

УДК 536:669:621.762

ВИВЧЕННЯ БАКТЕРИЦИДНОЇ ДІЇ КОЛОЇДНИХ ЧАСТИНОК СРІБЛА ОТРИМАНИХ ЕЛЕКТРОІСКРОВИМ МЕТОДОМ

Лопатько К.Г., к.т.н., доц., Афгандіянец Є.Г. д.т.н., проф.,
Мирончук В.Г., д.т.н., проф., Олішевський В.В. к.т.н., доц., Маринін А.І., к.т.н., с.н.с.
Гончар О.М., інженер

Національний університет біоресурсів та природокористування, м. Київ
Національний університет харчових технологій, м. Київ
Інституту мікробіології і вірусології НАН України, м. Київ

Наведено спосіб електроіскрового диспергування колоїдних частинок з струмопровідних матеріалів. Вивченню бактерицидний вплив колоїду срібла на тест-культури Salmonella typhimurium 98 в залежності від концентрації розчину, вказано закономірності бактерицидної дії.

Shows the way electrical dispersion of colloidal particles with conductive materials. Study of bactericidal effect of silver colloid to the test culture Salmonella typhimurium 98 depending on the concentration of the solution, are patterns of bactericidal activity.

Ключові слова: електроіскрове диспергування, колоїдні частинки, бактерицидний вплив

За останні десять років приділена велика увага у фундаментальних та прикладних дослідженнях вивченню нанорозмірного стану речовин, оскільки саме з нанотехнологіями пов'язують якісно новий технологічний розвиток суспільства. Запропоновано та реалізовано багато технологічних підходів в отриманні речовини у нанорозмірному стані, кожен з яких має власну природу основного процесу, в наслідок якого відбувається синтез наноматеріалів [1].

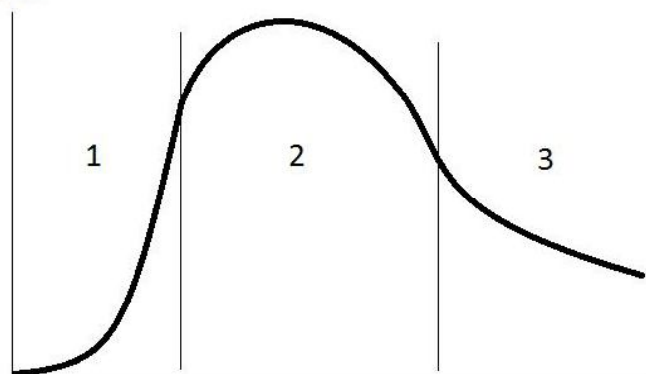
Електроіскрові технології отримання нанорозмірних порошків металів і сплавів на сьогоднішній день є одними з найефективніших та можуть задовольняти вимогам поставленої наукової та прикладної задачі [2]. Дослідження електроіскрових явищ та технологічних процесів, побудованих на їх основі почалися ще наприкінці 40^х років минулого століття та виділені в самостійний технологічний процес [3]. Такі системи знаходять використання в процесах коагуляційного очищення води та досліджуються на предмет отримання біофункціональних матеріалів. Відмінністю методу об'ємного електроіскрового диспергування є наявність струмопровідного шару гранул, що розташований між основними електродами. Головним елементом розрядного ланцюга є реакційна камера, де відбувається процес диспергування, яка заповнена слабопровідною рідиною (вода, етанол, гліцерин, тощо) [4].

Особливістю електроіскрового диспергування струмопровідних матеріалів у рідині є безпосереднє отримання колоїдного стану речовини, дисперсність якої знаходиться у бажаному нанорозмірному діапазоні. При необхідності виділення дисперсної фази (наночастинок) із дисперсійного середовища, наприклад, для проведення фізичних методів досліджень самих частинок, можуть бути застосовані різноманітні способи, такі як випаровування, фільтрування, центрифугування, осадження в магнітному або електричному полі, тощо. Але речовина у дисперсному стані, в силу фізичних причин, схильна до консолідації (конгломерації), що не дозволяє перебувати отриманим дисперсним порошкам в чітко ізольованому стані. Принаймні, цього недоліку позбавлені колоїдні розчини, які при умові власної стабільності забезпечують дисперсно-ізолюваний стан твердої фази.

