

ПОВЕРХНЕВА ФУНКЦІОНАЛІЗАЦІЯ НАНОЧАСТИНОК Fe_3O_4 ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ БІОСУМІСНОСТІ

Микитенко Андрій
здобувач вищої освіти
Свирідюк Катерина

асистент

Кафедра хімії

Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Магнітні наночастинки (МНЧ) стали потужними інструментами в біомедицині завдяки своїм особливим фізико-хімічним характеристикам, включаючи високе співвідношення площі поверхні до об'єму, регульований розмір, магнітну чутливість та сумісність з біологічними системами. Ці властивості дозволяють точно контролювати МНЧ за допомогою зовнішніх магнітних полів, що робить їх високоефективними в цільових терапевтичних та діагностичних застосуваннях. Хоча вони не є за своєю суттю інтелектуальними, вони можуть демонструвати програмовану та адаптивну поведінку під зовнішнім впливом, що підвищує їхню корисність у доставці ліків та лікуванні на основі гіпертермії.[1] У медичній галузі МНЧ були широко досліджені щодо їхньої ролі

в посиленні магнітно-резонансної томографії (МРТ), селективному транспортуванні ліків, гіпертермічній терапії раку та біомолекулярному розділенні. В онкології вони сприяють безпосередній доставці терапевтичних сполук до пухлин, зменшуючи системні побічні ефекти та підвищуючи специфічність лікування. Крім того, їхня здатність виробляти локалізоване тепло під впливом змінних магнітних полів робить їх інструментальними в гіпертермічній терапії, де злоякісні клітини вибірково знищуються. [2-4]

Однак, безпосередній контакт використовуваних наноматеріалів з біологічними об'єктами вимагає всестороннього вивчення особливостей такої взаємодії. [5] Взаємодія наночастинок магнетиту з білками, фосфоліпідним шаром клітинних мембран, компонентами крові тощо на сьогоднішній день активно досліджується. Загалом, магнетит визначають як біосумісний матеріал. Однак, крім взаємодії на молекулярному рівні, наночастинок магнетиту чинять і фізичний вплив на структури, з якими контактують. Так, автори [6] наводять огляд літератури щодо гемосумісності наномагнетиту. Порівняльна характеристика гемосумісності наночастинок нативного магнетиту та магнетиту функціоналізованого тканинним активатором плазміногену (тПА), гідроксиапатитом та/або поліетиленіміном та модифікацією циклодекстрином показала значне покращення гемосумісності у випадку функціоналізації поверхні магнетиту та зменшення гемолізу. [7]

Крім вищеперерахованих реагентів, для модифікації поверхні магнетиту використовують також багатофункціональні покриття (TiO_2 , SiO_2 , Al_2O_3 , ліпосоми, антитіла, транспортні білки тощо), які не тільки підвищують біосумісність наноматеріалу, але й покращують показники адсорбції, контрольованості вивантаження лікарського препарату, крім того, можуть виконувати роль вектора. [8]

Ключовою перевагою МНЧ є їхня адаптивна хімія поверхні, яка дозволяє функціоналізувати їх біосумісними полімерами, лігандами та іншими стабілізуючими агентами. Ці модифікації підвищують їхню стабільність, мінімізують імунні реакції та оптимізують їхню ефективність у фізіологічних середовищах. [9]

Список використаних джерел

1. Synthesis of Magnetic Nanoparticles Coated with Chitosan for Biomedical Applications / N. Albutt та ін. Key Engineering Materials. 2024. Т. 1005. С. 49–57.
2. Biocompatibility of magnetic Fe_3O_4 nanoparticles and their cytotoxic effect on MCF-7 cells / D. Chen та ін. International Journal of Nanomedicine. 2012. Т. 7. С. 4973–4982.
3. Fahim Y. A., Hasani I. W., Ragab W. M. Promising biomedical applications using superparamagnetic nanoparticles. European Journal of Medical Research. 2025. Т. 30, вип. 441.

4. Magnetite (Fe_3O_4) Nanoparticles in Biomedical Application: From Synthesis to Surface Functionalisation / L. S. Ganapathe та ін. *Magnetochemistry*. 2020. Т. 6, вип. 4.
5. Surface-Modified Iron Oxide Nanoparticles with Natural Biopolymers for Magnetic Hyperthermia: Effect of Reducing Agents and Type of Biopolymers / A. Hajalilou та ін. *J. Compos. Sci.*. 2024. Т. 8, вип. 10. С. 425.
6. A review: hemocompatibility of magnetic nanoparticles and their regenerative medicine, cancer therapy, drug delivery, and bioimaging applications / S. Malehmir та ін. *Front. Chem.*. 2023. Т. 11.
7. Fe_3O_4 Nanoparticles: Structures, Synthesis, Magnetic Properties, Surface Functionalization, and Emerging Applications / M. D. Nguyen та ін. Published in final edited form as: *Appl Sci (Basel)*. 2021. Т. 11, вип. 23. С. 11301.
8. Unveiling the multifunctionality of iron oxide nanoparticle: A synergistic experimental and computational investigation / S. Sharma та ін. *Chemical Physics Impact*. 2025. Т. 10.
9. Synthesis and characterization of biocompatible Fe_3O_4 nanoparticles / J. Sun та ін. *Journal of Biomedical Materials Research Part A*. 2007. Т. 80, вип. 2. С. 333–341.