



Матеріали XXV Міжнародної науково-практичної конференції
«Екологія. Людина. Суспільство»
пам'яті д-ра Дмитра СТЕФАНІШИНА
(12 червня 2025 р., м. Київ, Україна)

Proceedings of the XXV International Science Conference
«Ecology. Human. Society»
dedicated to the memory of Dr. Dmytro STEFANYSHYN
(June 12 2025, Kyiv, Ukraine)

ISSN (Online) 2710-3315

<https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2025.330195>

МІКРОПЛАСТИК У ПИТНІЙ ВОДІ ТА ЇЖІ - ЗАГРОЗА ЗДОРОВ'Ю ЛЮДИНИ

Наталія БЕРТОШ

Національний технічний університет України
Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського
Берестейський проспект, 37, Київ, 03056, Україна
e-mail: bertosh-fbmi@iitl.kpi.ua

Анотація

У роботі розглянуто проблему мікропластикового забруднення як однієї з новітніх загроз для здоров'я людини. Особливу увагу приділено основним шляхам потрапляння мікропластикових і нанопластикових частинок в організм людини — через питну воду, продукти харчування, повітря та побутові джерела. Описано механізми токсичної дії мікропластику на різні системи органів, включаючи травну, дихальну, серцево-судинну, репродуктивну та імунну системи. Показано, що мікропластик здатен акумулювати токсичні речовини, порушувати гормональний баланс, викликати оксидативний стрес і запальні реакції. Робота спрямована на підвищення обізнаності та пошук шляхів мінімізації негативного впливу мікропластику на здоров'я.

Ключові слова: мікропластик, нанопластик, питна вода, їжа, здоров'я людини, токсичність, навколишнє середовище, забруднення.

За останнє десятиріччя мікропластик став об'єктом особливої уваги науковців, екологів і лікарів. Згідно з даними ВООЗ, мікропластик виявляється у 90% зразків бутильованої води, морській солі, фруктах, рибі, навіть у зразках грудного молока. Невидимі для людського ока пластикові частинки активно накопичуються в довкіллі та можуть проникати в людський організм через харчовий ланцюг, воду та повітря. Їхній вплив на здоров'я — від дисбалансу гормонів до потенційного канцерогенного ефекту — становить реальну загрозу, що потребує постійного моніторингу та розробки захисних стратегій.

Метою даної роботи є дослідження сучасних наукових джерел з питань походження мікропластику, шляхів його потрапляння в організм людини та потенційних негативних впливів на здоров'я. Також окреслено ключові напрямки подальших практичних досліджень у сфері екологічного моніторингу та розробки заходів для зниження ризиків, пов'язаних з мікропластиком.

Поняття мікропластику та його типи. Щороку світ виробляє дедалі більше пластику — лише у 2019-му його кількість сягнула 353 мільйонів тонн, а до 2060 року очікується трикратне зростання цього показника [1].

Мікропластик — це дрібні пластикові частинки, що утворюються в результаті розкладання пластмас [2].

Мікропластик класифікують за двома основними типами: первинний і вторинний. Первинний мікропластик — це дрібні пластикові частинки, спеціально виготовлені у вигляді мікрогранул діаметром менше 5 мм. Вони широко використовуються в промисловості, зокрема в текстильному виробництві, медицині, косметичних засобах і діагностичних матеріалах. Натомість вторинний мікропластик утворюється в результаті руйнування більших пластикових виробів, таких як пакування, пляшки, одяг з синтетичних тканин або інше сміття, під дією механічних, хімічних або атмосферних чинників, які розщеплюють їх на мікроскопічні фрагменти [1]. Такі фрагменти називають нанопластиком, їх розмір менше 1 мкм. Нанопдастик неможливо побачити неозброєним оком, вони достатньо малі, щоб проникати в клітини та тканини організму [3].

Шляхи потрапляння мікропластику в організм. Мікропластик поширений у всіх компонентах навколишнього середовища — у повітрі, питній воді, продуктах харчування, а також у річках, озерах і морях. Через надзвичайно малі розміри ці частинки легко проходять через системи очищення стічних вод, які не здатні ефективно їх затримувати, тим самим сприяючи їхньому поширенню. Характер переміщення мікропластикових частинок визначається їх фізико-хімічними властивостями, зокрема розміром, формою та щільністю полімеру [3].

