

УДК 613.6:616.36-008.6:616.441

# ФІЗІОЛОГО-ГІГІЄНИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ПРАЦІ ОПЕРАТОРІВ ПРИ ОДЕРЖАННІ НАНОПОРОШКІВ СИЛІЦИДІВ І НІТРИДІВ МЕТАЛІВ ТА СТАН ЇХНЬОЇ ГЕПАТОБІЛІАРНОЇ СИСТЕМИ

**Солоха Н. В.**

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

*Вступ.* Нанотехнології та наноматеріали сьогодні стрімко впроваджуються практично в усі галузі промисловості й, відповідно, збільшується кількість працівників, які контактують з нанооб'єктами у виробничих умовах. Наночастки та наноматеріали набувають характеру нового антропогенного чинника, який може характеризуватися потенційною небезпекою для здоров'я не тільки працюючих, а й в цілому для населення та стану екологічних систем.

*Мета дослідження.* Вивчення гігієнічних особливостей умов праці операторів, зайнятих виробництвом нанопорошків силіцидів і нітридів тугоплавких безкисневих сполук металів, клініко-лабораторне обстеження стану гепатобіліарної системи і щитоподібної залози операторів, розробка на цій основі профілактичних рекомендацій.

*Матеріали та методи дослідження.* Технологічні процеси термічного синтезу й високоенергетичної механоактивації композитних нанопорошків нітриду титану та силіцидів металів. Гігієнічна оцінка фізичних чинників (пилу нанопорошку, шуму, мікроклімату) на робочих місцях операторів. Фізіолого-гігієнічна оцінка праці операторів — визначення важкості та напруженості трудового процесу. Клінічне обстеження: визначення активності ферментів АЛТ, АСТ, загального білірубину, холестерину, глюкози в крові оператора. Ультразвукове дослідження структурних змін печінки методом УЗД.

*Результати.* Встановлено, що робота операторів пов'язана з впливом фізичних факторів виробничого середовища: хімічного пилу, шуму, температури, вологості, інфрачервоного випромінювання, провідним є вміст наночастинок у повітрі робочої зони. Трудовий процес операторів за ступенем тяжкості відповідає класу 1 (оптимальний, легке фізичне навантаження), а напруженості класу 3.1. (шкідливий 1 ступеня). Показано, що в операторів зростають показники АлАт, АсАт, показники ліпідного та вуглеводного обміну, збільшуються розміри щитоподібної залози.

*Висновки.* Провідним виробничим фактором є наявність пилу нанокристалічних порошків силіцидів хрому, молібдену, танталу та нітриду титану в повітрі робочої зони. Праця операторів за ГН 3.3.5-3.3.8; 6.6.1-083-2001 «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу» відповідає класу 3.1. Клінічна оцінка стану гепатобіліарної системи показала зміни з боку АЛТ, АСТ та зниження коефіцієнта де Рітиса. Підвищення АЛТ, АСТ поєднувалися зі змінами показників ліпідного обміну (гіперхолестеринемія) та вуглеводного обміну (гіперглікемія). Застосування методу ультразвукової діагностики не виявило структурних змін з боку печінки в даній групі працівників, проте були виявлені суттєві структурні зміни з боку щитоподібної залози. На основі проведених гігієнічних і клініко-статистичних методів було розроблено гігієнічні рекомендації.

**Ключові слова:** нанопорошки, нітрид титану, силіциди молібдену, хрому, танталу, термосинтез, високоенергетична механоактивація, функціональний стан гепатобіліарної системи

## Вступ

Науково-технічний прогрес у основних галузях промисловості потребує застосування матеріалів з новими фізико-механічними та хімічними властивостями [1]. Такі властивості притаманні нанокompозитним матеріалам на основі нітридів та силіцидів металів. Для їхнього одержання розроблені відповідні технології. Передбачається, що використання цих технологій, об'єм випуску даної нанопродукції та кількість працівників, зайнятих її виробництвом, будуть зростати з кожним роком.

