

ВПЛИВ МАГНЕТИТОВИХ НАНОКОМПОЗИТІВ НА ВОДНІ ОРГАНІЗМИ: ЕКОТОКСИКОЛОГІЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РИЗИКИ

Нікітчина Лілія

здобувачка вищої освіти

Свиридюк Катерина

асистент

Кафедра хімії

Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Магнетитові наноккомпозити (Fe_3O_4) дедалі активніше застосовуються в екології та промисловості, зокрема для очищення води, каталізу та біомедицини. Однак їхній вплив на водні екосистеми викликає занепокоєння. Різні дослідження показали, що навіть за незначних концентрацій Fe_3O_4 -наночастинки можуть порушувати поведінку риб, викликати окислювальний стрес, морфологічні аномалії і зниження репродуктивної здатності. Наприклад, експозиція дорослої особини дафнії або малька сибиці далекосхідної спричиняла зміни поведінкових показників і біохімії через окислювальну шкоду та мембранні uszkodження. [1-2]

Науковці дослідили гостру токсичність магнетитових наноккомпозитів у клітковині африканського сомика (*Clarias gariepinus*), виявивши залежність між концентрацією та морфологічними ефектами: при високих дозах виникали дерматологічні uszkodження, дисфункції печінки й нирок, підвищення рівня кортизолу й порушення антиоксидантної системи, тоді як низькі дози були екологічно прийнятними

На рівні первинних виробників — водоростей, наприклад *Chlorella vulgaris* — надмірні концентрації Fe_3O_4 спричиняли пригнічення антиоксидантного ферменту SOD та зміну рівня гідроксильних радикалів, що може знизити продуктивність фотосинтезу й стійкість популяції

Фітотоксичність і екотоксичність у системах із рослинами (*Lemna minor*), дафніями (*Daphnia magna*) та інфузоріями різних трофічних рівнів має переважно низьку при концентраціях Fe_3O_4 нижче порогових ефектів ($\text{EC}_{50} > 100$ мг/л), однак з підвищенням окислення або при взаємодії з гуміновими кислотами токсичність зростає — особливо до інфузорій. [5]

Оцінка мультиспецифічних ризиків (фітотоксичність, токсичність для бактерій, ракоподібних) продемонструвала, що Fe_3O_4 і навіть $\text{Ag}/\text{Fe}_3\text{O}_4$ композити можуть бути шкідливі для різних рівнів екосистем, залежно від концентрації, розміру частинок та присутності срібла. [5]

Експерименти зі змішуванням із гуміновими речовинами показали, що зміни поверхні наночастинок підвищують їхню токсичність до рослин і

мікроорганізмів. Найбільша токсичність спостерігалася при сильному окисленні гумарних компонентів, ймовірно через вивільнення токсичних іонів заліза. [5]

Водночас, зелені технології синтезу нанокompозитів (наприклад, магнетитових наногелів) показали обнадійливі результати: такі матеріали здатні поглинати токсичні сполуки й зменшувати їх біонавантаження безпосередньо у організмах — наприклад, у африканського сомика покращують імунну відповідь і знижують біоаккумуляцію свинцю, хоча довгострокові ефекти потребують додаткового вивчення.

Список використаних джерел

1. Photosynthetic toxicity and oxidative damage induced by nano-Fe₃O₄ on *Chlorella vulgaris* in aquatic environment / X. Chen та ін. Open Journal of Ecology. 2012. Т. 2, вип. 1.
2. Magnetite nanoparticles effects on adverse responses of aquatic and terrestrial animal models / M. Kaloyianni та ін. J Hazard Mater .. 2020.
3. Toxicological insight of magnetite nanogel: neuro-ethological, hepato-renal, antioxidant, and histopathological traits in *Clarias gariepinus* / S. Kamel та ін. Aquaculture International. 2024. Т. 32. С. 6079–6095.
4. Ecotoxicity Assessment of Fe₃O₄ Magnetic Nanoparticle Exposure in Adult Zebrafish at an Environmental Pertinent Concentration by Behavioral and Biochemical Testing / N. Malhotra та ін. Nanomaterials. 2019. Т. 9, вип. 4. С. 873.
5. Alleviating Effect of a Magnetite (Fe₃O₄) Nanogel against Waterborne-Lead-Induced Physiological Disturbances, Histopathological Changes, and Lead Bioaccumulation in African Catfish / A. N. A. Rahman та ін. Gels. 2016. Т. 9, вип. 8.