

ОСНОВНІ ШЛЯХИ ДЕГРАДАЦІЇ НАНОЧАСТИНОК МЕТАЛІВ

С.К. ЛОПАТЬКО,

*аспірант кафедри екології агросфери та екологічного контролю,
<https://orcid.org/0000-0001-7958-5600>*

В.М. ЧАЙКА,

*доктор сільськогосподарських наук, професор кафедри екології
агросфери та екологічного контролю,
<https://orcid.org/0000-0003-4324-5529>*

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Анотація. Швидкість розвитку нанотехнологій регулює виробництво препаратів у нанорозмірній формі, у тому числі наночастинок металів. У свою чергу, вони можуть потрапляти в сільськогосподарські угіддя різними шляхами. Отже, їх подальша роль в агроценозі є прерогативою сучасних досліджень. Тому, основним питанням на сьогодні залишається можливість руйнування продуктів нанотехнологій за рахунок як едафічних чинників так і продуктами метаболізму рослин та мікроорганізмів для уникнення їхнього накопичення у агрофітоценозах. Ця стаття представляє огляд, здебільшого зарубіжної літератури, для систематизації знань зі шляхів деградації, механізмів проникнення наночастинок у клітину та вплив на неї, їхнього подальшого транспортування тканинами та взаємодії наночастинок металів з довкіллям, в агробіоценозах.

Фізикохімічні властивості наночастинок металів, (наприклад розмір, заряд, форма, покриття) та властивості ґрунту (наприклад рН, мінеральний склад, наявність органічних кислот та ін.) відіграють важливу роль у висвітленні питань розпаду, транспорту, мобільності та взаємодії нановмісних препаратів із ґрунтовими складовими.

Головна роль у формуванні основної більшості морфологічних особливостей наночастинок металів, які є основою нановмісних препаратів, відіграє метод їхнього синтезу. Серед багатьох існуючих, зокрема, перетворення в плазму речовини шляхом випаровування, осадження порошків з розчинів на підкладках, газофазний синтез та інші, був виділений метод електроіскрового диспергування як найбільш сучасний та прогресивний, адже для детального аналізу ми маємо змогу вдосконалити процес синтезу нановмісних

препаратів саме цим методом. За допомогою власного методу синтезу, регулюючи параметри нановмісних препаратів можна передбачити і уникнути потенційних ризиків використання нановмісних препаратів металів у фітоценозі та зменшити хімічне навантаження на ґрунт.

Отже, головна мета цього огляду - оцінити можливості наночастинок металів до деградації, описати передумови до біодеградації та підкреслити основні принципи використання таких властивостей в агропромисловому комплексі.

Ключові слова: наночастинки металів, біодеградація, розпад, біодоступність.

Вступ.

Розвиток наноіндустрії на сьогодні є прерогативою сучасних досліджень для більшості технологічних країн. Ця галузь науки розвивається з кожним днем та робить цінний внесок не тільки в технічні науки, а також у біотехнологію, біомедицину, агропромисловий комплекс та взагалі в будь-яку "науку про життя". Завдяки широкому розвитку нанонауки та нанотехнологій за останнє десятиліття, дослідники можуть отримати додатковий контроль над розмірами наночастинок, їхньою формою, структурною фазою та фізико-хімічними властивостями (такими як каталітичні, оптичні, електронні, магнітні, гідрофобні та гідрофільні).

Взагалі, нанотехнології – це процеси в якому беруть участь нанорозмірні частинки (від 1 до 100 нм) для створення нових речовин чи пристроїв. Багато унікальних властивостей наночастинок залежать від розміру та форми, поверхневого заряду та модифікації, гідрофобності наночастинок. Унікальні властивості наночастинок забезпечують біодоступність для живих клітин. Наприклад, невеликий розмір наночастинок може дати можливість їм проходити крізь біологічні

бар'єри; різноманітність структури наночастинок дає можливість збільшити біодоступність та ефективність препаратів агропромислового комплексу та ліків. Покращена біоактивність препарату, біодоступність дає змогу здійснювати контрольовану доставку ліків, оскільки їх можна інкапсулювати в нанопрепаративну систему. У порівнянні з традиційними методами доставки, така система вважається проривною. Останні наукові дані вказують на те, що нанотехнології можуть позитивно впливати на агропромисловий сектор, мінімізуючи несприятливі проблеми сільськогосподарської діяльності на довкілля та здоров'я людей, покращуючи продовольчу безпеку та продуктивність (як вимагає передбачуваний ріст населення), одночасно сприяючи соціально-економічному росту та раціональному ресурсо-користуванню.