Для наночастинок та наноматеріалів порівняно з традиційними об'ємними матеріалами характерна низка фізико-хімічних особливостей, які впливають на механізм їхньої біологічної дії [2, 3]. Зокрема, висока кривизна поверхні наночастинок приводить до змін топології атомних зв'язків і зростання хімічних потенціалів на їхній поверхні, також зумовлює їхню високу реакційну здатність і адсорбційні властивості [4]. Разом з тим, гігієнічні особливості умов праці технологій одержання нанокompозитних матеріалів на основі нітридів та

силіцидів металів, здоров'я працівників та токсикологічні властивості цих нанопродуктів не вивчені. З урахуванням даних наукової літератури [5], а саме особливостей біологічної дії наночастинок, можна припустити, що нові наноматеріали можуть створювати загрозу для здоров'я працівників, які виготовляють нанопорошки силіцидів і нітридів металів. У лабораторії фізико-хімії і технології нанокераміки і нанокомпозитів Інституту проблем матеріалознавства імені І. М. Францевича НАН України розробляється й відпрацьовується на дослідній установці технологічний процес одержання нанопорошку нітриду титану методом термічного синтезу та процес одержання силіцидів хрому та молібдену методом високоенергетичної механоактивації.

Усе це обумовлює актуальність проведення досліджень з встановлення гігієнічних особливостей одержання тугоплавких композитних нанопорошків на основі нітриду титану та силіцидів металів і можливого негативного їхнього впливу на здоров'я зайнятих в цих нанотехнологіях працівників з метою розробки науковообґрунтованих профілактичних заходів щодо покращання умов праці та формування профілактичних і лікувально-оздоровчих заходів для збереження професійного здоров'я працівників у вказаному виробництві.

*Мета дослідження* — вивчити гігієнічні особливості умов праці операторів, зайнятих виробництвом нанопорошків силіцидів і нітридів тугоплавких безкисневих сполук металів, обстежити стан гепатобіліарної системи операторів, розробити на цій основі профілактичні рекомендації.

## Матеріали та методи дослідження

Фізіолого-гігієнічну оцінку умов праці робітників, гігієнічну оцінку технологічних процесів, дослідно-промислового обладнання, яке використовувалося, здійснювали з використанням загальноприйнятих гігієнічних, фізико-хімічних, психофізіологічних, ергономічних, хронометражних і математико-статистичних методів.

Об'єктами дослідження були: гігієнічні умови праці при технологічних процесах термічного синтезу та високоенергетичної механоактивації композитних нанопорошків нітриду титану та силіцидів металів, які розроблені й відпрацьовуються в Інституті проблем матеріалознавства імені

І. М. Францевича НАН України, та зайняті в цих процесах робітники двох лабораторій, які займаються виготовленням нанопорошків нітридів та силіцидів тугоплавких металів.

При здійсненні нанотехнології одержання силіцидів металів визначали вміст у повітрі наночастинок. Відбір проб повітря проводили аспіратором «Тайфун» на водорозчинні нанофільтри з полівінілпіролідону.

Вимірювання рівнів шуму на робочому місці проводили за допомогою прецизійного інтегруючого приладу «Larson Davis 800B». Кількість вимірів на робочому місці становила не менше 3.

Мікроклімат виробничих приміщень досліджували в теплий період року. На кожному робочому місці проводили по три дослідження. Температуру та відносну вологість повітря вимірювали за допомогою аспіраційного психрометра Ассмана, швидкість руху повітря — кульковим кататермометром, інтенсивність інфрачервоного випромінювання — актинометром з вимогами ДСН 3.3.6.042-99. Оцінку важкості та напруженості трудового процесу операторів проводили відповідно до критеріїв ГН 3.3.5-3.3.8; 6.6.1-083-2001 «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу», а ергономічну оцінку робочих місць — згідно з ГОСТ 12.2.032-78 та ГОСТ 12.2.033-78.

Також 10 працівників лабораторій пройшли поглиблені клінічні обстеження здоров'я в умовах клініки професійних хвороб Національного медичного університету імені О. О. Богомольця. Ультразвукове дослідження органів черевної порожнини та щитоподібної залози проводили за стандартною методикою [6] ультразвуковим сканером «Aloka-3500» (Японія) з використанням конвексного датчика 5 мГц; досліджували стан шлунково-кишкового тракту, гепатобіліарної системи. Біохімічні показники (АЛТ, АСТ, білірубін, холестерин, глюкози крові) визначали за стандартною методикою [7]. Результати проведених клініко-лабораторних досліджень надавали статистичному аналізу за допомогою статистичних програм Microsoft Excel [8].

Порівняння середніх значень показників проводили шляхом розрахунку коефіцієнта достовірності різниці — *t*-критерія Стюдента. Різницю порівнюваних величин вважали достовірною при значенні вірогідності  $p < 0,05$ .

