

УДК 613.6.027:544.023.5.002.5

# ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РІВНІВ РИЗИКУ ДЛЯ ОСІБ, ЯКІ МАЮТЬ ПРОФЕСІЙНИЙ КОНТАКТ ІЗ ТЕХНОГЕННИМИ НАНОЧАСТИНКАМИ

Демещька О. В., Андрусина І. М., Ткаченко Т. Ю.

ДУ «Інститут медицини праці НАМН України», м. Київ

*Стан проблеми.* Збільшується кількість осіб, які мають професійний контакт з техногенними наночастинками; відсутні гігієнічні регламенти та стандарти безпеки при роботі з наноматеріалами.

*Мета дослідження.* Оцінити ступінь ризику для осіб, зайнятих отриманням та виробництвом наночастинок для промисловості та дослідницьких цілей.

*Матеріали та методи дослідження.* Уміст хімічних елементів у пробах визначали за допомогою методу атомно-емісійної спектроскопії з індуктивно зв'язаною плазмою (АЕС-ІЗП) на приладі «Optima 2100 DV» фірми Perkin-Elmer (США). Концентрацію наночастинок у повітрі робочої зони вимірювали на приладі ДАС-2707 (Росія). Оцінку ризику здійснювали з використанням підходу «контрольних смуг».

*Результати.* Відповідно до відхилень вмісту в повітрі робочої зони ряду нанорозмірних елементів від значень ГДК, розрахованих за допомогою коефіцієнтів безпеки для наноматеріалів, умови праці на робочих місцях оператора електронно-променевої установки, оператора планетарного млина та електрозварювальника можуть бути віднесені до третього класу четвертого ступеня (3.4). Отримання наноматеріалів при механосинтезі в планетарному млині навіть за умов нерегулярності операції становить значний ризик для працюючих, який можна зіставити з рівнем ризику на робочому місці електрозварювальника.

*Висновки.* Низькі рівні кількісної концентрації наночастинок у повітрі робочої зони не завжди кореспондують із рівнями ризику для працюючих. У повітрі робочої зони приміщень, де отримують чи використовують наноматеріали, існує фоновий рівень наночастинок. Слід зазначити, що за умов відсутності перевищення чинних гігієнічних нормативів для шкідливих речовин у повітрі робочої зони може мати місце перевищення ГДК для наноматеріалів, що розраховані за допомогою коефіцієнтів безпеки.

**Ключові слова:** наночастинки, повітря робочої зони, рівень ризику

## Вступ

Питання нанобезпеки за сучасних умов набуває особливої актуальності через збільшення кількості осіб, які мають професійний контакт із техногенними наночастинками, а також через відсутність гігієнічних регламентів та стандартів безпеки при роботі з наноматеріалами. Сьогодні при оцінці «наноспецифічного ризику» для осіб, які мають професійний контакт із техногенними наночастинками (тобто такими, що спеціально отримані за допомогою сучасних технологій чи є побічним продуктом виробничих процесів), у світі використовують підхід «смуг контролю» у поєднанні з традиційними гігієнічними методами відбору проб повітря робочої зони, модифікованими та адаптованими для оцінки вмісту саме частинок нанодіапазону, а також із застосуванням сучасних приладів, які дозволяють отримувати інформацію щодо динаміки концентрації частинок від 1 до 100 нм у режимі реального часу [1, 2]. Зокрема, при оцінці рівнів експозиції до наночастинок пропонується використовувати так звані «тестові рівні», — для металів, оксидів металів та інших біологічно стійких дисперсних наноматеріалів

