

## СИНТЕЗ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ КОМПОЗИТІВ НА ОСНОВІ ПІРОГЕННОГО КРЕМНЕЗЕМУ З ІММОБІЛІЗОВАНИМИ НАНОЧАСТИНКАМИ ЦИНК ОКСИДУ

*Козакевич Р.Б., Севостьянов С.В., Маркітан О.В.,*

*Оранська О.І., Горніков Ю.І., Тьортих В.А.*

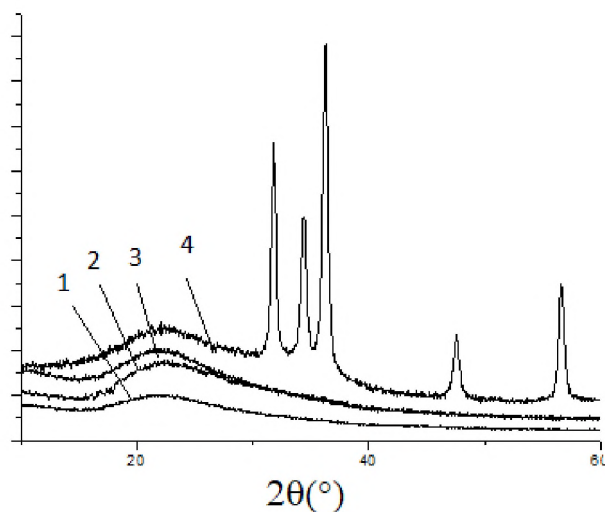
Інститут хімії поверхні ім. О.О.Чуйка НАН України, Київ, Україна, [kozakevych@gmail.com](mailto:kozakevych@gmail.com)

Високодисперсні кремнеземи з хімічно модифікованою поверхнею широко застосовуються як активні наповнювачі полімерів і ефективні загусники дисперсійних середовищ [1]. Поєднання властивостей полімерної матриці та кремнеземного наповнювача в сприятливих випадках покращує експлуатаційні властивості композитів, що робить їх привабливими конструкційними матеріалами [2]. Проте часто такі полімерні композити залишаються чутливими до впливу атмосферних факторів. Зокрема, під впливом ультрафіолетового випромінювання композити можуть змінювати колір, починають кришитися та розтріскуватися. Для УФ-захисту до складу полімерних матеріалів вводять спеціальні добавки (УФ-стабілізатори), які практично не змінюють прозорості полімеру у видимій області спектру, але інтенсивно поглинають світло в УФ-області [3]. Для цього використовуються різноманітні дисперсні наповнювачі, проте одним із перспективних залишається оксид цинку [4].

В цій роботі досліджували композити на основі пірогенного кремнезему, що містять наночастинки цинк оксиду. Формування нанорозмірних частинок цинк оксиду проводили шляхом просочення пірогенного кремнезему А-300 спиртовим розчином ацетату цинку  $Zn(CH_3COO)_2 \cdot 2H_2O$  з подальшою температурною обробкою при  $600^\circ C$ . Вміст цинк оксиду складав 0.02, 0.2, 2 та 10 ммоль на 1 г пірогенного кремнезему.

Структурні дослідження одержаних зразків виконували на дифрактометрі ДРОН-4-07 (С.-Петербург, Росія) у фільтрованому нікелем  $CuK_\alpha$  випромінюванні ( $\lambda=0.15418$  нм) з геометрією  $\theta-2\theta$ , у кутовому інтервалі  $10-60^\circ$ .

Згідно з даними рентгенофазового аналізу (рис. 1) спектр зразка кремнезему з іммобілізованими наночастинками цинк оксиду у кількості 0.02, 0.2 і 2 ммоль/г не містять характерних для кристалічної решітки рефлексів, наявне лише аморфне гало, що властиве для пірогенного кремнезему. При подальшому збільшенні концентрації оксиду до 10 ммоль/г проявляються дифракційні піки в кутових положеннях  $2\theta = 32^\circ, 34^\circ, 47^\circ$  та  $56^\circ$ , які є характерними для кристалічної структури  $ZnO$ . Порівнюючи інтенсивності піків та їх положення щодо кутів дифракції  $2\theta$  зі значеннями, наведеними в JCPDS для рентгенівської дифракції оксиду цинку, було виявлено, що даний зразок має гексагональну решітку [5].