Отримання колоїдного розчину відбувається на протязі певного часу, що для кожного металу визначається індивідуально (експериментально), тим не менш має загальні закономірності та умовно може бути розділено на три характерні стадії процесу (рис. 1).

Перша стадія складає кілька відсотків (до 5%) від загальної тривалості процесу і пов'язана з насиченням води першими іскроерозійними частинками металу, коли інтенсивність іскроутворення між окремими гранулами має нелінійний характер та помітно зростає. Друга стадія характеризується встановленням відповідної стабільності, коли іскроутворення відбувається інтенсивно, що супроводжується активним насиченням дисперсійного середовища частинками і фактично є стадією утворення колоїду. Однак, в силу організації об'ємного електроіскрового диспергування, із збільшенням тривалості процесу, міжелектродна зона поступово насичується мікрочастинками, які здатні суттєво зменшити кількість місць потенційних локальних розрядів, перетворюючи дискретний струмопровідний шар в умовно суцільний шар. Це викликає зменшення опору розрядної камери до критичних значень, коли $R_{рж}$ може досягати менше 0,1 Ом та призводить до помітного зменшення інтенсивності іскроутворення (третя стадія), а з часом і припинення розрядів.

інтенсивність
іскроутворення на
локальних контактах



тривалість електроіскрового процесу

Рис. 1 – Зміна характеру іскроутворення на протязі електроіскрового процесу

Найкращі умови для отримання колоїдної фракції забезпечує деіонізована вода, яка має початкову електропровідність на рівні 0,001 – 0,003 мС/см. В результаті проходження розрядів, змінюється не тільки фізичний стан дисперсійного середовища (утворення колоїду), але одночасно відбувається насичення продуктами термічної дисоціації парів води та іонізованих атомів самих металів. Збільшення електропровідності середовища внаслідок вказаних процесів має додатковий вплив на механізм електричного пробоя міжелектродного проміжку, та в цілому на характер процесу ерозії металу, що призводить до помітного збільшення розміру колоїдних частинок.

Розподіл колоїдної фракції металів за розмірами, відповідатиме параметрам обробки, та для кожного металу буде знаходитися у відповідному діапазоні (рис. 2).

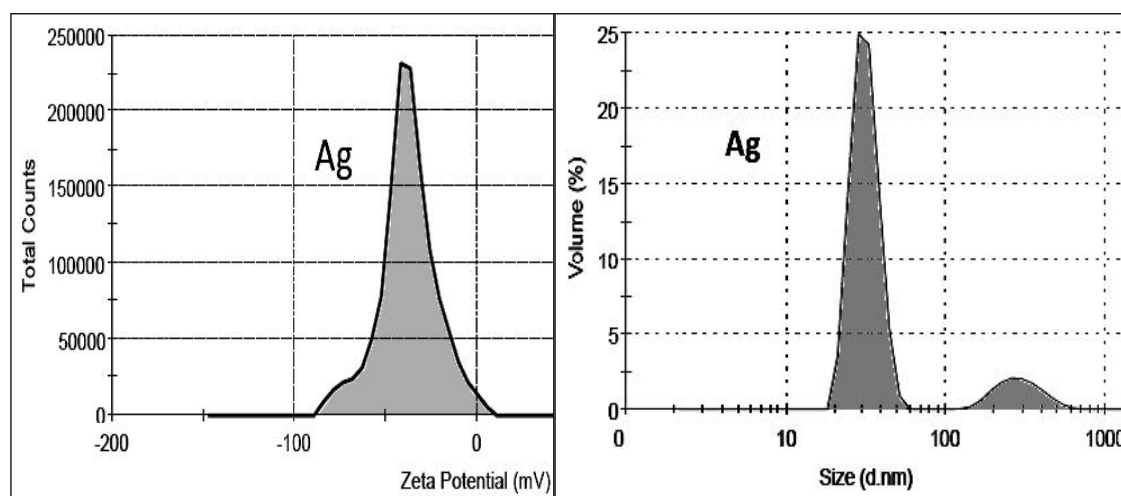


Рис. 2 – Розподіл електрокінетичного потенціалу та розмірів частинок

Присутність частинок (або їх агрегатів), які виходять за діапазон 1 – 100 нм при збільшенні енерговведення в канал розряду характерно для усіх металів. Оптимальні, з точки зору розмірів частинок, параметри розрядного контуру для кожного металу змінюються з урахуванням його фізичних та теплофізичних характеристик. На рис. 3 представлені мікро- та колоїдна фракція частинок срібла.