Але з розвитком нанотехнологій виникло занепокоєння щодо подальшої участі наноматеріалів у біологічних процесах, а саме можливість до накопичення та розпаду. У зв'язку з цим, актуальним питанням на сьогодні стає можливість біодеградації наночастинок. Біорозкладані наноматеріали – це матеріали наномасштабу, які можуть природним чином

руйнуватися в біологічних умовах в організмі (Su & Kang 2020). Здатність наночастинок до розкладання, може бути корисною властивістю для контролю постачання діючої речовини, оскільки ідеальні біорозкладані матеріали потребують ефективної деградації на цільовій ділянці (Elemike, Uzoh, Onwudiwe & Babalola, 2019), у той час залишаючись активованими (Chen, 2018). Біорозкладані наночастинки мають велику перспективу в системі доставки лікарських засобів через безліч причин: вони забезпечують постачання з контрольованими показниками; вони стабільні в системі кровообігу; вони нетоксичні та неімуногенні (Chen, 2018). Обґрунтування цього огляду полягає в тому, що, незважаючи на прицілну увагу до наночастинок як засобів транспорту медичних препаратів, засобів захисту рослин, альтернативи препаратам мінерального живлення (Veklich et al., 2020), оглядів щодо можливості наночастинок до біодеградації та використання цієї властивості в агропромисловому комплексі майже немає.

Деградація наночастинок металів. Розпад із виділенням іонів є основним фізичним принципом як деградації так і біодеградації наночастинок металів. Біодеградація – біологічний процес, що призводить до зміни хімічного складу та структури молекули, під дією природних чинників, процесів або організмів (Khalid, 2019). Розпад наночастинок у ґрунті – це здебільшого динамічний процес, пов'язаний із реакційною здатністю наночастинок та чинниками довкілля. Здатність до розпаду залежить від сукупності характеристик наночастинок, як правило, менші за розміром частинки мають вищу швидкість

розпаду завдяки збільшеній питомій площі поверхні. Дослідження наночастинок Fe, Cu, Zn, Ag вказують на загальне збільшення інтенсивності розпаду в міру зменшення розміру частинок (Duhan et al., 2017). Хоча розмір є основною фізико-хімічною властивістю, що впливає на біодеградацію, ця тенденція може бути змінена за рахунок покриття поверхні наночастинок. Сучасні дослідження демонструють можливість зміни розчинності наночастинок (Chouhan, 2018), що вказує на здатність органічного покриття сприяти або інгібувати розпад наночастинок. Дослідження, проведене Borm та співавт. (Borm et al., 2006) показали, що сферичні частинки меншого розміру з позитивним зарядом, як правило, енергетично нестійкі, та більш розчинні. Вивчаючи процес природної біодеградації наночастинок у ґрунті, було доведено, що хімічна реакція, яка відбувається в природних умовах, обов'язково має низку природних чинників, які впливають на розчинність (Nanja, Focke, & Musee, 2020). Дослідження наночастинок Cu, у прісних водоймах (pH 6,32), демонструє зменшення розчинності наночастинок, завдяки присутності органічних речовин, поєднанню хелатів та утворенню стійкого покриття поверхонь частинок (Borm P., 2006). Однак Bian та ін. (Bian, Mudunkotuwa, Rupasinghe, & Grassian, 2011) резюмував, що розпад наночастинок Zn зростало в присутності гумінової кислоти при високому діапазоні pH. У дослідженнях Miao та ін. (2019) також зазначено перелік природних органічних сполук, які посилюють, або зменшують вивільнення іонів Zn^{2+} із наночастинок ZnO , залежно від їхнього хімічного складу й концентрації. Отже, проце-

