УДК 613.6/678.029.43:001.5

ПІДХОДИ ДО ОЦІНКИ ВМІСТУ ЧАСТИНОК НАНОДІАПАЗОНУ В ПОВІТРІ РОБОЧОЇ ЗОНИ

Кучерук Т.К.[1], Демченко В.Ф.[1], Андрусішина І.М.[1], Демецька О.В.[1], Сальнікова Н.А.[1], Лампека О.Г.[1], Голуб І.О.[1], Мовчан В.О.[1], Каплуненко В.Г.[2], Косінов М.В.[2]

[1]ДУ «Інститут медицини праці АМН України», м. Київ
[2]ТОВ «Наноматеріали і нанотехнології», м. Київ

Сьогодні дослідження впливу частинок нанодіапазону на організм людини є одним із найпріоритетніших напрямів сучасної науки. Як відомо, розвиток і використання сучасних нанотехнологій може значно покращати якість у різних галузях промисловості та медицині. У той же час існує загроза того, що нанотехнології можуть стати досить потужною руйнівною силою через негативний вплив на різноманітні сфери людської діяльності, зокрема, на організм людей, що працюють в умовах нанотехнологій, а також пересічних громадян. У свою чергу, це зумовлює необхідність пошуку простих адекватних методів визначення вмісту наночастинок в оточуючому середовищі, зокрема, у повітрі робочої зони.

Ключові слова: нанотехнології, наночастинки, повітря робочої зони, зварювальні аерозолі

Вступ

Сьогодні дедалі частіше провідні фахівці світу називають наночастинки «Янусом із двома обличчями» [14]. Дійсно, незаперечним є факт, що сучасні нанотехнології обумовлюють значний прорив у медицині та фармації (адресна доставка ліків у нанокристалах, нанокапсулах та ін.), біотехнології та різноманітних галузях промисловості [11–13]. Однак, якщо наноматеріали для біотехнологій підлягають дуже суворому тестуванню на предмет співвідношення користі та ризиків, то так звані синтетичні, чи індустріальні наночастинки, — зовсім інша справа. Незважаючи на те що дослідження унікальних властивостей наночастинок вже розпочато в лабораторіях багатьох країн світу, й досі бракує даних щодо показників гострої та хронічної токсичності, транслокації, біодеградації та їхньої елімінації з організму людини.

Фахівці стверджують, що для всебічного дослідження частинок нанодіапазону необхідна інтеграція багатьох наукових, інженерних та технологічних дисциплін. У таких умовах досить вагомою є міжнародна стандартизація, яка, з одного боку, залучає до процесу інтелектуальний потенціал різних країн, а, з іншого, формує систему міжнародних вимог до нанотехнологій та нанопродукції, і, таким чином, ефективно сприяє їхньому розвитку та безпеці. Першим кроком у забезпеченні обміну інформацією та кооперації в області застосування нанотехнології є досягнення згоди щодо термінології. Це може сприяти позитивному впливу на прийняття рішень щодо патентів, а також на інші права інтелектуальної власності та їхнє комерційне застосування.

Узгодженість щодо методів вимірювань та випробувань у так званому наномасштабі є ще одним важливим моментом для досягнення позитивних наукових результатів. І, нарешті, необхідно ідентифікувати та скорочувати ризики щодо здоров'я людей та оточуючого середовища [14, 15].

Сьогодні серед пріоритетних питань нанобезпеки виділяють вивчення токсичності наночастинок та нових матеріалів; моніторинг професійних впливів; аналіз потенційних ризиків для здоров'я людей, оточуючого середовища та професійних ризиків; зменшення негативних впливів та розповсюдження інформації щодо потенційних ризиків. У свою чергу, це обумовлює необхідність розробки засобів вимірювання вмісту наночастинок в оточуючому середовищі й, зокрема, у повітрі робочої зони, та методів визначення експозиції [15].