## Результати дослідження та їх обговорення

*Характеристика технологічного процесу.* Процес високоенергетичної механообробки вихідних матеріалів здійснювали на планетарному кульовому млині «Лаїр». Він включає такі основні стадії: 1) ручне завантаження в барабани планетарного кульового млина матеріалів для подрібнення; 2) заповнення вільного простору в барабанах аргонном, який повністю витісняє з них повітря; 3) герметизацію барабанів шляхом загвинчування їх кришками за допомогою гайкового ключа; 4) процес обробки (механічної активації) у середовищі аргону вихідних матеріалів в процесі роботи млина; 5) виймання з планетарної мішалки й відкриття за допомогою гайкового ключа барабанів після завершення обробки; 6) вивантаження з барабанів порошку й куль на сито та зіскоблення на нього порошку з кришок барабанів за допомогою металевго шпателя; 7) просіювання порошку через сито за допомогою гумового корка; 8) зсипання просіяного порошку в поліетиленовий пакет або скляний бюкс.

Процес термосинтезу наночасток нітриду титану також багатостадійний (рис. 1). Його можна умовно поділити на такі основні етапи: 1) завантаження в капсулу (реактор) у певних пропорціях гідроксиду титану —  $\text{Ti}(\text{OH})_4$  і сечовини  $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ ; 2) встановлення в сталеву трубу й закріплення в ній капсули з вихідними матеріалами; 3) насування печі на ділянку труби, у яку вміщена капсула; 4) подача в трубу і відповідно в реактор азоту та аміаку; 5) вмикання програми, що забезпечує поступове



Рис. 1. Дослідна установка для одержання нанопорошку нітриду титану методом термосинтезу

нагрівання реактора до температури 800–900 °С; 6) контроль за часом підйому температури в печі за даними монітора комп'ютера; 7) процес синтезу нанопорошку нітриду титану; 8) примусове охолодження труби й печі шляхом обдування їх повітрям за допомогою встановлених знизу вентиляторів; 9) переміщення печі з ділянки труби, де знаходиться капсула (реактор), та її вивільнення; 10) висипання з капсули нанопорошку та розділення його на фракції за допомогою наносит.

*Гігієнічна оцінка умов праці.* Вивчення гігієнічних особливостей даних технологічних процесів дозволило встановити, що для них характерне виникнення ряду шкідливих факторів виробничого середовища — шуму (під час роботи мішалки) та інфрачервоного випромінювання (з сталеві труби та печі), аерозолів вихідних продуктів (під час завантаження барабанів і реактора) та нанопорошків металів (під час вивантажування нанопорошку й куль з барабанів на сито, зіскоблення нанопорошку з кришок барабанів, перетиранні та просіюванні нанопорошку крізь сито, зсипання просіяного нанопорошку в поліетиленовий пакет, а при термосинтезі — на виробничих операціях звільнення капсули від нанопорошку та розділення його на фракції), а також факторів трудового процесу — робочої пози стоячи, стереотипних робочих рухів, переміщень у просторі, тривалості зосередженого спостереження, емоційного навантаження.

Для оцінки стану забрудненості повітря робочої зони наночастинками у виробництві нанорозмірних силіцидів та нітридів металів було застосовано водорозчинні фільтри з полівінілпіролідону. Ці фільтри здатні затримувати аерозольні частинки розміром від 1 до 10 нм за швидкості аспірації повітря до 30 л/хв. Встановлено, що орієнтовна кількість наночастинок помеленого матеріалу в повітрі робочої зони під час розгерметизації барабанів планетарного млина становила  $3,6 \cdot 10^5$  у  $1 \text{ см}^3$ . А під час виконання виробничих операцій з вилучення розмеленого матеріалу з барабанів, перетиранні його на ситі, засипання —  $3,65 \cdot 10^4 \text{ см}^{-3}$ . За даними якісного та кількісного аналізу наночастинок у відібраних пробах були розраховані масова концентрація в 1 кубометрі повітря та сумарна площа поверхні. Вони становили  $5,35 \text{ мкг/м}^3$  та  $1,33 \cdot 10^8 \text{ нм}^2/\text{см}^3$  відповідно. За допомогою електронної мікроскопії встановлено: наночастинки мають округлу форму, здатні до утворення конгломератів, розміри поодиноких наночастинок коливаються

в межах від 4,5 до 7,5 нм, а їхні конгломерати мають розміри — 100–400 нм. Одержана електроннограма нанопорошку нітриду титану наведена на рисунку 2.

Вимірювання виробничого шуму, основними джерелами якого є система витяжної вентиляції та електровентилятори охолодження підшипників печі обертання, показало, що його загальний рівень (74 дБА) не перевищував регламентованого в ДСН 3.3.6.037-99.