Поглиблені міждисциплінарні дослідження, що проводяться в межах програм Європейського Союзу (Horizon Europe, PlasticsFatE, Imptox, MINAGRIS), дозволили ідентифікувати основні шляхи потрапляння мікропластикових частинок до організму людини [2] малюнок 1.

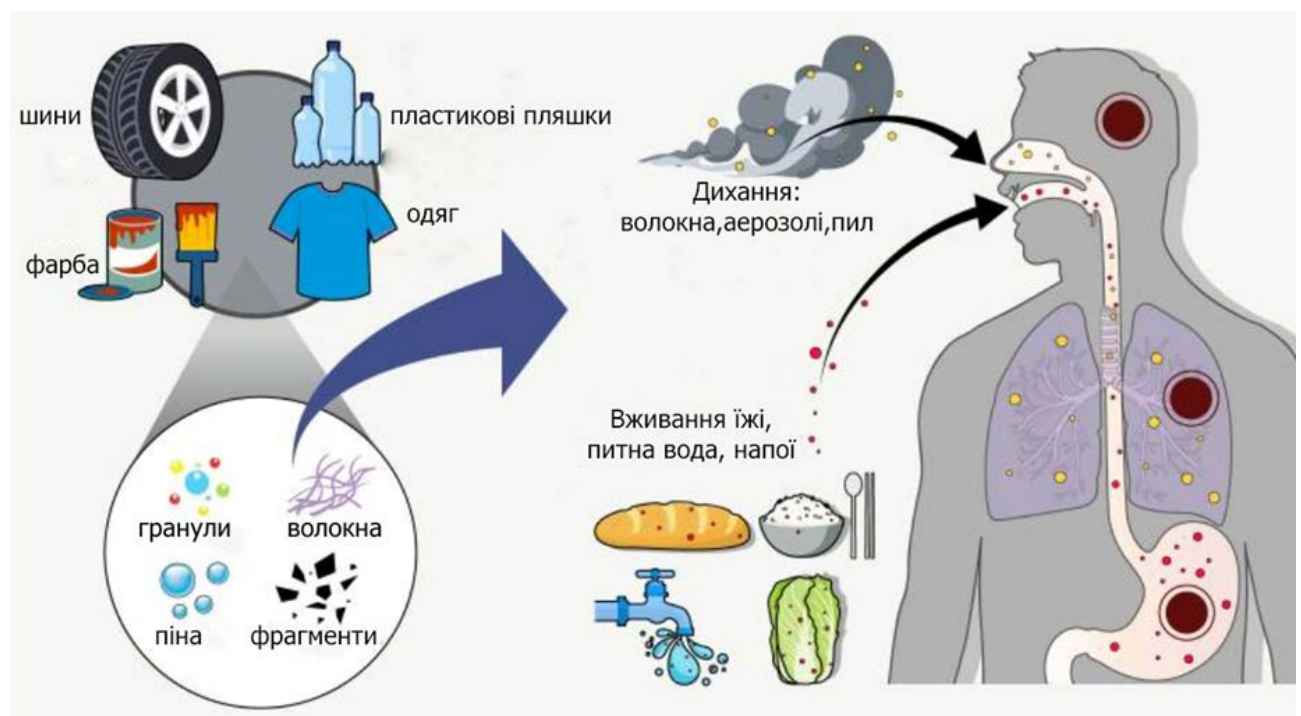


Рис. 1. Шляхи потрапляння мікропластику в організм [5]

Пероральний шлях (через їжу). Мікропластик виявляється в багатьох продуктах щоденного вжитку, зокрема у питній та бутильованій воді, морепродуктах, кухонній солі, цукрі, молочних продуктах, чаї (особливо у пакетиках), а також у готових стравах. За даними Європейського агентства з безпеки харчових продуктів, внаслідок споживання моллюсків мешканці Європи

щороку піддаються впливу близько 11 000 мікропластикових частинок на людину. Загальне річне споживання мікропластику з продуктами харчування може становити від 39 000 до 52 000 частинок на людину [4].