Отже, виходячи з того, що вивчення дії частинок нанодіапазону на організм людини потребує подальших поглиблених досліджень, а також з огляду на те, що на сьогодні бракує простих адекватних методів визначення вмісту наночастинок в оточуючому середовищі, зокрема, у повітрі робочої зони, метою роботи було дослідити сучасний стан проблеми щодо біологічної дії наночастинок та обґрунтувати вибір методик оцінки вмісту частинок нанодіапазону в повітрі робочої зони.

Методологія

У дослідженнях, пов'язаних з охороною навколишнього середовища, необхідно вимірювати параметри аерозолю з дуже малою концентрацією. Для

того щоб накопичити для вивчення достатнє число частинок, потрібно відібрати великий об'єм повітря. Крім того, у багатьох випадках частинки необхідно розділяти на фракції залежно від їхнього розміру. Відомі різні способи дослідження і вимірювання складу і кількості частинок, зважених у газах. До них відносяться: ситовий, седиментометричний, мікроскопічний, ультрамікроскопічний, фотоелектричний, кондуктометричний способи. Відомі також способи, засновані на конденсації пари індикаторної рідини на центрах конденсації в струмені парогазової суміші, що розширяється [10].

При визначенні наявності частинок, зважених у газах, основні труднощі виникають при визначенні наявності частинок розміром менше 0,01 мкм. Ці труднощі, обумовлені обмеженнями, за фізичними законами розсіювання світла на частинках малого розміру, а також законами термодинаміки і гідродинаміки витікання парогазової суміші в об'єм.

Відомий спосіб оперативного контролю запиленості повітря, який заснований на вимірюванні діелектричної проникності середовища, що містить наночастинки [5]. Але недоліком цього способу є його складність.

Також відомий спосіб визначення розмірів частинок водних дисперсних систем шляхом пропускання аналізованої проби через декілька паралельних фільтруючих матеріалів із різним розміром пор і визначенні вмісту дисперсної фази в аналізованій пробі за її вмістом на фільтруючих матеріалах [3]. У свою чергу, недоліком цього способу є його висока трудомісткість і низька оперативність.

Ще одним способом визначення розмірів наночастинок у забарвлених рідких середовищах є заснований на освітленні в дифузійній кюветі досліджуваного забарвленого розчину в порівнянні із забарвленим розчином речовини відомого розбавлення за фото ЕРС [6]. Недоліком способу є його складність.

Також описаний спосіб визначення статистичного розподілу частинок за розмірами, що включає пропускання досліджуваного потоку частинок через лазерне випромінювання, що зондує, і визначення розподілу сигналів відгуку від частинок, при цьому через лазерний промінь, що зондує, заздалегідь пропускають потоки монодисперсних частинок, визначають кількісний розподіл по інтенсивності сигналів, що утворюються, потім пропускають через промінь, що зондує, досліджуваний потік частинок, а з отриманих кількісних значень розподілу сигналів відгуку послідовно віднімають внесок сигналів від еталонних монодисперсних частинок, починаючи з сигналами від частинок максимального розміру [7]. Недоліком наведеного способу є його складність.

Інший спосіб визначення кількості наночастинок у газах включає відбір проби, приготування суміші проби і пари індикаторної рідини, отримання перенасиченої пари при термічному охолоджуванні суміші до вибраної температури і розширенні струменя, що витікає через сопло; реєстрацію фотоелектронним приймачем крапель конденсату, що пролітають через зону контролю, за світлом, розсіяним ними, і відрізняється тим, що передбачає додаткове перенасичення парогазової суміші стрибкоподібним вимірюванням її об'єму при термічному охолодженні або в струмені, що витікає через сопло [8]. Недоліком способу є труднощі, що виникають при виявленні частинок розміром менше 0,01 мкм. Ці недоліки обумовлені тим, що спосіб заснований на принципі витікання струменя заздалегідь охолодженої парогазової суміші через сопло в зону контролю, де здійснюється переохолодження парогазової суміші за рахунок адіабатичного розширення струменя. Мінімальний розмір частинок, що виявляються в прототипі — 0,01 мкм. Це пояснюється наявністю турбулентності в струмені парогазової суміші, що витікає.

