

## Секция 8. ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ОХРАНА ТРУДА НА ПРОИЗВОДСТВЕ

УДК 628.3:66.081

### ИЗУЧЕНИЕ МЕХАНИЗМА ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ЦЕХОВ ОТ КАТИОНОВ МЕДИ ЗОЛОЙ ОТХОДОВ ПОТРЕБЛЕНИЯ

А.А. Аджигитова  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань  
aigul-83@mail.ru  
Науч. рук. Л.А. Николаева

Показана необходимость исследований органических отходов в качестве вторичного энергетического ресурса для котла-утилизатора с дальнейшим использованием полученной золы для адсорбции ионов тяжелых металлов. Рассмотрена адсорбционная очистка сточных вод от ионов меди золой органических отходов. Определены химический состав и технологические характеристики органической биомассы, характеристики котла и токсичность образовавшейся золы. Изучен химический состав золы. Построены изотерма адсорбции в статических и выходная кривая адсорбции в динамических условиях катионов меди золой органических отходов. Сделан вывод о том, что применение адсорбционного метода позволяет обеспечить высокую степень очистки сточной воды и возможного ее повторного использования для технологических нужд предприятия.

**Ключевые слова:** органические отходы, сточные воды, гальваническое производство, сорбционный материал, ионы тяжёлых металлов, отходы потребления; адсорбция.

В последние годы в большинстве развитых стран особое внимание уделяется утилизации органической фракции городских отходов. Пищевые отходы составляют значительную долю органического материала (около 40 %), содержащегося в муниципальных отходах, которые образуются в жилом секторе, больницах, учебных и дошкольных заведениях, на объектах общественного питания и торговли [1].

В «Стратегии развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года» (распоряжение Правительства РФ от 25 января 2018 г. № 84-р) отмечено, что несанкционированное размещение отходов, в том числе пищевых, на полигонах коммунальных и промышленных отходов существенно увеличивает экологическую и санитарно-эпидемиологическую

опасность территорий в зоне расположения данных объектов. Эта опасность вызвана неконтролируемыми аэробными и анаэробными процессами при биологическом разложении органических веществ, сопровождаемом выделением в окружающую среду токсичных соединений и парниковых газов.

Повсеместно возникающие стихийные свалки таких отходов создают высокий уровень негативного воздействия на компоненты природной среды в результате загрязнения почв и грунтовых вод патогенной микрофлорой, органическими, азотосодержащими веществами и тяжелыми металлами.

Некоторые исследования последних десятилетий показали, что содержащиеся в продуктах растительного происхождения (злаках, овощах, фруктах, ягодах, водорослях, мхах, грибах, древесных опилках, коре деревьев, пшеничных отрубях, льняном волокне и др.) пищевые волокна, как нерастворимые (целлюлоза, хитин), так и растворимые (пектины, инулин), способны эффективно связывать ионы тяжелых металлов [2–4]. Данное обстоятельство побуждает к разработке сорбционных методов очистки водных сред различной природы с применением полисахаридных биополимеров [5].

Сегодня большое количество отходов органического происхождения образуется не только на стадии производства, но и на стадии реализации пищевых продуктов. На рынках, в магазинах, компаниях по доставке продуктов питания ежемесячно образуются тонны отходов из продуктов, потерявших потребительские свойства. Такие отходы, как правило, вывозятся на свалки и полигоны что, естественно, сопровождается как экологическим ухудшением окружающей среды, так и существенными экономическими потерями от упущенных возможностей переработки вторичных материальных ресурсов, извлекаемых из отходов [1]. Дилерская компания ООО «Глобал Групп» специализируется на доставке продуктов питания в столовые, кафе, рестораны и другие предприятия общепита. Это, как правило, продукты, которые используются в приготовлении пищи для посетителей. В процессе деятельности компании ежемесячно образуется около 25 т отходов органического происхождения – продукты, потерявшие товарный вид и потребительские качества (поврежденные микроорганизмами).

Анализ состава отходов ООО «Глобал Групп» показал, что основную массу отходов (92,5 %) составляют зелень, овощи и фрукты. Данный материал называют органической биомассой.

По данным зарубежных и отечественных авторов [6] технологические характеристики и химический состав органической биомассы следующие: влажность – 47,1 %; зольность – 2,35 %; углерод – 32,4 %; водород – 3,01 %; сера – 1,04 %; азот – 1,5 %; кислород – 12,6 %; теплота сгорания – 22,0 МДж/кг.