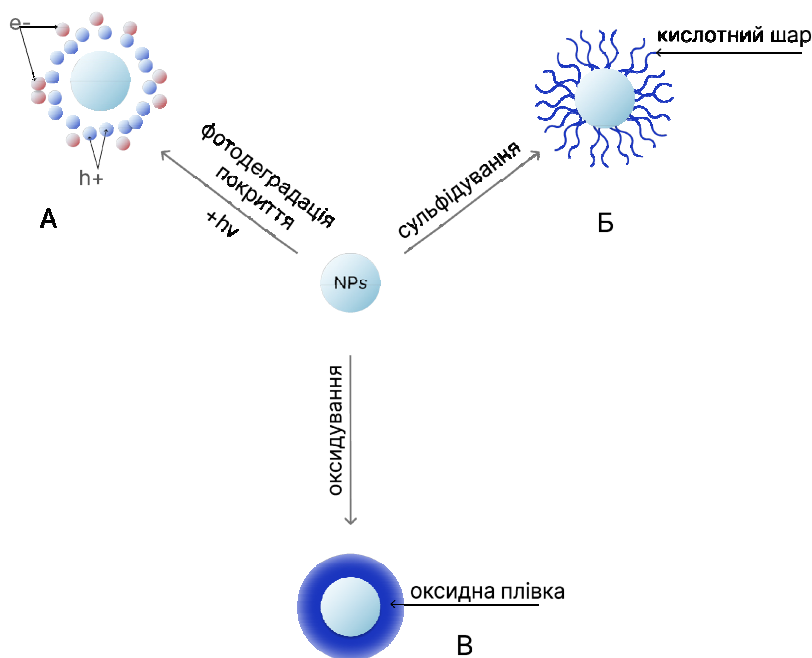


Рис. 1 Схема трансформації наночастинок металів

А – руйнування оксидного покриття наночастинок металів під дією світла;

Б – утворення сульфідної плівки на поверхні наночастинок;

В – зміна заряду наночастинок металів, під дією світла.

си біодеградації наночастинок металів у природному середовищі можуть суттєво відрізнятися від теоретичних (Dyshlyuk et al, 2021).

Також, наночастинки металів можуть зазнавати хімічного перетворення за допомогою окисно-відновних процесів у ґрунті (рис 1). Процеси окислення та відновлення пов'язані між собою та передбачають перенесення електронів між хімічними речовинами (Lead et al, 2018). Аеровані сільськогосподарські ґрунти є переважно окислювальними середовищами, а насичена підземна поверхня з обмеженим вмістом кисню може призводити до трансформації наночастинок. Індуковані сонячним світ-

лом окисно-відновні реакції (Xue et al, 2018) стають важливим процесом хімічного перетворення та впливають на ступінь окиснення, генерацію активних форм кисню та стійкість наночастинок (Nguyen, 2020). Металеві наночастинки, фотокаталізатори привернули останнім часом інтерес завдяки їх сильному поглинанню видимого та ультрафіолетового світла. Енергія, що поглинається електронами металу, і інтенсивними електричними полями в безпосередній близькості, створеними ефектом локалізованого поверхневого плазмонного резонансу(LSPR), робить вирішальний внесок в активацію молекул на наночастинок металу, що сприяє

хімічному перетворенню. Зараз є багато прикладів успішних реакцій, які каталізуються наночастинками металів і металевих сплавів, що керуються світлом при кімнатній або помірній температурі. Деякі наночастинки металів, такі як TiO_2 або ZnO спеціально створені чутливими до сонячного світла та здатні виробляти активні форми кисню під його дією. Також відомо, що деякі наночастинки металів мають можливість змінювати свій окислювально-відновний потенціал та потенційну токсичність під дією світла (Pang, et al 2020). Останнім важливим способом хімічної трансформації наночастинок є сульфидування. Доведено, що процес насичення поверхневого шару наночастинок сіркою та утворення сульфідної плівки, впливає на хімічну активність, виділення іонів та токсичність наночастинок (Alshehri, Aziz, Trivedi, & Panneerselvam, 2020).

