

## ВПЛИВ ШПІНЕЛЬНИХ НАНОЧАСТИНОК НА БІОЛОГІЧНІ СИСТЕМИ

Лапчук Іванна Василівна,

аспірант I року навчання, [ivanna.lapchuk@pnu.edu.ua](mailto:ivanna.lapchuk@pnu.edu.ua)

Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника, Україна

Татарчук Тетяна Романівна,

кандидат хімічних наук, доцент кафедри хімії, [tetyana.tatarchuk@pnu.edu.ua](mailto:tetyana.tatarchuk@pnu.edu.ua)

Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника, Україна

Наноматеріали з кожним роком привертають все більшу увагу завдяки їх унікальним властивостям. Велика питома поверхня та висока реакційна активність дозволяють використовувати наночастинки в різних галузях, зокрема у біомедицині, промисловості, у виробництві комерційних продуктів, очищенні води. Наприклад, наночастинки гематиту ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) мають широке застосування як важливий компонент у таких матеріалах як пластмаса, гума, силікон, в електронних та магнітних пристроях, як каталізатори [1]. Залізооксидні шпінелі як каталізатори знаходять своє практичне застосування при очищенні та дезінфекції води. Їх здатність генерувати активні форми кисню та ефективно руйнувати органічні полютанти є багатообіцяючими в інноваційних технологіях очищення води. Перевагою металоксидних матеріалів є їх легке відділення із рідкого середовища, а також відновлення каталізатора. Дослідження показують, що коефіцієнт відновлення більшості магнітних каталізаторів становить понад 90%, а в деяких випадках навіть до 99%, що відповідає вимогам промисловості [2]. Зокрема, на відновлення каталізаторів впливають магнітність, тип каталізатора, методи синтезу та умови реакції. Тому відповідні умови підготовки для синтезу магнітних каталізаторів є вирішальними, а широке застосування наноматеріалів потребує оцінки їх токсичності.

Дослідження впливу шпінельних залізооксидних матеріалів на навколишнє середовище є складним завданням, оскільки незначні відмінності в реакційній здатності, розмірі та формі поверхні частинок можуть впливати на біологічні реакції через різноманітні ефекти та механізми. Крім того, високі концентрації оксидів можуть посилювати фізичне прикріплення частинок до біологічного організму або збільшувати їх накопичення всередині організму [3]. В останньому випадку локалізація наночастинок є важливим фактором. Насамперед, багато наночастинок схильні до агрегації, що в свою чергу, може спричинити до непрохідності речовин через невеликі везикули та отвори клітин. Натомість поодинокі частинки, можуть транслокуватися через мембрани та досягати критичних компартментів, що призводить до внутрішньоклітинних змін [4]. Оксидативний стрес, який спричиняється генерацією активних форм кисню також є поширеною причиною клітинного пошкодження металоксидними частинками [5]. Ймовірно, всі вище згадані фактори не діють окремо, а їх комбінація має значний вплив на біологічні системи навколишнього середовища.

Огляд літератури показує, що високі концентрації (>10 мг/л) металоксидних матеріалів проявляють токсичність на живі організми. Однак деякі дослідження демонструють, що високі концентрації наночастинок можуть спричинити ефекти, які не пов'язані з фактичною токсичною дією, а скоріше спричинені перенавантаженням на модельні організми. Це призводить до таких фізичних ефектів, як зміна харчової поведінки або порушення рухливості ракоподібних, а також збільшення вироблення слизу у риб [3]. Матеріали  $\text{CaFe}_2\text{O}_4$ ,  $\text{MgFe}_2\text{O}_4$ ,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  і  $\text{MnFe}_2\text{O}_4$  показали хорошу біосумісність, тоді як цитотоксичність проявлялася внаслідок дії феритів на основі Ni [6]. Наночастинки  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  показали відсутність значної токсичності на щурах шляхом вимірювання гематологічних факторів, лейкоцитів і загальної активності ферментів [6]. Натомість  $\text{ZnFe}_2\text{O}_4$ , отриманий золь-гель методом пригнічував ріст водоростей *Chlorella vulgaris* на 47% при дуже низьких концентраціях - 2  $\mu\text{M}$ . Таким чином, існує нагальна потреба в

розробці екологічно чистих шпінелей, враховуючи неоднозначні та суперечливі токсичні ефекти металоксидних наноматеріалів.

1. Fazelian N., Yousefzadi M., and Movafeghi A., “Algal Response to Metal Oxide Nanoparticles: Analysis of Growth, Protein Content, and Fatty Acid Composition,” *Bioenergy Res.*, vol. 13, no. 3, pp. 944–954, 2020.

2. Wang A., Sudarsanam P., Xu Y., Zhang H., Li H., and Yang S., “Functionalized magnetic nanosized materials for efficient biodiesel synthesis: Via acid-base/enzyme catalysis,” *Green Chem.*, vol. 22, no. 10, pp. 2977–3012, 2020.

3. Skjolding A., Sørensen L. M., Hartmann S. N., Hjorth N. B., Hansen R., S. F., & Baun, “Aquatic Ecotoxicity Testing of Nanoparticles-The Quest To Disclose Nanoparticle Effects,” *Angew. Chemie Int. Ed.*, vol. 55(49), pp. 15224–15239, 2016.

4. Karimi S., Troeung M., Wang R., Draper R., and Pantano P., “Acute and chronic toxicity of metal oxide nanoparticles in chemical mechanical planarization slurries with *Daphnia magna*,” *Environ. Sci. Nano*, vol. 5, no. 7, pp. 1670–1684, 2018.

5. Tatarchuk T., Danyliuk N., Lapchuk I., Macyk W., Shyichuk A., Kutsyk R., Kotsyubynsky V., and Boichuk V., “Oxytetracycline removal and *E. Coli* inactivation by decomposition of hydrogen peroxide in a continuous fixed bed reactor using heterogeneous catalyst,” *J. Mol. Liq.*, vol. 366, p. 120267, 2022.

6. Qin H., He Y., Xu P., Huang D., Wang Z., Wang H., Wang Z., Zhao Y., Tian Q., and Wang C., “Spinel ferrites ( $MFe_2O_4$ ): Synthesis, improvement and catalytic application in environment and energy field,” *Adv. Colloid Interface Sci.*, vol. 294, no. July, p. 102486, 2021.