Як показав аналіз існуючих методів визначення наявності і концентрації наночастинок в аерозолях, найбільшу перспективу для впровадження мають методи, які засновані на так званому ефекті Тиндаля. Ефект Тиндаля — це свічення оптично неоднорідного середовища внаслідок розсіювання світла, що проходить через нього. Ефект обумовлений дифракцією світла на окремих наночастинках або елементах структурної неоднорідності середовища, розмір яких набагато менше довжини хвилі світла, що розсіюється. Світло виходить від окремих крапок — дифракційних плям, при освітленні колоїдного розчину. Інтенсивність розсіяного в даному напрямі світла, при постійних параметрах падаючого світла, залежить від числа частинок, що розсіюють. Ефект Тиндаля є характерним для колоїдних систем, що мають показник заломлення, відмінний від показника заломлення дисперсійного середовища. Даний ефект зазвичай спостерігається у вигляді світлого конуса на темному фоні при пропусканні світлового пучка збоку через скляну кювету із плоскопаралельними стінками, заповнену колоїдним розчином [4].

Зокрема, існує експрес-метод визначення концентрації і розмірів наночастинок, заснований на ефекті Тиндаля, що полягає в освітленні наночас-

тинок колоїдного розчину пучком світла, оцінці величини оптичного поглинання і розсіювання випромінювання, і подальшому аналізі отриманих даних шляхом їхнього порівняння з аналогічними даними, що отримані на колоїдних розчинах із відомими концентраціями і відомими розмірами наночастинок. При цьому освітлення наночастинок проводять у приповерхневому шарі колоїдного розчину паралельним пучком когерентного світла, а оцінку величини оптичного поглинання і розсіювання випромінювання проводять шляхом вимірювання довжини і інтенсивності керна конуса Тиндаля, що світиться, і спостерігається в пучку світла в приповерхневому шарі колоїдного розчину [9]. Недоліком зазначеного способу є те, що при низьких концентраціях наночастинок різко зменшується розсіювання світла в напрямі, перпендикулярному напряму розповсюдження пучка світла, у якому необхідно спостерігати конус Тиндаля. Це обумовлює досить велику похибку вимірювання, яка тим більше, чим менше концентрація наночастинок. Крім того, цей спосіб необхідно використовувати виключно в затемненому приміщенні.

Матеріали та методи дослідження

Нами був розроблений експрес-метод визначення наявності і концентрації наночастинок, який засновано на використанні ефекту Тиндаля, але значно більш чутливий за існуючі аналоги. Це було досягнуто тим, що в розробленому способі оцінку величини оптичного розсіювання пучка когерентного світла проводять при спостереженні конуса Тиндаля назустріч напряму розповсюдження когерентного світла. Це дозволяє підвищити чутливість способу, оскільки розсіювання випромінювання при спостереженні конуса Тиндаля назустріч напряму розповсюдження когерентного світла є набагато більшим, ніж у напрямі, перпендикулярному напряму розповсюдження пучка світла, у якому зазвичай спостерігають конус Тиндаля.

У запропонованому способі оцінку величини оптичного розсіювання пучка когерентного світла проводять при спостереженні конуса Тиндаля в тілесному кутку з кутом розкриття переважно менше 30°. Це також дозволяє підвищити чутливість способу, оскільки інтенсивність розсіювання випромінювання в тілесному кутку зростає зі зменшенням тілесного кута та наближенням напрямів розсіювання світла до лінії розповсюдження пучка світла, що дозволяє упевнено спостерігати ефект Тиндаля навіть у незатемненому приміщенні.

