

Ж. М. Полова, І. С. Чекман

ВИКОРИСТАННЯ НАНОТЕХНОЛОГІЙ У КОСМЕТИЧНИХ ЗАСОБАХ – ВЕЛИКИЙ ПОТЕНЦІАЛ ЧИ ПОТЕНЦІЙНИЙ РИЗИК?

Національний медичний університет ім. О.О. Богомольця, м. Київ

Ключові слова: наноматеріали, косметика, токсичність, безпека.

Виникнення нанотехнологій, як і завжди у випадку нових явищ, стало причиною суспільної дискусії на тему захисту людського життя та здоров'я, а також можливих ризиків, що пов'язані з ними. Проаналізували джерела іноземної наукової літератури щодо застосування наноматеріалів у косметичній продукції та на основі наукової інформації висвітлили питання токсичності деяких нанорозмірних частинок у складі косметичних засобів.

Использование нанотехнологий в косметических средствах – большой потенциал или потенциальный риск?

Ж. М. Полова, И. С. Чекман

Возникновение нанотехнологий, как и всегда в случае новых явлений, стало причиной общественной дискуссии на тему защиты человеческой жизни и здоровья, а также возможных рисков, связанных с ними. Проанализировали источники иностранной научной литературы по применению наноматериалов в косметической продукции и на основе научной информации осветили вопросы токсичности некоторых наноразмерных частиц в составе косметических средств.

Ключевые слова: наноматериалы, косметика, токсичность, безопасность.

The applications of nanotechnology in cosmetic products – growth potential or potential hazard?

Zh. N. Polova, I. S. Chekman

Appearance of nanotechnology, as always in the case of new developments, has led to the public debate on the protection of human life and health, and the possible risks associated with new technologies. The authors analyzed the sources of foreign literature about use of nanomaterials in cosmetic products. Some aspects of the toxicity of nanoparticles in the cosmetics were discussed.

Key words: nanomaterials, cosmetics, toxicity, safety.

Нанотехнології прокладають шлях революції в матеріалознавстві, інформаційних і комунікаційних технологіях, а також у медицині, генетиці та фармації. Вони допомагають підвищити якість і продуктивність різних виробів і процесів, додаючи їм нові властивості або покращуючи чинні параметри. У майбутньому продукти нанотехнологій вплинуть, імовірно, на всі галузі промисловості і вийдуть на ринки у великих обсягах. Усвідомлюючи неминучість цього і розуміючи величезні перспективи нанотехнології, країни світу інвестують великі кошти у розвиток цієї галузі [8].

МЕТА РОБОТИ

Узагальнити результати європейських і світових наукових досліджень ринку косметичної продукції з використанням наноматеріалів щодо підтвердженої безпеки та можливої токсичності.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Виконали огляд джерел медичної та фармацевтичної інформації, здійснили моніторинг і систематизацію отриманих даних.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Прогнози, що представлені компанією Research and Markets в огляді «Прогноз розвитку ринку нанотехнологій», засвідчують: світовий ринок нанотехнологій розширюватиметься у щорічному середньгеометричному темпі на 20%. На думку спеціалістів, ринок нанотехнологій, інкорпорованої в різних промислових товарах, має сьогодні становити 1,6 трлн доларів США. Це зростання відбуватиметься в основному за рахунок потужного фінансування науково-дослідної роботи урядовими і корпоративними інвесторами

по всьому світу. Дані, отримані та проаналізовані Research and Markets, переконують: на регіональному рівні найвищі темпи зростання товарів, заснованих на застосуванні нанотехнології, будуть у країнах Азійсько-Тихоокеанського регіону, де щорічне зростання ринку нанотехнологій прогнозується на рівні 52%, наступною за темпами розвитку має стати Європа. За даними Lux Research, обсяг продажів продукції із застосуванням нанотехнологій становитиме близько 2,9 трлн доларів у 2015 році або близько 4% від усієї продукції, що випускається в світі [1,4,13,17,24].