Для проведения экспериментальных исследований взяты овощи, фрукты, зелень, потерявшие потребительские свойства (частично пораженные грибом плесени). Материал измельчался и выдерживался при температуре +25° С в течение двух недель, далее высушивался при температуре 105–110 °С до постоянной массы. Эксперимент проводился с сорбционным материалом фракцией 0,01–0,09 мм.

Полученные органические отходы предложено использовать в качестве вторичного энергетического ресурса для котла-утилизатора ДКВр-10-13, работающего на твердых отходах Елабужской ТЭЦ. Ниже приведены расчетные характеристики котла-утилизатора и токсичность образовавшейся золы:

- а) влажность топлива – 3 %;
- б) объем теоретически необходимого воздуха для сжигания 1 кг органических отходов – 3,67 м<sup>3</sup>/кг;
- в) действительный расход воздуха на 1 кг органических отходов – 4,037 м<sup>3</sup>/кг;
- г) массовый расход воздуха – 4,74 кг/кг;
- д) теоретический объем продуктов сгорания – 4,27 м<sup>3</sup>/кг;
- е) объем дымовых газов, выбрасываемых в атмосферу – 1,32 м<sup>3</sup>;
- ж) выбросы:
  - твердых частиц в дымовых газах – 24,44 (77,5) т/год (г/с);
  - оксидов углерода – 424,51 (1 346,11) т/год (г/с);
- з) валовый выброс:
  - оксидов азота в пересчете на диоксид азота – 21,44 (67,99) т/год (г/с);
  - оксидов серы в пересчете на диоксид серы – 2 049,11 (6 497,69) т/год (г/с);
- и) КПД брутто котла – 84,1 %;
- к) расход топлива:
  - общий – 0,341 кг/с;
  - расчетный с учетом потери тепла от механической неполноты горения – 0,321 кг/с;
- л) степень опасности золы для окружающей среды 93,59 (класс опасности IV).

Химический состав золы, полученной после сжигания в котле-утилизаторе, представлен на рис 1.

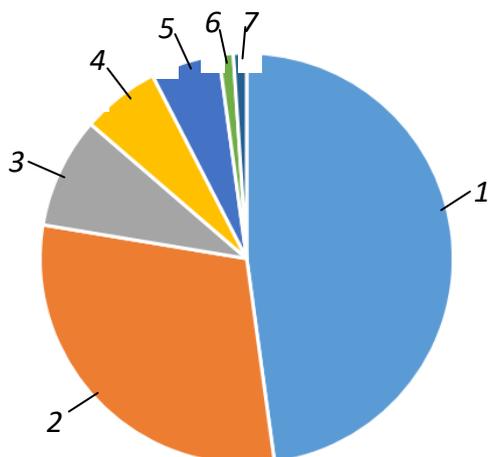


Рис. 1. Химический состав золы органических отходов, %: 1 – CaO (47,85); 2 – SiO<sub>2</sub> (29,78); 3 – MgO (8,73); 4 – Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (6,10); 5 – Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (5,38); 6 – TiO<sub>2</sub> (1,12); 7 – SO<sub>3</sub> (1,04)

Для оценки адсорбционной способности золы по отношению к катионам меди проведены исследования на модельных растворах CuSO<sub>4</sub>×5H<sub>2</sub>O концентрацией 100 мг/дм<sup>3</sup>. Исследования адсорбции ионов меди велись в статическом режиме. Оценка адсорбционной способности сорбента по отношению к растворенным ионам меди осуществлялась с помощью изотермы адсорбции (рис. 2). Изотерма адсорбции относится к типу I по классификации Брунауэра, Демина и Теллера, соответствует изотерме Ленгмюра L-типа.

