

УДК 544.723.2

© Стратійчук А.О., Вигнан Н.М., Кобітович О.М., Халавка Ю.Б., 2014

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича

## ДОСЛІДЖЕННЯ СОРБЦІЇ НАНОЧАСТИНОК CdTe НА ПОВЕРХНІ ДИОКТАЕДРИЧНОГО СМЕКТИТУ

*Експериментально отримано характеристики процесів поглинання наночастинок CdTe з водних розчинів на поверхні диоктаедричного смектиту. Установлено, що застосування «Смекти» ефективно для сорбції з розчинів наночастинок CdTe, стабілізованих тіогліколевою кислотою.*

**Ключові слова:** сорбція, наночастинок CdTe, диоктаедричний смектит, оптична густина, рН розчину, седиментація.

### Вступ

Інтерес до ультрамікрогетерогенних об'єктів різко зростає завдяки численним дослідженням, які показують, що під час переходу від мікро- до наночастинок відбувається якісна зміна багатьох фізико-хімічних властивостей речовин. Розробки з нанотехнологій уже використовуються в електроніці, матеріалознавстві, військовій галузі, біології, енергетиці, сільському господарстві. Нанотехнології забезпечують розвиток нових ефективних способів лікування пацієнтів з різними захворюваннями [1 – 4].

Не менш актуальною є проблема прогнозування й оцінки можливого негативного впливу нових матеріалів і технологій на здоров'я людини та навколишнє середовище; розробка методів вилучення наночастинок з водних розчинів, шляхів виведення їх з організму людини та розробка відповідних стандартів безпеки [5].

Це зумовило мету нашого дослідження – дослідити адсорбційні властивості диоктаедричного смектиту по відношенню до наночастинок CdTe з водних розчинів.

### Експериментальна частина

Нанокристали CdTe в колоїдному розчині синтезовані за методикою [6], мали негативний поверхневий заряд, зумовлений дисоціацією карбоксильних груп молекул стабілізатора – тіогліколевої кислоти (рис. 1). Установлені за спектром поглинання середній діаметр наночастинок та їх концентрації склали відповідно 2,6 нм та  $4,8 \cdot 10^{-6}$  моль частинок/л.

Вибір сорбенту обґрунтовано даними про його фармакологічні властивості. Діосмектит (Смекта, Beaufour Ipsen Pharma, Франція) – ентеросорбент, що містить природний диоктаедричний смектит – змішаний силікат алюмі-

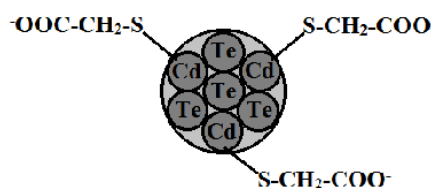


Рис. 1. Будова наночастинок CdTe, стабілізованої тіогліколевою кислотою [6]

нію і магнію  $(\text{Na/Ca})_{0.33}(\text{Al/Mg})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot (\text{H}_2\text{O})_2$  (за іншими даними – змішаний оксид кремнію і алюмінію  $(\text{Al/Si})_3\text{O}_4$ ) [7]. Він адсорбує та виводить різні токсини, віруси, бактерії, а також чинить обволікаючу дію; показаннями є симптоматичне лікування гострої та хронічної діареї, запальні захворювання шлунку та кишечника [7]. Питома поверхня диоктаедричного смектиту  $100 \text{ м}^2/\text{г}$  [8]. Для визначення розподілу частинок диоктаедричного смектиту за розміром проводили седиментаційний аналіз у гравітаційному полі шляхом неперервного зважування седиментаційного осаду на торсійній вазі Waga Torsyina [9].

Для центрифугування розчинів використовували центрифугу для мікрооб'ємів Hettich Mikro 12 – 24. Центрифугування проводили протягом 2 хв за 5500 – 6000 об/хв.

