

NANOTECHNOLOGICAL FACTORS OF RISK THE HEALTH OF POPULATION

Grebnyak N.P., Ermachenko A.B.

НАНОТЕХНОЛОГІЧНІ ФАКТОРИ РИЗИКУ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ

Н

ауково-технічна революція зумовила появу нанотехнологій (НТ). Нанотехнології — сукупність методів і процесів цілеспрямованого створення, отримання та використання речовин і матеріалів у нанометровому діапазоні (до 100 нм), які мають особливі властивості. Верхня межа наногалузі відповідає найменшим елементам великих інтегральних схем у комп'ютерній техніці. Наночастинки (НЧ) посідають проміжне положення між окремими атомами та макротілами.

Завдяки унікальним властивостям НТ належать до найбільш перспективних технологій. Обсяги фінансування їх стрімко зростають, до 2015 року прогнозується витратити на розробку їх та впровадження у виробництво понад 20 трильйонів доларів США. Враховуючи, що забруднення навколишнього середовища речовинами антропогенного походження прямо пропорційно

залежить від їх використання у народному господарстві, НЧ посідають чільне місце в якості поллютантів [2-4, 7, 11].

У сучасний період широке застосування НТ знайшли у багатьох галузях: мікроелектроніці, енергетиці, хімічній і харчовій промисловості тощо (рис. 1). Нині створено такі наноматеріали: фулерени, ліпосоми, наносфери, нанострижні, нанотрубки, нанодротинки, дендримери, наноплівки, нанокompозити, нанокристали, нанопорошки, нанокапсули, нанобіосенсори, нанороботи, нанопристрої, нанобіоматеріали, наноструктурні рідини, фармакологічні нанопрепарати, спеціальні жилети захисту від куль.

НЧ у хімічному відношенні являють собою сполуки, в яких атоми зв'язані подібно ароматичним сполукам одинарними або подвійними зв'язками. Разом з цим НЧ суттєво відрізняються від класичних хімічних сполук [1, 2,

**ГРЕБНЯК М.П.,
ЄРМАЧЕНКО О.Б.**

Донецький національний
медичний університет
ім. М. Горького

УДК 616:613:504.61]:008

Ключові слова:
нанотехнології,
наночастинки,
фізико-хімічні властивості,
медико-біологічна дія.

НАНОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ
ФАКТОРЫ РИСКА
ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ

**Гребняк Н.П.,
Ермаченко А.Б.**
Рассмотрена проблема
гигиенической значимости
нанотехнологий и
наноматериалов. Установлена
взаимосвязь между
химико-физическими
характеристиками наночастиц
и медико-биологическим
эффектом.

NANOTECHNOLOGICAL
FACTORS OF RISK THE HEALTH
OF POPULATION

**Grebnyak N.P.,
Ermachenko A.B.**
The problem of hygienically
meaningfulness of nanotechnology
and nanomaterials is considered.
Interconnection between
chemical and physical
descriptions of nanoparticle and
edical-biological effect is set.

© **Гребняк М.П.,
Єрмаченко О.Б.**
СТАТТЯ, 2011.