При визначенні параметрів мікроклімату на робочому місці оператора, зайнятого відпрацюванням технології одержання нанопорошку нітриду титану на дослідній установці, було зроблено шість вимірювань кожної складової мікроклімату. Встановлено, що середня температура повітря на робочому місці біля печі становила  $(18,8 \pm 0,4) ^\circ\text{C}$ , відносна вологість —  $(40,5 \pm 2,5) \%$ , а швидкість руху повітря коливалася в межах від 0,05 до 0,08 м/с. Для робіт категорії II-а, до якої згідно з ДСН 3.3.6.042-99 може бути віднесена праця оператора, допустимі величини температури повітря робочої зони на постійних робочих місцях для теплого періоду року мають бути в межах від 27 до 18  $^\circ\text{C}$ , відносна вологість — не більше ніж 65 %, а швидкість руху повітря — 0,4–0,2 м/с. Тобто, температура повітря на робочому місці оператора була в межах норми, відносна вологість не перевищувала, а швидкість руху повітря була нижчою допустимих величин.

Було також проведено вимірювання температури зовнішніх поверхонь різних ділянок дослідної установки. Встановлено, що максимальна температура поверхні сталльної труби перед нагрівальною піччю

була 63  $^\circ\text{C}$ , на поверхні теплоізолюваної печі — 27  $^\circ\text{C}$ , сталльної труби на виході з печі — 235  $^\circ\text{C}$ , посередині ділянки труби після печі — 85  $^\circ\text{C}$  і в кінці сталєвої труби — 32  $^\circ\text{C}$ . Відповідно до вимог ДСН 3.3.6.042-99 температура зовнішніх поверхонь технологічного устаткування не повинна виходити за межі допустимих величин для даної категорії робіт. У дослідженні — 27  $^\circ\text{C}$ . Не перевищення допустимої величини зафіксовано лише на поверхні теплоізоляції печі. На інших ділянках поверхонь (сталєвої труби) дослідної установки встановлено перевищення допустимої температури в межах від 5 до 208  $^\circ\text{C}$ .

При дослідженні інтенсивності інфрачервоного випромінювання на постійному робочому місці оператора встановлено наступне: величина його коливалася в межах від 0,18 до 0,60 Вт/м<sup>2</sup> при допустимій 35,0 Вт/м<sup>2</sup> відповідно до ДСН 3.3.6.042-99.

Відпрацювання технології одержання нанопорошків нітридів та силіцидів металів здійснювали в приміщенні з одностороннім природним освітленням. Найменший розмір об'єкта розрізнення в оператора в разі виконання роботи становив близько 0,6 мм, що відповідає зоровій роботі середньої точності. Величина коефіцієнта природної освітленості згідно з ДБН В.2.5.-28-2006 для даної зорової роботи має бути не меншою ніж 1,5 %, а фактична величина його — 3,6 %. Тобто рівень природної освітленості даного приміщення достатній.

Оцінка важкості та напруженості трудового процесу операторів відповідно до критеріїв ГН 3.3.5-3.3.8; 6.6.1-083-2001 «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу» за ступенем важкості відповідає класу 1 (оптимальний, легке фізичне навантаження), а напруженості класу 3.1. (шкідливий 1 ступеня) — за показниками кількості об'єктів одночасного спостереження та емоційного навантаження.

*Клініко-лабораторні дослідження здоров'я операторів.* З урахуванням здатності наночастинок тугоплавких безкисневих сполук металів, а саме силіцидів хрому, молібдену, танталу, нітриду титану викликати розвиток токсичних ефектів [9], в умовах клініки професійних хвороб було проведено виявлення проявів можливих лабораторних та інструментальних ознак гепатотоксичного впливу досліджуваних субстанцій. Було встановлено, що рівень загального білірубину в крові обстежених працівників не перевищував значення практично здорових осіб —  $(11,82 \pm 1,13)$  мкмоль/л.

