

ВИЛУЧЕННЯ КАТІОНІВ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ З ВОДНИХ РОЗЧИНІВ ПОВЕРХНЕЮ ОКСИДНИХ КОМПОЗИТІВ

Остропілець Б.І., Завязун А.М., Кусяк Н.В., Камінський О.М.

Житомирський державний університет імені Івана Франка,

azavyazun1704@yandex.ru

У сучасних технологіях оксидні матеріали займають одне з провідних місць. Індивідуальні та складні оксиди широко використовуються у промисловості, медицині, нанoeлектроніці тощо [1,2]. Одним із важливих напрямків їх застосування є одержання ефективних сорбційних матеріалів на їх основі, оскільки вони залишаються хімічно стабільними у широкому діапазоні значень рН та в агресивних середовищах, а також достатньо доступними, недорогими і підлягають модифікуванню. Оксиди багатовалентних металів, маючи властивості амфолітів і здатні до поглинання як катіонів так і аніонів, можуть відігравати роль головної іонообмінної складової у складних композиційних матеріалах, що використовуються в сорбційних технологіях.

Катіони важких металів, потрапляючи у водне середовище, вступають у взаємодію з іншими компонентами середовища, утворюючи гідратовані іони, оксогідрати, іонні пари, комплексні неорганічні і органічні сполуки. Багато важких металів утворюють так звані синергетичні суміші, які чинять токсичну дію, що значно перевищує суму дій окремих компонентів. Поведінка важких металів у реальних середовищах складна і малодосліджена. Саме тому залишаються актуальними дослідження поведінки іонів металів у водних розчинах та на межі фаз розчин-тверда речовина. А оскільки природні оксиди входять до складу багатьох мінералів, інтерес представляє детальний аналіз адсорбційної активності кожного оксиду щодо катіонів і, що особливо, дослідження десорбційних процесів, оскільки для сорбенту є важливим крім адсорбції його іону, його утримання. З іншого боку безцінною якістю сорбента, що використовується, є можливість його багаторазового використання.

Метою нашого дослідження стало дослідження адсорбційних властивостей оксидів SiO_2 , Al_2O_3 , TiO_2 та Fe_xO_y щодо іонів Pb^{2+} та Cu^{2+} в умовах водних розчинів. У даній роботі використовували порошкоподібні оксиди SiO_2 , Al_2O_3 , TiO_2 , Fe_2O_3 , Fe_3O_4 марки «хч» та водні розчини солей $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$.

Дослідження впливу рН здійснювали у статичному режимі за кімнатної температури. Наважки сорбентів оксидів (0,1 г) заливали розчинами іонів ($\text{C}(\text{Pb}^{2+}) = 24$ мг/л, $\text{C}(\text{Cu}^{2+}) = 23$ мг/л), V-5мл в діапазоні рН = 3,5-6,6 для іонів Pb^{2+} та 1,68-10,1 для іонів Cu^{2+} . В якості буферного розчину використовували стандартні буферні розчини. Для дослідження кінетики адсорбції наважку сорбенту (0,1 г) заливали розчинами V-5 мл ($\text{C}(\text{Pb}^{2+}) = 19$ мг/л при рН-5,1, $\text{C}(\text{Cu}^{2+}) = 17,6$ мг/л при рН-5,6). Час контакту - 15-150 хвилин. З метою встановлення адсорбційної ємності і побудови ізотерм готували розчини з концентраціями Pb^{2+} в межах 0,2-106 мг/л, Cu^{2+} - 0,8-84 мг/л. Наважки композитів (0,1 г) заливали розчином відповідної концентрації (V-5 мл). Адсорбцію здійснювали у статичному режимі за кімнатної температури. Десорбцію іонів проводили на зразках сорбентів після адсорбції. Досліджували процеси десорбції в водному розчині та 0,1 н розчині HCl . Зразок оксиду заливали водою або розчином HCl (V=50 мл) через певні проміжки часу відбирали проби по 5 мл. Вимірювання концентрації іонів здійснювали на атомно-адсорбційному спектрофотометрі С - 115 М1 у полум'яній суміші ацетилен-повітря при відповідних довжинах хвиль ламп ($\lambda_{\text{Pb}} = 283,3$ нм, $\lambda_{\text{Cu}} = 324,7$ нм). Розчини для калібрування приладу виготовили з стандартних розчинів. Розчин від сорбентів після адсорбції відділяли фільтруванням.