Мікропластик також широко поширений у ґрунтах, особливо в сільськогосподарських системах. Частинки з негативним зарядом можуть проникати в рослини і транспортуватися від коренів до стебел, листя та плодів. Потрапляння мікропластику в агросистеми можливе через використання осадів стічних вод, компосту, пластикового мульчування та інших агротехнічних практик, що в свою чергу, сприяє забрудненню харчових продуктів і збільшує ризики впливу на здоров'я людини. [2].

Інгаляційний шлях (через дихання). Основними джерелами частинок у повітрі є стирання автомобільних шин, будівельних матеріалів, а також зношування синтетичного одягу. Значна частина мікропластику в атмосфері походить з дорожніх покриттів приблизно 84%. Атмосферне повітря в урбанізованих зонах містить переважно мікропластикові частинки та волокна, виготовлені з поліетилену, полістиролу і поліетилентерефталату, розмір яких варіює від 10 до 8000 мкм [5,6].

Концентрація мікропластикових волокон у повітрі міст коливається: близько 5,4 волокна на кубічний метр зовнішнього повітря і 0,9 — у приміщеннях. Загальна кількість частинок, що людина може вдихнути і проковтнути за рік, може сягати від 74 000 до 121 000. [6].

Найдрібніші частинки розміром менше 10 мкм здатні проникати до нижніх дихальних шляхів, включно з альвеолами. Це може призводити до хронічного запалення, розвитку фіброзу, оксидативного стресу, а також запуску імунопатологічних реакцій, що підтверджено дослідженнями *in vivo* [3].

Трансдермальний шлях (контакт через шкіру). Порівняно з іншими шляхами потрапляння мікропластику в організм людини, трансдермальний залишається недостатньо вивченим. Загалом вважається, що мікропластик не здатен проникати крізь непошкоджений епідермальний бар'єр шкіри, проте певні умови можуть підвищити ризик його впливу. Наприклад, осідання мікропластикових частинок на поверхню шкіри може призводити до абсорбції пластичних добавок, таких як бромовані антипірени, бісфеноли, триклозан та фталати [3].

Побутові джерела мікропластику, зокрема косметичні засоби — креми, лосьйони та засоби для вмивання — часто містять поліетиленові мікрогранули, що підвищує ризик прямого контакту з ними. Інші джерела включають зношування пластикових предметів (наприклад, чохлів для мобільних телефонів) [2].

Хоча сам мікропластик є гідрофобним і має обмежену здатність до проникнення через роговий шар, наночастинки розміром менше 100 нм можуть долати епідермальний бар'єр [2].

В експериментальних моделях показано, що полімерні частинки (наприклад, полістирол розміром 20–200 нм) здатні накопичуватися у волосяних фолікулах, причому менші частинки демонструють більший ступінь проникнення. Крім того, дослідження *in vivo* показали, що капсульовані частинки поліетилен розміром менше 10 мкм не викликають істотного запалення після тривалого підшкірного введення, на відміну від часток полівінілхлориду, стабілізованих токсичними добавками, які спричиняють дегенеративні зміни [7].

Отже, хоча трансдермальний шлях надходження мікропластику до організму вважається менш значущим, ніж пероральний чи інгаляційний, наявні дані вказують на його потенційну роль. Тому подальші дослідження потрібні для повного розуміння механізмів проникнення наночастинок через шкіру та їхнього можливого впливу на здоров'я людини [8].

Біологічний вплив мікропластику на організм. Загальноприйнято вважати, що після потрапляння в організм людини мікропластику, він може виводиться через шлунково-кишковий тракт та жовчні шляхи.

Вплив на травну систему. Мікропластикові частинки після потрапляння в організм можуть системно розповсюджуватися кровообігом та акумулюватися в різних органах і тканинах. На сьогодні мікропластик виявлено щонайменше в 15 органах людини, серед яких селезінка, печінка, товста кишка, легені та плацента. Найвищу концентрацію частинок зафіксовано в товстій кишці — 28,1 частинок/г тканини, та в печінці — 4,6 частинок/г. Основними типами ідентифікованого полімеру є поліетилен, поліетилентерефталат, поліпропілен, полістирол, полівінілхлорид та полікарбонат [9]. Результати експериментальних досліджень демонструють, що мікропластик здатен індукувати запальні реакції в кишечнику та порушення функціональної активності печінки, зокрема метаболічних процесів. Однак наразі відсутні достатні докази того, чи ці зміни можуть бути пусковим механізмом розвитку тяжких патологій [2].

