

ПОВІДОМЛЕННЯ ТА РЕЦЕНЗІ

УДК 615.835.5+539.378.6

©М.О. Кашуба, О.Є. Федорів

Тернопільський державний медичний університет імені І.Я. Горбачевського

МЕТОДОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ ДО ВИЗНАЧЕННЯ В АЕРОЗОЛЯХ ЧАСТИНОК ВИСОКОГО СТУПЕНЯ ДИСПЕРСНОСТІ

МЕТОДОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ ДО ВИЗНАЧЕННЯ В АЕРОЗОЛЯХ ЧАСТИНОК ВИСОКОГО СТУПЕНЯ ДИСПЕРСНОСТІ – Запропоновано нові методологічні підходи до відбору наночастинок з досліджуваних аерозолів. В основу запропонованого рішення покладено здатність аерозолів при їх змішуванні з парами рідини та наступному охолодженні створювати ядра конденсації, що призводить до утворення колоїдних розчинів. Сепарація наночастинок на фракції шляхом центрифугування у пробовідбірній пробірці ґрунтується на законі Стокса. Дані рішення дозволяють визначати у відібраних пробах концентрації наночастинок різних розмірів.

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ В АЭРОЗОЛЯХ ЧАСТИЦ ВЫСОКОЙ СТЕПЕНИ ДИСПЕРСНОСТИ – Предложены новые методологические подходы к отбору наночастиц из исследуемых аэрозолей. В основу предложенного решения положена способность аэрозолей, при их смешивании с парами жидкости и последующем охлаждении, создавать ядра конденсации, приводящие к образованию коллоидного раствора. Сепарация наночастиц на фракции путем центрифугирования в пробоводборной пробирке основана на законе Стокса. Данные решения позволяют определять в отобранных пробах концентрации наночастиц разных размеров.

METHODOLOGICAL APPROACHES OF HIGH DEGREE DISPERSION PARTICLES ESTIMATION IN AEROSOLS – New methodological approaches to nanoparticles separation from the investigated aerosols are set. The set decision is based on the ability of aerosols to create condensation centers when they are mixed with vapours and followed by cooling, that leads to the creation of the colloid solution. The separation of nanoparticles to fractions by centrifugation in sampling tube is based on the Stokes' law. These decision allow to determine the nanoparticles concentrations of various types in the collected samples.

Ключові слова: наночастинки, аерозолі, колоїдні розчини.

Ключевые слова: наночастицы, аэрозоли, коллоидные растворы.

Key words: nanoparticles, aerosols, colloid solutions.

ВСТУП Сьогодні економіка розвинених країн перш за все зорієнтована на зростання і розвиток промисловості, яка, в свою чергу, опирається на впровадження новітніх технологій. Енергозберігаючі та матеріалозберігаючі технології – основний тренд в побудові ефективно економіки. Саме тому сьогодні нанотехнології отримали значний поштовх до нових розробок та впровадження їх в практику.

В свою чергу широке застосування нанотехнологій привело до того, що наночастинки тепер наявні в косметиці, ліках, одязі і навіть харчових продуктах, звідки без зусиль здатні проникати в організм людини. Не дивлячись на те, що в певних галузях застосування вони, безперечно, корисні, наночастинки можуть завдати серйозно шкоди здоров'ю людини. Доведено, що властивості наночастинок, які так привертають вироб-

ників, можуть негативно впливати на здоров'я людей і навколишнє середовище.

Проникнення наночастинок в біосферу небезпечно багатьма наслідками, прогнозувати які поки що не є можливим через нестачу інформації. Застосовуючи нанотехнології, слід пам'ятати, що еволюція просто не створила механізмів захисту від речовин з властивостями, що майже не зустрічаються в природних умовах, і не "розраховувала", що людство коли-небудь навчиться виробляти їх в промислових масштабах [2, 6, 13, 15].

Сучасними дослідженнями встановлено, що в живих організмах наночастинок мігрують зовсім іншими маршрутами, ніж частинки тієї ж речовини розміром понад 100 нм. Вони здатні проходити крізь звичайні захисні бар'єри організму (шлунковий, плацентарний, гемато-енцефалітичний), можуть потрапляти прямо в мозок з кровоносної системи.