із щільністю  $> 6000 \text{ кг/м}^3$  кількісна концентрація частинок у діапазоні 1–100 нм не повинна перевищувати  $20\,000 \text{ частинок/см}^3$ ; для біологічно стійких дисперсних наноматеріалів із щільністю  $< 6000 \text{ кг/м}^3$  кількісна концентрація частинок у діапазоні 1–100 нм не повинна перевищувати  $40\,000 \text{ частинок/см}^3$ . Одночасно слід зазначити, що сьогодні у світі гігієнічні регламенти існують для обмеженої кількості наноматеріалів та нанорозмірних субстанцій. Зокрема, Національний Інститут Професійного Здоров'я та Безпеки США пропонує в якості середньозмінної гранично допустимої концентрації  $0,3 \text{ мг/м}^3$  для нанорозмірного  $\text{TiO}_2$  та  $0,007$  для  $0,007 \text{ мг/м}^3$  для вуглецевих нановолокон та нанотрубок. В інших випадках фахівці з медицини праці можуть орієнтуватись на коефіцієнти безпеки, запропоновані Британським Інститутом Стандартів, що наразі застосовуються в США, Австралії та країнах Європи [4, 5].

*Мета дослідження* — оцінка ступеня ризику для осіб, зайнятих отриманням та виробництвом наночастинок для потреб промисловості та дослід-

ницьких цілей, а також електрозварювальників, які зазнають професійного впливу наночастинок металів як «побічного» продукту процесу зварювання.

### Матеріали та методи дослідження

Проби відбирали на робочому місці оператора електронно-променевої установки/технолога/електрика-електронщика МЦ ЕПТ, оператора планетарного млина в Інституті проблем матеріалознавства імені І. М. Францевича, на робочому місці електрозварювальника зварювально-затравлювального комплексу ДУ «Інститут медицини праці НАМН України».

Повітря з об'ємною витратою 0,5 л/хв аспірували за допомогою пробовідбірника ТАЙФУН Р-20-2 через поглинач Зайцева, що містить 10 мл деіонізованої води. Відібрану пробу відфільтрували за допомогою шприца, до якого приєднаний фільтротримач із мембранним дисковим фільтром «Domnick Hunter» (Англія) діаметром 25 мм і розміром пор 100 нм. Багатоелементний аналіз у водних розчинах проб виконували з використанням методу атомно-емісійної спектроскопії з індуктивно зв'язаною плазмою (АЕС-ІЗП) на приладі «Optima 2100 DV» фірми Perkin-Elmer (США) [9]. Концентрацію наночастинок металів у повітрі робочої зони вимірювали на приладі ДАС-2707 (Росія).

Отримані результати дослідження статистично обробляли методами варіаційної статистики з використанням пакета програм Microsoft Excel.

Розрахунок гранично допустимих рівнів впливу для певних речовин в ультрадисперсному стані здійснювали за допомогою коефіцієнтів, рекомендованих Британським Інститутом Стандартів [2].

Оцінку ризику здійснювали за допомогою підходу «контрольних смуг» [1, 6].

### Результати дослідження та їх обговорення

Використання експрес-методу визначення наявності та концентрації наночастинок у повітрі робочої зони дозволило визначити концентрацію наночастинок у повітрі робочої зони електронно-променевої установки УЕ-202, розрахувати гранично допустимі концентрації для виявлених речовин у нанорозмірному діапазоні та зіставити отримані значення.

Зокрема, було встановлено, що максимальна концентрація частинок від 1 до 100 нм у повітрі робочої зони електронно-променевої установки становила 135 618 частинок/см<sup>3</sup>, що значно перевищує рекомендовані в країнах ЄС рівні експозиції. Мінімальна концентрація частинок від 1 до 100 нм становила 14 666 частинок/см<sup>3</sup>, тобто відповідала допустимому рівню [8].

У свою чергу, незважаючи на те, що вміст металів у пробах, відібраних на фільтри АФА-ВП, не перевищував значення традиційних ГДК для повітря робочої зони, концентрація нанорозмірного цинку, нікелю та хрому, що спостерігалася, перевищувала розрахункові значення ГДК для наноматеріалів. Зокрема, концентрація нанорозмірного цинку при роботі електронно-променевої установки перевищувала розрахункову ГДК в 22 рази, при відкритті установки – у 2,78 разу, однак при ввімкненні витяжної вентиляції знаходилась на допустимому рівні (0,05 мг/м<sup>3</sup>) (табл. 1).

