

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ СОРБЦИИ ИОНОВ СВИНЦА(II) НАНОРАЗМЕРНЫМ МАГНЕТИТОМ

Синтезовано магніточутливі сорбенти на основі однодоменного магнетиту. Вивчено розподіл наночастинок магнетиту за розмірами в ансамблі та їх магнітні властивості. Проведено порівняльні дослідження ізотерм і кінетики адсорбції іонів  $Pb^{2+}$  нанорозмірними магнетитом.

**Ключові слова:** адсорбція, магнетит, наноккомпозити, поверхня, адсорбенти.

Синтезированы магниточувствительные сорбенты на основе однодоменного магнетита. Изучено распределение наночастиц магнетита по размерам в ансамбле и их магнитные свойства. Проведены сравнительные исследования изотерм и кинетики адсорбции ионов  $Pb^{2+}$  наноразмерными магнетитом.

**Ключевые слова:** адсорбция, магнетит, наноккомпозиты, поверхность, адсорбенты.

The synthesis was made of the magnetosensitive sorbents based on single-domain magnetite. The investigation was carried out on the size distribution of magnetite nanoparticles in ensemble and their magnetic properties. Comparative investigations were carried out on the isotherms and kinetics of adsorption of  $Pb^{2+}$  ions by nano-sized magnetite.

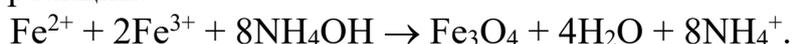
**Keywords:** adsorption, magnetite, magnetosensitive nanocomposites, ions of precious metals.

Использование адсорбентов с магнитными свойствами значительно облегчает задачу разделения и сбора веществ адсорбционным способом [1-3]. Выбор однодоменного магнетита в качестве исходного сорбента обусловлен его уникальными физико-химическими свойствами, возможностями управления движением наночастиц в жидких средах с помощью внешнего магнитного поля, применения на стадиях разделения и извлечения адсорбентов метода магнитной сепарации и другое [2-3].

К особенностям однодоменного состояния магнитных частиц можно отнести однородность намагниченности при любых значениях и направлениях поля  $H$ , возможность существования доменов не только в твердотельных ферро- и ферримагнитных сплавах и соединениях, но и в жидких средах (суспензиях и коллоидах) [1-2].

**Целью настоящей работы** является изучение свойств наноразмерного однодоменного магнетита ( $Fe_3O_4$ ) в качестве магнитоуправляемого сорбента ионов  $Pb^{2+}$  из водных растворов.

Синтез магнетита [3-4] осуществляли методом соосаждения солей железа согласно схеме реакции:



Полученный золь осаждали в магнитном поле, промывали дистиллированной водой.

Методами электронной микроскопии установлено (рис. 1.), что частицы магнетита характеризовались размерами 3 – 23 нм и эллипсоидной формой. Средний размер частиц зависел от условий синтеза, распределением по размерам можно было управлять технологически.

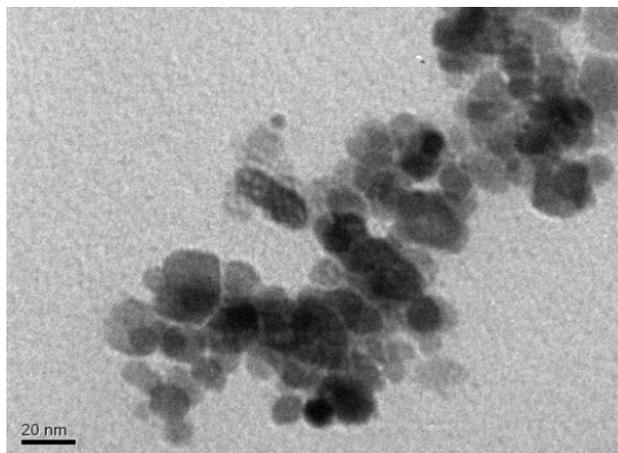


Рис. 1. ПЭМ изображение наноразмерного  $\text{Fe}_3\text{O}_4$

Исследовано, что удельная поверхность синтезированного магнетита, в зависимости от среднего размера частиц, составляла  $S = 90 - 180 \text{ м}^2/\text{г}$  (определено по термодесорбции азота с помощью прибора KELVIN 1042 фирмы “COSTECH Instruments”).

Ансамбли частиц магнетита исследовали методом просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ, Transmission Electron Microscope JEOL 2010).

Гистограмма распределения частиц по размерам ( $N = 217$ ), а также кривая логарифмически нормального распределения показаны на рис 2.