Особливості деградації наночастинок, отриманих методом електро-іскрового диспергування. Застосування наночастинок металів у якості екологічно безпечних елементів мінерального живлення рослин вимагає вже на стадії їх отримання забезпечити ряд вимог для їх подальшого ефективного розчинення в клітині. Саме ці матеріали повинні мати зручну препаративну та біологічно доступну форму, не мати токсичних домішок, забезпечувати максимально рівномірний розподіл та легку корекцію їх концентрації в робочих (бакових) сумішах, що має найбільший вплив на подальше розчинення наночастинок у клітині.

Найбільш близько таким вимогам відповідають концентровані водні дисперсії металів (колоїдні розчини), але отримання їх із забезпеченням

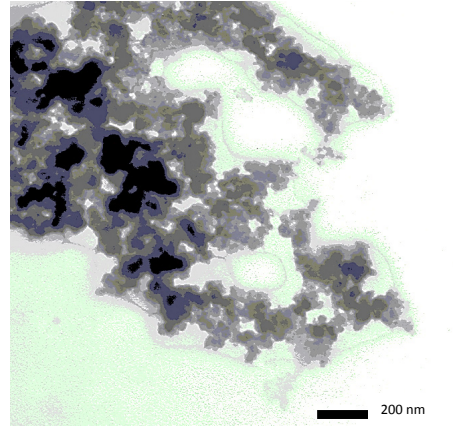


Рис. 2 Електронна мікроскопія наночастинок мангану

необхідної виробничої стабільності завжди було складною технічною задачею. У зв'язку з цим було удосконалено спосіб отримання водних дисперсій металів, в основі якого покладено фізичне явище електричного пробою рідкого діелектрику. Метод об'ємного електроіскрового диспергування струмопровідних матеріалів для отримання дисперсних матеріалів детально вивчається вже на протязі останніх двох десятиків років. Еволюція різноманітних технічних рішень та загалом технології дала можливість отримувати стабільні, висококонцентровані розчини біологічно активних металів. Дослідження авторів та аналіз літературних джерел демонструють ефективність бактерицидної й біогенної дії колоїдних препаратів на основі наночастинок біологічно активних металів підвищується, якщо розмір дисперсної фази лежить в діапазоні 30-100 нм (рис.2), частинки однорідні за розмірами, формою, хімічним складом і структурно-фазовим станом (Zakharchenko, Shydlovska, Perekos, Lopatko, & Savluk, 2020).

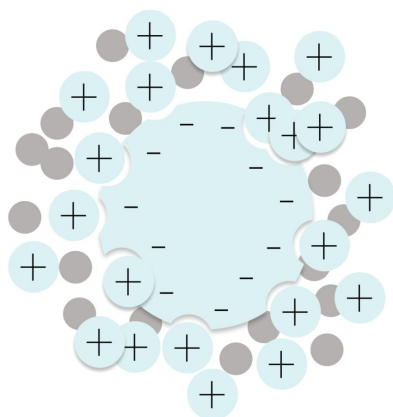


Рис. 3. Схема розпаду наночастинки (велика частинка із негативним зарядом) на іони (менші, позитивно заряджені частинки)

Отримані результати (Alshehri, Aziz, Trivedi, & Panneerselvam; Appa, & Nargund, 2020; Pappas, Turaga, Kumar, Ramkumar, & Kendall, 2017) з фізіології розвитку рослинних організмів під впливом колоїдних частинок та механізмів їхньої взаємодії й біологічної деградації дали можливість зробити припущення, що забезпечення пролонгованої дії полягає в поступовому розчиненні та генерації катіонів металу (рис.3).

Отже, навіть за умови інактивації або виведення наявних катіонів з організму, тривалий час буде існувати джерело катіонів – металева наночастинка. Очевидно, що за вказаного механізму постачання необхідних катіонів організму, токсичність речовини буде мінімальною. Тривалість латентного періоду (швидкість відгуку організму на обробку колоїдними розчинами), яка прямо пов'язана зі швидкістю та повнотою розпаду, в усіх дослідях залежала від конкретних умов їхнього проведення, фізіо-

логічного стану організму, етапу органогенезу тощо.