Розроблений спосіб визначення наявності і концентрації наночастинок у повітрі робочої зони здійснюють таким чином. Проби досліджуваного повітря відбирають у робочій зоні, наприклад, під час електрозварювання. Повітря, з об'ємною витратою 1 л/хвилина за допомогою пробовідбірника ТАЙФУН Р-20-2 аспірують через фільтротримач із фільтром АФА-ВП і послідовно з'єднану з ним склянку Дрекселя, що містить 450 мл деіонізованої води. У воді накопичуються наночастинки, які утворюють колоїдний розчин. Колоїдний розчин у кількості 20 мл поміщають у скляну кювету із плоскими паралельними стінками. Проводять освітлення наночастинок колоїдного розчину пучком світла від гелій-неонового лазера, направляючи пучок світла через шар колоїдного розчину. При пропусканні через колоїдний розчин паралельного пучка світла від гелій-неонового лазера в ньому виникає свічення, яке упевнено спостерігалося в незатемненому приміщенні. По осі пучка світла спостерігається керн, що світиться, має форму конуса та сходиться. Довжина керна, що світиться, і інтенсивність його свічення залежать від концентрації наночастинок у колоїдному розчині.

Здійснюють спостереження і вимірювання довжини і інтенсивності керна конуса Тиндаля, що світиться. Оцінку величини оптичного розсіяння пучка когерентного світла проводять при спостереженні конуса Тиндаля в тілесному кутку з кутом розкриття переважно менше 30°.

По розсіяному світлу не можна безпосередньо визначити істинні розміри, форму і структуру частинок. Проте, порівнюючи інтенсивності світлорозсіювання колоїдних розчинів, один з яких має відому концентрацію і відомі середні розміри частинок, шляхом зіставлення отриманих даних визначають концентрацію, або ступінь дисперсності досліджуваного колоїдного розчину. Використовуючи дані, отримані на еталонних колоїдних розчинах, можна достатньо точно визначати в пробі наявність, концентрацію наночастинок, їхній середній розмір.

Дані, отримані на еталонних колоїдних розчинах із відомими концентраціями і відомими розмірами наночастинок і при цьому отримані при спостереженні в тілесному кутку з кутом розкриття переважно менше 30°, зводяться в порівняльні таблиці, та використовуються для визначення концентрації і розмірів наночастинок у досліджуваній зоні. Подальші дослідження будуть спрямовані на встановлення кількісних характеристик методики.

Зварювальні роботи виконувалися в зварювальному комплексі ДУ «Інститут медицини праці АМН України». Для визначення наявності наночастинок був здійснений відбір проб повітря, що містить зварювальний аерозоль на різних відстанях від зварювальної дуги. Для зварювання використовували рутилові електроди АНО-4 діаметром 3 мм.

Проби відбиралися за допомогою пробовідбірника ТАЙФУН Р-20-2 з об'ємною витратою 1 л/хв через систему, що складається з фільтротримача з фільтром АФА-ВП і послідовно з'єднаного з ним поглинача, що містить 10 мл деіонізованої води. Тривалість зварювання 5 хвилин. Для аналізу було відібрано 5 літрів повітря.

Визначення концентрації елементів в отриманих розчинах здійснювали за двома методиками:

– методом випарювання розчину за ГОСТ 27026-86;
– експрес-методом визначення концентрації, заснованого на ефекті Тиндаля (інтенсивність свічення конуса керна Тиндаля).

Вміст хімічних елементів визначали методом атомно- емісійної спектрометрії з індуктивно зв'язаною плазмою (ICP-AEC) на приладі Optima 2100DV (фірми Perkin-Elmer, США).

Апробація експрес-методу проведена при оцінці повітряного середовища на робочому місці зварювальника. Проби досліджуваного повітря відбирали в робочій зоні під час електрозварювання. Повітря, з об'ємною витратою 1 л/хв за допомогою пробовідбірника ТАЙФУН Р-20-2, аспірували через фільтротримач із фільтром АФА-ВП і послідовно з'єднану з ним склянку Дрекселя, що містить 450 мл деіонізованої води. На кожну відстань від зварювальної дуги відібрано по 3 проби повітря.