Шляхи використання нанотехнологій

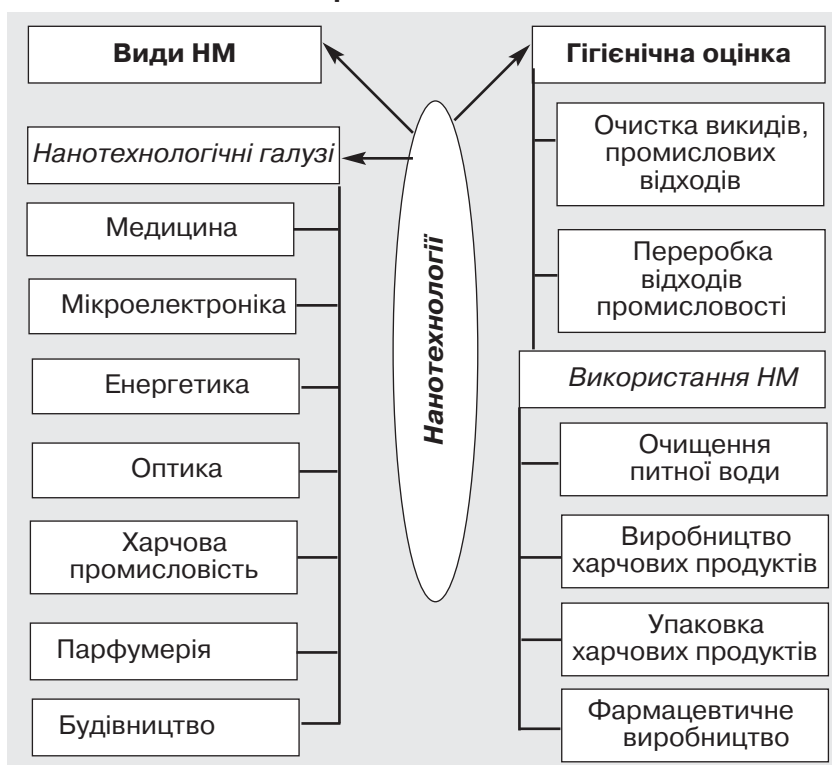


Рисунок 1

6, 8-11]. До специфічних рис наноматеріалів належать наявність двомірної метастабільної фази; поява протяжних площин електронного сполучення, що сприяє делокалізації електронів; наведення дипольного моменту і поява міжмолекулярного сполучення впродовж двомірних меж внаслідок двомірних шарів; керованість фізичними і хімічними властивостями; відмінні від об'ємної речовини квантові властивості; зміна біологічної вла-



ГІГІЄНИЧНІ ПРОБЛЕМИ НАНОТЕХНОЛОГІЙ

Таблиця

Характеристика наночастинок за хіміко-фізичним та медико-біологічним ефектами

Ознака	Хіміко-фізичний ефект	Медико-біологічний ефект
Висока питома поверхність	Збільшення адсорбційної ємності та хімічної реакційної здатності	Пошкодження біологічних мембран внаслідок збільшення продукції вільних радикалів і активних форм кисню. Збільшення токсичних наслідків у результаті адсорбції контамінантів і полегшення їх транспорту у клітини.
Велика кривизна НЧ	Зміна топології зв'язку атомів на поверхні	Підвищення міграції забруднень внаслідок підвищення розчинності, реакційної та каталітичної здатності НЧ.
Наявність наноструктурованої поверхні	Фулерени з парним числом атомів вуглецю	Порушення мікробіологічних процесів очищення ґрунту і води внаслідок антимікробної дії.
Гідрофобність	Підсилюють процеси адсорбції екотоксикантів на НЧ	Підвищення здатності проникнення через бар'єри організму.
Незначні розміри НЧ	Легкість проникнення до клітинних органел. Зниження доступності для розпізнавання захисними системами організму	Порушення/зміна функцій біоструктур. Збільшення можливості потрапляння до організму людини внаслідок накопичення НЧ у рослинах і тваринах (зменшення елімінації і біотрансформації).
Наявність у вуглецевих НЧ здатності електрично-заряджених структур	Зміна структурно-енергетичного стану води внаслідок донорно-акцепторної взаємодії з НЧ	Перенесення токсичних сполук до активних центрів рецепторів, формування надмірно вільних радикалів поблизу активних центрів.
Велика протяжність меж на поверхні розділу фаз		Біологічно-активні системи і матеріали для цілей медицини, фармакології, харчової та парфумерної промисловості.
Можливість формування метастабільних фаз		Біологічно-активні системи і матеріали для цілей медицини, фармакології, харчової та парфумерної промисловості.
Поява сферичності циліндричних протяжних площин електронних сполук	Збудження колективних електронних і коливальних станів, сприяння делокалізації електронів, конденсація надмірних електронів в активних ділянках двомірної структури НЧ	Дисфункція і морфологічні зміни еритроцитів, кардіоцитів, гепатоцитів тощо. Мітохондріальна проліферація внаслідок порушень електронного транспорту. Переддепресійна гіперактивність, депресія функцій мітохондрій та зниження синтезу макроергів і порушення енергозалежного клітинного транспорту.
Ненасиченість зв'язків у наноструктурі	Реакція відняття електронів та заміщення введених груп	
Утворення у воді сольватних сполук зі зміною складу і структури моношару	Підвищення швидкості сорбції води на поверхні наноструктури	Радикально-каталітичне окиснення білкових структур внаслідок утворення вільних радикалів і синглетного кисню.
Акцепторні властивості	Утворення донорно-акцепторних комплексів. Інтеркапсуляція НС у воді. Утримання радикалів у сольватній оболонці НЧ. Схильність до арегування	Доставка токсичних сполук до активних центрів рецепторів внаслідок розпаду органічних сполук без їх розпадань. Формування додаткових вільних радикалів у навколишньому середовищі та деградація білкових структур. Поява мембранотропної активності.
Електростатичне утримання адсорбата	Сорбційне утримання токсичних речовин	Скидання сорбованих сполук і пакетний вихід електронів біля активних центрів рецепторів.
Значна спорідненість з електронами	Активне зв'язування вільних радикалів	Провокування алергічної відповіді.
Значна електронегативність (сильні окислювачі)	Приєднання радикалів різної хімічної природи	Утворення широкого класу хімічних сполук з різноманітними фізико-хімічними властивостями.