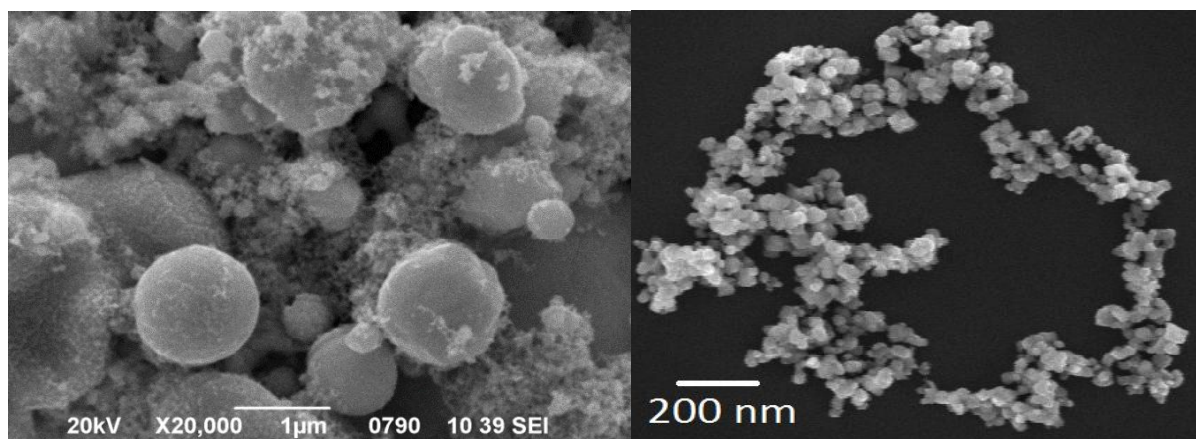
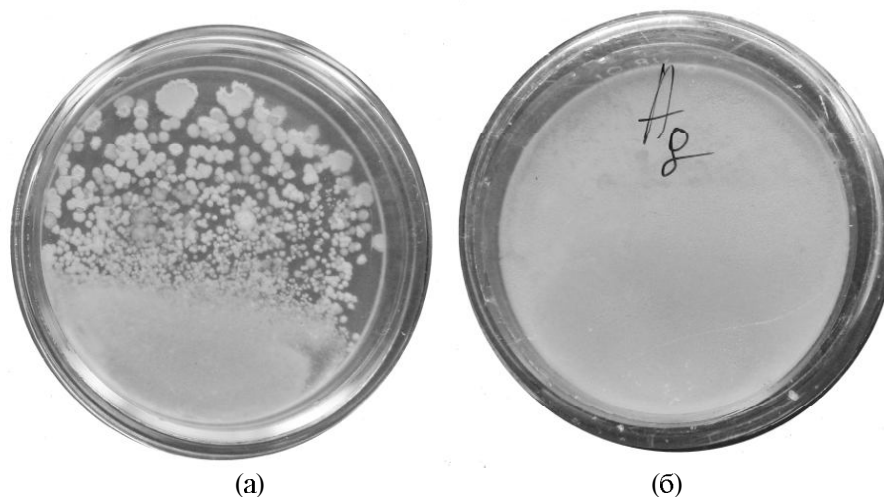


Рис. 3 - Мікро- та колоїдна фракція срібла

Питання можливого використання препаратів на основі нанорозмірних об'єктів у біотехнологіях, носієм яких є водні дисперсії металів, певним чином пов'язано з фізико-хімічними властивостями колоїдних розчинів, впливом зовнішніх факторів на їх характеристики та біологічну функціональність таких матеріалів. Ефективність застосування наночастинок обумовлена не тільки розмірним фактором, але й імовірно більш інтенсивною взаємодією частинок з оточуючим середовищем та генерацією катіонів відповідних металів.