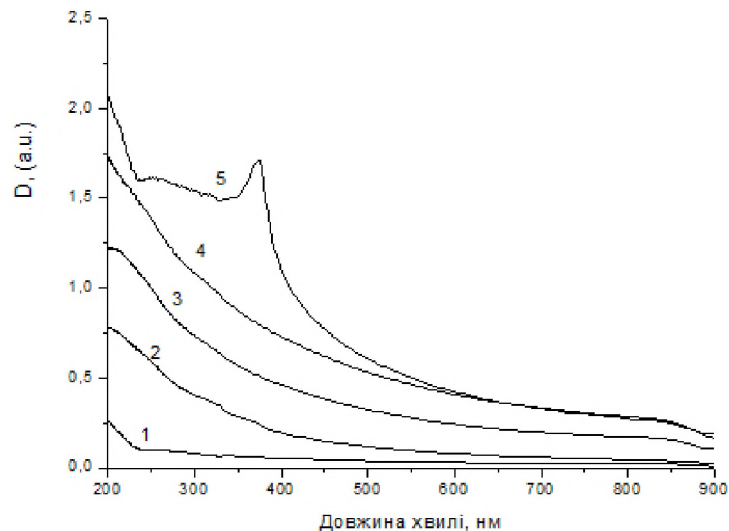


**Рис. 1** Дифрактограми кремнеземів, що містять цинк оксид у кількості 0.02, 0.2, 2 та 10 ммоль/г (1-4 відповідно)

На основі одержаних зразків композитів пірогенного кремнезему з іммобілізованими наночастинками цинк оксиду було приготовлено водні дисперсії для визначення пропускнув здатності видимого та ультрафіолетового світла.

Спектрофотометричні дослідження водних дисперсій пірогенного кремнезему та одержаних на його основі зразків, що містять цинк оксид, проводили на спектрофотометрі Specord M-40 (Carl Zeiss Jena, Germany) в спектральному діапазоні 200 - 900 нм.

Спектри відповідних композицій представлені на рис. 2. Контрольна дисперсія пірогенного кремнезему А-300 не поглинає світло у всьому проміжку довжин хвиль. Для зразків, що містять у своєму складі цинк оксид, поглинання збільшується в УФ області спектру, причому при зменшенні концентрації ZnO поглинання зменшується.



**Рис. 2** УФ та видима область спектру поглинання водних дисперсій пірогенного кремнезему (1) та кремнеземів, що містять цинк оксид у кількості 0.02, 0.2, 2 та 10 ммоль/г (2-5 відповідно)

Показано, що дисперсія на основі зразку кремнезему із вмістом ZnO 10 ммоль/г демонструє пропускання в діапазоні довжин хвиль 400-900 нм, яке значною мірою зменшується в УФ-області з максимумом в районі 376 нм.

Таким чином, методами рідиннофазного нанесення ацетату цинку на поверхню пірогенного кремнезему з подальшою температурною обробкою при 600°C були синтезовані композити з вмістом ZnO 0.02, 0.2, 2 та 10 ммоль/г. Для зразків, що містять ZnO у кількості меншій 10 ммоль/г характерний аморфний стан нанесеного оксиду, при збільшенні концентрації до 10 ммоль/г проявляється його кристалічна структура.

1. M. Staropoli, V. Rogé, E. Moretto, J. Didierjean, M. Michel, B. Duez, P. Steiner, G. Thielen, D. Lenoble, J.-S. Thomann. Hybrid silica-based fillers in nanocomposites: Influence of isotropic/isotropic and isotropic/anisotropic fillers on mechanical properties of styrene-butadiene (SBR)-based rubber. // *Polymers*, 2021, V. 13, N 15, 2413.

2. J. Zhu, C. Abeykoon et al. Investigation into the effects of fillers in polymer processing // *International Journal of Lightweight Materials and Manufacture*, 2021, V. 4, N 3, P. 370-382.

3. H. Althues, J. Henlea, S. Kaskel. Functional inorganic nanofillers for transparent polymers // *Chem. Soc. Rev.*, 2007, V. 36, P. 1454-1465.

4. Deepalekshmi Ponnamma, John-John Cabibihan et al. Synthesis, optimization and applications of ZnO/polymer nanocomposites, *Materials Science and Engineering: C*, 2019, V. 98, P. 1210-1240.

5. Ananthu C. Mohan, B. Renjanadevi, Preparation of zinc oxide nanoparticles and its characterization using scanning electron microscopy (SEM) and X-ray diffraction (XRD), *Procedia Technology*, 2016, V. 24, P. 761-766.