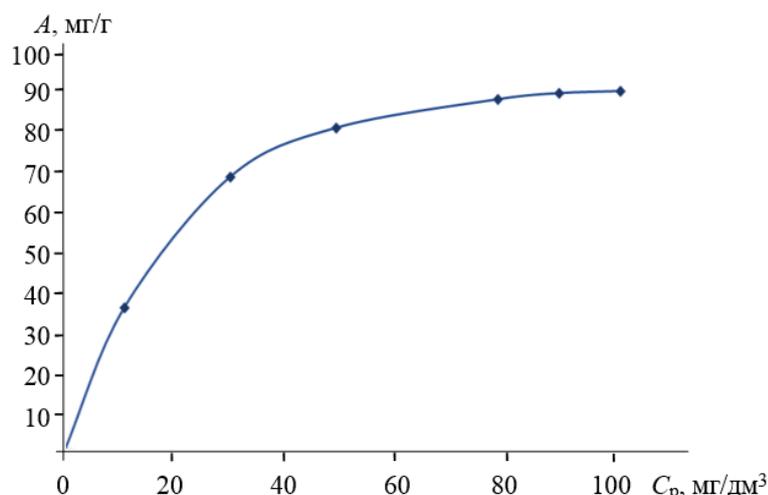


Рис. 2. Изотерма адсорбции ионов Cu<sup>2+</sup> гранулированным сорбционным материалом

На практике при очистке сточных вод промышленных предприятий от ионов тяжелых металлов используются адсорбционные или ионообменные фильтры с гранулированной загрузкой. Поэтому на основе мелкодисперсной золы разработан гранулированный сорбционный материал (ГСМ).

Для получения гранул зола с размером частиц от 0,01 до 0,09 мм смешивается с жидким натриевым стеклом при массовом и объёмном соотношении 2:1, соответственно. Данное соотношение подобрано экспериментальным путем. При меньшем соотношении происходит неполное пропитывание шлама жидким натриевым стеклом, при последующем обжиге гранулы осыпаются; при большем соотношении происходит перерасход связующего. Далее смесь доводится до однородной массы, окатывание гранул производится вручную. Образовавшиеся гранулы выдерживаются в печи при температуре 400 °С в течение 3 ч. Далее проводится охлаждение до комнатной температуры в эксикаторе. Гранулы имеют размер 0,5–2,5 мм, характеризуются средней гидрофильностью (влагоемкость – 14 % масс.). Технические характеристики полученного гранулированного материала: суммарный объём пор – 0,587 см<sup>3</sup>/г; удельная поверхность – 45,7 м<sup>2</sup>/г; насыпная плотность – 549 кг/дм<sup>3</sup>; прочность на истирание – 76 %.

Для производственных процессов большое значение имеет изучение адсорбции ионов тяжелых металлов в динамических условиях. По сравнению с адсорбцией в статических условиях адсорбция в динамических условиях имеет технологические, эксплуатационные и экономические преимущества. Адсорбция в динамических условиях позволяет более полно использовать емкость сорбента. Процесс адсорбции ионов меди исследован на ГСМ размером 0,5–2,5 мм на лабораторной установке, которая представляет собой фильтровальную стеклянную колонку диаметром 25 мм. Концентрация ионов меди в модельном растворе равна 50 мг/дм<sup>3</sup> и является средней на входе в адсорбционный фильтр. Высота слоя загрузки – 20 см, масса – 58 г, скорость фильтрации – 3,3 м/ч.

Проскок ионов меди фиксируется при концентрации 1 мг/дм<sup>3</sup>. На рис. 3 показана кривая адсорбции катионов меди ГСМ в динамических условиях.

В ходе эксперимента определены динамическая обменная емкость ДОЕ = 145,3 мг/г (объем пропущенной воды – 170 дм<sup>3</sup>) и полная обменная емкость ПОЕ = 284,9 мг/г (объем пропущенной воды – 315 дм<sup>3</sup>) по отношению к катионам меди.