Концентрація металевої фази у нативному (маточному) розчині складає близько 150 – 200 мг/л, що за попередньою оцінкою на два порядки більше за фізіологічно обґрунтованої концентрації робочого розчину. Зазвичай, маточний розчин не може бути використаний у первісному стані без попереднього розведення. Але, з моменту отримання робочого розчину шляхом простого розведення або додаванням інших компонентів утворюється нова субстанція із новими характеристиками. Вивчення динаміки цих змін є важливим елементом досліджень для прогнозування біологічної дії розчинів та розробки біотехнологічних засад використання водних колоїдних розчинів металів.

Вивчення бактерицидного впливу колоїду срібла (тест-культура *Salmonella typhimurium* 98) у залежності від концентрації розчину вказує на специфічні закономірності бактерицидної дії. Тестування *in vitro* нативного колоїдного розчину (концентрація 120 мг/л) з додаванням до розплавленого агаризованого середовища Звягінцева в кількості 10 мл на 200 мл з подальшим мікробіологічним посівом тест-культури вказує на суцільний ріст висіяної культури (рис. 4,б).



а – контроль, б – Ag (120 мг/л)

Рис. 4 – Дія нативного колоїдного розчину Ag на *Salmonella typhimurium* 98

Подібне стимулювання росту тест-культур має місце при використанні нативного розчину срібла, який володіє найвищою агрегативною стійкістю, та, відповідно, структурною стабільністю. Тобто, спостерігається саме стимулювання, а не відсутність бактерицидної дії. Можна припустити, що стійка колоїдна система не проявляє бактерицидної дії та залишається індиферентною по відношенню до

бактерії. Разом з тим, питання стимулюючого ефекту надвисоких концентрацій біоцидної речовини, виходячи з загально прийнятих уявлень про механізм взаємодії розчинів з біологічними об'єктами, у тому числі колоїдних розчинів, поки що не знаходить пояснення.

Розведення нативного розчину до концентрацій дисперсної фази – 60 мг/л та 30 мг/л та додавання у тій же кількості до агаризованого середовища призводить до появи вираженої антимікробної дії на *Salmonella typhimurium* (рис.5). Помітний вплив на чисельність мікроорганізмів (у порівнянні із контролем) спостерігається при зменшенні концентрації дисперсної фази до 5-10 мг/л, після чого бактерицидний вплив розчинів в умовах дослідів *in vitro* стає не ефективним. Вочевидь позначається фізична природа дисперсної фази, яка являє собою тверде тіло та відрізняється від іонної форми речовини. Треба відмітити, що наночастинки металів володіють комплексом фізичних, хімічних властивостей і біологічною дією, які часто радикально відрізняються від тієї ж речовини у формі справжнього розчину. Так, наприклад, колоїдна форма в умовах *in vitro* при концентраціях 1 мг/л стає не дієвою по відношенню до бактерії, у той же час, іонна форма ще залишає високу активність та токсичність.



а – контроль, б – Ag 60 мг/л, в – Ag 30 мг/л

Рис. 5 – Дія розведеного колоїдного розчину Ag на *Salmonella typhimurium* 98

Висновки

Таким чином, технологія застосування подібних препаратів, отриманих електроіскровим методом, повинна створюватись з урахуванням призначення та властивостей об'єкта і умов застосування.

Література

1. Намитоків К.К., Пахомов П.Л., Харин С.Н. Математическое моделирование процессов в газоразрядной плазме. – Алма-Ата.: Наука, 1988. – 208 с.
2. Щерба А.А., Подольцев А.Д., Захарченко С.Н. Регулирование динамических параметров технологических систем объёмной электроискровой обработки гетерогенных токопроводящих сред // Праці Ін-ту електродинаміки НАНУ. Електротехніка, 2001. – Київ: Вид. Ін-ту електродинаміки НАНУ, – 2001. – С. 3 – 16.
3. Berkowitz A.E., Walter J.L. Spark erosion: A method for producing rapidly quenched fine powders // I. Mater. Res. – 1987. – Vol. 2, № 2. – P. 277–288.
4. Veklich A.N. Nanoparticle generation by plasma-erosion discharge in liquid environment / Veklich A.N., Lopatko K.G., Aftandilyants Y.G., Zakharchenko S.N., Boretskij V.F. // VII International Conference Plasma Physics and Plasma Technology, Minsk, Belarus, September 17 – 21, 2012, Contributed papers, V.II. – P. 495–498.