

ОСОБЛИВОСТІ ВЗАЄМОДІЇ СВИНЦЮ ЗІ ШКІРОЮ ЛЮДИНИ

ОСОБЛИВОСТІ ВЗАЄМОДІЇ СВИНЦЮ ЗІ ШКІРОЮ ЛЮДИНИ – Встановлено, що при контамінації шкіри рук свинцем робітників, які працюють з цим металом, утворюються і затримуються на поверхні шкіри мікрочастинки свинцю зі значною кількістю у них частинок нанорозмірів.

ОСОБЕННОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СВИНЦА С КОЖЕЙ ЧЕЛОВЕКА – Установлено, что при контаминации кожи рук свинцом рабочих, которые работают с этим металлом, образуются и задерживаются на поверхности кожи микрочастицы свинца со значительным количеством в них частиц наноразмеров.

PECULIARITIES OF INTERACTION OF LEAD WITH HUMAN SKIN – It was established that at the contamination of the hanoes skin with lead by workers who work with this metal, there are formed and retained on the skin surface the microparticles of lead with a large number of nanoscale particles, in them.

Ключові слова: свинець, мікрочастинки свинцю, наночастинки.

Ключевые слова: свинец, микрочастицы свинца, наночастицы.

Key words: lead, lead microparticles, nanoparticles.

ВСТУП Свинець є одним із найтоксичніших металів і його включили у список пріоритетних забруднювачів ряд міжнародних організацій, у тому числі й ВООЗ.

Однією з особливостей свинцю, як металу, є його висока здатність до процесу дезінтеграції при незначних механічних навантаженнях на його поверхню, а отже, до значної контамінації навколишнього середовища. Враховуючи його високу токсичність, часте застосування як у промисловості, так і в побуті, є ймовірність потрапляння свинцю в організм людини. Якщо взяти до уваги часте нехтування населенням засобами індивідуального захисту, або їх некоректне застосування на виробництві, й тим більше у побуті, то існує значна загроза нанесення шкоди здоров'ю особами, які з ним контактують.

Відомо, що одним із способів утворення наночастинок є механічний спосіб [4]. Отже, слід очікувати, що при контакті свинцю зі шкірою людини можуть утворюватись частинки не лише мікро-, але й нанорозмірів. У свою чергу, існує висока ймовірність проникнення останніх через шкіру в організм людини. Однак цей процес сьогодні ще недостатньо вивчено. Відомо, що зменшення розміру частинок твердих тіл призводить до істотної зміни їх фізико-хімічних властивостей [3]. Наночастинки металів, зокрема свинцю, розміром менше 10 нм є системами, що володіють надлишковою енергією і високою хімічною активністю. Дещо інші процеси відбуваються з наночастинами розміром близько 1 нм. Вони практично не мають високої енергії активації і тому перш за все вступають у процес агрегації, що призводить до утворення мікрочастинок металів, і вже в такому вигляді вступають у реакцію з іншими хімічними сполуками [5]. Таким чином, розміри частинок суттєво впливають на характер їх взаємодії з поверхнями біологічних об'єктів, з якими вони контактують.

Метою дослідження було з'ясувати можливість потрапляння свинцю в організм людини через шкіру, а також встановити, за яких обставин цей механізм проникнення може бути найефективнішим.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ Проведено 18 досліджень щодо здатності свинцю до дезінтеграції та утворення мікрочастинок і наночастинок при взаємодії з іншими речовинами. Виконано 37 досліджень щодо здатності свинцю забруднювати поверхню шкіри людини та проникати в її глибокі шари. Дослідження дисперсного складу суспензії проводили за допомогою приладу “Analysette 12 Dyna Sizer”, а також відповідно до методів визначення фізико-хімічних властивостей промислового пилу [1]. Результати досліджень аналізували за допомогою методів математичної статистики, реалізованих у програмних пакетах SPSS 10, Statistica 6.0.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ Ми провели дослідження щодо можливості утворення частинок різних розмірів, у тому числі й наночастинок при слабкій механічній взаємодії поверхні свинцевих тіл з поверхнями інших матеріалів зі слабкими абразивними властивостями. Для цього свинцеві кульки розміром до 2 мм помістили у контейнери з кухонною сіллю і високим ступенем дисперсності. Величина розмірів частинок диспергованої солі не перевищувала 100 мкм. Середній розмір складав $M = (12,7 \pm 2,43)$ мкм. Після тривалого перемішування цих сумішей, аж до зміни забарвлення солі, до неї було додано дистильовану воду. Перемішували до повного розчинення солі. При проведенні оптичної мікроскопії було встановлено, що у досліджуваних рідинах спостерігають частинки різних розмірів, однак їх максимальні розміри не перевищують 70–90 мкм.