Розширення виробництва і застосування матеріалів, що містять наночастинок, призвело до виникнення у гігієні нового напрямку наукових досліджень – нанотоксикології, завдання якої відповідати на питання: як і в яких кількостях наночастинок з "нанопродуктів" потрапляють в навколишнє середовище; як вони впливають на організм людини [7, 9].

На жаль, поки в світі проведено дуже мало досліджень, присвячених вивченню впливу наночастинок на здоров'я і оцінці ризику їх використання для людини. Особливо це стосується нашої країни. Однією з причин такої ситуації є те, що існуючі методи гігієнічного контролю за наночастинками у навколишньому середовищі ще досить складні, мають низький рівень інформативності та призначені для досить вузького діапазону досліджень. Значною мірою це пов'язано з тим, що малі розміри наночастинок не дозволяють проводити їх відбір з навколишнього середовища за допомогою традиційних методів [1, 3].

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ Поставили завдання удосконалити існуючі методи досліджень наночастинок. При цьому важливе значення приділялось створенню єдиного методичного ланцюжка, який дозволив би об'єднати в одне ціле дослідження від моменту відбору проби до встановлення дисперсного складу наночастинок. Цим передбачалось підвищити точність досліджень, уніфікувати їх проведення, спростити процес досліджень.

Існує ряд методів дослідження наночастинок. Okремі з них є близькими до запропонованого

нами способу [10, 11]. В основу нашої розробки було покладено існуючий метод [12].

Зазначений експрес-метод визначення наявності і концентрації наночастинок в робочій зоні передбачає забір проби, приготування суміші проби і рідини, спостереження й оцінку ступеня оптичного розсіяння пучка когерентного світла наночастинами в рідині шляхом вимірювання інтенсивності конуса Тіндалля і подальший аналіз шляхом порівняння отриманих даних з аналогічними даними, отриманими на коло дних розчинах з відомими концентраціями й відомими розмірами наночастинок.

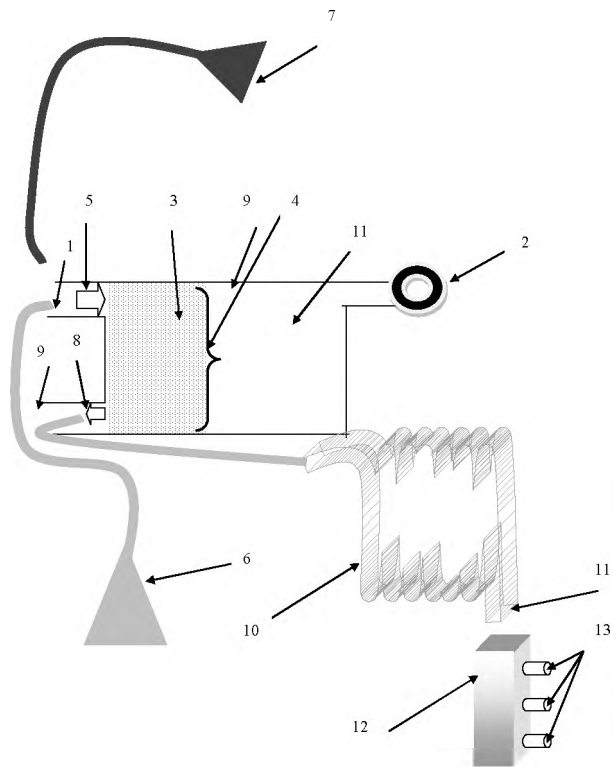
Цей спосіб має ряд недоліків при його застосуванні. Зокрема, одним із його недоліків є недостатня точність та інформативність, оскільки запропонований спосіб створення суміші відібраної проби наночастинок з рідиною не забезпечують повного переходу останніх з газу в рідину.

В основу запропонованого нами методу покладено завдання вдосконалити існуючий спосіб. Для цього запропоновано принципово нове рішення, яке передбачає застосування нового методу змішування відібраних проб наночастинок з рідиною, що в кінцевому результаті призводить до підвищення інформативності і точності дослідження.