В цілому, із експериментальних даних видно, що оптимальний час контакту оксидів з розчином Pb^{2+} становить 20-40 хвилин (рис. 1, а), а рН - 5,1 (рис. 1, б). Для Cu^{2+} оптимальний час контакту 40 хвилин, а рН = 5,6. Можна припустити [3,4], що в умовах максимальної адсорбційної ефективності Pb^{2+} та Cu^{2+} в розчині катіони перебувають практично лише у катіонних формах аквакомплексів $[\text{Pb}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$ та $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$.

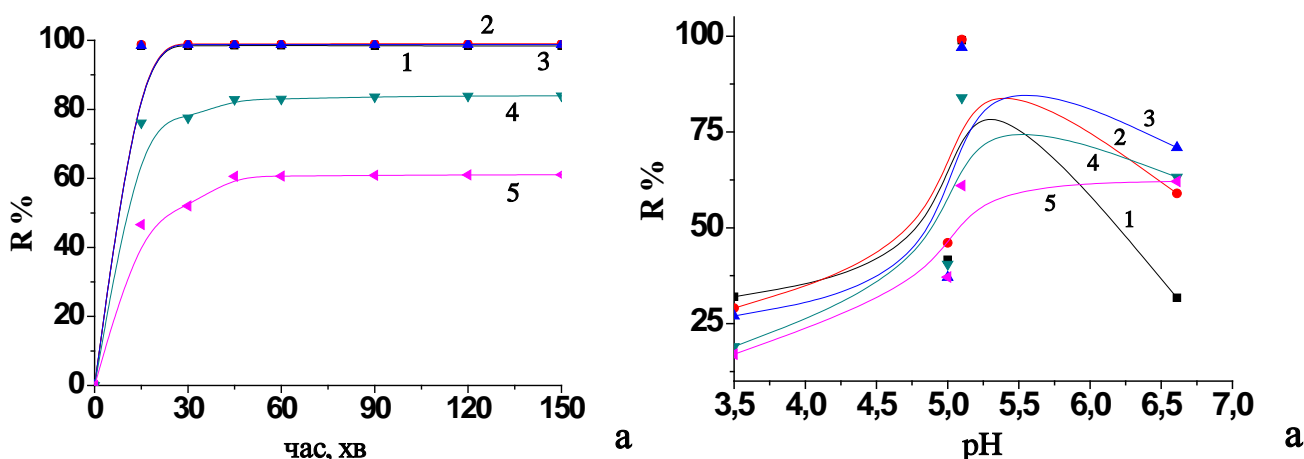


Рис. 1 Кінетика адсорбції (а) та залежність ступеня вилучення від рН середовища (b) іонів Pb^{2+} на поверхнях SiO_2 (1) Al_2O_3 (2), TiO_2 (3), Fe_2O_3 (4), Fe_3O_4 (5) з водного розчину

В межах дослідних концентрацій Pb^{2+} (рис. 2) та Cu^{2+} адсорбційного насичення всіх поверхонь щодо вказаних іонів не відбувається, що в свою чергу відкриває перспективи для використання цих оксидів для вилучення вказаних іонів металів з водних розчинів при значно більших концентраціях. SiO_2 та Al_2O_3 для іонів Pb^{2+} та Al_2O_3 для іонів Cu^{2+} характеризуються найбільшими значеннями адсорбційної ємності та ступеня вилучення, тоді як для Fe_3O_4 ці показники для Pb^{2+} та Cu^{2+} мають найменші значення.

