

УДК 544.622

## ЕЛЕКТРОРЕГЕНЕРАЦІЯ ПОЛІМЕРНОГО АНІОНІТУ, МОДИФІКОВАНОГО НАНОЧАСТИНКАМИ ГІДРАТОВАНОГО ДІОКСИДУ ЦИРКОНІЮ

Студ. І.В. Федіна, гр. БТЕ-15,  
Науковий керівник, пров.н.с. Ю.С. Дзязько<sup>1</sup>  
Науковий керівник доц. Ю.В. Борисенко<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В.І. Вернадського НАН України

<sup>2</sup>Київський національний університет технологій та дизайну

**Мета і завдання.** Мета роботи – оцінка інтенсивності транспорту аніонів  $\text{HCrO}_4^-$  в орґано-неорґанічному іоніті на основі аніонообмінної смоли, модифікованої наночастинками гідратованого діоксиду цирконію.

Завдання – розробка методу синтезу орґано-неорґанічного іоніту, дослідження електрорегенерації його хромат-заміщеної форми, визначення коефіцієнту дифузії сорбованих іонів.

**Об'єкт дослідження.** Сильноосновна гелева аніонообмінна смола АВ-17 (виробництва ДП “Смоли”, м. Кам'янське), модифікована неорґанічним іонітом – гідратованим діоксидом цирконію.

Аніонообмінна функція смоли забезпечується за рахунок четвертинних аміногруп, іоніти такого типу застосовуються для знесолення води, зокрема для її пом'якшення, видалення токсичних неорґанічних та орґанічних іонів, зокрема радіонуклідів, вилучення цінних компонентів із рідких стоків, для аналітичного визначення іонів (попереднє концентрування) тощо. Гідратовані оксиди багатовалентних металів, напевно, єдиний клас неорґанічних сорбентів, які виявляють аніонообмінні властивості, що реалізуються як у кислому, так і в нейтральному середовищах.

**Методи та засоби дослідження.** Застосовували методи осадження (модифікування іонообмінної смоли), трансмісійної електронної мікроскопії (вивчення морфології інкорпорованих частинок), імпедансної спектроскопії (дослідження електропровідності смоли), електромембранної регенерації (визначення коефіцієнту дифузії сорбованих іонів), атомної абсорбції (аналіз розчинів).

### **Наукова новизна та практичне значення отриманих результатів.**

Розроблено спосіб модифікування аніонообмінної смоли, який передбачає утворення неагрегованих наночастинок неорґанічного іоніту безпосередньо у фазі смоли. Перевагою отриманого іоніту перед не модифікованою смолою є більш висока швидкість переносу іонів  $\text{HCrO}_4^-$ . Такий спосіб може бути застосований і для осадження гідратованих оксидів інших металів в іонообмінних полімерах інших класів. Можна передбачити, що орґано-неорґанічний іоніт демонструватиме пришвидшений перенос інших іонів, як орґанічних, так і неорґанічних. Іоніт може бути використаний як для електромембранних процесів в якості наповнювача міжмембранного простору, так, вірогідно, і для традиційних іонообмінних.

**Результати дослідження.** Як видно з ТЕМ-зображення (рис. 1), осаджені у полімері неорґанічні частинки є неагрегованими, їх розмір становить 3-5 нм. Наночастинки розташовані досить близько одна до одної, проте вони не утворюють агрегати, а є ізольованими. Електрорегенерація зразків (перехід з хромат-заміщеної форми у гідроксильну) відбувалася в режимі стабілізації напруги. Контролювали вміст  $\text{HCrO}_4^-$  у розчині, який циркулював через електродні камери, що були відділені від шару іоніту іонообмінними мембранами. контролювали атомно-абсорбційним методом.

Рис. 2 ілюструє залежності кількості молей Cr(VI) у концентраті від часу. Видно, що збільшення напруги призводить до інтенсифікації переносу.