При вирішенні технічного завдання були враховані фізичні особливості взаємодії аерозолів з газами, насиченими парами рідини. Запропонований нами спосіб ґрунтується на здатності парогазової суміші при охолодженні конденсуватися і створювати при цьому з нерозчинними частками, які у ній знаходились, коло днів розчин.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА Х ОБГОВОРЕННЯ Запропоноване нами рішення привабливе перш за все простотою виконання при досягненні високої точності вимірювання. Ключовим моментом рішення є те, що відібрані проби аерозолу наночастинок потрапляють у камеру з нагрітою парою, з'єднану послідовно з системою охолодження. Після змішування х з парою утворюється пило-парогазова суміш, яка потрапляє у холодильну камеру. Під час охолодження створюються окремі ядра конденсації, які сприяють інтенсивному перетворенню парів у рідину. Таким чином, відбувається практично повне поглинання наночастинок рідиною.

Існує декілька технічних рішень цього завдання. Запропонований нами спосіб здійснюється таким чином. Через вхідний патрубок 1 (фіг. 1) під дією вакуумно-нагнітального пристрою 2, що працює в режимі всмоктування, в змішувальну камеру 3, відділену від вакуумно-нагнітального пристрою еластичною діафрагмою 4, через клапан 5, який відкривається в режимі всмоктування з джерела пароутворення 6, потрапляє пара. Одночасно в камеру з досліджуваного середовища через фільтр 7, який здатний затримувати крупнодисперсні частинки, також потрапляють наночастинок. В камері аерозоль наночастинок змішується з парою і утворює пило-парогазову суміш, яка вакуумно-нагнітальним пристроєм, що працює уже в режимі нагнітання, через клапан 8, який в цей час відкривається, по патрубку 9 подається в систему охолодження 10, де



Фіг.1

вона конденсується і перетворюється у рідину із завислими в ній наночастинами. З холодильної камери суспензія по вихідному патрубку 11 потрапляє у скляну кювету 12, яка на різних рівнях має бокові зливні отвори 13, закриті герметично.

Подальший етап дослідження наночастинок ґрунтується на здатності частинок різних розмірів та маси осідати з різною швидкістю під дією гравітаційного поля або відцентрової сили [4, 5].

Для розподілу наночастинок на різні за розміром фракції кювету поміщають у центрифугу, яка обертається із заданими частотою та часом обертаннями. Ці параметри розрахунковим методом підбираються таким чином, щоб потрібні для дослідження відсепаровані фракції розташувались біля зливних отворів кювети. Розрахунки проводяться за такою формулою:

$$ds = \sqrt{18 \cdot 10^7 n H / (P_m - P_g) \cdot g t},$$

де: ds – седиментаційний діаметр частинки;

n – динамічна в'язкість рідини;

H – висота осідання частинки;

P_m – питома вага частинки;

P_g – питома вага рідини;

g – прискорення сили тяжіння.

t – час.

У нашому випадку "g" (гравітаційне прискорення) замінюється на "a" (відцентрове прискорення), яке обчислюється з величини відцентрової сили F, що обчислюється за формулою: $M \cdot W^2 \cdot R$, де M – маса тіла; W – кутове прискорення; R – радіус.

Для зручності вимірів параметрів обчислювати відцентрову силу можна і за лінійною швидкістю за формулою:

$$F=MV^2/R=M4\pi^2Rn^2/t^2,$$

де: M – маса тіла;

V – лінійна швидкість;

R – радіус;

n – частота обертання;

t – час обертання.

Відповідно прискорення вираховується за формулою: $a=W^2/R$ або $a=4\pi^2Rn^2/t^2$.

Знаючи висоту розташування отворів кювети, в'язкість рідини, питому вагу матеріалу частинок та рідини, нескладно, підбираючи радіус, частоту та час обертання, задати седиментаційний діаметр частинок для фракції, яку планується дослідити.

Після центрифугування через зливні отвори відбираються досліджувані фракції. Зрозуміло, що залежно від часу та частоти обертання дисперсність цих фракцій буде різною.

Мікроскопічні дослідження цих фракцій дозволяють встановити кількісний склад наночастинок, визначити коефіцієнт форми і встановити розрахунковим методом вагову концентрацію кожної фракції.

У нашому випадку запропоновано у якості рідини для конденсації та утворення суспензії наночастинок застосовувати ацетон. Його використання дозволяє в подальшому приготувати препарат для електронно мікроскопічного дослідження наночастинок. Для цього отриману суспензію змішують з компонентами епоксидно смоли. Після переходу суміші при відповідній експозиції у твердий стан, мікромномом нарізають з не препарати для електронно мікроскопічного дослідження, яка проводиться за відомим способом.

