

УДК 544.723.23

## СОРБЦІЯ ЙОННИХ ФОРМ ЗОЛОТА(III) МАГНІТОЧУТЛИВИМ НАНОКОМПОЗИТОМ, ЩО МІСТИТЬ АКТИВНІ МЕРКАПТОГРУПИ

**Камінський Олександр Миколайович**

к.х.н., старший викладач

**Кусяк Наталія Володимирівна**

к.х.н., доцент

Житомирський державний університет імені Івана Франка

м. Житомир, Україна

**Панасюк Дмитро Юрійович**

судовий експерт

Житомирський науково – дослідний

експертно – криміналістичний центр

м. Житомир, Україна

**Анотація:** досліджено сорбцію йонних форм золота(III) магніточутливим наноккомпозитом (НК) типу ядро-оболонка  $Fe_3O_4/DMCK$ . Вивчено ізотерми і кінетику сорбції комплексних йонів  $Au^{3+}$  в залежності від хімічної природи поверхні магніточутливих наноструктур. Встановлено, що кращі адсорбційні параметри спостерігались у НК  $Fe_3O_4/DMCK$  в порівнянні з поверхнею немодифікованого магнетиту, що може бути пояснено процесами комплексоутворення на поверхні між димеркаптогрупами (-SH) та комплексами золота(III), які знаходяться в розчині. Показано перспективність використання багатофункціонального НК  $Fe_3O_4/DMCK$  в якості сорбенту йонних форм  $Au^{3+}$ .

**Ключові слова:** сорбція йонних форм, ізотерма сорбції, сполуки золота(III), магнетит, димеркаптосукцинова кислота (ДМСК), наноккомпозит  $Fe_3O_4/DMCK$

Створення нових поліфункціональних магніточутливих НК і адсорбційних технологій для медичних, біотехнологічних, промислових і екологічних потреб

є актуальним завданням. Як відомо, явище адсорбції складає основу багатьох способів розділення речовин, заснованих на вибіркового концентруванні компонентів газової або рідкої фази на поверхні твердотілого адсорбенту. Вказаний метод є ефективним у багатьох випадках, а особливо в тих, коли інші технології розділення, наприклад із застосуванням перегонки, систем абсорбції або мембранних технологій, виявляються не ефективними, або економічно не вигідними.

Актуальність дослідження пов'язана також з потребою пошуку ефективних сорбційних технологій вилучення та концентрування дорогоцінних металів, таких як платина, золото та срібло, із рідких середовищ. [1, с. 289 – 290].

**Метою даної роботи є:** вивчення впливу природи поверхні магніточутливого нанокompозиту Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/ДМСК на сорбцію комплексів золота(III) з водних розчинів.

Синтез магнетиту [2, с. 165 – 198] здійснювали співосадженням солей Феруму згідно стехіометрії реакції:



Одержаний золь осаджували в магнітному полі, промивали дистильованою водою.

Питома поверхня синтезованого магнетиту складала  $S = 90 \text{ м}^2/\text{г}$ , середній розмір частинок 3 – 24 нм, а кількість реакційноздатних -ОН груп поверхні становила 2,2 ммоль/г.

*Мезо* – 2,3 – димеркаптосукцинова кислота (ДМСК) приєднується до поверхні магнетиту шляхом утворення зв'язку карбоксильної групи з гідроксильною групою згідно схеми реакції:



Наявність ДМСК та утворення оболонки на поверхні магнетиту підтверджено ІЧ-Фур'є спектрометричними дослідженнями і методом рентгенівської фотоелектронної спектроскопії.

Отримані зразки золів наночастинок Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, покритих ДМСК, були стабільними в широких межах рН (3-11), у водних і фосфатних буферних системах агрегації не спостерігалось.

Методом титрування (Кімбола-Крамера-Ріда), заснованим на реакції 2RSH + I<sub>2</sub> → RSSR + 2HI показано, що концентрація активних –SH груп в нанокompозиті Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/ДМСК становить 2,4 ммоль/г (18,5 мкмоль/м<sup>2</sup>) при S<sub>пит</sub> НК 130 м<sup>2</sup>/г [2, с. 165 – 198].