На особливу увагу заслуговує той факт, що незважаючи на те, що на момент дослідження в установці знаходилося чотири елементи (Ti, Ag, Ni, Cr), у повітрі робочої зони навіть в умовах закритої установки було визначено 12 хімічних елементів, що свідчить на користь існування певного фонового рівня частинок нанодіапазону у виробничому при-

Таблиця 1

Концентрація нанорозмірних елементів у повітрі робочої зони УЕ-202 [4]

Елемент	Концентрація, закрита установка мг/м <sup>3</sup>	Концентрація, відкрита установка, мг/м <sup>3</sup>	Концентрація, відкрита установка, витяжка, мг/м <sup>3</sup>	ГДК, мг/м <sup>3</sup>
Al	0,011	0,0009	—	0,2
Mn	0,0047	0,0015	0,001	0,01
Zn	1,109	0,139	0,05	0,05
Fe	0,006	—	—	0,6
Co	—	0,0042	—	0,05
Cu	0,004	0,0043	0,0038	0,1
Ni	—	0,0092	—	0,0005
Cr	—	—	0,00165	0,001

міщенні. Також, як видно з таблиці, нанорозмірний нікель було виявлено в повітрі робочої зони лише при відкритті установки в концентрації, що перевищувала розрахункову ГДК у 1,84 разу, тоді як нанорозмірний хром у концентрації, яка в 16,5 разу перевищувала розрахункову ГДК, було виявлено при ввімкненні витяжки. Таким чином, ми стикнулися з парадоксальною ситуацією, коли не мало місце перевищення «традиційних» ГДК, натомість спостерігалось перевищення ГДК, розрахованих за допомогою коефіцієнтів безпеки. Якщо трактувати отримані результати, виходячи з принципів Гігієнічної класифікації умов праці, то відповідно до відхилень значень концентрації нанорозмірного цинку та хрому умови праці оператора електронно-променевої установки є такими, що відповідають класу 3.4, тобто такими, які можуть призводити до розвитку виражених форм професійних захворювань, значного зростання хронічної патології та рівнів захворюваності з тимчасовою втратою працездатності [7].

За підходом «смуг контролю» було отримано смугу «СК 4» (сума балів за показниками токсичності склала 91,875, за показниками експозиції – 80), що може відповідати рівням «значного» та «неприйняттого» ризику (за Британським стандартом BS 8800, який набув широкого використання при «традиційній» оцінці рівнів ризику на виробництві за визначення ймовірності небезпеки та її наслідків) (табл. 2). Останнє передбачає термінове усунення ризику для працюючих, зокрема, припинення роботи в небезпечних умовах [3].

При небезпеці інгаляційного впливу розрахункова смуга «СК 4» вказує на високу ймовірність токсичної дії при одноразових впливах, небезпеку репродуктивної токсичності та сенсibiliзуючої дії.

У свою чергу, стратегія керування ризиком при «СК 4» потребує «поради експерта», тобто передбачає вжиття інженерних та адміністративних заходів відповідно до конкретної ситуації. У даному випадку йдеться про використання засобів індивідуального захисту та спецодежду не тільки під час відкриття установки, а й найголовніше, під час її роботи (оскільки саме в цей період концентрація наночастинок є максимально високою); обмеження часу знаходження персоналу в приміщенні, де розташована установка; реструктуризації системи вентиляції.