ВИСНОВКИ 1. Вперше запропоновано сукупність методів, які дозволяють без значних фінансових затрат та громіздких досліджень відібрати наночастинок з повітря робочої зони та проводити їх електронну мікроскопію.

2. Запропонований метод відбору наночастинок з атмосферного повітря та повітря робочої зони дозволяє з високою точністю проводити сепарацію наночастинок із загальної маси аерозолів та накопичувати їх для подальших досліджень.

3. Запропонований розрахунковий метод дозволяє у поєднанні із центрифугуванням відібраних проб проводити сепарацію наночастинок на окремі фракції.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Актуальні питання медицини: наукові основи наномедицини, нанофармакології та нанофармації / В. Ф. Москаленко, В. М. Лісовий, І. С. Чекман [та ін.] // Науковий вісник Національного медичного університету імені О.О. Богомольця. – 2009. – № 2. – С. 17-30.
2. Валлерстайн І. Кінець знаомого мира. Соціологія ХХІ века / І. Валлерстайн. – М.: Логос, 2004. – 368 с.
3. Єрмолаєва Ю. Одержання та дослідження оптичних властивостей гетеронаночастинок "ядро-оболонка" SiO_2/PbS_1 / Ю. Єрмолаєва, Н. Матвеевська, О. Толмачов // Вісник Львівського університету. Серія фізична. – 2008. – Вип. 41. – С. 158-164.
4. Коузов П.А. Методы определения физико-химических свойств промышленных пылей / П. А. Коузов, Л. Я. Скрябина. – Ленинград: Химия, 1983. – 286 с.
5. Коузов П.А. Основы анализа дисперсного состава промышленных пылей и измельченных материалов / П.А. Коузов. – 3-е изд. – Л., 1987. – 246 с.
6. Лук'янець В.С. Філософія науки перед світоглядними викликами часу / В.С. Лук'янець // Світоглядні імплікації науки. – К., 2004. – С. 23-28.
7. Нанонаука: стан, перспективи досліджень / В.Ф. Москаленко, Л.Г. Розенфельд, І.С. Чекман, Б.О. Мовчан // Науковий вісник Національного медичного університету імені О. О. Богомольця. – 2008. – № 4. – С. 19-25.
8. Нанотехнологія в найближчому десятилітті. Прогноз напрямлення досліджень; под ред. М.К. Рого, Р.С. Уільямса, П. Аливисатоса; пер. с англ. – М.: Мир, 2002. – 292 с.
9. Нанотоксикологія: напрямки досліджень (огляд) / І.С. Чекман, А.М. Сердюк, Ю. І. Кундієв [та ін.] // Довкілля та здоров'я. – 2009. – № 1 (48). – С. 3-7.
10. Патент Росії № 2096758, МПК7 G 01 N 15/02. Спосіб визначення кількості субмікронних частинок в газах / В.П. Ковалев, В.І. Рязинкін, А.С. Філатов. – № 95121916/25; заявл. 27.12.1995; опубл. 20.11.1997; заявитель и патентообладатель: Государственный научный центр РФ – Физико-энергетический институт.
11. Патент Російської Федерації № 2183826, МКИ G 01 N 15/02 Спосіб визначення розміру частинок в рідинній середі / Д.П.Уфимкін, Д.Н. Коваленко. – № 2000129878/28; заявл. 30.11.2000; опубл. 20.06.2002; заявитель и патентообладатель: Открытое акционерное общество "Лианозовский молочный комбинат".
12. Підходи до оцінки вмісту частинок нанодіапазону в повітрі робочої зони / Т.К. Кучерук, В.Ф. Демченко, І.М. Андрусішина [та ін.] // Український журнал з проблем медицини праці. – 2010. – № 1 (21). – С. 36-41.
13. Фармакологічний, токсикологічний і клінічний аспекти наномедицини / І.С. Чекман, С. Каплинський, Т.Ю. Небесна, А.О. Терентьев // Фармакологія та лікарська токсикологія. – 2008. – № 4 (5). – С. 3-9.
14. Фостер Л. Нанотехнології. Наука, інновації та можливості / Л. Фостер; пер. с англ. – М.: Техносфера, 2008. – 352 с.
15. Fukuyama F. Our Posthuman Future: Consequences of the Biotechnology Revolution / F. Fukuyama. – New York: Farrar, Straus & Giroux, 2003. – 256 p.

Отримано 11.01.11