За допомогою універсального індикатора визначали зміну рН розчинів. Електропровідність розчинів CdTe вимірювали за допомогою кондуктометра LIDA 520 Conductivity/°C Meter. За допомогою спектрометра USB2000+ UV-VIS-NIR досліджували спектри поглинання робочих розчинів. Охоплюваний ним діапазон довжин хвиль складав 400 – 1100 нм. Значення спектрів поглинання фіксували за допомогою програми Ocean Optics.

Розрахунки та побудову графічних залежностей проводили за допомогою програми Origin Lab.

Сорбцію вивчали у статичних умовах за 15 – 18 °С і періодичному перемішуванні. Для її дослідження взято різні наважки диоктаедричного смектиту на 10 мл розчину Кадмій Телуриду (0,666 г; 0,495 г; 0,333 г; 0,165 г; 0,066 г).

У результаті проведеного седиментаційного аналізу встановлено, що радіус частинок використаного нами диоктаедричного смектиту, вміст яких переважає у порошку, дорівнює 9,45 мкм (рис. 1, 2)

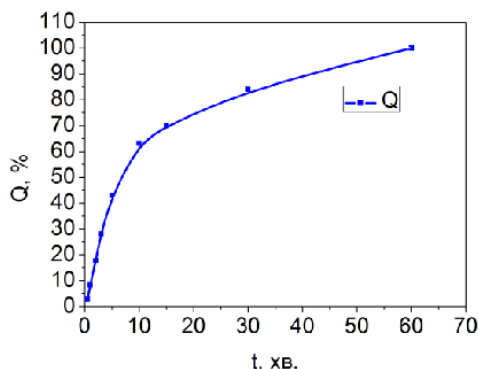


Рис. 1. Залежність маси седиментаційного осаду диоктаедричного смектиту від часу осідання

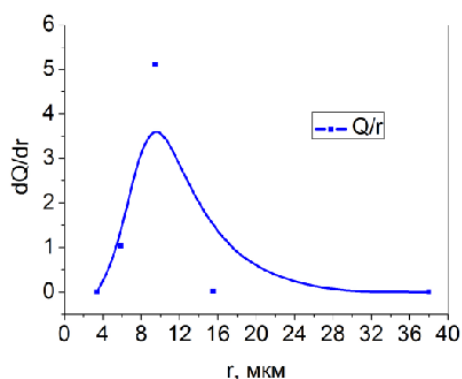
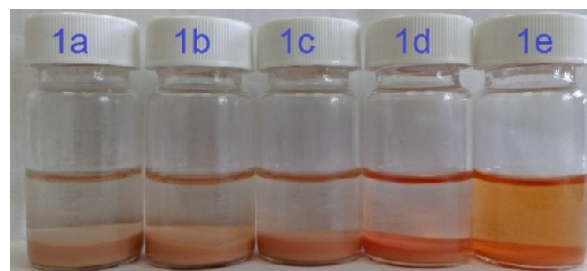


Рис. 2. Диференціальна крива розподілу частинок диоктаедричного смектиту

### Результати та обговорення

Встановлено, що октаедричний смектит є ефективним сорбентом наночастинок кадмій телуриду з колоїдних розчинів. Після декантації осад смектиту набуває рівномірного забарвлення характерного для наночастинок, що свідчить, про збереження квантово-розмірних ефектів, а отже, рівномірну сорбцію наночастинок на поверхні сорбента і відсутність процесів агрегації частинок під час сорбції. (рис. 3)

Уже на перших хвилинах експерименту спостерігалось різке зменшення оптичної густини колоїдних розчинів CdTe (рис. 4, 5).



| Нумерація зразка | Наважка «Смекта», г |
|------------------|---------------------|
| 1a               | 0,666               |
| 1b               | 0,495               |
| 1c               | 0,333               |
| 1d               | 0,165               |
| 1e               | 0,066               |