стивості НЧ у зовнішніх полях (у т.ч. в організмі); надзвичайно значна номенклатура структурних аналогів НЧ (табл.).

Безпечність наноматеріалів залежить від механізму їхньої патогенетичної дії (рис. 2). До найпоширеніших шляхів потрапляння НЧ до організму людини належать інгаляційний та пероральний. Провідними механізмами їх доставки до органів є гематогенний, лімфатичний та нейрональний транспорт. НЧ зумовлюють такі механізми ушкодження: оксидативний стрес, системна циркуляція наноструктур в організмі, а також генотоксичний, мутагенний і органотоксичний ефекти. За дії наночастинок розриваються гострі і/або віддалені наслідки.

З гігієнічних позицій найбільше значення має застосування нанотехнологій при виробництві харчових продуктів та у фармакології. Гігієнічно значимою проблемою нанотехнологій у харчовому виробництві є необхідність оцінки ризиків, зумовлених потенційно-токсичними НЧ у продовольчій сировині та їжі. Найширше застосовуються у виробництві харчових продуктів нанокансуляції, нанонутрієнти, наноматеріали для упаковки, наноструктуровані харчові добавки, транспортні наносистеми, наносенсиори та нанодатчики.

Метою нанокансуляції є подолання несумісності різних ін-

гредієнтів, захист від деградації під дією ферментів ШКТ, підвищення біодоступності незамінних компонентів харчування і біологічно активних речовин. Найчастіше нанокансуляція здійснюється з нутрієнтами з високою біологічною цінністю, ферментами, біологічно активними і харчосмаковими речовинами. Важливе місце у забезпеченні у складі комплексного продукту несумісних харчових речовин посідають ліпідні нанокансуляції (наноліпосоми, архаєсоми, нанокохлеати). Характерною рисою нанонутрієнтів є диспергування аліментарних речовин до частин <100 нм, що дозволяє підвищити біодоступність у метаболічному конвеєрі.

Чільне місце у використанні нанотехнологій посідає збільшення термінів придатності харчових продуктів шляхом підвищення бар'єрних функцій пакувального матеріалу [3, 5, 10]. Основні механізми згаданого процесу полягають у зниженні мікробної контамінації (за рахунок зменшення розмірів пор) та впливу УФ-випромінювання на продукт (за рахунок його поглинання НЧ), попередження мікробіологічного псування (під час міграції у них НЧ антимікробних речовин), підвищення газобар'єрного потенціалу (модифікація частинами наноглини), захист від висихання (тонкі плівки восків та парафінів). Слід відзна-

чити, що ламінарне розміщення частин наноглини перешкоджає процесам дифузії O_2 із зовнішнього середовища у продукт та зберігає від перекисного окиснення олії, запобігає виходу молекул CO_2 із газованих напоїв. Пріоритетними видами наноматеріалів для підвищення бар'єрних властивостей упаковки є нанорозмірні діоксид титану, оксид цинку, колоїдне срібло, наноглини, віск та парафіни.

Наномаркування упаковки харчових продуктів здійснюється з метою інформування споживачів про їхню відповідність вимогам безпеки. Інтелектуальні упаковки з вбудованими наносенсорами можуть контролювати температуру, вологість, появу мікробної контамінації, вплив УФ-опромінення. Негативні наслідки використання НЧ пов'язані з їхньою міграцією з упаковки у харчовий продукт, а також зі збільшенням викиду НЧ у природне середовище.

