцов способность смеси древесных отходов и торфа извлекать из сточных вод ионы никеля уменьшается в 2,5 раза, а ионы меди — в 1,5 раза по сравнению с древесными отходами, обработанными карбамидом. В отношении ионов цинка поглотительная способность образцов остается практически неизменной.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что модифицированные древесные отходы, полученные путем обработки их карбамидом, обладают максимальной способностью извлекать ионы никеля, меди и цинка из сточных вод. Применение данных материалов на практике возможно при доочистке сточных вод, образующихся в гальванических производствах, от ионов тяжелых металлов. Отработанный сорбционный материал можно использовать в последующем в качестве добавки при изготовлении органических удобрений, содержащих микроэлементы.

## Литература

1. Охрана окружающей среды в Республике Беларусь. Статистический сборник. Минск: Национальный статистический комитет Республики Беларусь, 2019. 200 с.
2. Общегосударственный классификатор Республики Беларусь. ОКРБ 021–2019 «Классификатор отходов, образующихся в Республике Беларусь»: утв. постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 9 декабря 2019 г. № 3-Т.
3. Лихачева А. В., Шибека Л. А. Химия окружающей среды. Лабораторный практикум: учеб.-метод. пособие для студ. Минск: БГТУ, 2011. 204 с.
4. Лосев В. Н., Буйко О. В., Величко Б. А. Сорбционно-атомно-эмиссионное определение цветных и тяжелых металлов с использованием фитосорбентов // Журнал Сибирского федерального университета. Химия. 2010. № 3. С. 73–78.

## *Сведения об авторах*

**Шибека Людмила Анатольевна**

кандидат химических наук, доцент, Белорусский государственный технологический университет, г. Минск, Республика Беларусь, [Shibekal@mail.ru](mailto:Shibekal@mail.ru)

**Протас Маргарита Владимировна**

студентка, Белорусский государственный технологический университет, г. Минск, Республика Беларусь

**Shibeka Ludmila Anatolevna**

PhD (Chemistry), Associate Professor, Belarusian State Technological University, Minsk, Republic of Belarus, [Shibekal@mail.ru](mailto:Shibekal@mail.ru)

**Protas Margarita Vladimirovna**

Student, Belarusian State Technological University, Minsk, Republic of Belarus

DOI: 10.37614/2307-5252.2020.3.4.049

УДК 543.51, 504.05

## **ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА АТОМНО-ЭМИССИОННОЙ СПЕКТРОМЕТРИИ С ИНДУКТИВНО-СВЯЗАННОЙ ПЛАЗМОЙ ДЛЯ ЭЛЕМЕНТНОГО АНАЛИЗА ВЗВЕШЕННЫХ ЧАСТИЦ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В ЧЕРТЕ ГОРОДА**

**А. А. Широкая<sup>1</sup>, А. И. Новиков<sup>1</sup>, С. В. Дрогобужская<sup>1</sup>, И. А. Гапоненков<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И. В. Тананаева ФИЦ «Кольский научный центр РАН», Апатиты, Россия*

<sup>2</sup>*Мурманский государственный технический университет, г. Мурманск, Россия*

### **Аннотация**

Представлены параметры проведения элементного анализа взвешенных частиц атмосферного воздуха в черте города, собранных на PTFE-фильтрах системой автоматического пробоотбора пыли (аспиратор) Derenda PNS8TDM-6.1, методом атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (АЭС ИСП). Для количественного определения содержания Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb и Zn были выбраны оптимальные длины волн, рассчитаны пределы обнаружения и приведены параметры для автоматического учета спектральных влияний.

### **Ключевые слова:**

*взвешенные частицы, городские осадки, пыль, поллютанты, ИСП АЭС.*

## **APPLICATION FEATURES OF INDUCTIVELY COUPLED PLASMA ATOMIC EMISSION SPECTROMETRY METHOD FOR ELEMENTAL ANALYSIS OF SUSPENDED PARTICLES OF ATMOSPHERIC AIR IN THE CITY**

**A. A. Shirokaya<sup>1</sup>, A. I. Novikov<sup>1</sup>, S. V. Drogobuzhskaya<sup>1</sup>, I. A. Gaponenkov<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Tananaev Institute of Chemistry and Technology of Rare Elements and Mineral Raw Materials of FRC “Kola Science Centre RAS”, Apatity, Russia*

<sup>2</sup>*Murmansk State Technical University, Murmansk, Russia*

### **Abstract**

The paper presents the parameters of elemental analysis by inductively coupled plasma atomic emission spectrometry (ICP-AES) of suspended atmospheric air particles in the city, collected on PTFE filters by the automatic dust sampling system (aspirator) Derenda PNS8TDM-6.1. The optimal wavelengths were selected for the quantitative determination of the contents of Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, and Zn, the detection limits were calculated and the parameters were calculated for automatically taking into account the spectral effects.

### **Keywords:**

*suspended particles, urban rainfall, dust, pollutants, ICP AES.*

### **Введение**

Активное развитие промышленности влечет за собой рост антропогенной нагрузки на окружающую среду, растет количество пыли и частиц различного происхождения. В большинстве случаев появление этих частиц связывают с износом поверхностей конструкций, зданий и различных материалов [1, 2]. Основным естественным источником формирования атмосферных аэрозолей