Рис. 3. Сорбція наночастинок кадмій телуриду на поверхні смектиту

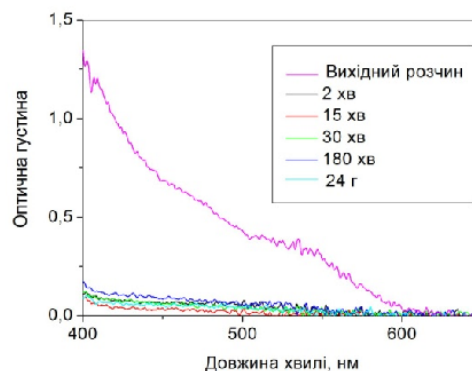


Рис. 4. Зміна спектрів поглинання розчинів з часом для наважки диоктаедричного смектиту 0,495 г

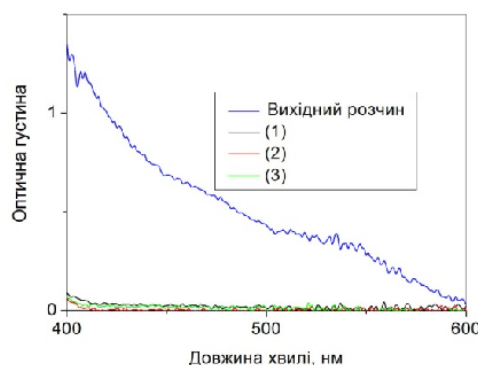


Рис. 5. Зміна спектру поглинання розчинів CdTe через 15 хв після змішування для наважки диоктаедричного смектиту 0,666 г

Для оцінки кількості залишкової концентрації кадмій телуриду в розчині та ефек-

тивності сорбції використовували значення оптичної густини на довжині хвилі 450 нм. Виявлено, що сорбція наночастинок Кадмій Телуриду, стабілізованих тіогліколевою кислотою, відбувається дуже швидко – до 0,5 години, і лімітується лише співвідношенням  $[CdTe]_m$  (сметиту). Злам на кривій залежності оптичної густини на довжині хвилі 450 нм, дозволяє встановити, що для повної сорбції наночастинок CdTe з досліджуваних розчинів достатньо 0,2 – 0,3 г диоктаедричного сметиту, що відповідає поверхні в 20 – 30 м<sup>2</sup> для 10 мл розчину наночастинок (рис. 6). Орієнтовні розрахунки показують, що на сорбцію однієї частинки потрібно близько 700 нм<sup>2</sup>, що добре узгоджується з експериментальними даними і не виключає можливості додаткової сорбції менших частинок (іонів та молекул) на поверхні. Значна відстань між частинками на поверхні сорбенту, очевидно, пов'язана з їх відштовхуванням завдяки сильному поверхневому заряду.

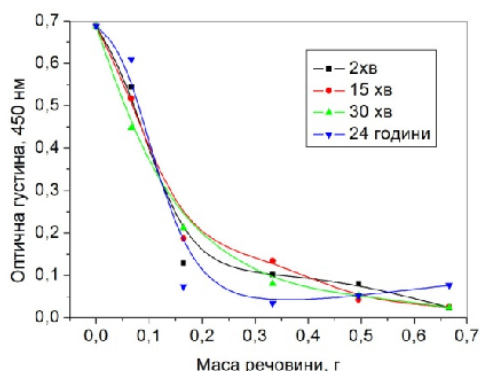


Рис. 6. Зміна спектрів поглинання розчинів CdTe від маси сорбенту диоктаедричного сметиту.

Для пояснення причини механізму сорбції наночастинок важливо зрозуміти, чи агрегація частинок кадмій телуриду та сметиту відбувається безпосередньо, чи вона зумовлена зміною іонного складу дисперсної системи.

Дослідження зміни рН та електропровідності колоїдних розчинів CdTe у часі з різними наважками сорбенту (рис. 7, 8) показали синхронність зменшення цих параметрів.

