

**ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ТА ФОТОКАТАЛІТИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ  
НАНОКОМПЗИТИВ C/TiO<sub>2</sub>, S/TiO<sub>2</sub> ТА C/S/TiO<sub>2</sub>***Бондаренко М. В.*<sup>1</sup>, Халявка Т. О.<sup>1</sup>, Петрик І. С.<sup>2</sup>, Щербань Н. Д.<sup>3</sup><sup>1</sup>Інститут сорбції та проблем ендоекології НАН України,  
вул. генерала Наумова, 13, 03164 Київ, Україна, bondarenko\_maryna@ukr.net<sup>2</sup>Інститут хімії поверхні ім. О. О. Чуйка НАН України,  
вул. Генерала Наумова, 17, 03164 Київ, Україна<sup>3</sup>Інститут фізичної хімії імені Л.В. Писаржевського НАН України,  
пр. Науки, 31, 03028 Київ, Україна

Відомо, що діоксид титану широко використовують як фотокаталізатор, завдяки його термічній стабільності, нетоксичності і дешевизні. Однак він має кілька серйозних недоліків, а саме недостатньо високий квантовий вихід реакції, значну ширину забороненої зони, високу швидкість електронно-діркової рекомбінації та поглинання лише УФ світла, що призводить до його фотокаталітичної активності лише в УФ-області спектра, тому більшість досліджень спрямовані на вирішення проблеми розширення діапазону поглинання діоксиду титану. Останнім часом увага науковців зосереджена на використанні методу допування TiO<sub>2</sub> двома та більше елементами, такими як N, S, C, F та ін. Цей спосіб призводить до появи поглинання у видимій області спектра, що пов'язано з утворенням нових електронних рівнів вище валентної зони TiO<sub>2</sub>. Тому метою нашої роботи було одержання зразків діоксиду титану, модифікованих сіркою і вуглецем та дослідження їх фізико-хімічних і фотокаталітичних властивостей.

Накомпозитні матеріали одержано методом термічного гідролізу титан етилату чи титан бутилату з добавками тіосечовини та карбону. Зразки було позначено як C/TiO<sub>2</sub> (кількість вуглецю варіювала), S/TiO<sub>2</sub> (кількість сірки варіювала) та C/S/TiO<sub>2</sub> (кількість сірки варіювала). Порошки було досліджено з використанням методів РФА, СЕМ, ТЕМ, ВЕТ, UV-VIS та ІЧ-спектроскопії.

В усіх випадках було одержано висококристалізовані матеріали. Виявлено, що при допуванні діоксиду титану вуглецем формувалася лише фаза анатазу, при додаванні сірки – анатазу та рутилу, для трьохкомпонентних зразків – анатазу та рутилу, причому фазу рутилу фіксували для зразків з підвищеним вмістом сірки. Піків, характерних для брукіту, не спостерігалося в жодному випадку. Розміри часток наноккомпозитів зменшуються порівняно з чистим діоксидом титану. Так, добавки вуглецю у двокомпонентних системах сприяють одержанню наноккомпозитів з розмірами часток 14–16 нм, сірки – 9–10 нм, у разі трьохкомпонентних порошоків формуються частки розмірами 6–9 нм.

В ізотермах сорбції-десорбції азоту для усіх зразків наявна петля гістерезису, що свідчить про їх мезопорувату структуру. Модифікування діоксиду титану вуглецем або сіркою у випадку двокомпонентних і трикомпонентних композитів сприяє підвищенню питомої поверхні, при цьому у випадку двокомпонентних зразків середній об'єм пор збільшується, а радіус- зменшується, а для трьохкомпонентних – навпаки.

Для всіх зразків виявлено батохромний зсув у порівнянні зі смугою поглинання чистого TiO<sub>2</sub>, ширина забороненої зони зменшується. Фотокаталітичну активність матеріалів вивчали на прикладі модельної реакції деструкції катіонного барвника сафраніну Т у водних розчинах при УФ та видимому опроміненні. Модифіковані зразки виявилися більш активними при УФ опроміненні у порівнянні з чистим TiO<sub>2</sub>. Крім того, вони проявили активність при видимому опроміненні. Підвищення фотокаталітичної активності модифікованих зразків може бути пов'язано зі зменшенням ширини забороненої зони, міжфазовим розподілом зарядів, з участю добавок в інгібуванні процесу рекомбінації електронів та дірок та подовженні тривалості їх існування. Механізм підвищення фотокаталітичної активності композитів на видимому світлі можна пояснити формуванням додаткових енергетичних рівнів в забороненій зоні TiO<sub>2</sub>.