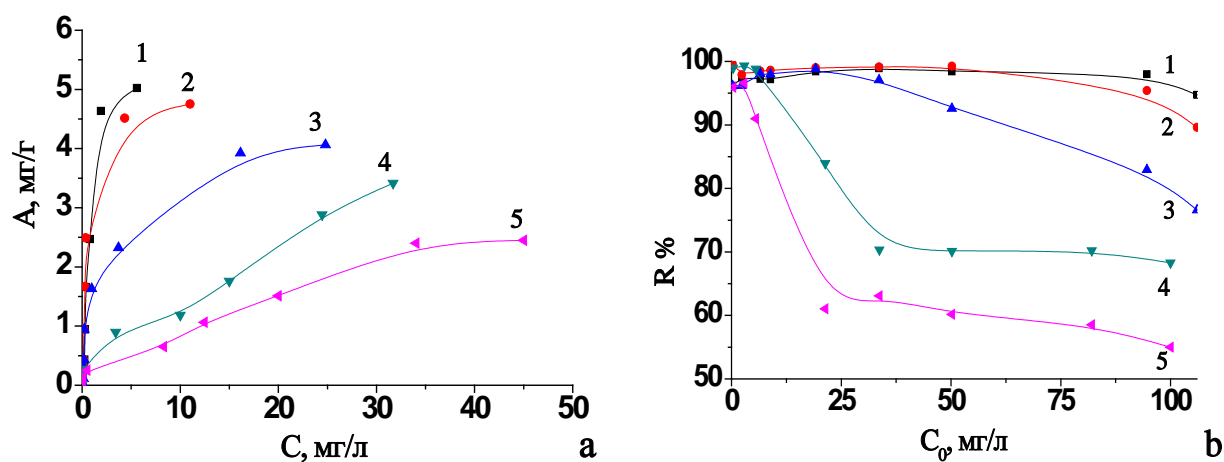


Рис. 2 Ізотерма адсорбції (а) та ступінь вилучення (b) іонів Pb^{2+} на поверхнях SiO_2 (1) Al_2O_3 (2), TiO_2 (3), Fe_2O_3 (4), Fe_3O_4 (5) з водного розчину

Дослідження процесів десорбції дозволяє зробити припущення про значну частку ковалентного зв'язку між поверхнею адсорбента та сполуками Pb^{2+} (рис. 3) та Cu^{2+} в розчині. Десорбція іонів Pb^{2+} та Cu^{2+} з поверхонь всіх оксидів в водному середовищі не відбувається, тоді як вона спостерігається в кислому розчині.

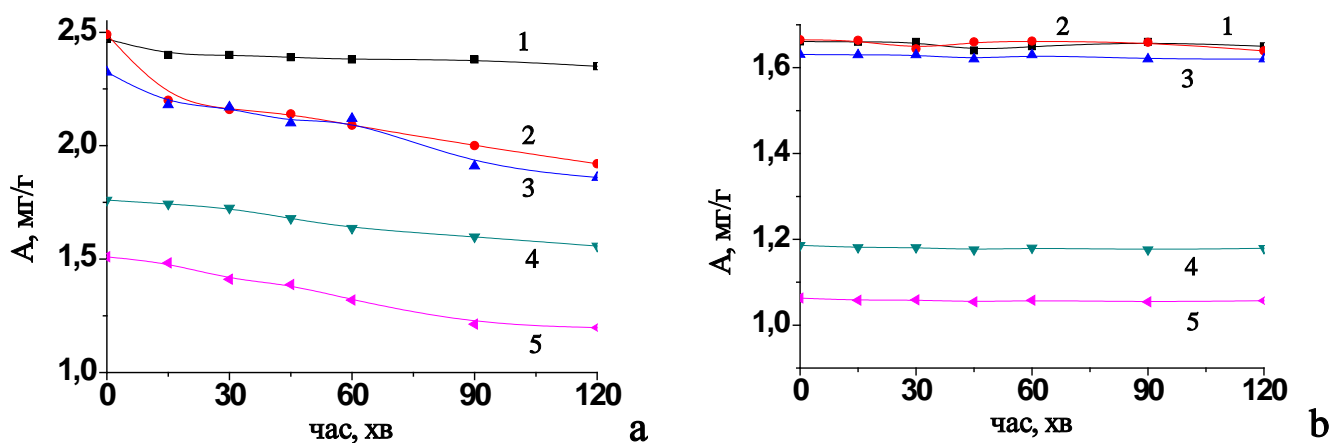


Рис. 3 Десорбція іонів Pb^{2+} в кислому (0,1 М) HCl (а) та водному (б) розчинах на поверхнях SiO_2 (1) Al_2O_3 (2), TiO_2 (3), Fe_2O_3 (4), Fe_3O_4 (5)

1. Gun'ko V.M., Zarko V.I., Leboda R., Chibowski E. Aqueous suspension of fumed oxides: particle size distribution and zeta potential// Advances in Colloid and Interface Science.- 2001.- V.91.- P. 1-112.

2. Гунько В.М., Миронюк І.Ф., Челядин В.Л., Ільницький Р.В., Коцюбинський В.О., Гергель Т.В., Лобода Р., Скубішвська-Земба Я.. Структурні і адсорбційні властивості пірогенних оксидів TiO_2 , $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ та $\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ // Фізика і хімія твердого тіла.-2007.- Т.8,№2.-С.321-326.

3. Nriagu J. O. The biogeochemistry of lead in the environment. Elsevier/North-Holland Biomedical Press, Amsterdam.- 1978.- 397 p.

4. Подчайнова В.Н., Смирнова Л.Н.. Медь (Аналитическая химия элементов).-1990.-279 с.