Серцево-судинна система. Згідно з клінічними спостереженнями, опублікованими у *New England Journal of Medicine*, наявність мікропластику в організмі асоціюється з підвищеним ризиком серцево-судинних захворювань. Було виявлено, що у пацієнтів із серцевою патологією присутність мікропластикових частинок подвоює ймовірність виникнення інфаркту міокарда або інсульту порівняно з особами, у яких частинки не виявлено [10].

Дихальна система. Інгаляційний шлях є одним із ключових шляхів потрапляння мікропластику в організм. Мешканці урбанізованих територій щорічно вдихають до 121 000 мікропластикових частинок, у тому числі переважно поліетилену, поліетилентерефталату та полістиролу [6]. Найдрібніші частинки <10 мкм, здатні проникати до альвеолярних структур легень, спричиняють оксидативний стрес, локальне запалення та порушення газообміну. Ці процеси маніфестують клінічно у вигляді кашлю, чхання, задишки, а також системних симптомів, таких як втома, головний біль і гіпоксія внаслідок зниження насичення крові киснем [8].

Репродуктивна система. Мікропластик відіграє суттєву роль у виникненні безпліддя. Водночас вплив мікро- та нанопластиків на функціонування яєчок, якість сперми, яєчників і жіночих фолікулів досі вивчені недостатньо. Згідно з наявними дослідженнями, мікро- та нанопластикові частинки здатні порушувати процеси овуляції та спричинити гормональні дисбаланси, зокрема шляхом зміни рівнів естрогену й тестостерону. Потрапляючи до організму, ці частинки можуть чинити негативний вплив на репродуктивну систему, модифікуючи розвиток як статевих, так і соматичних клітин, залежно від їхніх морфометричних характеристик — розміру, форми та хімічної природи [11].

Мікропластикові частинки здатні проникати в системний кровообіг і транспортуватися до різних органів, включаючи плаценту. Дослідження засвідчують, що як самі частинки, так і супутні хімічні добавки можуть перетинати плацентарний бар'єр, потрапляючи до організму плода та навколоплідних вод. Дані експериментів на тваринах і культур клітин *in vitro* свідчать про потенційну токсичність мікропластику для плода і плаценти. Зокрема, встановлено, що вплив мікропластикових частинок на материнський організм під час вагітності та лактації асоціюється зі змінами морфології мозкової тканини і складу нейрональних клітин у потомства. Вплив у критичні періоди розвитку — внутрішньоутробний та ранній постнатальний — може спричинити незворотні порушення формування репродуктивної осі й функціонування центральної нервової системи у нащадків різних біологічних видів [11].

Імунна відповідь. Мікропластик може викликати імунну відповідь в організмі. Процес їх нейтралізації здійснюється за участю тканинних бар'єрів, рецепторів розпізнавання патернів

та механізмів фагоцитозу. Через мікроскопічний розмір та високу стійкість до біодеградації, мікропластик може накопичуватися всередині імунних клітин, що призводить до порушення їх функціональної активності. Взаємодія мікропластику з мікробіотою організму здатна стимулювати активацію вродженого імунітету та провокувати хронічні запальні процеси. Такі тривалі запалення потенційно сприяють розвитку злоякісних новоутворень через активацію прозапальних сигнальних шляхів, індукцію секреції цитокінів та модифікацію імунної відповіді [12].

Стратегії зменшення впливу мікропластику. Відповідно до аналітичного звіту, опублікованого National Public Radio, одним із пріоритетних підходів до зменшення негативного впливу мікропластику є посилення контролю за джерелами його викидів у довкілля. Особливої уваги заслуговують заходи, спрямовані на скорочення використання одноразових пластикових виробів, а також впровадження більш жорстких екологічних регуляторних норм. Значну роль у мінімізації мікропластикових частинок відіграють сучасні методи очищення питної води, зокрема нанофільтрація та зворотний осмос. Ці технології продемонстрували високу ефективність у видаленні частинок навіть нанорозмірного діапазону. Проте, як зазначають автори, подальші фундаментальні дослідження залишаються необхідними для формування комплексних медичних і екологічних стратегій протидії мікропластику [13].