Цілком природно, що світові тенденції не оминули потужний ринок косметики, котрий тісно пов'язаний зі світом моди і знаходиться в постійній залежності від модних тенденцій і сезонних коливань. Косметичний ринок демонструє планомірний розвиток. У 2007 р. провідним ринком за обсягом продажів косметичної продукції була Західна Європа. У 2011 р. першість за цим показником отримав ринок Азії й Океанії. За підсумками 2011 р. загальний обсяг світового ринку косметики досяг 426 млрд дол. США, збільшуючись щорічно в середньому на 1,7% за останні 5 років [13,16,17].

За даними соціологічних досліджень, за останні десять років застосовувати косметику в Україні стали на 13,3% більше жінок. Крім цього, середньостатистична українська жінка використовує значно більше декоративної косметики, ніж середньостатистична жінка в Європі [2,6,7].

Варто зазначити, що у минулому залишились косметичні засоби з «магічними інгредієнтами»: жиром акули і черепахи, екстрактом курячих ембріонів, сироваткою коней тощо. Уміння вселити віру в чарівні властивості косметичного засобу, мистецтво складання косметичних рецептур і досвід, накопичений народною медициною, – основа косметології вчорашнього дня [5].

У наш час у косметологію прийшла наука. Прогрес, досягнутий у вивченні фізіології шкіри, механізмів її старіння і патогенезу захворювань, дозволив розробникам косметичних засобів підійти до справи усвідомлено, виходячи з потреб шкіри і механізму дії активних компонентів.

Нанокосметологія – нова революційна галузь естетичної медицини, що відкриває шлях до молодості і краси. Поки перебуваємо на його початку, але нанокосметика – це те, що вже існує в реальності, дозволяє досягти омолодження, не вдаючись до інструментів пластичної хірургії та агресивних методів косметології. Що ж таке нанокосметика і в чому її принципова відмінність? Уся справа в префіксові «нано», що дозволяє зробити глобальний перехід, якісний стрибок від маніпуляції речовиною до маніпуляції окремими молекулами і атомами.

Нанокосметика – продукт нанотехнологій, при яких застосовуються матеріали з розмірами частинок менше 100 нанометрів. Використання наноматеріалів у косметиці сьогодні є предметом активного обговорення, однак практичне застосування таких матеріалів у товарах на ринку доволі обмежене. Багато ідей і нових матеріалів існують тільки в лабораторних умовах.

Виділяють дві основні групи наночастинок, що використовуються в косметиці: нестійкі частинки і нерозчинні тверді частинки.

Нестійкі частинки (наприклад, фізико-хімічні «наночастинки» і нановезикули) після нанесення руйнуються до молекулярних складових на поверхні шкіри або в її роговому шарі. Серед таких структур – наносоми, ніосоми, мікро- та наноемульсії [3,11,21].

Нестійкі частинки, що знайшли застосування в косметиці, мають низку унікальних властивостей. Наноемульсії прозорі і характеризуються винятковими сенсорними властивостями. Крім того, вони полегшують введення до рецептури речовин, нерозчинних у воді. Наносоми, ніосоми і ліпосоми з малими діаметрами (від 50 до 5000 нм) відіграють роль носіїв активних інгредієнтів, захищаючи їх від окислення та УФ-випромінювання [11,21,35]. Застосування таких частинок є також способом покращення проникнення активних речовин у роговий шар шкіри [11,21,35,38].

Нерозчинні тверді частинки. Найширше застосовуваними наночастинками в косметиці є неорганічні фізичні УФ-фільтри: оксид цинку та діоксид титану. Ці речовини, що використовуються у подрібненому вигляді, не видно на шкірі після нанесення. Крім того, вони краще відбивають і розсіюють УФ-промені, ніж частинки більшого розміру. Наприклад, діоксид титану найефективніше відбиває та розсіює ультрафіолетове випромінювання, коли утворює частинки розміром 60–120 нм, а оптимальний розмір частинок оксиду цинку – 20–30 нм [10,11,15]. Однак у косметиці ці компоненти зазвичай використовують у вигляді вихідної сировини з ширшим діапазоном частинок: розміром від 14 нм до мікронів для титану діоксиду та від 30 до 200 нм для цинку оксиду. Також поверхню наночастинки можна покривати будь-яким нейтральним матеріалом (так звана модифікована поверхня), наприклад, силіконовими рідинами, оксидом кремнію або алюмінію, щоб полегшити їх

диспергування в рецептурі і підвищити її фотостійкість [8,10,11,15,26,36].

