

ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ ХІМІЧНОЇ КОНДЕНСАЦІЇ ДЛЯ СИНТЕЗУ ЧАСТИНОК ФЕРИТІВ – ОБ’ЄКТІВ МАГНІТНОЇ НАНОФАРМАЦІЇ

Ведерникова І.О., Тихонов О.І., Шпичак О.С., Коваль В.М.*

Національний фармацевтичний університет, Харків, Україна

кафедра неорганічної хімії, кафедра косметології і аромології,

кафедра аптечної технології ліків ім. Д.П. Сала

**Вінницький Національний медичний університет ім. М.І. Пирогова*

neorganic@nuph.edu.ua, shpichak_oleg@ukr.net

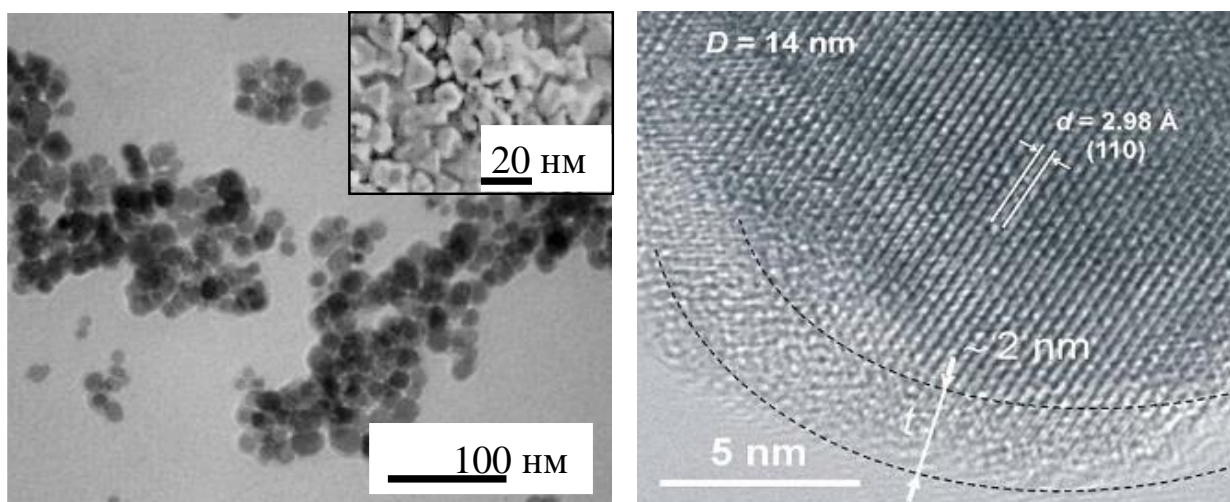
Високодисперсні частинки феритів, поряд з широким технічним використанням, нині широко вивчаються як об’єкти для створення фармацевтичних препаратів з магнітними властивостями. Роботи, присвячені цьому питанню настільки поширені, що зазначається створення нового напрямку в фармації – магнітна нанофармація.

Серед основних вимог, які висувуються до наночастинок феритового матеріалу медико-біологічного призначення можна виділити: біологічна сумісність; дисперсність зразку; високі значення магнітних параметрів. Якщо перший параметр, в більшості, визначається хімічним складом феритового матеріалу, то інші залежать від методу, умов та технології синтезу.

Зазвичай у промисловості ферити одержують проведенням твердофазної реакції феритизації при високих температурах, з послідовним їх подрібненням у кулькових млинах – механохімічний метод синтезу. Дослідження механізмів реакцій, які лежать в основі формування феритів, вказує на складний характер цього процесу. Для механохімічного методу синтезу перебіг процесу феритоутворення суттєво залежить від дифузійних обмежень, тому в останні десятиліття для одержання оксидних порошків широко застосовуються методи «мокрої» або «м’якої» хімії, пов’язані з використанням розчинів та аморфних співосаджених і зневоднених гідроксидів – метод хімічної конденсації.

В роботі доведено доцільність використання методу хімічної конденсації як методу синтезу наночастинок феритів для їх застосування в фармацевтичних препаратах з магнітними властивостями. Атестацію метода проводили встановленням термодинамічних характеристик реакції одержання магнетиту, дослідженням функціональних параметрів одержаних наночастинок. Синтезовані методом хімічної конденсації наночастинок магнетиту ($\langle d \rangle = 17$ нм) мають невелику товщину приповерхневого шару $\delta \sim 0,84$ нм та високе значення величини намагніченості насичення (340 кА/м).

За аналізом ТЕМ знімків синтезованих частинок магнетиту, можна констатувати їх єдину морфологію – форма частинок виражена не чітко та сприймається як сферична, хоча, частинки феритів шпінельної структури мають октаедричну геометрію. Межі кожної частинки чітко відокремлені. Аналізом знімків було визначено, що середній діаметр частинок $\langle d \rangle = 17$ нм. При дослідженні намагніченості синтезованих зразків було встановлено, що технічне насичення частинок досягається в полях $H \geq 15$ кА/м і ця величина має значення 340 кА/м. Це на 30 % менше від намагніченості насичення монокристалового аналогу.



а

б

ТЕМ знімки магнітних наночастинок

а – синтезовані частинки магнетиту, б – частинки барій гексафериту

При дослідженні фундаментальних магнітних властивостей наночастинок, важливим є питання поверхневого магнетизму. Враховуючи, що частинки є трьохмірними об'єктами, атоми поверхні, в залежності від розміру частинки, здатні займати досить вагомий відсоток всього об'єму частинки. Сюди відносять не тільки вклад відкритої поверхні, а й прилеглі до неї структурно-дефектні шари. Вплив відкритої поверхні тим більший, чим менша масштабність кристалу. Згідно до постулатів «оболонкової моделі» слід розрізняти такі параметри розміру частинки як загальний діаметр твердої частинки (d) та товщина приповерхневої оболонки (δ) зі «скошеною» магнітною структурою. Товщина приповерхневого шару є функцією багатьох параметрів. Вирішальну роль у цьому питанні відводиться методу та умовам синтезу частинки. Для наночастинок барій гексафериту ($d = 14$ нм), які були одержані механохімічним методом, $\delta = 2$ нм. Тобто, об'ємна доля структурно-дефектної поверхні складає майже 64 % всього об'єму частинки. При цьому зазначається зменшення намагніченості насичення наночастинок в порівнянні до його монокристалевого аналогу на 61,5 %. Синтезовані частинки магнетиту подібні за розміром, мають в 2 рази вищий показник зміни намагніченості насичення. Товщина приповерхневого шару синтезованих частинки становить $\delta \sim 0,84$ нм. Це відповідає розміру кристалографічного параметра. Тобто констатується безумовна перевага обраного методу синтезу.

Метод хімічної конденсації дозволяє точно дозувати вихідні речовини, які використовуються у вигляді розчинів. За умов змішування та осадження компонентів у рідкій фазі досягається висока дисперсність та тісний контакт, забезпечується рівномірний розподіл складових компонентів фериту. Дозволяє одержувати частинки нанометрового діапазону з задовільними параметрами кристалографічної структури – 27 % об'єму частинки відповідає структурно-дефектному приповерхневому шару, що в два рази менше ніж для частинки феритів, одержаних механохімічним методом синтезу.