Використання дифузійного аерозольного спектрометра дозволило визначити загальну концентрацію частинок від 0 до 100 нм у повітрі робочої зони планетарного млина для механічної активації та механосинтезу нанорозмірних порошків металів в Інституті проблем матеріалознавства імені І. М. Францевича. Відповідно до одержаних даних, концентрація наночастинок у повітрі була дуже низькою, на рівні звичайної лабораторної кімнати. При закритих барабанах концентрація стабільно коливалася в межах 8738–11 225 частинок/см<sup>3</sup>. При відкритті барабанів планетарного млина в першу хвилину концентрація зростала до 13 530 частинок/см<sup>3</sup>, однак уже наступної хвилини знижувалася до 10 446 частинок/см<sup>3</sup> та залишалася стабільною. Таким чином, концентрація наночастинок не перевищувала рекомендовані рівні. У той самий час, дані, отримані методом атомно-адсорбційної спектроскопії, свідчать про те, що концентрація нанорозмірних елементів перевищувала розрахункові значення ГДК як при закритих, так і при відкритих барабанах. Щодо елементного складу, то, незважаючи на те, що в процесі механосинтезу використовують постійно певний набір елементів: Cr, As, Mo, V, результати досліджень (як і в попередньому

Таблиця 2

Матриця смуг контролю (СК) залежно від гостроти (токсичності) та ймовірності (експозиції)

Експозиція, бали Токсичність, бали	Вкрай мало ймовірно (0–25)	Менш ймовірно (26–50)	Ймовірно (51–75)	Більш ймовірно (76–100)
Дуже висока (76–100)	СК 3***	СК 3	СК4****	СК 4
Висока (51–75)	СК 2**	СК 2	СК 3	СК 4
Середня (26–50)	СК 1*	СК 1	СК 2	СК 3
Низька (0–25)	СК 1	СК 1	СК 1	СК 2

Примітка. \*«СК 1» – мало ймовірні ризики (незначний, прийнятний, помірний), ймовірна подразнююча дія на шкіру та очі; \*\*«СК 2» – ймовірні ризики (прийнятний, помірний, значний), шкідливо при однократному впливі; \*\*\*«СК 3» – реальні ризики (середній, значний, неприйнятний), небезпека подразнюючої та роз'їдаючої дії; \*\*\*\*«СК 4» – реальні ризики (середній, значний, неприйнятний), висока ймовірність токсичної дії при одноразових впливах, небезпека репродуктивної токсичності та сенсibiliзуючої дії.

випадку) свідчать про наявність фонового рівня наночастинок у повітрі робочої зони, який може бути обумовлений як «внутрішніми» (куріння у виробничому приміщенні, інші лабораторні процеси), так і зовнішніми факторами (близькість промислових об'єктів тощо) (табл. 3). Зокрема, вищою за ГДК, як при закритих барабанах, так і при відкритих, була концентрація кадмію (у 2,0–6,0 разу), свинцю (у 2,2–3,0 разу), нікелю (у 20,0–40,0 разу), миш'яку (у 5,0–15,0 разу), селену (у 3,3–4,7 разу). У свою чергу, підвищений рівень нанорозмірного магнію спостерігався (і взагалі був наявний) лише при закритому барабані, а незначне перевищення концентрації нанорозмірного кобальту (у 2,8 разу) фіксувалося при відкритті барабану планетарного млина.

Отже, якщо трактувати отримані результати з позицій Гігієнічної класифікації, то умови праці оператора планетарного млина відповідно до відхилень значень концентрації нанорозмірних нікелю, хрому та миш'яку відповідають класу 3.4.

За матрицею «смуг контролю» на робочому місці оператора планетарного млина рекомендується стратегія «ізоляція та обмеження» («смуга контролю № 3» (СК 3), – сума балів за токсичність – 80, за експозицією – 45), тобто ізоляція обладнання в окремому приміщенні та обмеження

часу знаходження персоналу в ньому. Останнє кореспондує з рівнем «значного» ризику, що потребує вживання заходів із його зниження. При інгаляційному впливі «СК 3» указує на небезпеку подразнюючої дії на слизову оболонку верхніх дихальних шляхів.

Нарешті, було проведено оцінку «наноспецифічного» ризику на робочому місці електрозварювальника зварювально-затравлювального комплексу ДУ «Інститут медицини праці НАМН України». Слід зазначити, що незважаючи на те, що зварювальні аерозолі як професійна шкідливість вивчаються досить давно, дотепер не вирішено багато питань щодо залежності їхньої біологічної агресивності від основних фізико-хімічних властивостей. До останніх можна віднести дисперсність частинок твердої складової зварювальних аерозолів (ТСЗА), їхні структурні параметри, розчинність окремих сполук.