Другу важливу групу нерозчинних твердих наночастинок, що знаходять застосування в косметичних засобах, утворюють тверді, жорсткі наносії та мікрокапсули, котрі мають жорсткі стінки, що складаються зі складних етерів сахарози, холестерину або його сульфату, полікапролактону чи інших подібних сполук. Структури цього типу захищають активні інгредієнти від окислення або забезпечують поступове їх вивільнення [16,32,33,34].

Інші наноматеріали, наприклад, тонко подрібнені пігменти та мінерали для декоративної косметики (тонко здрібнений кварц, оксид кремнію), фулерени, гідроксиапатит доволі рідко використовують у косметиці. Існують патенти на косметичне застосування нанотрубок і квантових точок, але немає інформації, що такі продукти дійсно є у продажу в Європейському Союзі [33,41,42].

Отже, виникає питання про токсичність наноматеріалів для здоров'я людини. Протягом кількох років багато організацій в усьому світі здійснюють дослідження з оцінки ризику використання наноматеріалів.

Думки токсикологів щодо підходу до оцінки безпеки наноматеріалів дуже різняться: одні вчені вважають, що наноматеріали є новими речовинами, а тому необхідне додаткове ретельне вивчення їхньої безпеки. Таке дослідження не має обмежуватись питанням про токсичність самої сполуки, варто враховувати форму частинок і ступінь мініатюризації (розміри частинок та їх розподіл за розміром), співвідношення площі поверхні до маси тощо. Інші токсикологи вважають, що наноматеріали можуть виявляти підвищену системну токсичність і цитотоксичність, а також змінену токсикокінетику [10,15,19,31,34,37,39].

Наприклад, одношарові нанотрубки (волокна) та багатошарові нанотрубки з поліедричного вуглецю мають токсикологічні характеристики, котрі відмінні від властивостей звичайних форм вуглецю. У лабораторних експериментах на гризунах показано, що нанотрубки можуть впливати на появу легеневої гранулеми [14,16,17,28,29,41].

Дехто з фахівців стверджує, що достатньо звичайного підходу до оцінки ризиків, пов'язаних із наноматеріалами, і всі можливі особливості їхніх токсичних властивостей можна оцінити за допомогою типових токсикологічних параметрів [9,16,18,20].

Однак загалом результати дискусії щодо наноматеріалів засвідчують, що вони можуть завдати людині нову небезпеку, і звичайної методології оцінки їхньої безпеки недостатньо. На жаль, подібні твердження нечасто супроводжуються документально підтвердженими результатами досліджень [9,18,20,32]. У багатьох працях ризик, пов'язаний із наноматеріалами, розглядається як потенційний, а отже, залишається гіпотетичним.

Під час обговорення токсичності наноматеріалів токсикологи дійшли до висновку, що основну небезпеку ці матеріали становлять під час вдихання. Як і будь-який інший новий матеріал або технологія, наночастинки потенційно можуть виявляти й небезпеку для довкілля [29,39,40].

Безпека використання будь-якої речовини у складі кос-



метичних засобів визначається ймовірністю її системного впливу на організм після нанесення на шкіру. Для системного впливу речовина має подолати епідермальний бар'єр і досягти глибших шарів шкіри і потрапити у кров. У випадку інгредієнтів косметичних засобів інші способи впливу (наприклад, вдихання чи потрапляння у травний тракт) важливі лише для певних категорій продуктів або у випадку недотримання технології виробництва.

У наукової спільноти використання зазначених косметичних наноматеріалів (неорганічні УФ-фільтри, наночасинки, наноемульсії) не викликає занепокоєння [22,23,25,27,30].