У подальшому було проведено центрифугування розчинів на центрифугі. Згідно з розрахунками, проведеними за формулою $ds = \sqrt{18} \times 10^7 nH / (Pm - Pg) \times g$ [1], у розчині солі з питомою вагою 1400 кг/м³ у посудині на висоті 50 мм від поверхні колоїдного розчину при його центрифугуванні протягом 60 хв з відцентровою силою 6,7 g повинні знаходитись частинки свинцю розміром не більше 0,6 мкм. Проведені експериментальні дослідження підтвердили попередні розрахунки. У відібраних за вказаних умов пробах методами оптичної мікроскопії при збільшенні у 1080 разів частинки свинцю, які можна було би візуалізувати (тобто більше 0,5 мкм), не було виявлено. Разом з тим, при проходженні через цю фракцію суспензії розчину монохромного лазерного променя з довжиною хвилі 625–740 нм було зареєстровано утворення конуса Тіндаля, що характерно для колоїдних розчинів з дисперсністю частинок у нанодіапазоні. Діаметр основи конуса Тіндаля, який спостерігали на екрані при проходженні через розчин лазерного променя, виявився в $(1,7 \pm 0,34)$ раза більший, ніж при його проходженні через контрольний розчин ($p < 0,005$). Це дозволило припустити, що у розчині можуть бути наявні частинки нанорозмірів.

З метою встановлення природи цих частинок було проведено дослідження даної фракції розчину на предмет наявності у ній свинцю. За відомими методиками [2] було встановлено наявність свинцю у цих пробах. Якісну реакцію проводили шляхом додавання до суспензії розчину Na_2S . Темний осад, який утворювався в результаті хімічної реакції, свідчив про наявність у ній свинцю. Додаткові кількісні дослідження, проведені вольтамперметричним аналізатором АВА-2, у розчині виявили свинець у концентрації $(0,12 \pm 0,021)$ мг/л.

Отже, з цих досліджень було з'ясовано, що в суспензії знаходяться частинки свинцю розміром менше 0,6 мкм. Утворення конуса Тіндалля дозволяє з високою вірогідністю стверджувати про наявність наночастинок свинцю у суспензії. Однак остаточну відповідь на поставлене запитання можна буде отримати лише після проведення прямих досліджень щодо наявності у суспензії наночастинок.

Можливість утворення наночастинок свинцю механічним способом шляхом їх злуцнення з поверхні свинцевого тіла при терті об матеріали з низькою адгезивною здатністю дозволило припустити також можливість утворення наночастинок при контакті свинцю з поверхнею тіла людини, і перш за все руками, під час виконання певних робочих операцій. Таке припущення у світлі нових даних про високу проникну здатність наночастинок у тканини шляхом дифузії дало підстави для проведення досліджень здатності наночастинок проникати в організм через шкіру. Ці дослідження є особливо актуальними, якщо взяти до уваги високу токсичність цього металу, особливо у вигляді наночастинок.