Максимальна концентрація наночастинок від 1 до 100 нм під час зварювання електродами АНО-4 становила близько 42 473 частинок/см<sup>3</sup>, отже перевищувала «тестові» рівні експозиції, тоді як мінімальна концентрація частинок від 1 до 100 нм становила 8484 частинок/см<sup>3</sup>, а отже, відповідала рекомендованим рівням. У свою чергу дані, отримані методом атомно-емісійної спектроскопії, свід-

Таблиця 3

## Концентрація нанорозмірних елементів у повітрі робочої зони оператора планетарного млина

Елемент	Концентрація (закритий 1-й барабан)	Концентрація (закритий 2-й барабан)	Концентрація (відкритий 1-й барабан)	Концентрація (відкритий 2-й барабан)	ГДК
Mg	< 0,017	–	–	–	0,013
Al	0,0024 ± 0,0002	< 0,009	< 0,0006	< 0,0003	0,2
Ca	0,081 ± 0,0001	0,280 ± 0,006	0,190 ± 0,002	0,260 ± 0,004	–
K	0,380 ± 0,021	0,0027 ± 0,0010	0,83 ± 0,11	0,87 ± 0,07	–
Cd	0,0020 ± 0,0002	0,0020 ± 0,0001	0,0060 ± 0,0001	0,0010 ± 0,0004	0,001
Pb	0,0022 ± 0,0013	0,0003 ± 0,0001	0,0030 ± 0,0016	0,007 ± 0,002	0,001
Mn	< 0,002	< 0,00002	< 0,0004	< 0,00003	0,01
Zn	0,0450 ± 0,0004	0,0350 ± 0,0006	0,031 ± 0,001	0,0410 ± 0,0016	0,05
Fe	< 0,002	< 0,0001	< 0,009	< 0,0003	0,6
Co	0,0055 ± 0,0001	0,01100 ± 0,00001	0,01200 ± 0,00003	0,1400 ± 0,0009	0,05
Cu	< 0,0006	< 0,0002	< 0,0003	< 0,0001	0,1
Ni	0,0100 ± 0,0004	0,0200 ± 0,0004	0,0200 ± 0,0001	0,020 ± 0,001	0,0005
As	< 0,0006	< 0,005	< 0,015	< 0,012	0,001
Se	0,037 ± 0,005	0,043 ± 0,020	0,061 ± 0,010	< 0,04	0,013
Mo	0,083 ± 0,002	0,043 ± 0,027	–	–	0,3
Cr	< 0,0003	< 0,0007	< 0,0012	< 0,0016	0,001
V	< 0,00001	< 0,0032	–	–	0,01
Ag	< 0,0027	< 0,003	< 0,0007	< 0,001	0,1

чать про те, що концентрація нанорозмірних алюмінію, магнію, марганцю, цинку, нікелю та хрому перевищувала розрахункові значення ГДК (табл. 4). Зокрема, як до початку зварювальних робіт, так і по їхньому закінченню, спостерігалася підвищена концентрація магнію (у 2,62–197,00 разу), марганцю (у 2,10–4,50 разу), нікелю (у 84,00–1000,00 разу), хрому (у 10,00–225,00 разу), тоді як після зварювання мало місце підвищення концентрації нанорозмірного алюмінію (у 15,64 разу) та цинку (у 4,10 разу). Отже, за перевищенням вмісту нанорозмірних магнію, хрому та нікелю умови праці є такими, що здатні чинити несприятливий вплив на організм працюючого та/або його потомство, зокрема, призводити до розвитку виражених форм професійних захворювань, значного зростання хронічної патології та рівнів захворюваності з тимчасовою втратою працездатності.