Безпека цинку оксиду і титану діоксиду всебічно досліджена й описана в публікаціях Наукового комітету зі споживчих товарів (Scientific Committee on Consumer Products) [33,34]. Обидві речовини визнані безпечними для застосування в косметиці. Однак у публікації про безпеку наноматеріалів відзначено численні недоліки методів оцінки токсичності наноматеріалів, а також висловлено думку про необхідність повторної оцінки безпеки цинку оксиду та титану діоксиду.

Наприклад, відомо, що оксид цинку може в малих дозах проникати через епідерміс, проте визначити швидкість проникнення дуже важко. Pigeot і співавт. вивчали здатність цинку проникати через людську шкіру *in vitro* з використанням наявного у продажу лікарського засобу (мазі). За 72 години через шкіру пройшло близько 0,34% від нанесеної кількості цинку. Низьке значення коефіцієнта проникності пояснюється дуже низькою розчинністю у воді ZnO (4–6 мкг/мл) [31]. Розчинність у воді діоксиду титану ще нижча. Певну тривогу викликає відсутність даних про проникнення цих речовин у вигляді не молекул чи іонів, а нерозчинних частинок, покритих нерозчинним шаром оксиду кремнію або алюмінію, розміром близько 10 нанометрів.

У світлі сучасних знань про трансепідермальну адсорбцію є малоімовірним факт, що нерозчинні частинки можуть проникнути крізь епідермальний бар'єр. Згідно з більшістю опублікованих праць нерозчинні наночастинки титану діоксиду та цинку оксиду не проникають у живі шари епідермісу та дерму, а тільки у зовнішні частини рогового шару [25,26,30,32].

Отримано підтвердження, що інші наноматеріали (фулерени і квантові точки) можуть проходити крізь роговий шар і дерму [31,32]. На ринку є кілька продуктів, котрі містять ці матеріали, і область їхнього застосування в майбутньому, безсумнівно, розшириться. Тому розумним може виявитись підхід, згідно з яким розглядають кожен конкретний випадок нового застосування наноматеріалів.

Щодо впливу нестійких частинок на проникнення у шкіру речовин у складі косметичних засобів, існують відомості, що різні фізико-хімічні форми, у тому числі наноемульсії, а також різні типи носіїв активних речовин, такі як наносоми, ніосоми і ліпосоми, лише помірно (удвічі-тричі) поліпшують проникнення активних речовин через епідерміс. Аналогічно, Choi і Maibach відзначають, що везикули можуть прискорити трансепідермальний транспорт тільки в разі доставки небагатьох речовин [11].

Аналізуючи вплив фізико-хімічної форми системи доставки на проникнення через роговий шар наночасток діоксиду титану, доведено, що частинки діоксиду титану (розміром 20 нм) із гідрофобним покриттям глибше проникають у роговий шар з емульсії типу «вода в олії», ніж з емульсії «олія

у воді». Також існують відомості, що ліпосоми допомагають частинкам діоксиду титану глибше проникнути всередину рогового шару [10,19].

Вважається, що везикули (ліпосоми, ніосоми або наносоми) можуть впливати на проникнення в шкіру різних речовин, однак прискорення цього процесу не прямо пропорційне зменшенню розміру носія. Не доведено, що наночасинки прискорюють проникнення речовин сильніше, ніж носії мікронного розміру. Ймовірно, необхідно добирати оптимальний розмір і матеріали носія для кожної активної речовини [38]. У більшості публікацій, присвячених наносоміям, речовинам і складовим, підтверджується, що і везикули, і їхні компоненти проникають тільки у зовнішню частину рогового шару [35].

Однак навіть під час потрапляння до системи кровообігу речовини швидко захоплюються імунними фагоцитами – макрофагами і моноцитами. Тому малоімовірно, що наночастинки, котрі проникли крізь шкіру, знаходяться у кровотоці в незмінному вигляді. Непрямим доказом цього є результати, отримані під час внутрішньовенного застосування наночастинок у лікарських засобах: наночастинки умить були захоплені фагоцитами. Тому для захисту від фагоцитів на наночастинки для парентерального застосування наносять спеціальні покриття [27].