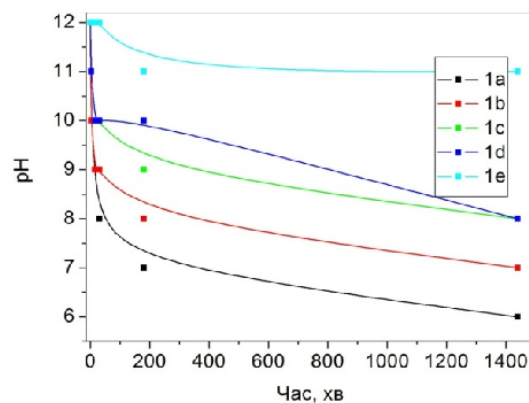


Рис. 7. Зміна рН розчинів у часі для різних наважок диоктаедричного сметиту: 1а – 0,666 г; 1b – 0,495 г; 1с – 0,333 г; 1d – 0,165 г; 1е – 0,066 г

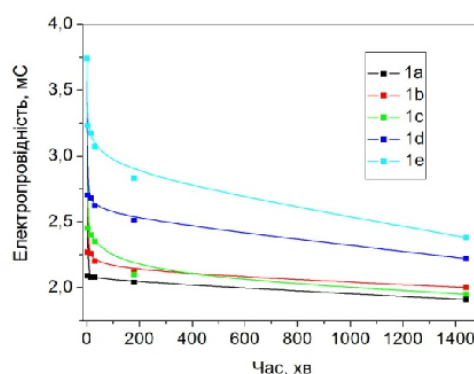


Рис. 8. Зміна електропровідності розчинів у часі для різних наважок диоктаедричного сметиту: 1а – 0,666 г; 1b – 0,495 г; 1с – 0,333 г; 1d – 0,165 г; 1е – 0,066 г

Проте, на відміну від наночастинок, іони продовжують сорбуватися на поверхні сметиту протягом тривалого часу. З часом як рН, так і питома електропровідність розчинів над сорбентом продовжують зменшуватися пропорційно до маси сорбенту (рис. 8, 9).

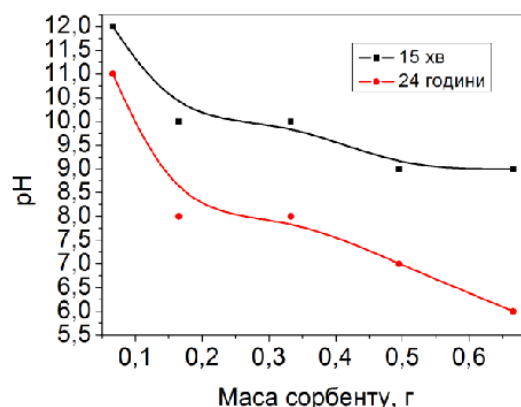


Рис. 8. Зміна рН розчинів від маси сорбенту диоктаедричного сметиту

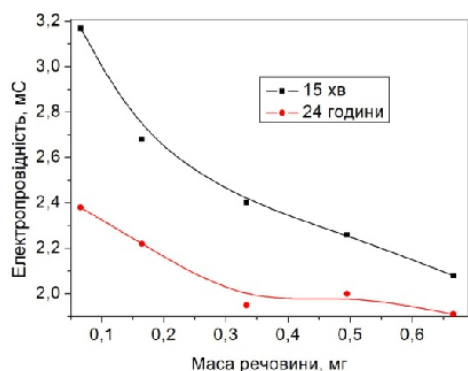


Рис. 9. Зміна електропровідності розчинів від маси сорбенту диоктаедричного смектиту

Це свідчить про те, що в процесі сорбції не спостерігається явно вираженої конкуренції між адсорбційною здатністю наночастинок, іонів і молекул стабілізатора. Спочатку сорбуються наночастинок, а потім інші компоненти – іони, молекули стабілізатора тощо. Оскільки сорбція іонів відбувається також у системах з поверхнею сорбенту, вже насиченою наночастинками, то вона здійснюється на інших активних центрах поверхні. Відмітність у швидкості адсорбції наночастинок та інших компонентів розчину можна використовувати для визначення числа нанопор на поверхні сорбенту.