У свою чергу, застосування підходу «смуг контролю» дозволило вийти та ту саму смугу, як і в попередньому випадку, а саме, «СК 3» («ізоляція та обмеження», сума балів за токсичністю становила 58,125, за експозицією – 58,75). За Британським стандартом BS 8800 ризик на даному робочому місці відповідає рівню «значного» ризику та передбачає його термінове усунення.

Таким чином, навіть нерегулярні зварювальні роботи є такими, що зумовлюють достатньо високий ризик для зварювальника. У свою чергу, за рівнем небезпеки отримання наноматеріалів при механосинтезі в планетарному млині навіть за умов нерегулярності операції становить значний ризик для працюючих. Слід звернути увагу те, що дані стосовно кількісної концентрації частинок від 1 до 100 нм у повітрі робочої зони є лише «тестовими», перевищення яких виступає своєрідним сигналом для дослідника щодо подальшого поглибленого

моніторингу. З іншого боку, можна зробити припущення, що дані щодо масової концентрації нанорозмірних елементів в певних ситуаціях є більш інформативними, ніж щодо кількісної концентрації наночастинок у виробничих приміщеннях. Зокрема, незважаючи на те, що в повітрі робочої зони оператора планетарного млина було зафіксовано концентрацію частинок від 1 до 100 нм на рівнях, що не перевищують «тестові», на підставі даних щодо масової концентрації нанорозмірних елементів у повітрі робочої зони та результатів оцінки ризику за методом «смуг контролю», ризик для працюючих є значним.

Отже, доцільним є проведення подальших поглиблених досліджень з метою розробки питань гігієнічного регламентування вмісту нанорозмірних речовин у повітрі робочої зони, підвищення рівня поінформованості осіб, які мають професійний контакт із техногенними наночастинками, щодо необхідності використання засобів індивідуального та колективного захисту та створення комплексної політики профілактики, що охоплюватиме технологію виробництва/виробничого процесу, умови праці та навколишнє середовище.

## Висновки

1. Результати досліджень свідчать про існування фонового рівня наночастинок металів у повітрі робочої зони приміщень, де отримують чи використовують наноматеріали, що за умов перевищення ГДК для наноматеріалів, розрахованих за допомогою коефіцієнтів безпеки, обумовлює значний ризик для працюючих.
2. Встановлено, що перевищення ГДК для наноматеріалів, розрахованих за допомогою коефіцієнтів безпеки, може мати місце за умов

Таблиця 4

Концентрація нанорозмірних елементів у повітрі робочої зони електрозварювальника

Хімічний елемент	Концентрація до зварювання, мг/м <sup>3</sup>	Концентрація після зварювання, мг/м <sup>3</sup>	ГДК, мг/м <sup>3</sup>
Al	0,085 ± 0,003	3,1280 ± 0,0003	0,2
Mg	0,3400 ± 0,0003	2,565 ± 0,001	0,013
K	0,3300 ± 0,0035	4,5000 ± 0,0001	-
Mn	0,021 ± 0,001	0,0450 ± 0,0002	0,01
Zn	0,034 ± 0,001	0,203 ± 0,001	0,05
Fe	0,510 ± 0,001	0,0320 ± 0,0002	0,6
Cu	0,019 ± 0,002	0,022 ± 0,001	0,1
Ni	0,042 ± 0,001	0,4950 ± 0,0002	0,0005
Cr	0,009 ± 0,003	0,2250 ± 0,0003	0,001

відсутності перевищення чинних гігієнічних нормативів, при цьому низькі рівні кількісної концентрації наночастинок у повітрі робочої зони не завжди кореспондують із рівнем ризику для працюючих.

3. Відповідно до відхилень умісту в повітрі робочої зони ряду нанорозмірних елементів від значень ГДК, розрахованих за допомогою коефіцієнтів безпеки для наноматеріалів, умови праці на робочих місцях оператора електронно-променевої установки, оператора

планетраного млина та електрозварювальника можуть бути віднесені до третього класу четвертого ступеня (3.4).