Подальші механізми транспорту катіонів рослиною давно відомі (Andresen, Peiter, & Küpper, 2018; Huang, Zhao, & Keller, 2017; Patel P.R., 2018; Radetić, & Šaponjić, 2017; Tripathi et al, 2017), але науковий та практичний інтерес представляють саме імовірні механізми транспорту або біологічної деградації та транспорту, самих наночастинок, оскільки використання наноматеріалів із кожним роком тільки зростає, та відбувається розширення сфери (галузей) їхнього використання (Manzanares, & Ceña, 2020). Це стосується не тільки рослинництва, а й медицини, методів діагностики та лікування.

Висновки.

У цьому огляді було обговорено можливості наночастинок металів до деградації, виявлено основні процеси, які сприяють розчиненню та трансформації наночастинок у ґрунті та розглянуто перспективні методи з їхнього виготовлення.

Результати аналізу літературних джерел показали, що наночастинки металів здатні трансформуватись та розчинятись за дії різних хімічних органічних речовин, фізичних факторів та едафічних чинників у природному середовищі за звичайних умов. Можна резюмувати, що основними факторами деградації наночастинок в природному середовищі є руйнування оксидної плівки, фотодеградація покриття поверхні наночастинок та сульфидування. Крім того, наночастинки металів деградують за дії ґрунтових мікроорганізмів та рослин.

Також, був описаний та проаналізований один з перспективних ме-

тодів синтезу наночастинок металів – електро-іскровий синтез наночастинок металів. Саме завдяки йому можна отримати наночастинок металів із сталою формою та розміром. Адже, морфологічні параметри нано-об'єктів це головний чинник їхньої біологічної функціональності.

Подальші дослідження будуть сприяти мінімізації хімічного навантаження на ґрунти через можливість наночастинок металів, виготовлених електро-іскровим методом, успішно розпадатися на іони в ґрунтах та під дією зовнішніх чинників.

Усі теоретичні аспекти та гіпотези, які було проаналізовано, у майбутньому детально досліджуватимуться та будуть підтверджені або спростовані.

References

1. Su, S., & Kang, P. M. (2020). Systemic Review of biodegradable nanomaterials in nanomedicine. *Nanomaterials*, 10(4), 656. doi:10.3390/nano10040656
2. Elemike, E., Uzoh, I., Onwudiwe, D., & Babalola, O. (2019). The Role of Nanotechnology in the Fortification of Plant Nutrients and Improvement of Crop Production. *Applied Sciences*, 9(3), 499. doi:10.3390/app9030499
3. Chen, H. (2018). Metal based nanoparticles in agricultural system: Behavior, transport, and interaction with plants. *Chemical Speciation & Bioavailability*, 30(1), 123-134. doi:10.1080/09542299.2018.1520050
4. Veklich A. et al. (2020) Regulation of Biological Processes with Complexions of Metals Produced by Underwater Spark Discharge. In: Fesenko O., Yatsenko L. (eds) *Nanooptics and Photonics, Nanochemistry and Nanobiotechnology, and Their Applications*. Springer Proceedings in Physics, vol 247. Springer, Cham. doi:10.1007/978-3-030-52268-1_23
5. Khalid F et al. Mechanism of Pollutants Magnetized Biodegradation in Wastewater by Some Yeasts. (2019). *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 5(3), 3rd ser., 1599-1603.
6. Duhan, J. S., Kumar, R., Kumar, N., Kaur, P., Nehra, K., & Duhan, S. (2017). Nanotechnology: The new perspective in precision agriculture. *Biotechnology Reports*, 15, 11–23. doi:10.1016/j.btre.2017.03.002
7. Chouhan, N. (2018). Silver Nanoparticles: Synthesis, Characterization and Applications. *Silver Nanoparticles - Fabrication, Characterization and Applications*, 17–26. doi:10.5772/intechopen.75611
8. Borm, P., Klaessig, F. C., Landry, T. D., Moudgil, B., Pauluhn, J., Thomas, K., Trotter, R., & Wood, S. (2006). Research Strategies for Safety Evaluation of Nanomaterials, Part V: Role of Dissolution in Biological Fate and Effects of Nanoscale Particles. *Toxicological Sciences*, 90(1), 23–32. doi:10.1093/toxsci/kfj084
9. Nanja, A. F., Focke, W. W., & Musee, N. (2020). Aggregation and dissolution of aluminium oxide and copper oxide nanoparticles in natural aqueous matrixes. *SN Applied Sciences*, 2(7). doi:10.1007/s42452-020-2952-4
10. Bian, S. W., Mudunkotuwa, I. A., Rupasinghe, T., & Grassian, V. H. (2011). Aggregation and Dissolution of 4 nm ZnO Nanoparticles in Aqueous Environments: Influence of pH, Ionic Strength, Size, and Adsorption of Humic Acid. *Langmuir*, 27(10), 6059–6068. doi:10.1021/la200570n
11. Miao, A. J., Zhang, X. Y., Luo, Z., Chen, C. S., Chin, W. C., Santschi, P. H., & Quigg, A. (2019). Zinc oxide-engineered nanoparticles: Dissolution and toxicity to marine phytoplankton. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 29(12), 2814–2822. doi:10.1002/etc.340
12. Dyshlyuk, L., Babich, O., Ivanova, S.,