Для кількісної оцінки коефіцієнту дифузії сорбованих іонів, із залежностей  $n_{Cr-t}$  знаходили похідну, яка відповідає  $t=0$ . Потік іонів,  $N$ , дорівнює:

$$N = \frac{1}{S} \frac{dn}{dt}, \quad (1)$$

де  $S$  – ефективна площа мембрани. З іншої сторони, початковий потік іонів у шарі іоніту становить:

$$N = \frac{DzF}{RT} C \text{grad}E, \quad (2)$$

де  $D$  – рухливість іонів в іоніті,  $C$  – їх концентрація іонів в одиниці об'єму іоніту,  $\text{grad}E$  – спад напруги в шарі іоніту,  $z$  – заряд,  $R$  – універсальна газова стала,  $T$  – температура,  $F$  – стала Фарадея. Із рівнянь (1) та (2) визначено коефіцієнти дифузії сорбованих іонів, які становлять  $1.84 \times 10^{-12}$  (немодифікована смола) та  $4.12 \times 10^{-12} \text{ м}^2 \text{с}^{-1}$  (композит) відповідно.

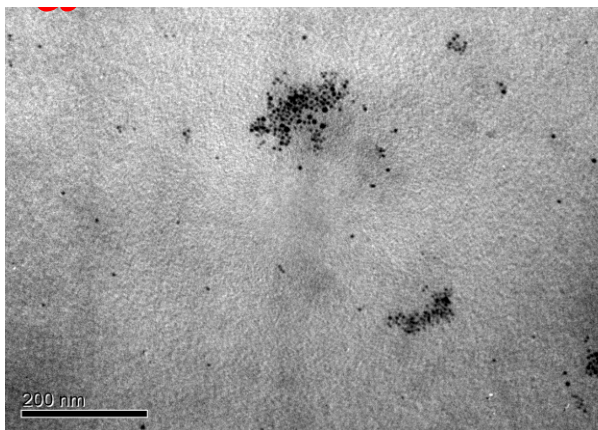


Рисунок 1 – ТЕМ зображення наночастинок неорганічного іоніту, інкорпорованих до аніонообмінної матриці

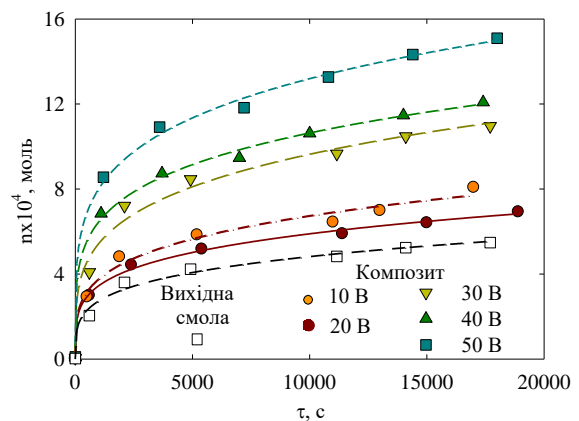


Рисунок 2 – Кількість молей  $\text{H}_2\text{CrO}_4$  у відділеннях концентрування як функція часу

Отже, нанорозмірність модифікатору забезпечує пришвидшений перенос сорбованих іонів у композиційному іоніті. Іншими словами, наночастилки пришвидшують швидкість як сорбції (під впливом градієнту концентрації), та і міграції (під впливом градієнту потенціалу).

**Висновки.** З точки зору морфології, відмінністю орґано-неорґанічного аніоніту перед відомими є стан інкорпорованого гідратованого діоксиду цирконію: наночастилки (3-6 нм) знаходяться у полімерній матриці тільки у неаґрегованій формі. Напевно, стан наночастинок зумовлює підвищений коефіцієнт дифузії сорбованих іонів у порівнянні з немодифікованою іонообмінною смолою, оскільки, як відомо, аґреговані частинки уповільнюють сорбцію. Більш того, відсутність аґрегації, напевно, обумовлює відтворюваність функціональних властивостей орґано-неорґанічних іонітів. Іоніт може бути рекомендовано для видалення слідових кількостей токсичних аніонів із розчинів природного, зокрема біогенного, та техногенного походження. Для цього можуть бути застосовані як електромембранний метод, так і, напевно, традиційний іонний обмін.

**Ключові слова:** орґано-неорґанічний аніоніт, гідратований діоксид цирконію, наночастилки, електрорегенерація, хромат.