4. Доцільною є розробка питань щодо гігієнічного регламентування вмісту нанорозмірних речовин у повітрі робочої зони та підвищення рівня поінформованості осіб, які мають професійний контакт із техногенними наночастинами з метою захисту здоров'я працюючих та зменшення навантаження на оточуюче середовище.

## Література

1. Brouwer D. H. Control banding approaches for nanomaterials // *Ann Occup Hyg.*– 2012.– V. 56 (5).– P. 506–514.
2. BSI-British Standards, Nanotechnologies – Part 2: Guide to safe handling and disposal of manufactured nanomaterials. BSI-PD 6699-2: 2007, BSI 2007. December 2007.
3. BS 8800:1996. Guide to occupational health and safety management systems. BSI 1996. May 1996.
4. Kuempel E. D. Risk assessment and risk management of nanomaterials in the workplace: translating research to practice / E. D. Kuempel, C. L. Geraci, P. A. Schulte // *Ann. Occup. Hyg.*– 2012.– V. 56, № 5.– P. 491–505.
5. Morris H. Safe Work Australia's work on nanotechnology work health and safety / Morris H. // *Asian-Pacific New.*– 2012. –V. 19, № 2.– P. 62–65.

## References

1. Brouwer, D. H. 2012, «Control banding approaches for nanomaterials», *Ann Occup Hyg*, Vol. 56 (5), pp. 506–514.
2. BSI-British Standards, Nanotechnologies — Part 2: Guide to safe handling and disposal of manufactured nanomaterials. BSI-PD 6699-2: 2007, BSI 2007. December 2007.
3. BS 8800:1996. Guide to occupational health and safety management systems. BSI 1996. May 1996.
4. Kuempel, E. D. 2012, «Risk assessment and risk management of nanomaterials in the workplace: translating research to practice», *Ann. Occup. Hyg*, Vol. 56, no. 5, pp. 491–505.
5. Morris, H. 2012, «Safe Australia's work on nanotechnology work health and safety», *Asian-Pacific New*, Vol. 19, no. 2, pp. 62–65.

6. Zalk D. M. Banding the world together; the global growth of control banding and qualitative occupational risk management / D. M. Zalk, G. Y. Heussen // *Saf. Health Work.*– 2011.– V. 2.– P. 375–379.

7. HC 4137-86. Hygienic Classification of the Labor Conditions, 1986.

8. Demetska O. V. Analysis of the potential risks of the nanotechnology use at the E-beam device UE-202 operators' workplaces / O. V. Demetska, T. Yu. Tkachenko, V. A. Movchan, I. M. Andrusishina, Yu. E. Rudoy, V. I. Vasilyev // *Ukrainian Journal of Occupational Health.*– 2013.– № 2.– P. 44–49.

9. Patent of Ukraine № 45625 «Method of determining the presence and concentration of nanoparticles in the working area air» 25.11.2009.

6. Zalk, D. M. 2011, «Banding the world together; the global growth of control banding and qualitative occupational risk management», *Saf. Health Work*. no. 2, pp. 375–379.

7. HC 4137-86. Hygienic Classification of the Labor Conditions, 1986.

8. Demetska, O. V., Tkachenko, T. Yu., Movchan, V. A., Andrusishina, I. M., Rudoy, Yu. E., Vasilyev V. I. 2013, «Analysis of the potential risks of nanotechnology use at the E-beam device UE-202 operators' workplaces», *Ukrainian Journal of Occupational Health*, no. 2, pp. 44–49 (in Ukrainian).

9. Patent of Ukraine no. 45625 «Method of determining the presence and concentration of nanoparticles in the working area air» 25.11.2009 (in Ukrainian).

Демешкая А. В., Андрусихина И. М., Ткаченко Т. Ю.

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА УРОВНЕЙ РИСКА ДЛЯ ЛИЦ, ИМЕЮЩИХ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ КОНТАКТ С ТЕХНОГЕННЫМИ НАНОЧАСТИЦАМИ

ГУ «Институт медицины труда НАМН Украины», г. Киев

*Состояние проблемы.* Увеличивается количество лиц, имеющих профессиональный контакт с техногенными наночастицами, отсутствуют гигиенические регламенты и стандарты безопасности при работе с наноматериалами.