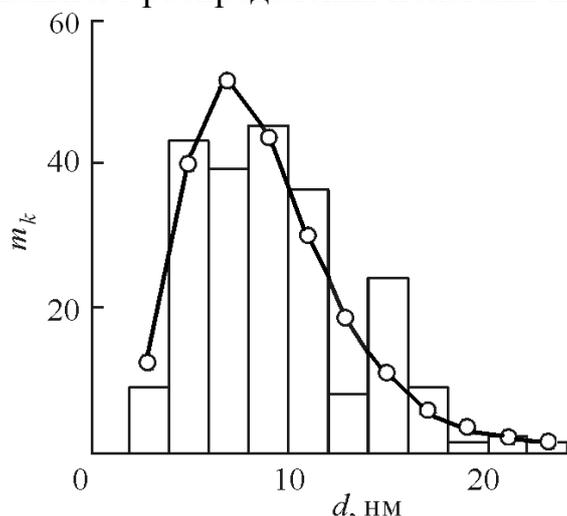


Рис. 2. Гистограмма распределения частиц по размерам и кривая логарифмически нормального распределения с параметрами:  $M(d) = 9,38 \text{ нм}$ ,  $\sigma_d = 3,38 \text{ нм}$ .

По данным ПЭМ диаметр частиц составляет  $d_{\min} = 2,9 \text{ нм}$  и  $d_{\max} = 22,9 \text{ нм}$ .

Растворы  $\text{Pb}^{2+}$  ионов приготавливали в диапазоне концентраций от 10 до 200 мг/л. К 0.03 г сорбента прибавляли 5 мл приготовленного раствора нитратнокислой соли свинца. Адсорбцию осуществляли в статическом режиме в течение 3 часов с использованием шейкера при  $\text{pH} = 7,0 - 7,5$  и комнатной температуре.

Адсорбционную емкость наноструктур определяли измерением концентрации ионов  $Pb^{2+}$  в растворах до и после адсорбции с применением атомно-абсорбционного анализа с помощью спектрофотометра С - 115 М в пламенной смеси ацетилен-воздух.

Емкость адсорбента  $A$  (мг/г) рассчитывали по формуле:

$$A = (C_0 - C_p) \cdot V / m,$$

где  $C_0$  и  $C_p$  – концентрация исходного раствора и раствора после сорбции (мг/л),  $V$  – объем раствора (л),  $m$  – навеска сорбента (г).

Коэффициенты распределения  $E$  (мл/г) ионов  $Pb^{2+}$  между поверхностью наноструктур и раствором, степень извлечения  $R$ , % определяли по формулам:  $E = A / C_p$ ,  $R = [(C_0 - C_p) / C_0] \cdot 100$ , соответственно.

Исследования кинетики адсорбции показывают, что основная часть ионов свинца(II) на поверхности  $Fe_3O_4$  адсорбируется за 10 – 30 минут

На основе экспериментальных результатов построены изотермы адсорбции и вычислены параметры, характеризующие мономолекулярную адсорбцию согласно уравнению Ленгмюра.

Установлено, что адсорбционная емкость, степень извлечения и коэффициент распределения составляют 20,1 мг/г; 60,3 % и 253 мл/г соответственно.

Результаты работы свидетельствуют о перспективности использования наноразмерного магнетита для создания сорбентов ионов и комплексов тяжелых металлов, таких как свинец(II).

#### Литература:

1. A.P. Shpak, P.P. Gorbyk (eds.). *Nanomaterials and Supramolecular Structures: Physics Chemistry, and Applications*. Springer. – 2009. – 420 p.
2. *Наноматериалы и нанокompозиты в медицине, биологии, экологии* / Под ред. А.П. Шпака, В.Ф. Чехуна // Составители П.П. Горбик, В.В. Туров. К: Наук. думка. – 2011. – 444 с.
3. A.L. Petranovska, N.V. Abramov, S.P. Turanska, P.P. Gorbyk, A.N. Kaminskiy N.V. Kusyak. Adsorption of cis-dichlorodiammineplatinum by nanostructures based on single-domain magnetite. // *Journal of Nanostructure in Chemistry: Volume 5, Issue 3 (2015), Page 275-285*.
4. Абрамов М.В., Кусяк А.П., Камінський О.М., Туранська С.П., Петрановська А.Л., Кусяк Н.В., Туров В.В., Горбик П.П. Синтез та властивості магніточутливих поліфункціональних нанокompозитів для застосування в онкології. *Міжвід. зб. наук. пр. «Поверхність» Ін-т хімії поверхні НАН України*. К.: Наукова думка. – 2017. – № 9 (24). – С.165 – 198.