

## **ІСТОРИЯ РОЗРОБКИ МЕТОДІВ СИНТЕЗУ МАГНІТНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ПРИКЛАДІ МАГНЕТИТУ**

**Панченко ТетянаВікторівна,**  
здобувач вищої освіти III курсу, [tanja99315@gmail.com](mailto:tanja99315@gmail.com)  
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

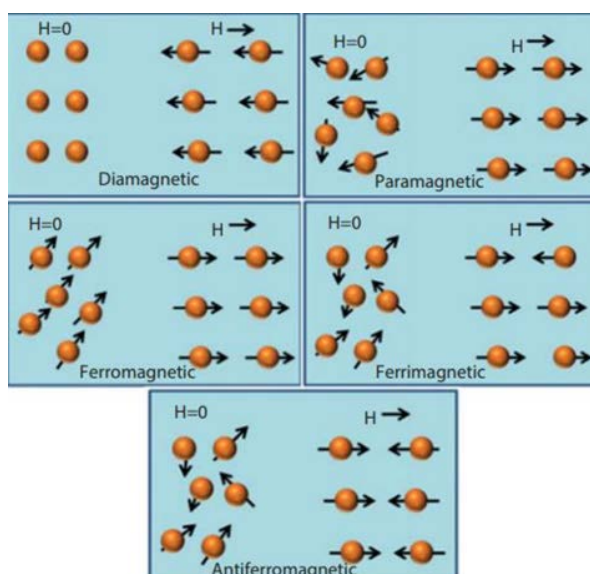
**Камінський Олександр Миколайович**  
кандидат хімічних наук, доцент, [alexkamin@ukr.net](mailto:alexkamin@ukr.net)  
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

**Тітов Юрій Олександрович,**  
доктор хімічних наук, провідний науковий співробітник, [chem@ukr.net](mailto:chem@ukr.net)  
Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Україна

**Баранчук Катерина Анатоліївна,**  
асистент, [alexkamin@ukr.net](mailto:alexkamin@ukr.net)  
Житомирський державний університет імені Івана Франка, Україна

Сучасні магнітні матеріали є предметом різносторонніх систематичних досліджень, які пов'язані з фундаментальними науковими аспектами, оскільки поєднання унікальних фізико-хімічних властивостей таких речовин дозволяє використовувати їх для різних технічних цілей [1]. Магнітні наночастинки виявили великий потенціал в екологічних, біомедичних та клінічних застосуваннях. Вони часто використовуються в магнітній резонансній томографії, зберіганні даних, каталізі, специфічному транспорті лікарських препаратів у тканини та клітини організму тощо.

Магнітні властивості наночастинок залежать від різних факторів, таких як форма та розміри часток, їх хімічний склад, кристалічна структура, магнітний момент та питома намагніченість насичення, магнітокристалічна анізотропія тощо. Магнітні наночастинки можна класифікувати на п'ять різних типів відносно їх реакції на зовнішнє магнітне поле: парамагнітні, діамагнітні, феромагнітні, феримагнітні та антиферомагнітні. Також магнітні наночастинки класифікують за їх «слабкими» (діамагнітні та парамагнітні наночастинки) та «сильними» (феромагнітні, феримагнітні та антиферомагнітні наночастинки) магнітними властивостями. Вирівнювання магнітного моменту окремих атомів із зовнішнім магнітним полем у різних магнітних матеріалах показано на рис. 1 [2].



**Рис. 1.** Характеристика різних магнітних матеріалів відповідно до вирівнювання магнітного моменту окремих атомів у прикладеному зовнішньому магнітному полі

Найдавніші повідомлення про синтез магнітних частинок на основі магнетиту, які утворюють відносно стійкі колоїди, з'явилися ще у 1930-х роках. Першу стабільну суспензію магнітних частинок одержано у 1965 році Стівом Папеллом (Steve Papell). Магнітна рідина Папелла являла собою дисперсію подрібнених частинок магнетиту ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) (діаметр < 25 нм), модифікованих олеїною кислотою. Ці частинки були дисперговані в неполярних розчинниках (носій), утворюючи стійку магнітну рідину. Згодом Розенсвейг (Rosensweig) отримав кілька видів магнітних рідин на основі дисперсії подрібнених частинок  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  у різних рідких носіях, таких як гас, вода, флуоровуглеводні та естери.

У 1982 р. Массарт (Massart) отримав магнітні рідини хімічним способом, який передбачає співосадження гідроксидів  $\text{Fe(II)}$  та  $\text{Fe(III)}$  [3]. Пізніше група Массарта модифікувала метод співосадження, щоб отримати ультрастабільні та висококонцентровані магнітні рідини з різними магнітними частинками на основі шпінельних феритів, таких як  $(\text{M}_{1-x}\text{Fe}_x)^{2+}\text{A}(\text{Fe}_{2-x}\text{M}_x)^{3+}\text{B}\text{O}_4$  ( $\text{M} = \text{Mn}, \text{Co}, \text{Ni}, \text{Cu}, \text{Zn}$ ). Стабільність таких дисперсій досягається гідротермічною обробкою зразків з використанням в якості реагента  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ , що призводить до утворення захисного ферумвмісного шару, який пасивує поверхню наночастинок [1].

Наступний етап розвитку в синтезі магнітних наночастинок розпочався із створенням Нобелівським лауреатом Річардом Фельдманом нової науки нанохімії та нанотехнології, виникненням та розвитком золь-гель синтезу.

1. A.M. Abu-Dief, S.M. Abdel-Fatah, Development and functionalization of magnetic nanoparticles as powerful and green catalysts for organic synthesis // Beni-Suef Univ. J. Basic Appl. Sci. – 7 (2018). – p.55-67.

2. Y.P. Yew, K. Shameli, M. Miyake, N.B.B. Ahmad Khairudin, S.E.B. Mohamad, T. Naiki, K.X. Lee Green biosynthesis of superparamagnetic magnetite  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  nanoparticles and biomedical applications in targeted anticancer drug delivery system: A review // Arab. J. Chem. – 13 (2018). – p.2287-2308.

3. L.L. Israel, A. Galstyan, E. Holler, J.Y. Ljubimova Magnetic iron oxide nanoparticles for imaging, targeting and treatment of primary and metastatic tumors of the brain // J. Control. Release. – 320 (2020). – p. 45-62.