Схожі висновки представлені в оглядовій статті, опублікованій у журналі *Water Science & Technology* (2020), де детально проаналізовано існуючі методи очищення води від мікропластику. Найвищу ефективність демонструють інтегровані технологічні підходи, що поєднують механічну фільтрацію, коагуляцію, флотацію та біофільтрацію. Утім, автори наголошують на труднощах уніфікації методів ідентифікації та кількісного визначення мікропластикових частинок, що ускладнює проведення якісного моніторингу та встановлення нормативних меж забруднення. У зв'язку з цим підкреслюється необхідність нормативно-правового регулювання та активного інформування громадськості щодо способів зменшення впливу мікропластику на здоров'я людини [14].

Висновки. Проведений огляд літератури свідчить про те, що проблема мікропластикового забруднення набуває глобального масштабу й становить безпосередню загрозу не лише для довкілля, але й для здоров'я людини. Мікропластик потрапляє в організм людини з різних джерел — через питну воду, продукти харчування, повітря — і має потенціал до біоаккумуляції в тканинах організму. Виявлення мікропластику в крові, плаценті, грудному молоці, лімфатичних вузлах, а також дослідження на тваринах підтверджують можливу токсичну дію цих частинок: від викликання запальних процесів і оксидативного стресу до гормональних порушень та канцерогенезу.

Особливу тривогу викликає здатність мікропластикових частинок адсорбувати на своїй поверхні токсичні хімічні речовини — важкі метали, пестициди, фталати. Це значно підвищує їхню небезпеку для живих організмів і створює складнощі в оцінці сумарного ризику. Оскільки досі відсутні усталені гігієнічні нормативи щодо вмісту мікропластику у воді чи продуктах, а механізми його дії на людину остаточно не з'ясовані, необхідне розширення наукових досліджень у цьому напрямку.

Пропозиції та рекомендації:

1. Розробити та впровадити національні та міжнародні методики моніторингу мікропластику у воді, продуктах харчування, повітрі, з урахуванням частинок менших за 1 мкм (нанопластик).

2. Здійснювати комплексне дослідження впливу мікро- та нанопластику на органи людини *in vitro* та *in vivo* з використанням сучасних токсикологічних і молекулярно-біологічних методів.

3. Впроваджувати біоіндикаційні системи з використанням живих організмів (ліхени, мікроводорості, молюски) для раннього виявлення мікропластикового забруднення у довкіллі.

4. Стимулювати використання екологічно безпечних матеріалів у харчовій промисловості, медицині та побуті (наприклад, біополімерів замість одноразового пластику).

5. Розробити системи вторинної очистки питної води на рівні домогосподарств (фільтри, мембранні технології), здатні вловлювати частинки пластику розміром менше 5 мкм.

6. Забезпечити екологічну освіту населення щодо джерел мікропластику в повсякденному житті та способів його уникнення.

Таким чином, мікропластик є не лише екологічною, а й міждисциплінарною медико-соціальною проблемою, яка потребує скоординованих зусиль науковців, політиків, промисловості та споживачів. Подальші прикладні дослідження мають бути спрямовані на виявлення критичних точок впливу, розробку механізмів захисту здоров'я та формування науково обґрунтованих норм безпеки.

Література

1. Campen, M.J. Microplastics are Everywhere — We Need to Understand How They Affect Human Health. *Nat. Med.* 2024, 30(4), 913. <https://doi.org/10.1038/s41591-024-02968-x>.

2. Brennecke, D.; Ferreira, E.C.; Costa, T.M.; Appel, D.; da Gama, B.A.P.; Lenz, M. Microplastics as a Potential Threat to Food Safety and Human Health: A Review. *Nutrients* 2023, 15(3), 617. <https://doi.org/10.3390/nu15030617>.

3. National Institutes of Health (NIH). Plastic Particles in Bottled Water. *NIH Research Matters* 2024, January 23. Available online: <https://www.nih.gov/news-events/nih-research-matters/plastic-particles-bottled-water> (accessed on 18 May 2025).

