

Міністерство освіти і науки України

Національна академія наук України

Національний центр «Мала академія наук України»

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

# **«Академічна й університетська наука: результати та перспективи»**

Збірник наукових праць  
за матеріалами

XVII Міжнародної  
науково-практичної конференції

12 – 13 грудня 2024 року

Полтава 2024

**УДК 541.123 : 546.175 : 546.65**

**ФОРМУВАННЯ БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНИХ ФОТОКАТАЛІТИЧНО  
АКТИВНИХ ШАРУВАТИХ ОКСИДНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ TiO<sub>2</sub> ТА  
РЗЕ**

**Дрючко О.Г., Бунякіна Н.В., Першін М.Ю.**

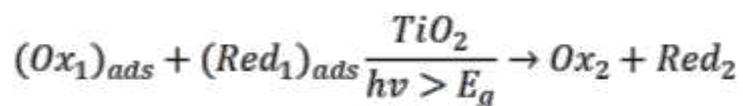
*Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»  
dog.chemistry@gmail.com*

Нині продовжується пошук методів і комплексних технологій по створенню нових й удосконаленню існуючих регламентів одержання досконалих багатофункціональних оксидних матеріалів перехідних і рідкісноземельних елементів зі структурою дефектного перовскіта, граната із відтворюваними властивостями низькотемпературними методами «м'якої хімії» та з використанням нітратних прекурсорів. Вони мають складну будову і у науковому й технологічному відношенні становлять собою непрості об'єкти, що інтенсивно досліджуються [1–3], в тому числі з участю авторів [див., 2, 3]. Тому сучасне матеріалознавство, яке базується на їх основі, потребує регламентних рішень простих за конфігурацією, малостадійних, енергоефективних, таких, що характеризуються масштабністю, з можливістю відтворення продуктів із заданими однорідністю, стабільністю, комплексом наперед заданих характеристик.

Останнім часом діоксид титану привертає особливу увагу у зв'язку з новими унікальними перспективами його застосування у формі наноструктурованих матеріалів і нанокомпозитів з контрольованими морфологічними, фізико-хімічними та оптичними властивостями. TiO<sub>2</sub>, який володіє високою хімічною і термічною стабільністю, а також домішковими рівнями в електронній структурі матеріалу, створюваними за рахунок заданого типу легування, є унікальним для побудови на його основі нових ефективних функціональних матеріалів, що застосовуються у фотокаталізі і фотовольтаїці, сенсориці, каталізі, для рідинної хроматографії та інших сферах.

Суть фотокаталітичних властивостей TiO<sub>2</sub> полягає в тому, що в об'ємі напівпровідникової частинки під впливом електромагнітного випромінювання

генеруються електрон – діркові пари, які при виході на поверхню частинки  $\text{TiO}_2$  вступають в окислювально-відновні реакції з адсорбованими молекулами:



Одним із найбільш перспективних класів складних оксидних матеріалів рідкісноземельних елементів і титану є наноструктуровані шаруваті перовскітоподібні сполуки і тверді розчини на їхній основі. Залежно від складу і структури, вони мають широкий спектр фізико-хімічних властивостей. Представлені в даній роботі перовскітоподібні шаруваті титанати належать гомологічному ряду  $(Me, Ln)_{n+1}Ti_nO_{3n+1}$ , де  $Ln$  – La–Nd,  $Me$  – Li–Cs,  $n$  – число наночастин перовскіта (фаз Руддлессден-Поппера; з товщиною одного шару приблизно 0,5 нм).

Нині завдяки технологічним прийомам реакцій «м'якої хімії» з'явилася можливість створення речовин із різноманітними структурними особливостями, отримання метастабільних сполук шляхом послідовності низькотемпературних топохімічних синтезів. Такі реакції зі зміною будови і морфології частинок протікають при невисоких температурах зі збереженням основних структурних особливостей у перовскітоподібних шаруватих оксидних сполуках. Залежно від природи і стехіометрії катіонів, що входять до їх складу, вони можуть проявляти різноманітні фізичні і хімічні властивості: надпровідність, колосальний магнітоопір, сегнетоелектрику, каталітичну і фотокаталітичну активність, здатність до іонного обміну в розчинах і розплавах, здатність до гідратації міжшарового простору та інші. Тому вивчення особливостей перетворень проміжних попередників – лужних координаційних нітратів РЗЕ, їх реакційної здатності в ході синтезу шаруватих перовскітоподібних оксидних фаз безпосередньо впливає на можливі сфери подальшого застосування останніх.

До найбільш поширених реакцій «м'якої» хімії відносяться реакції іонного обміну, у ході яких відбувається заміщення слабкозв'язаних катіонів міжшарового простору, при цьому перовскітні шари є досить стійкими переважно через ковалентні

зв'язки метал-оксиген і грають роль каркаса в шаруватій структурі. Це дозволяє проводити реакції заміщення одних міжшарових катіонів на інші, не зачіпаючи при цьому основну структуру шаруватого оксиду. Такі реакції можуть бути використані для отримання широкого спектру нових перовскітоподібних структур.

У роботі узагальнено важливі для практичного використання відомості про лужні координаційні нітрати рідкісноземельних елементів церієвої підгрупи – прекурсори перспективних сучасних поліфункціональних матеріалів – щодо умов їх утворення й існування, природи хімічного зв'язку, складу, будови, форми координаційних поліедрів Ln, типу координації ліганд, існування ізотипних рядів по стехіометрії складу, структурі, виявляємим характерним властивостей. Одержані дані (як первинна інформація) є основою для виявлення, ідентифікації, контролю фазового стану об'єктів перероблення у підготовчих стадіях, вибору критеріїв сумісності складових при формуванні одношарових і шаруватих наноструктурованих оксидних композиційних систем лантаноїдів і перехідних елементів широкого призначення, з каталітичною і фотокаталітичною активністю, покриття здатного самоочищатися з гідрофільними властивостями; розроблення різних комбінованих способів їх активації та встановлення технологічно-функціональних залежностей; керованого модифікування властивостей одержуваних цільових продуктів. Для підвищення фотокаталітичної активності зразків покриттів на основі високодисперсного TiO<sub>2</sub> анатазної модифікації запропонована методологія хімічного модифікування центрів окиснення у їхньому поверхневому шарі з термообробленням у контакт з продуктами термолізу розплавів лужних координаційних нітратів лантаноїдів. Виявлена ефективна тестова фотокаталітична деструкція парів органічних субстратів на прикладі етанолу.

#### **Література:**

1. Rodionov, I.A., Siljukov, O.I., Zvereva, I.A. (2012). *Journal of General Chemistry*, 4, 548.
2. Drjuchko, O.G., Storozhenko, D.O., Bunjakina, N.V. et al. (2018). *Bulletin of the NTU "KhPI". Series: Chemistry, Chemical Technology and Ecology*, 39(1315), 3.
3. Drjuchko, O., Storozhenko, D., Vigdorichik, A. et al. (2018). *Molecular Crystals and Liquid Crystals*, 672(10), 19