Вихідні розчини Au<sup>3+</sup> готували у діапазоні 10 – 200 мг/л, доводячи до мітки відміряний необхідний об'єм робочого розчину тетрахлоорауратної (III) кислоти ацетатно – аміачним буферним розчином. Сорбцію комплексів золота(III) здійснювали у статичному режимі при рН = 3,5 – 5,0 за кімнатної температури.

Сорбційну ємність нанокompозиту *A* (мг/г) розраховували за формулою:

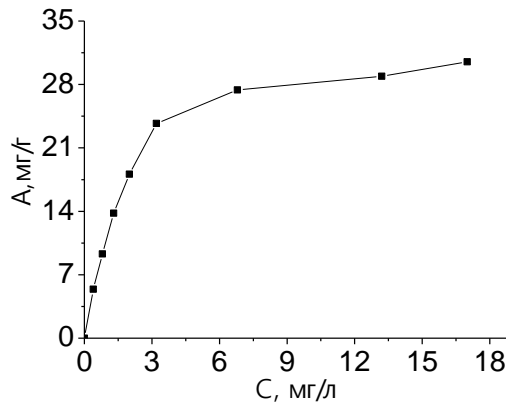
$$A = \frac{(C_0 - C_p) \cdot V}{m}$$

Ступінь вилучення *R*, % визначали за формулою:

$$R = \frac{(C_0 - C_p)}{C_0} \cdot 100\%$$

Встановлено, що значна частина комплексів Au<sup>3+</sup> сорбується за перші 60 – 120 хв від часу контакту розчину на поверхні НК Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/ДМСК. Через 120 хв настає рівновага сорбційного процесу вилучення комплексів Au<sup>3+</sup> з водних розчинів на поверхні Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/ДМСК.

На рис. 1 показано ізотерму сорбції комплексів Au<sup>3+</sup>. Як видно з рисунку, зростання рівноважної концентрації комплексів золота(III) призводить до сорбційного насичення моношару поверхні сорбенту (ізотерма Ленгмюра, *L* – тип). Така форма кривої означає, що такі ізотерми є типовими для мономолекулярної адсорбції, де адсорбований шар розподіляється по всій поверхні товщиною в одну молекулу на енергетично еквівалентних функціональних групах.



**Рис. 1. Ізотерма сорбції комплексів  $Au^{3+}$  з розчину на поверхні  $Fe_3O_4/DMSC$ .**

Адсорбційна ємність комплексів  $Au^{3+}$  (A, мг/г), ступінь вилучення (R, %), а також обраховані коефіцієнти розподілу E (мл/г) при максимальній концентрації вихідного розчину  $C_0 = 200,0$  мг/л, наважки 0,03 г та об'єму 5 мл, становлять: A = 30,5 мг/г, R = 91,5 %, E = 1790 мл/г відповідно. НК  $Fe_3O_4/DMSC$  в порівнянні з поверхнею чистого магнетиту, має дещо кращі адсорбційні характеристики, що показано в табл.1.

**Таблиця 1.**

**Експериментальні дані щодо сорбції комплексів  $Au^{3+}$  з водних розчинів НК  $Fe_3O_4/DMSC$ .**

Комплекси	$Au^{3+}$		
	A, мг/г	R, %	E, мл/г
$Fe_3O_4$	27,3	81,8	750
$Fe_3O_4/DMSC$	30,5	91,5	1790

Одержані результати свідчать про сорбційну активність композиту  $Fe_3O_4/DMSC$ , дещо вищу, в порівнянні з чистим магнетитом, що пояснюється наявністю функціональних SH-груп на поверхні НК та їх здатністю до комплексоутворення з йонними формами  $Au^{3+}$ .

Багатофункціональний магніточутливий НК, що містить активні меркаптогрупи на поверхні, є перспективним при використанні його в якості

сорбенту для вилучення комплексів та йонів  $Au^{3+}$  з різноманітних рідких середовищ.

### Список літератури:

1. Gorbyk P.P., Lerman L.B., Petranovska A.L., Turanska S.P., Pylypchuk Ie.V. Magnetosensitive nanocomposites with hierarchical nanoarchitecture as biomedical nanorobots: synthesis, properties, and application. // *Fabrication and Self-Assembly of Nanobiomaterials, Applications of Nanobiomaterials* / Ed. Grumezescu A. Elsevier. – 2016. – P. 289 – 334.
2. 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). – 165 – 198 с.