Фармацевтичне використання нанотехнологій, в основному, пов'язане з наноліпосомами. Наноліпосоми — двошарові ліпідні бульбашки розміром 30-100 нм, що не змінюють нанорозмір протягом усього періоду зберігання і використання та містять у собі фармацевтичні речовини. Вони здатні інкорпорувати залежно від розміщення у структурі гідрофільних та гідрофобних молекулярних групвань жиророзчинні та водорозчинні матеріали.

Вихід інкапсульованих компонентів здійснюється за певних умов в організмі (рН, ферменти тощо). Фармакологічні ефекти наноліпосом зумовлені біосумісністю їхнього матеріалу, можливістю регуляції їхнього ліпідного складу та вибірністю депонування відносно клітин, що знаходяться у стані гіпоксії. Спектр використання передбачає лікування у випадках вірусних, онкологічних, серцево-судинних, нейродегенеративних, стоматологічних хвороб.

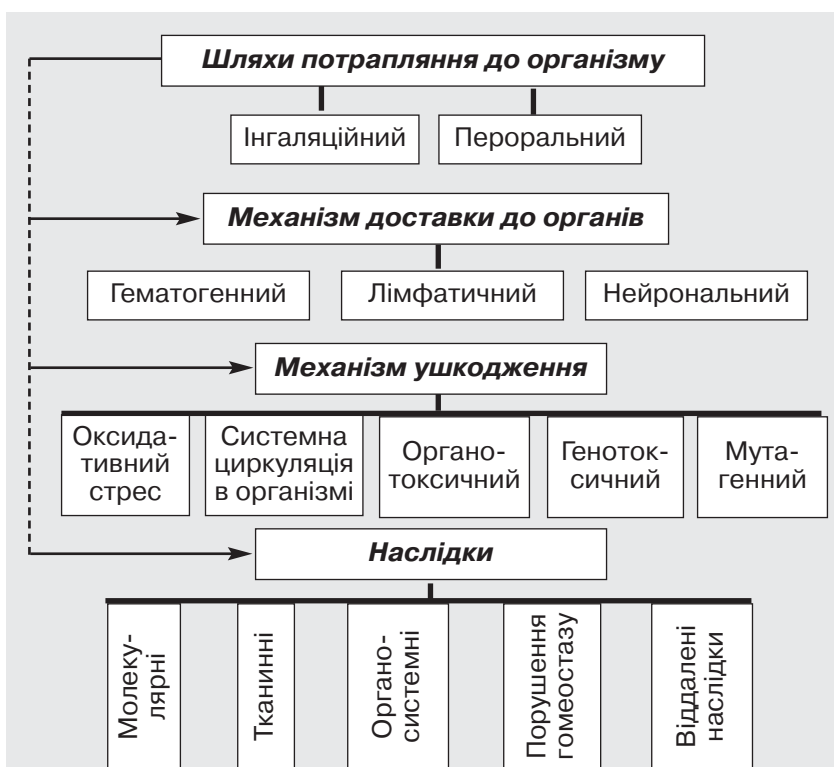
Висновки

1. В останні роки у світі постійно зростає увага до нанотехнологій, тобто цілеспрямованого отримання й використання речовин з розміром менше 100 нм. Враховуючи інтенсивне зростання темпів споживання їх у народному господарстві, наночастинки посядуть чільне місце в якості полутантів.

2. Хіміко-фізичні характеристики наночастинок детермінують широкий спектр медико-біологічних ефектів в організмі лю-

Рисунок 2

Механізм патогенетичної дії наночастинок



дини внаслідок високої проникливості та прямої дії на внутрішньоклітинні структури.

3. До пріоритетних завдань гігієнічної науки належить формування вітчизняної системи нанобезпеки у процесі державного санітарно-епідеміологічного нагляду.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бурлев М.Я. Нанотехнология в прикладной биотехнологии // Biomedical and Biosocial Antropology. — 2009. — № 13. — P. 99-101.

2. Малышева А.Г. Проблемы химико-аналитических исследований при гигиенической оценке наноматериалов и нанотехнологий // Гигиена и санитария. — 2008. — № 6. — С. 16-20.

3. Невзорова В.В., Гмошинский И.В., Хотимченко С.А. Проблемы оценки безопасности наноматериалов, применяемых в упаковке пищевых продуктов // Вопросы питания. — 2009. — Т. 78, № 4. — С. 54-60.

