

## Список использованных источников

- 1 BORJESSON P. Environmental effects of energy crop cultivation in Sweden – I: identification and quantification / Biomass and bioenergy. 1999. Vol. 16. – P. 137–154.
- 2 DUBUISSON X. Energy and CO<sub>2</sub> balances in different power generation routs using wood fuel from short rotation coppice / Biomass and Bioenergy. 1998. Vol. 15(4/5). – P. 379–390.
- 3 HABERL A. Biomass from reeds as a substitute for peat in energy production / Michael Succow Foundation (№ 52.379330, E 25.136771). Sporovo region, Belarus, 2015. – 4 p.
- 4 LAZDINA D., Lazdinš A., Karinš Z., Kāposts V. Effect of sewage sludge fertilization in short-rotation willow plantations. Journal of Environmental Engineering and Landscape Management, 2007, vol. 15, no. 2, pp. 105–111.
- 5 Я. К. Кулико. Почвенные ресурсы. Минск: Вышэйшая школа.– 2013.– 208 с.
- 6 THE ECO-INDICATOR 99. A damage oriented method for Life Cycle Impact Assessment. Manual for Designers // Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment Communications Directorate, the Netherlands. 2000. – P. 49.
7. Патент РБ №22759 Способ рекультивации неэксплуатируемой иловой площадки/ Шепелева Н.И., Марцуль В.Н., Войтов И.В. Опубл. 02.10.2029

УДК 504.064.45

**Е.Н Казимирская, А.В. Лихачева**

Белорусский государственный технологический университет  
Минск, Беларусь

## **ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИЕ ОТХОДЫ КАК ВТОРИЧНЫЙ МАТЕРИАЛЬНЫЙ РЕСУРС**

*Аннотация.* Стремительное развитие и совершенствование технологических процессов предъявляет новые требования к вспомогательным материалам, в том числе сорбционным, которые используются в технологических процессах. В виду этого в последнее время проводится множество исследований в области получения сорбентов, обладающих специфическими свойствами, например, магнитными.

**E.N. Kazimirskaya, A.V. Likhacheva**

Belarusian State Technological University  
Minsk, Belarus

## IRON-CONTAINING WASTE AS A SECONDARY MATERIAL RESOURCE

*Abstract.* The rapid development and improvement of technological processes imposes new requirements on auxiliary materials, including sorption materials, which are used in technological processes. In view of this, a lot of research has been conducted recently in the field of obtaining sorbents with specific properties, for example, magnetic.

Возросший интерес к данному виду сорбционных материалов объясняется их определенными преимуществами:

- возможность контролировать перемещение сорбентов в обрабатываемой среде, а также более простой сбор материала после его использования, что расширяет сферы его применения;

- протекание адсорбции по нескольким механизмам (физическая и химическая адсорбция), что увеличивает эффективность процесса извлечения различных соединений.

Основными способами получения магнитных сорбентов выступают самые разные методы, основанные на традиционных и современных химических или механических процедурах. Химические методы обычно генерируют наночастицы в дисперсиях после постепенного увеличения размера небольших ядер после осаждения атомов или ионов, высвобождаемых в результате химической реакции (снизу вверх). Наночастицы образуются в результате пересыщения растворимых фаз при изменении их растворимости. В зависимости от источника модификации растворимости химические методы классифицируются как осаждение, термическое разложение, сольво-термические, обработка ультразвуком и электроосаждение. Наоборот, при механическом приготовлении наночастицы получают после расщепления крупногабаритных материалов на более мелкие единицы (сверху вниз) [1]. Также часто упоминается использование метода Массара [2, 3] для получения магнитных наночастиц.

При изучении научной литературы было установлено, что в основном магнитные сорбенты или магнитное ядро состава  $Fe_3O_4$  получают из химически чистых веществ или из материала природного происхождения. Целью исследовательской работы являлось установление возможности получения магнитных сорбентов из железосодержащих отходов не имеющих способов переработки на территории Республики Беларусь.

В Республике Беларусь 17 наименований видов железосодержащих отходов хранятся и (или) захораниваются загрязняя при этом окружающую среду соединениями железа и другими вредными примесями, входящих в состав отхода.

Содержание чистого железа в окалине варьируется от 66 до 69 %. При получении магнитных сорбентов из окалины, из нее выделяют ионы железа в результате чего данный отход в работе рассматривается как вторичный материальный ресурс, что является особенного актуальным учитывая то, что Республика Беларусь не имеет собственных руд.

Ввиду этого было принято решение определить возможность получения магнитных сорбентов из железосодержащих отходов, а также определить сорбционные свойства данных материалов по отношению к различным ионам тяжелых металлов: меди, железа, марганца.

Такой выбор металлов обусловлен отклонением от гигиенических нормативов санитарно-химических показателей качества природных вод содержания железа общего и других тяжелых металлов, что является естественным уровнем для условий Беларуси.

Методом, который было относительно легко адаптировать к получению магнитных сорбентов из железосодержащих отходов, оказался метод осаждения Массара. Суть метода заключается в осаждении оксида железа путём смешения ионов трехвалентного и двухвалентного железа при молярном соотношении 1:2 в высокоосновных растворах с рН от 8 до 14 при комнатной, или повышенной температурах.

Получение магнитных сорбентов проводилось по семи направлениям для поиска наилучших условий для наибольшего извлечения соединений железа из окалины в раствор серной кислоты, поскольку метод Массара предполагает использование химически чистых солей железа.