Для дослідження механізмів проникнення наночастинок у шкіру ми провели низку експериментів. У міру того, що ороговілий шар епітелію відіграє значну роль при захисті шкіри від контамінації її більш глибоких шарів речовинами та мікроорганізмами, ми провели дослідження здатності до його десквамації при механічному очищенні шкіри. Було встановлено, що при контакті ороговілого шару епітелію долони

людини з клейкою поверхнею прозорої плівки (у нашому випадку зі скотчем) на останній залишається значна кількість мертвих клітин (рис. 1).

Після неодноразового очищення шкіри рук від ороговілого епітелію поверхню шкіри піддавали тісному механічному контакту зі свинцем до виникнення видимого забруднення шкіри останнім. Після цього проводили змиви свинцю зі шкіри слабким мильним розчином. Розчин центрифугували за вищеописаною методикою. У подальшому розчин досліджували на наявність у ньому наночастинок свинцю.

Дослідження проводили на приладі "Analysette 12 Dyna Sizer", що визначає розмір частинок у діапазоні від 10 нм до 10 мкм. Як видно з рисунка 2, у відцентрованій суспензії в значній кількості наявні частинки нанорозмірів.

Разом з тим, сумарна маса частинок нанорозмірів у загальній масі мікрочастинок є незначною (рис. 3).

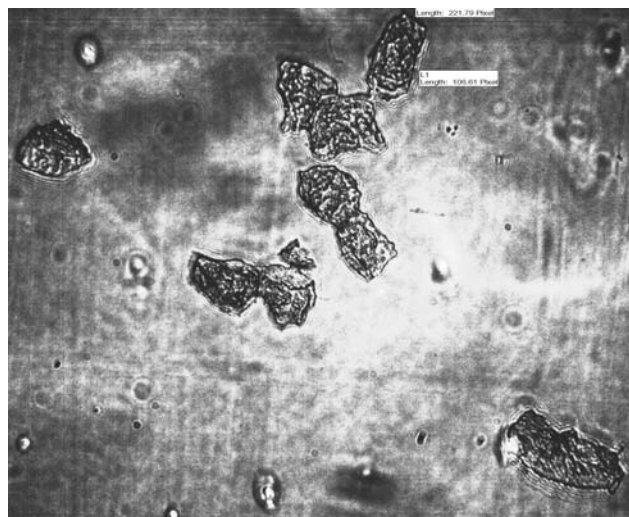


Рис. 1. Десквамований епітелій, знятий контактним методом з пальців рук.

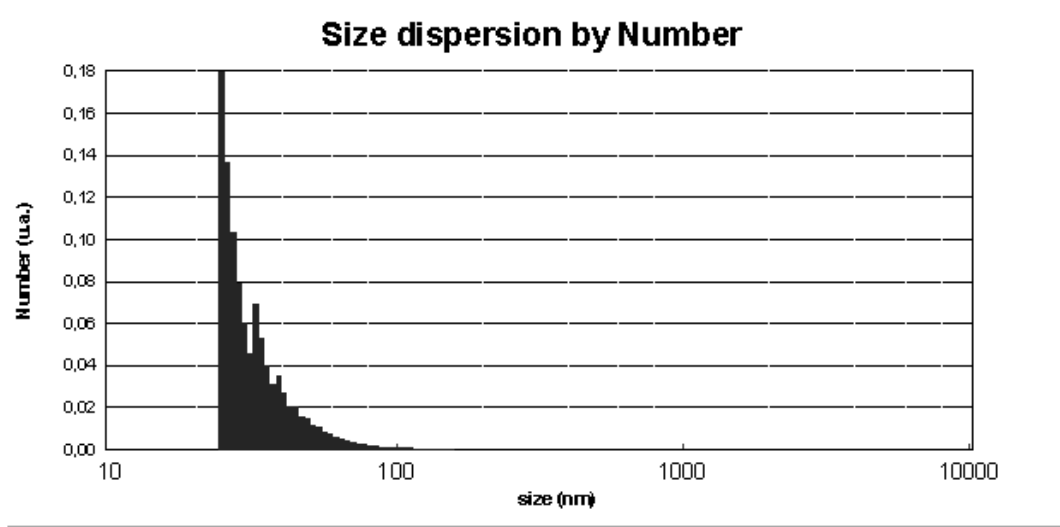


Рис. 2. Кількісний склад мікрочастинок різних розмірів у змивах з рук, забруднених свинцем.