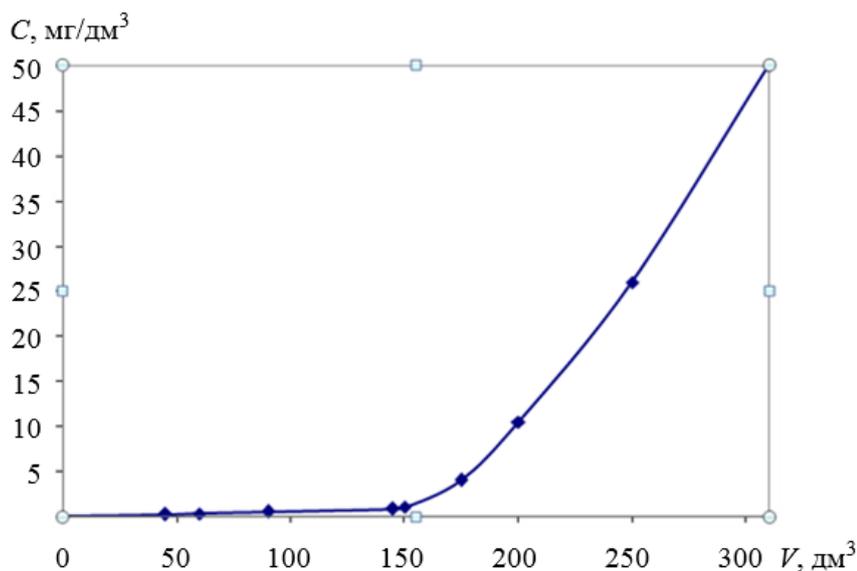


Рис. 3. Кривая адсорбции катионов меди золой органических отходов в динамических условиях

В работе показана необходимость исследований органических отходов в качестве вторичного энергетического ресурса для котла-утилизатора с дальнейшим использованием полученной золы в качестве адсорбента ионов тяжелых металлов.

Определены химический состав и технологические характеристики органической биомассы, характеристики расчета котла и токсичность образовавшейся золы. Изучен химический состав золы.

Построены изотерма адсорбции в статических и выходная кривая адсорбции в динамических условиях катионов меди золой органических отходов.

Применение адсорбционного метода очистки позволяет обеспечить высокую степень очистки сточной воды и возможность ее повторного использования для технологических нужд предприятия.

### Источники

1. Соломин И.А. Организация системы управления муниципальными органическими отходами // *Природообустройство*. 2019. № 2. С. 60–65.
2. Сорбционные свойства ферментативно модифицированного льняного волокна / Т.Е. Никифорова [и др.] // *Журнал прикладной химии*. 2007. Т. 80, № 2. С. 236–241.
3. Сорбционные свойства «пищевых волокон» во вторичных продуктах переработки растительного сырья / С.С. Ставицкая [и др.] // *Журнал прикладной химии*. 2001. Т. 74, № 4. С. 575–578.

4. Removal of Cu and Pb by Tartaric Acid Modified Rise Hask from Aqueous Solutions / K.K. Wong [et al.] // Chemosphere. 2003. Vol. 50, Is. 1. Pp. 23–28.

5. Никифорова Т.Е., Козлов В.А., Модина Е.А. Сольватационно-координационный механизм сорбции ионов тяжелых металлов целлюлозо-содержащим сорбентом из водных сред // Химия растительного сырья. 2010. № 4. С. 23–30.

6. Осмак А.А., Серегин А.А. Растительная биомасса как органическое топливо // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2014. Т. 2, № 8 (68). С. 57–61.

7. Минлигулова Г.А., Шайхиев И.Г. Исследование очистки сточных вод, содержащих ионы тяжелых металлов, стоками нефтехимических производств // Вестник Казанского технологического университета. 2011. № 6. С. 166–171.

8. Лупейко Т.Г., Баян Е.М., Горбунов М.О. Исследование техногенного карбонатосодержащего отхода для очистки водных растворов от ионов никеля (II) // Журнал прикладной химии. 2004. Т. 77, № 1. С. 87–91.

9. Мур Д.В., Рамамурти С. Тяжелые металлы в природных водах: Контроль и оценка влияния / пер. с англ. Д. В. Гричука [и др.]; под ред. Ю. Е. Саета. М. : Мир, 1987. 285 с.

УДК 615.479.42

## **ТИПЫ МАСОК, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ТЕХНИЧЕСКИХ ВУЗАХ КАЗАНИ**

Ш. Алали<sup>1</sup>, Хассан Ф. Алхадж<sup>2</sup>, А. Альзаккар<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «КНИТУ», г. Казань

<sup>2,3</sup>ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

Sharife524@gmail.com

Науч. рук. Р.Ю. Галимзянова

Рассматриваются некоторые виды медицинских масок и респираторов и их стоимость в Казани, чтобы обеспечить максимальную безопасность научных работников и студентов в случае вирусной эпидемии Ковид-19. Важность исследования обусловлена необходимостью ознакомить студентов с широким спектром средств индивидуальной защиты.

**Ключевые слова:** медицинские маски, индивидуальная защита, Ковид-19.

Маски в повседневной жизни успешно защищают дыхательные пути людей от воздушно-капельных инфекций [1]. Поэтому вследствие распространения COVID-19 вырос спрос на медицинские маски.