*Цель исследования.* Оценить степень риска для лиц, занятых получением и производством наночастиц для промышленности и исследовательских целей.

*Материалы и методы исследования.* Содержание химических элементов в пробах определяли с помощью метода атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой (АЭС-ИСП) на приборе «Optima 2100 DV» фирмы Perkin-Elmer (США). Концентрацию наночастиц в воздухе рабочей зоны измеряли на приборе ДАС-2707 (Россия). Оценка риска осуществлялась с использованием подхода «контрольных полос».

*Результаты.* На основании отклонений содержания в воздухе рабочей зоны ряда наноразмерных элементов от значений ПДК, рассчитанных с помощью коэффициентов безопасности для наноматериалов, условия труда на рабочих местах оператора электронно-лучевой установки, оператора планетарной мельницы и электросварщика могут быть отнесены к третьему классу четвертой степени (3.4). Получение наноматериалов при механосинтезе в планетарной мельнице даже при нерегулярности операции представляет значительный риск для работающих, который можно сопоставить с уровнем риска на рабочем месте электросварщика.

*Выводы.* Низкие уровни количественной концентрации наночастиц в воздухе рабочей зоны не всегда соответствуют уровням риска для работающих. В воздухе рабочей зоны помещений, где получают или используют наноматериалы, существует фоновый уровень наночастиц. Следует отметить, что при отсутствии превышения действующих гигиенических нормативов для вредных веществ в воздухе рабочей зоны может иметь место превышение ПДК для наноматериалов, рассчитанных с использованием коэффициентов безопасности.

**Ключевые слова:** наночастицы, воздух рабочей зоны, уровень риска

Demetska A. V., Andrusishina I. M., Tkachenko T. Yu.

## COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF RISK LEVELS FOR PERSONS, HAVING OCCUPATIONAL CONTACTS WITH TECHNOGENEOUS NANOPARTICLES

SI «Institute for Occupational Health NAMS of Ukraine», Kiev

*Background.* The number of persons exposure occupationally to technogeneous nanoparticles increases; there are no hygienic regulations and safety standards for persons working with nanomaterials.

*Aim.* Risk evaluation for persons engaged in production of nanoparticles for industrial and research purposes.

*Materials and methods.* The content of chemical elements in samples was defined using ICP-AES method on the Optima 2100 DV, Perkin-Elmer, USA. The concentration of nanoparticles in the working zone air was measured with DAS-2707, Russia. The risk assessment was performed using a “control banding” approach.

*Results.* On the basis of deviations of the content a number of nanosized elements in the working zone air from the TLV values, calculated by safety coefficients for nanomaterials for E-beam device UE-202 operator, planetary mill operator and electric welder work conditions at their workplaces can be referred to the third Class, fourth degree (3.4.). Even irregular operations in production of nanomaterials using mechanosynthesis in the planetary mill are characterized by the significant risk to workers, which can be compared with risk levels at the welder’s workplace.

*Conclusions.* Low levels of quantitative concentration of nanoparticles in the working zone air do not always correspond to risk levels for workers. In the working area of premises, where nanomaterials are produced or used, there is the background level of nanoparticles. It should be noted that, when the current health standards for harmful substances in the air of the working area are not exceeded, the exceeding TLV values for nanomaterials, calculated by safety coefficients factors, can occur.

**Key words:** nanoparticles, air of the working zone, risk level

*Надійшла:* 07.10.2013 р.

**Контактна особа:** Демешка Олександра Віталіївна, кандидат біологічних наук, завідувач лабораторії токсикології аерозолів та гігієни праці в зварювальному виробництві, ДУ «Інститут медицини праці НАМН України», буд. 75, вул. Саксаганського, м. Київ, 01033. Тел.: +38 0 44 289 43 66. Електронна пошта: dalexandra@ukr.net