

В.Н. Марцуль // Химическая технология и техника : материалы докладов 84-й научно-технической конференции, посвященной 90-летнему юбилею БГТУ и Дню белорусской науки (с международным участием), Минск, 03-14 февраля 2020 г. – Минск: БГТУ, 2020. – С. 354–355.

2. Kowalik P. Chemical pretreatment of formaldehyde wastewater by selected Advanced Oxidation Processes (AOPs) // Challenges of Modern Technology. 2011. Vol. 2. P. 42–48.

3. Hong Q. I. Sun D., Chi G. Formaldehyde degradation by UV/TiO₂/O₃ process using continuous flow mode // Journal of Environmental Sciences. 2007. Vol. 19. No. 9. P. 1136-1140.

УДК 661.872.22-13-12

Е. Н. Казимирская, асп.; А. В. Лихачева, зав. кафедрой
промышленной экологии, канд. техн. наук
(БГТУ, г. Минск)

ПОЛУЧЕНИЕ МАГНИТНЫХ СОРБЕНТОВ ИЗ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА МЕТОДОМ СООСАЖДЕНИЯ

Магнитные наночастицы (МНЧ) оксидов железа в последние годы привлекают все большее внимание исследователей из различных областей химии, биологии и медицины. Интерес к этим наночастицам вызван рядом необычных физических и химических свойств, что связано с проявлением квантовых наноразмерных эффектов. Бесспорное достоинство МНЧ заключается в возможности управлять их перемещением с помощью внешнего постоянного магнитного поля.

Способ получения магнитных материалов оказывает большое влияние на размер, форму и химический состав поверхности магнитных наночастиц, что влияет на область их применения. Синтез магнитных наночастиц определенного размера и формы всегда был сложной задачей. Для получения частиц с требуемыми характеристиками было предложено большое количество методов синтеза [1].

Наиболее часто используемым методом синтеза наночастиц является метод соосаждения солей железа в высокоосновных растворах (аммоний, гидроксиды калия и натрия) [2]. Этот метод, вероятно, является самым простым и эффективным химическим путем получения магнитных частиц. Магнетит обычно получают путем выдержки в мольном соотношении 1:2 соединений двух- и трехвалентного железа в водной среде, в результате обменной реакции:



Осаждение Fe_3O_4 происходит при pH от 8 до 14. Размер и форму наночастиц можно регулировать, изменяя pH, ионную силу, температуру и природу солей. 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 работы являлось установление возможности получения магнитных сорбентов из железосодержащих отходов, которые на данный момент на территории Республики Беларусь не перерабатываются [3]. В качестве сырьевого материала для получения магнитных сорбентов (МС) использовалась железная окалина ОАО «МТЗ», которую измельчали до частиц размером 0,5–2 мм, а затем обрабатывали серной кислотой 20% при температуре 100 °С. В качестве высокоосновного осадителя использовали KOH, в результате чего состав маточного раствора отвечал K_2SO_4 , который возможно использовать в сельском хозяйстве в качестве удобрения.

Проведя исследования по установлению основных характеристик, используемых для оценки качества полученных МС (таблица 1), было установлено, что предельное значение COE по КПАВ равно 167 мг/г, что близко к COE активированного угля.

Известны способы получения магнитных сорбентов из сырья растительного происхождения [4–5], в качестве которого могут использоваться отходы кофе, древесного волокна и т.п.

Таблица 1 – Сравнительная характеристика магнитных частиц, полученных из отходов производства, с другими материалами

Показатели для сравнения	Сорбенты			
	магнитный сорбент	алюмосиликатные глины	сапропели	активированный уголь
Насыпная плотность, г/см ³	0,83	1,4–1,7	1,05	0,51
Удельная поверхность, м ² /г	203–208	109–119	1,1–3,2	213
COE магнитных сорбентов по отношению в КПАВ, мг/г	167	92,28	0,85	150–300

С целью повышения сорбционной активности полученных МНЧ, были проведены исследования по получению композиционного магнитного сорбента (КМС) путем осаждения смешанного оксида железа на поверхности активированного угля. Результаты проведенных исследований представлены в таблице 2.

**Таблица 2 – Результаты исследования сорбционных свойств
композиционных магнитных сорбентов**

Определяемый показатель	Вид сорбента								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
СОЕ магнитного сорбента по отношению к КПАВ, мг/г	167	154	134	128	234	242	245	285	295
Намагниченность насыщения, Гс см ³ /Г	92	78	78	86	117	78	73	101	-

Примечание. 1 – МНЧ; 2, 3, 4 – МНЧ прокаленные при температуре 300, 350 и 400 °С соответственно; 5 – КМС, полученный в результате осаждения Fe₃O₄ на поверхности активированного угля (АУ) с последующей сушкой; 6, 7, 8 – КМС, полученный в результате осаждения Fe₃O₄ на поверхности АУ с последующей сушкой и прокаливанием при температуре 300, 350 и 400 °С соответственно; 9 – активированный уголь.

Как видно из данных, при получении композиционного магнитного сорбента из АУ его сорбционные свойства увеличиваются, однако становятся ниже, чем у необработанного АУ. Также стоит отметить, что в результате обработки АУ приобретает магнитные свойства, что позволяет контролировать его перемещение в обрабатываемой среде и расширяет область применения такого сорбента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Chengyin Fu. Magnetic iron oxide nano particles: synthesis, characteristics, magnetic behavior, and biomedical applications. New Jersey. 2012. P. 67.
2. Rene Massart. Preparation of Aqueous Magnetic Liquids in Alkaline and Acidic Media. Transactions on magnetics, vol. Mag-17, № 2, March 1981. P. 1247–1248.
3. Общегосударственный классификатор Республики Беларусь. Классификатор отходов Республики Беларусь: Постановление министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды. 09.09.2019 №3-Г // Республика Беларусь. URL: https://naturegomel.by/sites/default/files/inline/files/obshchegosudarstvennyy_klassifikator_othodov.pdf?ysclid=lrjca568ob739717618 (дата обращения: 08.01.2024).
4. Способ получения композиционного сорбента с магнитными свойствами [Электронный ресурс]: патент РФ RU 2 661 210 C1 от 13.07.2017. URL: <https://patenton.ru/patent/RU2661210C1?ysclid=lrjcl3g64p480388560> (дата обращения: 09.01.2024).
5. Способ получения магнитного композиционного сорбента для очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов и нефтепродуктов [Электронный ресурс]: патент РФ RU 2 626 363 C1 от 21.06.2016. URL: <https://patenton.ru/patent/RU2626363C1?ysclid=lrjcpwqt41766366054> (дата обращения: 09.01.2024).