Результати дослідження та їх обговорення

Попередньо було встановлено відстань, на якій можливо є присутніми наночастинки. Результати досліджень представлені в таблиці 1.

Таблиця 1

Вміст хімічних елементів ЗА (мг/л) у водних розчинах на різних відстанях від зварювальної дуги

Хімічний елемент	Довжина хвилі елемента, λ нм	Відстань від дуги							
		5 см без фільтра	5 см з фільтром	10 см з фільтром	20 см з фільтром	30 см з фільтром	40 см з фільтром	50 см з фільтром	60 см з фільтром
Mg	279,017	0,080 ± 0,001	0,041 ± 0,005	0,036 ± 0,001	0,032 ± 0,001	0,026 ± 0,001	**0,027*** ± **0,002**	**0,056*** ± **0,014**	0,023 ± 0,001
Al	396,153	0,0060 ± 0,0004	0,005 ± 0,001	0,0004 ± 0,0001	0,003 ± 0,001	0,003 ± 0,001	**0,023*** ± **0,01**	**0,002*** ± **0,001**	**0,0020*** ± **0,0001**
Pb	220,353	0,0001 ± 0,0002	**0,0130** ± **0,0001***	**0,0120** ± **0,0003***	**0,0130** ± **0,0003***	**0,014** ± **0,001***	**0,013** ± **0,001***	**0,013** ± **0,003***	**0,0130** ± **0,001***
Mn	257,610	**0,0260** ± **0,001**	0,0002 ± 0,0004	0,0024 ± 0,0200	0,0010 ± 0,0001	0,002 ± 0,001	0,0020 ± 0,0003	0,0010 ± 0,0002	**0,0009** ± **0,0001***
Zn	206,200	**0,068** ± **0,001**	0,037 ± 0,019	0,06 ± 0,01	0,07 ± 0,03	0,070 ± 0,006	0,098 ± 0,033	0,011 ± 0,009	0,070 ± 0,009
Fe	259,939	**0,270** ± **0,001**	**0,017** ± **0,012***	0,0011 ± 0,0001	0,0024 ± 0,0010	0,004 ± 0,002	0,005 ± 0,001	0,0030 ± 0,0004	0,0010 ± 0,0002
Cu	324,752	0,0050 ± 0,0001	**0,0021** ± **0,0010***	**0,024** ± **0,003***	**0,0190** ± **0,006***	0, 020 ± 0,001	**0,015** ± **0,004***	0,014 ± 0,007	**0,015** ± **0,005***
Ni	231,604	0,0020 ± 0,0001	0,0020 ± 0,0004	0,0020 ± 0,0006	0,0030 ± 0,0003	0,0020 ± 0,0004	0,0030 ± 0,0001	0,003 ± 0,001	0,0020 ± 0,0003
Cr	283,563	0,0020 ± 0,0001	0,0020 ± 0,0001	**0,026** ± **0,010***	0,0020 ± 0,0001	0,006 0,004	0,002 ± 0,0001	0,0020 ± 0,0001	0,0020 ± 0,0002
Cd	228,802	0,0002 ± 0,0001	**0,0010** ± **0,0001***	**0,0030** ± **0,0017***	0,003 ± 0,002	**0,0010** ± **0,0001***	**0,0010** ± **0,0001***	0,003 ± 0,002	**0,0010** ± **0,0001***
Co	228,616	0,00040 ± 0,00001	0,00040 ± 0,00002	0,00030 ± 0,00002	0,0003 ± 0,0001	0,00030 ± 0,00003	0,0003 ± 0,0001	0,00040 ± 0,00003	0,00030 ± 0,00005
Загальна кількість		0,1100 ± 0,0004	0,028 ± 0,004	0,019 ± 0,005	**0,015** ± **0,006***	0,021 ± 0,004	0,019 ± 0,005	0,024 ± 0,008	**0,015** ± **0,003***

*Примітка. * достовірність на відстані 5 см без фільтра та між групами на різних відстанях.*

Як видно з даних, наведених у таблиці 1, у кожній відібраній пробі були присутні хімічні елементи зварювального аерозолю. Аналіз цих проб експрес-методом визначення концентрації, заснованого на ефекті Тиндаля, показав присутність у цих розчинах нанорозмірних частинок. Найбільша їх кількість виявлена на відстані 5 см від зварювальної дуги.