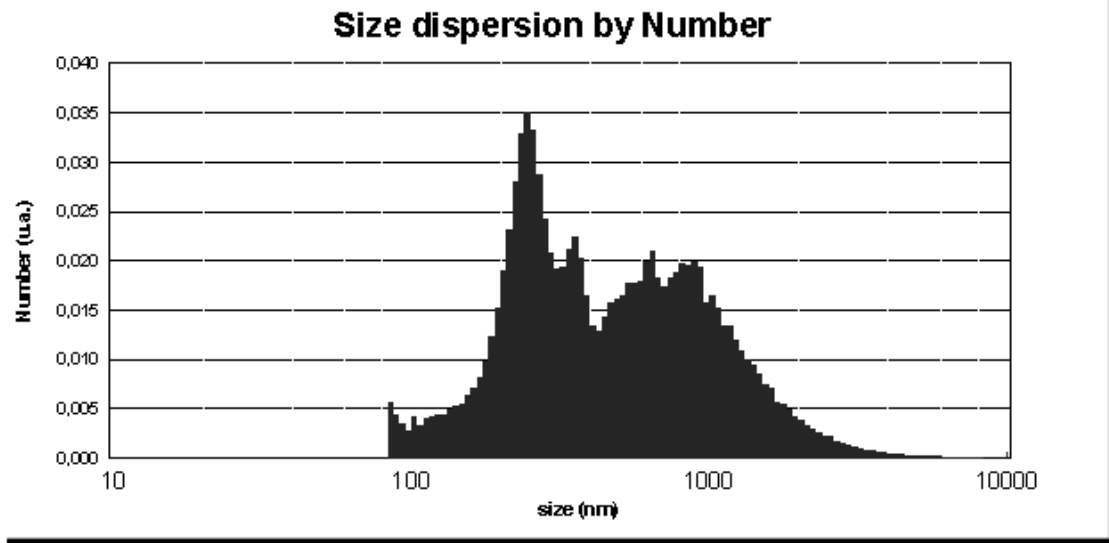


Рис. 3. Вагові концентрації мікрочастинок різних розмірів у змивах з рук, забруднених свинцем.

ВИСНОВКИ 1. При взаємодії свинцю з поверхнею шкіри людини утворюються мікрочастинки різних розмірів, у тому числі й нанорозмірів.

2. У кількісному відношенні наночастинок складають переважну кількість від усіх мікрочастинок, що знаходяться у змивах.

3. Загальна маса наночастинок у змивах мікрочастинок незначна.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Коузов П. А. Методы определения физико-химических свойств промышленных пылей / П. А. Коузов, Л. Я. Скрябина. – Ленинград : Химия, 1983. – 286 с.

2. МВВ 081-12/05-98. Методика выполнения измерений содержания кадмия, свинца, меди в водных растворах инверсионными электрохимическими методами / НПП "Буревестник". – СПб., 1995. – 21 с.

3. Набережнов А. А. Особенности кристаллической структуры индия и свинца в условиях ограниченной геометрии / А. А. Набережнов, А. Е. Совестнов, А. В. Фокин // Журнал технической физики. – 2011. – Т. 81, вып. 5. – С. 49–54.

4. Новые материалы / В. Н. Анциферов, Ф. Ф. Бездудный, Л. Н. Белянчиков [и др.] ; под науч. ред. Ю. С. Карабасова. – М. : МИСИС, 2002. – 736 с.

5. Трифонова Т. А. Экологическая безопасность наночастиц, наноматериалов и нанотехнологий / Т. А. Трифонова, Л. А. Ширкин. – Владимир : ВлГУ, 2009. – 64 с.

Отримано 29.10.12