4. О надзоре за продукцией, полученной с использованием нанотехнологий и содержащей наноматериалы: Постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации № 54 от 23.07.2007. — М., 2007.

5. О надзоре за производством и оборотом продукции, содержащей наноматериалы: Информ. письмо Роспотребнадзора № 0100/4502-07-02 от 02.05.2007. — М., 2007.

6. Рахманин Ю.А., Стехин А.А., Яковлева Г.В. Влияние квантовых состояний нанообъектов на биологические системы // Гиг. и сан. — 2008. — № 6. — С. 4-16.

7. Русаков Н.В. Эколого-гигиенические проблемы отходов наноматериалов // Гигиена и санитария. — 2008. — № 6. — С. 20-21.

8. Чечеткин В.Р., Прокопенко Д.В., Макаров А.А., Заседаев А.С. Биочипы для медицинской диагностики // Рос. нанотехнол. — 2006. — Т. 1, № 1. — С.13-27.

9. Яковлева Г.В., Стехин А.А. Особенности токсических свойств нанообъектов // Гигиена и санитария. — 2008. — № 6. — С. 21-26.

10. Down on the Farm: the impact of Nano-Scale Technologies on Food and Agriculture / ETC Group Report. — Ottawa, 2004.

11. Draft opinion of the scientific committee on the potential risks arising from nanoscience and nanotechnologies on food and feed safety. — European Food Safety Authority, 2008. — 35 p.

Надійшла до редакції 25.05.2010.

CHARACTERISTIC AND STABILITY OF ANTIMICROBIAL EFFECT OF SILVER NANOPARTICLES IN COLLOID SOLUTIONS

Mikhienkova A., Mukha Yu.

НАНОЧАСТИЦЫ СЕРЕБРА: ХАРАКТЕРИСТИКА И СТАБИЛЬНОСТЬ АНТИМИКРОБНОГО ДЕЙСТВИЯ КОЛЛОИДНЫХ РАСТВОРОВ



**МИХИЕНКОВА А.И.,
МУХА Ю.П.**

ГУ «Институт гигиены и медицинской экологии им. А.Н. Марзеева АМН Украины»,
Институт химии поверхности им. А.А. Чуйко НАН Украины

УДК 579.63: 661.163:006.032,
648.6, 615.28

ричиною бурного розвитку нанотехнологій являється наявність у наночастиць (НЧ) комбінації унікальних властивостей, які обумовлюють їх ефективне використання не тільки в промисловості, але й в медицині [1-3].

При отриманні наночастиць виникає ряд труднощів. Хорошо відомо, що НЧ срібла швидко окисляються при контакті з повітрям з утворенням оксидного шару навколо НЧ. Крім того, НЧ легко агрегують в розчинах, що призводить до зниження їх активності. Тому до цього часу залишається актуальним питання стабілізації розчинів НЧ срібла [4, 5]. С медичних позицій важливим є підбір таких стабілізаторів, які не знижують антимікробної активності НЧ срібла.

На сьогодні розроблено багато методів отримання НЧ [6]. Серед них найбільш поширеним і доступним є хімічний спосіб з використанням відновителів тетраборгидриду натрію, цитрату натрію, глюкози тощо.

В цій роботі представлено експериментальне вивчення антимікробних властивостей нанорозчину срібла в

НАНОЧАСТИНКИ СРІБЛА: ХАРАКТЕРИСТИКА І СТАБІЛЬНІСТЬ АНТИМІКРОБНОЇ ДІЇ КОЛОЇДНИХ РОЗЧИНІВ

Міхєнкова А.І., Муха Ю.П.

У ході експериментального дослідження було встановлено, що отриманий хімічним методом колоїдний розчин наночастинок срібла розміром 8-12 нм і концентрацією базового розчину 0,0016% проявляв антимікробну активність відносно тест-мікроорганізмів *E. coli*, *P. aeruginosa*, *S. aureus* і *C. albicans*, яка залежала від низки чинників. В якості стабілізуючих речовин використовували суміш поверхнево-активної речовини додецилсульфату натрію і полімеру полівінілпіролідону. Було вивчено вплив походження стабілізуючих речовин на збереження антимікробної активності дослідних розчинів, а також показана їхня стабільність протягом тривалого терміну спостереження.

© **Михиенкова А.И., Муха Ю.П. СТАТЬЯ, 2011.**