По мірі віддалення від дуги їх загальна кількість в основному зменшується, але концентрація деяких хімічних елементів (Pb, Cu, Zn) навпаки збільшувалася. У зоні дихання зварника (під щитком) на відстані 40 – 60 см від дуги відзначається присутність наночастинок усього спектра ЗА.

Отримані результати свідчать про близькість даних, визначених із застосуванням випарювання розчину і експрес-методу на основі ефекту Тиндаля (різниця не більше 15 %) (табл. 2).

Під час апробації експрес-методу для кількісного визначення хімічних елементів, що виділяються при зварювальних роботах були відібрані 3 паралельних проби повітря на робочому місці зварника та проаналізовані як фільтри, так і водні розчини методом атомно-емісійної спектрометрії з індуктивно зв'язаною плазмою (ICP-AEC) на приладі Optima 2100DV. Результати представлено в таблиці 3.

Як видно з таблиці 3, фільтр затримує більшу частину твердої складової ЗА, яка завжди визначалася при оцінці умов праці робочих зварювальних професій. Однак, дослідженнями було встановлено, що всі визначені хімічні елементи зварювального аерозолю (ТСЗА) частково проходять через фільтр і визначаються в колоїдному розчині у вигляді нанорозмірних частинок.

Крім того, у ході досліджень (табл. 3) отримано дані, які свідчать про те, що в повітрі виробничих приміщень довгий час (навіть після закінчення зварювальних робіт) зберігаються ЗА нанорозмірних величин.

Таблиця 2

Концентрація хімічних елементів (наночастинок) в колоїдних розчинах, яка отримана різними методами, мг/л

Методи визначення наночастинок	Зварювальний аерозоль, пропущений через фільтр	Зварювальний аерозоль у чистому вигляді
Випарювання розчину за ГОСТ 27026-86. Реактивы. Определение нелетучего остатка	6,15 - 6,20	9,6 – 9,8
Експрес-метод визначення наявності і концентрації наночастинок (інтенсивність свічення конуса Тиндаля в порівнянні з отриманими на еталонних колоїдних розчинах з відомими концентраціями)	5,9 – 6,0	10,70 – 10,75

Таблиця 3

Вміст хімічних елементів у «чистому повітрі» та під час зварювання електродами АНО-4 на фільтрах АФА-ХА та у водному розчині після проходження через фільтр (р = 0,95)

Хімічний елемент	До зварювання «чисте повітря», мг/м^3	Фільтр ТСЗА, мг/м^3	Водний розчин мг/м^3
Mg	0,3400 ± 0,0003	0,033 ± 0,001	2,565 ± 0,001
Al Al	0,085 ± 0,003	0,146 ± 0,001	3,1280 ± 0,0003
K	0,3300 ± 0,0035	0,864 ± 0,13	4,5000 ± 0,0001
Mn	0,021 ± 0,001	3,275 ± 0,001	0,0450 ± 0,0002
Zn	0,034 ± 0,001	0,064 ± 0,007	0,203 ± 0,001
Fe	0,510 ± 0,001	20,9100 ± 0,0228	0,0320 ± 0,0002
Cu	0,019 ± 0,002	0,1200 ± 0,0003	0,022 ± 0,001
Ni	0,042 ± 0,001	0,0340 ± 0,0001	0,495 ± 0,0002
Cr	0,009 ± 0,003	0,016 ± 0,040	0,2250 ± 0,0003
Li	0,100 ± 0,004	0,572 ± 0,098	0,0680 ± 0,0002
Загальна кількість	1,484 ± 0,001	26,037 ± 0,010	11,796 ± 0,001

Слід зазначити, що частинки ТСЗА, що утворяться при зварюванні, можна умовно поділити за розміром на дві групи — перша від 0,01 до 0,05 мкм (10—50 нм), і друга — від 0,2 до 0,3 мкм (200—300 нм) [1, 2].