### Висновки

Проведені експериментальні дослідження сорбції на поверхні диоктаедричного смектиту наночастинок CdTe, стабілізованих тіогліколевою кислотою, показують, що процес відбувається дуже швидко, адсорбуються всі іони, що присутні у розчині.

Показана можливість визначення числа нанопор на поверхні сорбенту завдяки відмітності у швидкостях сорбції наночастинок та інших компонентів розчину. Установлено, що для повної сорбції наночастинок CdTe з досліджуваних розчинів достатньо 0,2 – 0,3 г диоктаедричного смектиту.

Застосування диоктаедричного смектиту є ефективним способом вилучення наночастинок CdTe з відпрацьованих розчинів або виведення їх з організму.

### Acknowledgment

This publication is based on the work supported by a grant from the U.S. Civilian Research & Development Foundation (CRDF Global) (Grant agreement UKC2-7071-CH-12)

with funding from the United States Department of State and Ministry of Science and Education of Ukraine (Grant Agreement № M85-2014. The opinions, findings and conclusions stated herein are those of the author(s) and do not necessarily reflect those of CRDF Global or the United States Department of State.

### Список літератури

1. Сумм Б. Д., Иванова Н. И. Коллоидно-химические аспекты нанохимии – от Фарадея до Пригожина // Вестн. Моск. Ун-та. Сер. Химия. – 2001. – Т. 42. – № 5. – С. 300 – 305.
2. Чекман І.С. Нанонаука: перспективи наукових досліджень // Наука та інновації. – 2009. – Т. 5, № 3. – С. 89 – 93.
3. Hoet P. M., Bruske-Hohlfeld I., Salata O. V. Nanoparticles – known and unknown health risks // Journal of nanobiotechnology. – 2004. – 2:12.
4. Kagan V. E., Bayir H., Shvedova A. A. Nanomedicine and nanotoxicology: two sides of the same coin // Nanomedicine: nanotechnology, biology and medicine. – 2005. – № 1. – P. 313 – 316.
5. Глушкова А. В., Радилов А. С., Рембовский В. Р. Нанотехнологии и нанотоксикология – взгляд на проблему // Токсикологический вестник. – 2007. – № 6. – С. 4 – 8.
6. Компендиум 2007 – лекарственные препараты: в 2 т. [Под ред. В. Н. Коваленко, А. П. Викторова] – К. : МОРИОН, 2007. – С. Л-1313 – Л-1314.
7. Гаев П. А. Энтеросорбент «Полисорб МП» – свойства, области применения (информационное сообщение) [Электронный ресурс]/ П. А. Гаев. – Режим доступа: <http://www.publikat.ru>
8. Халавка Ю. Б. Синтез і властивості нанокристалів CdS і CdTe. /Дисертація на здобуття наукового ступеня к. х. н. за спец. 02.00.21 – хімія твердого тіла. – Чернівці, 2010. – 164 с.
9. Сліпенюк Т.С. Колоїдна хімія: Методичні рекомендації до лабораторних робіт / Т.С. Сліпенюк, С.Д. Борук, О.М. Кобітович. – Чернівці: Чернівецький нац. ун-т, 2010. – 36 с.

### Summary

**Stratiychuk A. O., Vygnan N. M., Kobitovych O. M., Khalavka Yu. B.**

#### **STUDY OF SORPTION OF CdTe NANOPARTICLES ON THE SURFACE OF SMECTITE**

We have studied CdTe nanoparticles absorption processes on the surface of smectite. It was determined that smectite is effective for the sorption of CdTe nanoparticles, stabilized by thioglycolic acid, from solutions.

Key words: sorption, nanoparticle CdTe, smectite, optical density, pH, sedimentation.