Выходы сорбентов, полученных по разным вариантам, представлены в таблице 1.

**Таблица 1 – Результаты исследований, отражающие эффективность процесса получения сорбента**

Наименование определяемых параметров	Сорбент						
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7
Масса полученных сорбентов, г	0,6423	0,7973	1,0486	1,1501	0,9257	0,9026	0,8335
Выход сорбента, %	32,1	39,86	52,43	57,5	46,3	45,1	41,7

*Примечание: сорбент № 1 – выдержан 1 сутки; сорбент № 2 – выдержан двое суток с нагревом до 100 °С после первых суток; сорбент № 3 – выдержан двое суток без промежуточного нагрева; сорбент № 4 – выдержан трое суток с нагревом до 100 °С после каждого суток; сорбент № 5 – выдержан трое суток без промежуточного нагрева, № 6 – выдержан 5 суток без промежуточного нагрева, № 7 – выдержан 10 суток без промежуточного нагрева.*

Исходя из полученных данных, можно сделать вывод о том, что способом, обеспечивающим наиболее эффективное получение магнитных сорбентов, является способ № 4.

Далее были проведены исследования по определению сорбционной емкости магнитных сорбентов по отношению к указанным ранее тяжелым металлам. Для этого к раствору с концентрацией, заданной методикой определения данных металлов в воде, добавили магнитный сорбент в соотношении сорбент: раствор как 1:100. Время проведения исследований составило 1 сутки. По истечении данного времени была определена остаточная концентрация ионов тяжелых металлов, рассчитана величина сорбционной емкости (СЕ) и эффективности очистки.

Результаты определения сорбционной емкости представлены в таблице 2.

**Таблица 2 – Определение сорбционной емкости магнитных сорбентов**

Вид сорбента	Сорбционная емкость, мг/г			Эффективность очистки, %		
	Fe	Mn	Cu	Fe	Mn	Cu
№ 1	-	-	0,2785	-	-	97,2
№ 2	0,090	0,356	0,2754	90,0	71,2	96,5
№ 3	0,088	0,327	0,2801	88,4	65,4	97,7
№ 4	0,087	0,337	0,2825	87,0	67,4	98,3
№ 5	0,085	0,367	0,2801	85,0	73,4	97,7

*Примечание: прочерк в таблице означает, что исследование не проводилось*

Проанализировав полученные в ходе экспериментальных исследований данные, можно сделать вывод о том, что условия получения магнитных сорбентов не существенно влияют на их основные характеристики.

Наибольшая сорбционная емкость полученных сорбентов наблюдается в процессе сорбции марганца – 0,33-0,37 мг/г, при этом эффективность очистки сточных вод составляет 65,4-73,4 %. Наибольшая эффективность очистки наблюдается при очистке сточных вод полученными сорбентами от ионов меди и составляет 96,5-98,3 %, при сорбционной емкости – 0,28 мг/г.

Результаты проведенных исследований говорят о возможности получения магнитных сорбентов из железосодержащих отходов, в частности железной окалины, таким образом данный вид отхода может рассматриваться как вторичный материальный ресурс. А магнитные сорбенты по своим характеристикам не уступают материалам, полученным из чистых веществ.

## Список использованных источников

1. Колесник, И.В., Елисеев, А.А. Методические материалы к спецпрактикуму «Методы получения и анализа неорганических материалов» «Химические методы синтеза наноматериалов» / И.В. Колесник, А.А. Елисеев. – Москва: МГУ им. Ломоносова, 2011 – 40 с.
2. Laurent S., Forge D., Port M., Roch A., Robic C., Elst L.V., Muller R.N. // Chem. Rev. 2008. V. 108. P. 2064.
3. Толмачева, В.В., Апяри, В.В., Кочук, Е.В., Дмитриенко С.Г. Магнитные сорбенты на основе наночастиц оксидов железа для выделения и концентрирования органических соединений / В.В. Толмачева, В.В. Апяри, Е.В. Кочук, С.Г. Дмитриенко. – Москва: МГУ имени М.В. Ломоносова, 2015 – 23 с.

УДК 678.046:678.074:678.4

**А.С. Калейник, К.В. Вишевский**

Белорусский государственный технологический университет  
Минск, Беларусь

### **ВЛИЯНИЕ СОДЕРЖАНИЕ НАПОЛНИТЕЛЯ НА СВОЙСТВА РЕЗИНОВЫХ СМЕСЕЙ НА ОСНОВЕ СИЛОКСАНОВОГО КАУЧУКА**

*Аннотация.* В данной работе представлены результаты исследования влияния модификации кремнекислотного наполнителя и мела на вязкость по Муни резиновых смесей на основе силоксанового каучука.

**A.S. Kaleinik, K.V. Vishnevsky**  
Belarusian State Technological University  
Minsk, Belarus

### **EFFECT OF FILLER CONTAINING ON THE PROPERTIES OF SILICON-BASED RUBBER BLENDS**

*Abstract.* Study of an effect of silica and chalk filler modification on silicon-based rubber blends Mooney viscosity is presented in this paper.

В настоящее время активно ведётся поиск экономически выгодных путей усиления силоксанового каучука путём введения наполнителей. Традиционным наполнителем для силоксановых каучуков признаны кремнекислотные наполнители [1]. Однако