Однак, раніше вважалось, що зварювальні аерозолі не є максимально адекватною моделлю для вивчення ролі частинок нанодіапазону та оцінки їхнього вмісту в повітряному середовищі через те, що під час зварювання пари металу, компоненти електродного покриття або інших зварювальних матеріалів піднімаються над місцем зварювання і надходять у зону, температура якої відповідає температурі навколишнього повітря, тому пари швидко конденсуються й твердіють, утворюючи ТСЗА [15]. Тобто, слід враховувати й вірогідність того, що в результаті конденсації парів зварювального аерозолю може відбуватися агломерація наночастинок ТСЗА.

Проте результати досліджень із використанням експрес-методу підтвердили наявність наночастинок у зоні дихання зварювальника, що у свою чергу, підтверджує попередні гіпотези щодо оцінки та прогнозування біологічної дії зварювальних аерозолів, а також гігієнічного нормування, яке слід здійснювати як з урахуванням вмісту в їхній твердій складовій лімітуючих токсичних елементів чи сполук, так і на підставі розміру частинок.

Висновки

1. Розроблено експрес-метод визначення наявності та концентрації наночастинок у повітрі, що дозволяє оцінювати стан повітряного середовища виробничих приміщень.
2. Результати досліджень із використанням експрес-методу підтвердили наявність наночастинок у зоні дихання зварювальника.
3. У виробничих приміщеннях, де постійно проводилися роботи по зварюванню, ще довго після їх припинення, можуть бути присутніми в повітряному середовищі наночастинки зварювального аерозолю.

Література

1. О связи канцерогенной активности никельсодержащих сварочных аэрозолей с наличием в их составе соединений меди и марганца / Горбань Л.Н., Новиченко Н.Л., Рязанов А.В., Чередниченко В.М // Гигиена труда и профзаболевания.– 1989.– № 8.– С. 27–31.

2. Материалы по обоснованию ПДК в воздухе рабочей зоны сварочного аэрозоля, содержащего марганец, хром и никель / Горбань Л.Н., Прилипко В.А., Чередниченко В.М., Киреев В.И. // Гигиена труда и проф. заболевания.– 1985.– № 5.– С. 26–29.

3. Заявка России № 96105480. Способ определения фракционного состава водных дисперсных систем. МПК 6 B01D61/00, G01N15/06. Опубликовано: 1997.07.27.

4. Коузов П. А. Основы анализа дисперсного состава промышленных пылей и измельченных материалов, 3 изд./ Коузов П. А.– Л., 1987.

5. Патент России № 2147739. Устройство контроля запыленности воздуха. МПК7 G01N15/02. Опубликовано: 2000.04.20.

6. Патент России № 49624. Устройство для определения размеров наночастиц в окрашенных жидких средах. МПК7 G01N15/02. Опубликовано: 2005.11.27.

7. Патент России № 2200314. Способ определения статистического распределения частиц по размерам. МПК7 G01N15/02. Опубликовано: 2001.06.22.

8. Патент России № 2096758. Способ определения количества субмикронных частиц в газах. МПК7 G01N15/02. Опубликовано: 1997.11.20.

9. Патент України № 32126. МПК (2006) G01N 15/00. Експрес-метод визначення концентрації і розмірів наночастинок колоїдного розчину. Опубл. 12.05.2008.

10. Штокман Е. А. Очистка воздуха от пыли на предприятиях пищевой промышленности / Е.А. Штокман.– М. : Агропромиздат, 1989.

