

НАНОКОМПОЗИТИ МАГНЕТИТУ З ОКСИДАМИ СРІБЛА ДЛЯ БОРОТЬБИ З ПАТОГЕНАМИ У ВОДНИХ СИСТЕМАХ

Нікітчина Лілія
здобувачка вищої освіти
Свиридюк Катерина
асистент
Кафедра хімії

Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Антимікробна боротьба у водних системах стає одним із найважливіших завдань сьогодення. Адже дедалі частішим стає ріст інфекцій та поширення патогенів, а також підвищення резистентності бактерій до існуючих антибіотиків. Наноккомпозити на основі магнетиту (Fe_3O_4), модифіковані оксидами чи металевим сріблом, об'єднують властивості магнітного керування з високим антимікробним потенціалом. Наприклад, комплекс $g\text{-C}_3\text{N}_4/\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{Ag}$, синтезований гідротермальним методом, довів свою ефективність у фотокаталітичній інактивації *E. coli* та *B. subtilis* у водних розчинах під дією УФ-випромінювання — досягнуто 30-хвилинну інактивацію, а головним активатором виявилися радикали $\bullet\text{OH}$. [1]

Інший приклад — наноккомпозити Fe_3O_4 , покриті клейстерами насіння пажитника (fenugreek seed gum), з додаванням Ag-наночастинок ($\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{FSG}/\text{Ag}$). Вони продемонстрували значно вищу антимікробну активність проти грам-позитивних і грам-негативних бактерій у порівнянні з Fe_3O_4 або AgNO_3

окремо, а також легкість видалення з води за допомогою магніту — важливе в практичному застосуванні для водоочищення. [2]

Ще один перспективний варіант — наночастинки $\text{Ag}/\text{SiO}_2/\text{Fe}_3\text{O}_4$, де срібло розташоване усередині кремнезему на кістковому ядрі з Fe_3O_4 . Вони проявили найнижчі значення гранично інгібуючої концентрації (MIC) та бактерицидної концентрації (MBC) відносно *S. aureus* і *E. coli*; зона інгібіції досягала ~23 мм, що значно перевищує ефективність простого Fe_3O_4 або $\text{SiO}_2/\text{Fe}_3\text{O}_4$. При цьому наночастинки можна легко відокремити магнітним шляхом і багаторазово використовувати — після 11 циклів антимікробна активність зберігалася на ~98 %. Важливо, що вони не були цитотоксичні до людських шкіряних клітин при тестових концентраціях [3]

Щодо магнітного керування, $\text{Ag}/\text{Fe}_3\text{O}_4$ наночастинки показали значно поліпшену антимікробну дію при механічному перемішуванні за допомогою магнітного поля — процес обертання магнітних частинок у розчині покращував контакт і знищення *E. coli*, що робить технологію перспективною для очищення питної води. [4]

Ще одним прикладом є $\text{Ag}/\text{Fe}_3\text{O}_4$ нанокомпозити, стабілізовані крохмалем, здатні проникати в біоплівки *S. aureus*, а під дією магнітного поля ефективно руйнувати їх у моделі хронічної ранової інфекції, при цьому виділення Ag^+ та ROS було зниженим, що зменшує токсичність для фібробластів і підвищує терапевтичний індекс. [5]

І нарешті, подвійні наногібридні фероміди $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{Ag}$ продемонстрували чудову антимікробну ефективність, а також зниження показників ALT і AST в моделі фіброзу печінки, що свідчить про їх потенціал не тільки в боротьбі з патогенами, але й у підтримці здоров'я органів. [6]

Таким чином, можна зробити висновок про те, що нанокомпозити на основі магнетиту модифікованого сріблом демонструють кращу антимікробну дію, аніж магнетит та сполуки срібла окремо. Перспективність використання таких матеріалів зумовлена ще й хорошими магнітними показниками, що спрощує видалення відпрацьованого матеріалу та робить можливим їх багаторазове використання.

Список використаних джерел

1. Enhanced antibacterial properties and magnetic removal of Fe_3O_4 /fenugreek seed gum/silver nanocomposites for water treatment / A. Allafchian та ін. *Int J Biol Macromol*. 2023.
2. Antibacterial Effects of Magnetically-Controlled $\text{Ag}/\text{Fe}_3\text{O}_4$ Nanoparticles / M. Chang та ін. *Materials*. 2018. Т. 11, вип. 5. С. 659.
3. Silver-Decorated and Silica-Capped Magnetite Nanoparticles with Effective Antibacterial Activity and Reusability / S. Dabagh та ін. *ACS Applied Bio Materials*. 2023. Т. 6, вип. 6.

4. Ghaseminezhad S. M., Shojaosadati S. A., Meyer R. L. Ag/Fe₃O₄ nanocomposites penetrate and eradicate *S. aureus* biofilm in an in vitro chronic wound model. *Colloids Surf B Biointerfaces*. 2018. T. 1.
5. Synthesis and application of g-C₃N₄/Fe₃O₄/Ag nanocomposite for the efficient photocatalytic inactivation of *Escherichia coli* and *Bacillus subtilis* bacteria in aqueous solutions / S. Ghodsi та ін. *AMB Express*. 2021. T. 11.
6. Synthesis of Fe₃O₄/Ag nanohybrid ferrofluids and their applications as antimicrobial and antifibrotic agents / A. Taufiq та ін. *Heliyon*. 2020. T. 6, вип. 12.