Останні дані свідчать, що вдихання наночастинок не призводить до значного системного впливу завдяки ефективному фагоцитарному бар'єру [40].

Дослідження цитотоксичності частинок діоксиду титану різного розміру і форми, здійснене на мишачих фібробластах і макрофагах, засвідчило, що більші частки (розміром 1600 нм) проявляють сильнішу токсичність, ніж дрібніші (90 або 130 нм) [42]. Встановлено також, що основним чинником, котрий визначає інгібування поділу клітин, є загальний обсяг усіх захоплених фагоцитами частинок, а не їхній розмір.

Отже, можна стверджувати, що у ході наукових досліджень ризику і небезпеки наноматеріалів необхідно використовувати надійні методи. Будь-які недоліки в науковій оцінці ризику викликать негативне ставлення суспільства до нанотехнологій, що може призвести до сповільнення розвитку нових перспективних технологій.

ВИСНОВКИ

Кількість практичних інновацій у галузі нанокосметики стрімко зростає. Однак ще швидше зростає занепокоєння в публікаціях щодо безпеки нанотехнологій і наноматеріалів для здоров'я людини і довкілля. Але більшість авторів розглядають лише потенційний ризик використання наноматеріалів у косметиці, не наводячи конкретних доказів.

Наноматеріали у косметиці в Україні застосовуються ще мало, їхню абсолютну безпеку не доведено. Положення про оцінку безпеки наноматеріалів, ймовірно, будуть включені до нового європейського законодавства про косметичні продукти. Тому учасникам ринку косметики важливо стежити за інформацією про безпеку наноматеріалів, а також за новими заходами в цій галузі.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Армстронг Г. Маркетинг. Загальний курс / Армстронг Г., Котлер Ф. – М.: ВД «Вільямс», 2001. – 608 с.
2. Дубовик О.В. Управління маркетинговими дослідженнями підприємств в процесі формування конкурентних переваг: автореф. дис. ... к. екон. наук: спец. 08.06.01 «Економіка, організація і управління підприємствами» / Дубовик О.В. –