11. Crystal engineering of active pharmaceutical ingredients to improve solubility and dissolution rates / Blagden N, de Matas M, Gavan PT, York P. // Adv. Drug Deliv. Rev.– 2007.– V. 30, № 7.– P. 617–630.

12. Brouwer D.H. Personal exposure in the workplace: exploring sampling techniques and strategies / D.H. Brouwer, J.H. Gijsberg, M.W. Lurvink // Ann. Jccup. Hyg.– 2004. – V. 48, № 5.– P. 439–453.

13. Chew N.Y.The role of particle properties in pharmaceutical powder inhalation formulations / Chew N.Y., Chan H.K. // J. Aerosol.Med.– 2002.– V.15, № 3.– P. 325–330.

14. Donaldson K. The Janus faces of nanoparticles / Donaldson K., Seaton A. // J. Nanosci Nanotechnol.– 2007.– V. 7, № 12.– P. 4607–4611.

15. Marconi A. Fine, ultrafine and nano- particles in the living and working setting: potential health effects and measurement of inhalation exposure / Marconi A. // G. Ital. Med. Lav. Ergon.– 2006.– V. 28, № 3.– P. 258–265.

Кучерук Т.К.[1], Демченко В.Ф.[1], Андрусишина И.М.[1], Демецкая А.В.[1], Сальникова Н.А.[1], Лампека О.Г.[1], Голуб И.О.[1], Мовчан В.А.[1], Каплуненко В.Г.[2], Косинов М.В.[2]

ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ СОДЕРЖАНИЯ ЧАСТИЦ НАНОДИАПАЗОНА В ВОЗДУХЕ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ

[1]ГУ «Институт медицины труда АМН Украины», г. Киев
[2]ООО «Наноматериалы и нанотехнологии», г. Киев

Сегодня исследования влияния частиц нанодиапазона на организм человека являются одним из приоритетных направлений современной науки. Как известно, развитие и использование современных нанотехнологий может существенно улучшить качество в таких областях жизнедеятельности как промышленность, медицина, производство энергетических ресурсов и т. д. В то же время существует угроза того, что нанотехнологии могут стать достаточно мощной разрушительной силой в связи с негативным влиянием на разнообразные сферы человеческой деятельности, в частности, на организм людей, которые работают в условиях нанотехнологий. В свою очередь, это обусловливает необходимость поиска простых адекватных методов оценки наночастиц в окружающей среде и в частности, в воздухе рабочей зоны.

Ключевые слова: нанотехнологии, наночастицы, воздух рабочей зоны, сварочные аэрозоли

Kucheruk T.K.[1], Demchenko V.F.[1], Andrusishyna I.M.[1], Demetska O.V.[1], Salnikova N.A.[1], Lampeka O.G.[1], Golub I.O.[1], Movchan V.O.[1], Kaplunenko V.G.[2], Kosynov M.V.[2]

APROACHES TO THE EVALUATION OF NANOPARTICLES IN THE WORKING ZONE AIR

[1]Institute for Occupational Health of the Academy of Medical Sciences of Ukraine, Kyiv
[2]Ltd "Nanomaterials and Nanotechnologies", Kyiv

Now the investigations of influence of nanoparticles to human organism is actual for contemporary science. The development of nanotechnologies may have positive influence on different fields: industry, medicine, energy resources etc. At the same time there is dangerous that nanotechnologies became destructive due to negative impact on whereas fields of human activities and on organism of people who exposure to nanoparticles. That causes necessity of searching of simple methods for evaluation of nanoparticles in the environment and in the working zone air.

Key words: nanotechnology, nanoparticles, workplace environment, welding fumes

Надійшла: 23.06.09

Контактна особа: Андрусішина І.М., ДУ «Інститут медицини праці АМН України». 75, вул. Саксаганського, м. Київ, 01033. Тел.: (44) 289-41-88.