4. European Environment Agency (EEA). Impacts of Microplastics on Health (Signal). *European Zero Pollution Dashboards*. Available online: <https://www.eea.europa.eu/en/european-zero-pollution-dashboards/indicators/impacts-of-microplastics-on-health-signal> (accessed on 18 May 2025).

5. Galloway, T.S.; Cole, M.; Lewis, C. Interactions of Microplastic Debris throughout the Marine Ecosystem. *Nat. Ecol. Evol.* 2017, 1, 0116. <https://doi.org/10.1038/s41559-017-0116>.

6. Microplastics in Food Products: Prevalence, Artificial Intelligence Applications, and Health Risks. *Emerg. Contam.* 2025, 11, 100477. <https://doi.org/10.1016/j.emcon.2025.100477>.

7. Kumar, R.; Manna, C.; Padha, S.; Verma, A.; Sharma, P.; Dhar, A.; Ghosh, A.; Bhattacharya, P. Micro(nano)plastics Pollution and Human Health: How Plastics Can Induce Carcinogenesis to Humans. *Chemosphere* 2022, 298, 134267. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.134267>.

8. Li, Y.; Tao, L.; Wang, Q.; Wang, F.; Li, G.; Song, M. Potential Health Impact of Microplastics: A Review of Environmental Distribution, Human Exposure, and Toxic Effects. *Environ. Health* 2023, 1(4), 249–257. <https://doi.org/10.1021/envhealth.3c00052>.

9. Environmental Working Group. New Study Links Microplastics to Serious Health Harms in Humans. *Environmental Working Group* 2024, March. Available online: [URL not provided] (accessed on 18 May 2025).

10. Campanale, C.; Massarelli, C.; Savino, I.; Locaputo, V.; Uricchio, V.F. A Detailed Review Study on Potential Effects of Microplastics and Additives of Concern on Human Health. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2023, 20(4), 2965. <https://doi.org/10.3390/ijerph20042965>.

11. Sharma, R.K.; Kumari, U.; Kumar, S. Impact of Microplastics on Pregnancy and Fetal Development: A Systematic Review. *Cureus* 2024, 16(5), e60712. <https://doi.org/10.7759/cureus.60712>.

12. Cheng, Y.; Yang, Y.; Bai, L.; Cui, J. Microplastics: An Often-Overlooked Issue in the Transition from Chronic Inflammation to Cancer. *J. Transl. Med.* 2024, 22, 959. <https://doi.org/10.1186/s12967-024-05731-5>.

13. Woodall, L.C.; et al. Microplastics, Plastic Nanoparticles, and Health Risks: What Science Tells Us. *NPR* 2024, December 18. Available online: <https://www.npr.org/sections/shots-health-news/2024/12/18/nx-s1-5227172/microplastics-plastic-nanoparticles-health-pfas> (accessed on 18 May 2025).

14. Sobral, P.; Marques, J.C.; Pereira, M.F.R. Microplastics in Drinking Water: A Macro Issue. *Water Sci. Technol.* 2020, 22(5), 5650–5665. <https://iwaponline.com/ws/article/22/5/5650/88579/Microplastics-in-drinking-water-a-macro-issue>.

MICROPLASTICS IN DRINKING WATER AND FOOD: A THREAT TO HUMAN HEALTH

Nataliia BERTOSH

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute

37 Beresteyskyi Avenue, Kyiv, 03056, Ukraine

<https://orcid.org/0009-0002-9646-0652>

Abstract

The study addresses the issue of microplastic pollution as one of the emerging threats to human health. Special attention is given to the main pathways through which microplastic and nanoplastic particles enter the human body — via drinking water, food, air, and household sources. The mechanisms of microplastic toxicity affecting various organ systems are described, including the digestive, respiratory, cardiovascular, reproductive, and immune systems. It is shown that microplastics are capable of accumulating toxic substances, disrupting hormonal balance, inducing oxidative stress, and triggering inflammatory responses. The work aims to raise awareness and explore ways to minimize the negative impact of microplastics on human health..

Keywords: microplastic, nanoplastic, drinking water, food, human health, toxicity, environment, pollution.