- Львів, 2005. – 20 с.
3. *Каппаре Гвидо*. Новые разработки в области косметологии: интерактивное биоэстетическое воздействие [Электронный ресурс] / Каппаре Гвидо // Профессиональная косметика. – Электрон. дан. – [М.], 2006. – Режим доступа: <http://www.mircosmo.info>.
 4. *Ковальчук С.* Кулхантинг: маркетингові дослідження нових трендів / С. Ковальчук, І. Слободян // Маркетинг в Україні. – 2010. – №1. – С. 57–59.
 5. *Марголина А.А.* Новая косметология / Марголина А.А., Эрнандес Е.И., Зайкина О.Э. – М.: ИД «Косметика и медицина», 2000. – 206 с.
 6. *Маркетинг: підручник* / А. О. Старостіна, Н.І. Чухрай, Й.А. Корнелюк та ін. – К.: Знання, 2009. – 1070 с.
 7. *Павленко А.* Ринок маркетингових досліджень в Україні 2009: експертна оцінка та аналіз УАМ / А. Павленко, І. Лилик // Маркетинг в Україні. – 2010. – №1. – С. 4–9.
 8. *Пешук Л.В.* Технологія парфумерно-косметичних продуктів: навч. посібник / Л.В. Пешук, Л.І. Бавіка, І.М. Демидов. – К.: Центр навч. літ., 2007. – 376 с.
 9. *Эрнандес Е.Б.* Экспресс-диагностика и тестирование: новая философия и новая культура работы на косметическом рынке / Косметика & медицина – 2004. – №5. – С. 42–47.
 10. *Bennat C.* Skin penetration and stabilization of formulations containing microfine titanium dioxide and a physical UV filter / Bennat C., Mueller-Goymann C.C. // Int. J. Cosmet. Sci. – 2000. – №22. – P. 271–283.
 11. *Choi M.J.* Liposomes and niosomes as topical drug delivery systems / Choi M.J., Maibach H.I. // Skin Pharmacol. Physiol. – 2005. – №18. – P. 209–219.
 12. *Dussert A.S.* Characterisation of the mineral content of a physical sunscreen emulsion and its distribution on to human stratum corneum / Dussert A.S., Gooris E. // Int. J. Cosmet. Sci. – 1997. – №19. – P. 119–129.
 13. *Eurobarometer Survey on Europeans, Science and Technology / European Commission.* – Brussels, 2001. – 62 p.
 14. *Freitas R.A.Jr.* Derivatized Carbon Fullerenes and Nanotubes / Freitas R.A.Jr. // Nanomedicine. – 2005. – V. 11. – P. 23.
 15. *Gamer A.* The in vitro absorption of microfine ZnO and TiO₂ through porcine skin / Gamer A., Leibold E. // Toxicol. In Vitro. – 2006. – №20. – P. 301–307.
 16. *Gaskell G.* Imaging nanotechnology: Cultural support for technological innovation in Europe and the United States / Gaskell G., Ten Eyck T., Jackson J. // Public Understanding of Science. – 2005. – №14. – P. 81–90.
 17. *Gaskell G.* Public attitudes to nanotechnology in Europe and the United States / Gaskell G., Ten Eyck T., Jackson J. // Nature Materials. – 2004. – №3. – P. 496.
 18. *Gontier E.* Nuclear microscopy and electron microscopy studies of percutaneous penetration of nanoparticles in mammalian skin / Gontier E., Habchi C., Pouthier T. // 34th EDSR Meeting. – 2004. – P. 64.
 19. *Gottbrath S.* Penetration and visualization of titanium dioxide microparticles in human stratum corneum. Effect of different formulations on the penetration of titanium dioxide / Gottbrath S., Mueller-Goymann C.C. // SOFW Journal. – 2004. – №129. – P. 11–17.
 20. *Honeywell-Nguyen P.L.* Quantitative assessment of the transport of elastic and rigid vesicle components and a model drug from these vesicle formulations into human skin in vivo / Honeywell-Nguyen P.L., Gooris G.S., Bouwstra J.A. // J. Invest. Dermatol. – 2004. – №23 (5). – P. 902–910.
 21. *Kogan A.* Microemulsions as transdermal drug delivery vehicles / Kogan A., Garti N. // Adv. Coll. Interface Sci. – 2006. – P. 123–126, 369–385.
 22. *Lademann J.* Investigation of follicular penetration of topically applied substances / Lademann J., Otberg N., Richter H. // Skin. Pharmacol. Appl. Skin Physiol. – 2001. – №14 (Suppl. 1). – P. 17–22.
 23. *Lademann J.* Penetration of titanium dioxide microparticles in a sunscreen formulation into the horny layer and the follicular orifice / Lademann J., Weigmann H.J., Rickmeier C.H. // Skin. Pharmacol. Appl. Skin Physiol. – 1999. – №2. – P. 247–256.
 24. *Malhotra Naresh K.* Marketing Research. An Applied Orientation / Malhotra Naresh K. // Prentice Hall International Inc. – 1997. – 890 p.