- Vasilchenko, N., Atuchin, V., Korolkov, I., Prosekov, A. (2020). Antimicrobial potential of ZnO, TiO₂ and SiO₂ nanoparticles in protecting building materials from biodegradation. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 146, 104821. doi:10.1016/j.ibiod.2019.104821
13. Cervantes-Avilés, P., Huang, X., & Keller, A. (2021). Dissolution and aggregation of metal oxide nanoparticles used as nano-enabled agricultural products at the root-soil interface. doi:10.1021/scimeetings.1c00196
14. Lead, J. R., Batley, G. E., Alvarez, P. J., Croteau, M., Handy, R. D., McLaughlin, M. J., Schirmer, K. (2018). Nanomaterials in the environment: Behavior, fate, bioavailability, and EFFECTS-AN updated review. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 37(8), 2029-2063. doi:10.1002/etc.4147
15. Xue, Y., Wang, J., Huang, Y., Gao, X., Kong, L., Zhang, T., & Tang, M. (2018). Comparative cytotoxicity and apoptotic Pathways induced by NANOSILVER in human liver HepG2 and L02 cells. *Human & Experimental Toxicology*, 37(12), 1293-1309. doi:10.1177/0960327118769718
16. Nguyen, V. T. (2020). Sunlight-driven synthesis of silver nanoparticles using pomelo peel extract and antibacterial testing. *Journal of Chemistry*, 2020, 1-9. doi:10.1155/2020/6407081
17. Pang, C., Zhang, P., Mu, Y., Ren, J., & Zhao, B. (2020). Transformation and Cytotoxicity of Surface-Modified Silver Nanoparticles Undergoing Long-Term Aging. *Nanomaterials*, 10(11), 2255. doi:10.3390/nano10112255
18. Alshehri, M. A., Aziz, A. T., Trivedi, S., & Panneerselvam, C. (2020). Efficacy of chitosan silver nanoparticles from shrimp-shell wastes against major mosquito vectors of public health importance. *Green Processing and Synthesis*, 9(1), 675-684. doi:10.1515/gps-2020-0062
19. Zakharchenko, S., Shydlovska, N., Perkos, A., Lopatko, K., & Savluk, O. (2020). Features of Obtaining of Plasma-Erosion Nanodispersed Silver Hydrosols and Their Bactericidal and Fungicidal Properties. *Metallofizika i noveishie tekhnologii*, 42(6), 829-851. doi:10.15407/mfint.42.06.0829
20. Appa, C., & Nargund, V. B. (2020). Green synthesis of chitosan Based copper nanoparticles and Their Bio-efficacy against bacterial blight OF POMEGRANATE. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 9(1), 1298-1305. doi:10.20546/ijcmas.2020.901.143
21. Alshehri, M. A., Aziz, A. T., Trivedi, S., & Panneerselvam, C. (2020). Efficacy of chitosan silver nanoparticles from shrimp-shell wastes against major mosquito vectors of public health importance. *Green Processing and Synthesis*, 9(1), 675-684. doi:10.1515/gps-2020-0062
22. Pappas, S., Turaga, U., Kumar, N., Ramkumar, S., & J. Kendall, R. (2017). Effect of concentration of silver nanoparticles on the uptake of silver from silver nanoparticles in soil. *International Journal of Environmental and Agriculture Research*, 3(5), 80-90. doi:10.25125/agriculture-journal-IJOEAR-APR-2017-2
23. Andresen, E., Peiter, E., & Küpper, H. (2018). Trace metal metabolism in plants. *Journal of Experimental Botany*, 69(5), 909-954. doi:10.1093/jxb/erx465
24. Tripathi, D. K., Shweta, Singh, S., Singh, S., Pandey, R., Singh, V. P., . . . Chauhan, D. K. (2017). An overview on manufactured nanoparticles in plants: Uptake, translocation, accumulation and phytotoxicity. *Plant Physiology and Biochemistry*, 110, 2-12. doi:10.1016/j.plaphy.2016.07.030
25. Huang, Y., Zhao, L., & Keller, A. A. (2017). Interactions, transformations, and bioavailability Of Nano-Copper exposed to ROOT EXUDATES. *Environmental Science & Technology*, 51(17), 9774-9783. doi:10.1021/acs.est.7b02523