 25. *Mavon A.* In vitro percutaneous absorption and in vivo stratum corneum distribution of an organic and a mineral sunscreen / Mavon A., Miquel C., Lejeune O. // Skin Pharmacol. Physiol. – 2007. – №20. – P. 10–20.
 26. *Menzel F.* Investigations of percutaneous uptake of ultrafine TiO₂ particles at the high energy ion nanoprobe LIPSION / Menzel F., Reinet T., Vogt J. // Nucl. Instr. Meth. Phys. Res. – 2004. – P. 82–86, 219–220.
 27. *Moghimi S.M.* Long circulating and target-specific nanoparticles: Theory to practice / Moghimi S.M., Hunter A.C., Murray J.C. // Pharmacol. Rev. – 2001. – №53 (2). – P. 283–318.
 28. *Mori T.* Preclinical studies on safety of fullerene upon acute oral administration and evaluation for no mutagenesis / Mori T., Takada H., Ito S. // Toxicology. – 2006. – №225 (1). – P. 48–54.
 29. *Oberdorster G.* Translocation of inhaled ultrafine particles to the brain / Oberdorster G., Sharp Z., Atudorei V. // Inhal. Toxicol. – 2004. – №16. – P. 437–445.
 30. *Pfluecker F.* The human stratum corneum layer: Aneffective barrier against dermal uptake of different forms of topically applied micronised titanium dioxide / Pfluecker F., Wendel V., Hohenberg H. // Skin. Pharm. Appl. Skin Physiol. – 2001. – №14 (Suppl. 1). – P. 92–97.
 31. *Pirot F.* In vitro study of percutaneous absorption, cutaneous bioavailability and bioequivalence of zinc and copper from five topical formulations / Pirot F., Millet Y., Kalia Y.N. // Skin. Pharmacol. Appl. Skin Physiol. – 1996. – №9. – P. 259–269.
 32. *Ryman-Rasmussen J.P.* Penetration of intact skin by quantum dots with diverse physicochemical properties. / Ryman-Rasmussen J.P., Riviere J.E., Monteiro-Riviere N.A. // Toxicol. Sci. – 2006. – №91 (1). – P. 159–165.
 33. *SCCNFP.* Opinion of the Scientific Committee on Cosmetic Products and Non-Food Products Intended for Consumers. Opinion concerning Zinc Oxide [Электронний ресурс] / SCCNFP. – 2003. – Режим доступу: http://ec.europa.eu/health/ph_risk/committees/htm
 34. *SCCNFP.* Opinion of the Scientific Committee on Cosmetic Products and Non-Food Products Intended for Consumers. Notes of Guidance for the testing of cosmetic ingredients and their safety evaluation [Электронний ресурс] / SCCNFP. – 2003. – Режим доступу: http://ec.europa.eu/health/ph_risk/committees/04_sccp_en.htm
 35. *Schreier H.* Liposomes and niosomes as topical drug carriers: Dermal and transdermal drug delivery / Schreier H., Bouwstra J.A. // Int. J. Pharm. – 1994. – №30. – P. 1–15.
 36. *Schulz J.* Distribution of sunscreens on skin / Schulz J., Hohenberg F., Pfluecker F. // Adv. Drug Deliv. Rev. – 2002. – №54 (Suppl. 1). – P. 157–163.
 37. *Stem S.T.* Nanotechnology Safety Concerns Revisited Review / Stem S.T., McNeil S.E. // Toxicol. Sci. – 2008. – №101. – P. 4–21.
 38. *Verma D.D.* Particle size of liposomes influences dermal delivery of substances into the skin / Verma D.D., Verma S., Blume G. // Int. J. Pharm. – 2003. – №258. – P. 141–151.
 39. *Wiebert P.* No significant translocation of inhaled 35nm carbon particles to the circulation in humans / Wiebert P., Sanchez-Crespo A., Falk R. // Inhal. Toxicol. – 2006. – №18 (10). – P. 741–747.
 40. *Wiebert P.* Negligible clearance of ultrafine particles retained in healthy and affected human lungs / Wiebert P., Sanchez-Crespo A., Seitz J. // Eur. Respir. J. – 2006. – №28 (2). – P. 286–290.
 41. *Xin-Rui X.* Trace analysis of fullerenes in biological samples by simplified liquid-liquid extraction and high-performance liquid chromatography / Xin-Rui X., Monteiro-Riviere N.A., Riviere J.E. // J. Chromatography. – 2006. – №1129. – P. 216–222.
 42. *Yamamoto A.* Cytotoxicity evaluation of ceramic particles of different sizes and shapes / Yamamoto A., Honma R., Sumita M. // J. Biomed. Mater. Res. – 2004. – №68. – P. 244–256.

Відомості про авторів:

Полова Ж.М., к. фарм. н., доцент каф. аптечної та промислової технології ліків НМУ ім. О.О. Богомольця.

Чекман І.С., членкор НАН та НАМН України, д. мед. н., професор, заслужений діяч науки і техніки України, лауреат Державної премії України, зав. каф. фармакології та клінічної фармакології НМУ ім. О.О. Богомольця.

Поступила в редакцію 21.03.2013 г.