26. Patel, P. R., Shaikh, S. S., & Sayyed, R. Z. (2018). Modified chrome azurol s method for detection and estimation of siderophores having affinity for metal ions other than iron. *Environmental Sustainability*, 1(1), 81-87. doi:10.1007/s42398-018-0005
27. Radetić, M., & Šaponjić, Z. (2017). Biodegradation behavior of textiles impregnated with ag and tio2 nanoparticles in soil. *Methods in Pharmacology and Toxicology*, 281-296. doi:10.1007/978-1-4939-7425-2_14
28. Manzanares, D., & Ceña, V. (2020). Endocytosis: The nanoparticle and submicron nanocompounds gateway into the cell. *Pharmaceutics*, 12(4), 371. doi:10.3390/pharmaceutics12040371

Lopatko S., Chayka V. (2022).

THE MAIN WAYS FOR METAL NANOPARTICLES DEGRADATION

BIOLOGICAL SYSTEMS: THEORY AND INNOVATION, 13(3-4): 87-95.

<http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Biologiya/article/view/16703>

[https://doi.org/10.31548/biologiya13\(3-4\).2022.061](https://doi.org/10.31548/biologiya13(3-4).2022.061)

Abstract. *Progress of nanotechnology development regulates the production of substance in nanosized form, including metal nanoparticles. Therefore, they can enter agricultural land in different ways. Consequently, their further role in agroecosystem is the prerogative of modern research. So, the main issue today remains the possibility of destruction of nanotechnology products at the expense of both edaphic factors and metabolic products of plants and microorganisms to avoid their accumulation in agroecosystems. This article presents a review, mostly of foreign literature, to systematize knowledge of degradation pathways, mechanisms of nanoparticle penetration into the cell, their subsequent transport through tissues, and the interaction of metal nanoparticles with the environment in agroecosystems.*

Physicochemical properties of metal nanoparticles (for example, size, charge, shape, coating) and soil properties (for example, pH, mineral composition, presence of organic acids, etc.) play an important role in elucidating the issues of decomposition, transport, mobility and interaction of nano-containing preparations with soil components.

The main role in the formation of most morphological features of metal nanoparticles, which are the basis of nano-containing preparations, played by the method of nanoparticle synthesis. Among many existing ones, in particular, transformation in plasma by evaporation, deposition of powders from solutions on a substrate, gas-phase synthesis, and others, the electrospark dispersion method was released as the most modern and progressive, since for detailed analysis we can perfectly reproduce the synthesis process of nano-containing solutions, by this method.

With the help of our own method of synthesis, by adjusting the parameters of nano-containing preparations, it is possible to predict and avoid the potential risks of using nano-containing preparations of metals in agroecosystem.

Therefore, the main goal of this review is to evaluate the potential of metal nanoparticles for degradation, to describe the prerequisites for biodegradation and to note the main possibilities of using such properties in the agro-industrial complex.

Keywords: *metal nanoparticles, biodegradation, disintegration, bioavailability*