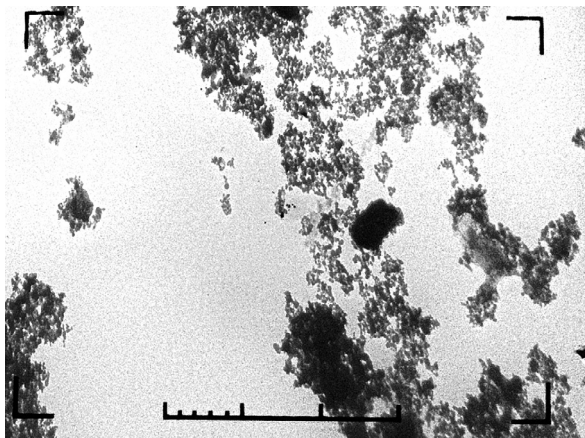


Рис. 2. Електроннограма нанопорошку нітриду титану. Збільшення 1:100 000



Активність трансаміназ АлАТ і АсАТ у працівників основної групи перевищувала значення практично здорових осіб у 2,0 і 1,5 разу відповідно та склала  $(0,300 \pm 0,002)$  мкмоль/л для АлАТ і  $(0,260 \pm 0,017)$  мкмоль/л для АсАТ. Зазначені рівні статистично значимо перевищували показники практично здорових осіб ( $P < 0,05$ ) (рис. 3).

Для об'єктивізації функціонального стану печінки був розрахований коефіцієнт де Рітіса — 0,84, який являє собою співвідношення активності АСТ/АЛТ. У здорової людини він становить 0,91–1,75. Підвищення його значення може свідчити про ураження серця, інфаркт міокарда або інший процес, пов'язаним з руйнуванням кардіоміоцитів; якщо він менше ніж 1, то це говорить про токсичне ураження печінки.

Таким чином, перевищений уміст трансаміназ АСТ і АЛТ у працівників основної групи на фоні зниження рівня показника де Рітіса вказує на можливий токсичний генез ураження печінки в даного контингенту працівників.

Слід зауважити, що за наявності лабораторних ознак цитолітичного синдрому (збільшення активності АЛТ, АСТ, зниження коефіцієнта де Рітіса), при ультразвуковому дослідженні виявлені незначні зміни лінійних розмірів печінки у працівників. Так, косий вертикальний розмір печінки був  $(135,6 \pm 6,35)$  мм, товщина лівої долі печінки дорівнювала  $(59,00 \pm 4,11)$  мм, що майже не відрізнялося від показників групи контролю.

При аналізі показника ліпідного обміну — вмісту холестерину в крові, встановлено, що в працівників основної групи він склав  $(6,64 \pm 0,52)$  мкмоль/л і

перевищував аналогічний показник практично здорових осіб  $(3,28 \pm 0,21)$  мкмоль/л у 2,02 разу ( $P < 0,05$ ). Рівень глюкози в крові операторів склав  $(6,68 \pm 0,82)$  ммоль/л, що також статистично значимо перевищував показник групи контролю —  $(4,9 \pm 0,28)$  ммоль/л.

Підсумовуючи отримані результати клінічного обстеження працівників, можна припустити, що комплексна дія наночасток тугоплавких безкисневих сполук металів, а саме хрому, молібдену, танталу, нітриду титану характеризується гепатотоксичним впливом та викликає розвиток цитолітичного синдрому, що лабораторно підтверджується збільшеним умістом АЛТ та АСТ і зменшенням коефіцієнта де Рітіса. Натомість, слід підкреслити, що лінійні розміри печінки при цьому не змінені. Ця особливість лабораторних ознак означає, що наночастинки тугоплавких безкисневих сполук металів насамперед викликають функціональні зміни з боку гепатобіліарної системи без формування їхніх структурних змін. Порушення функціональної активності печінки тісно пов'язане з порушенням ліпідного обміну, що підтверджується збільшеним вмістом загального холестерину в крові обстежених осіб. Порушення вуглеводного обміну, що виявляються збільшеним вмістом глюкози в крові працівників, на нашу думку, формуються вторинно, на тлі функціональних порушень гепатобіліарної системи.

## Висновки

1. Технологічні процеси одержання нанопорошків нітридів і силіцидів тугоплавких металів методом термосинтезу та високоенергетичної механоактивації характеризуються можливістю впливу на працюючих ряду шкідливих виробничих чинників, а саме: пилу вихідних продуктів синтезу та кінцевого продукту, наявністю нагрітих поверхонь технологічного обладнання, які є джерелами інфрачервоного випромінювання. Праця оператора, який керує процесом високоенергетичної механоактивації, згідно з критеріями ГН 3.3.5-3.3.8; 6.6.1-083-2001 оцінюється як напружена класу 3.1.

2. У робочій зоні операторів виробничих процесів високоенергетичної механоактивації та термосинтезу нанокристалічних порошків силіцидів молібдену, хрому, танталу та нітриду титану рівні постійного шуму не перевищують допустимих гігієнічних нормативів. Параметри мікроклімату в

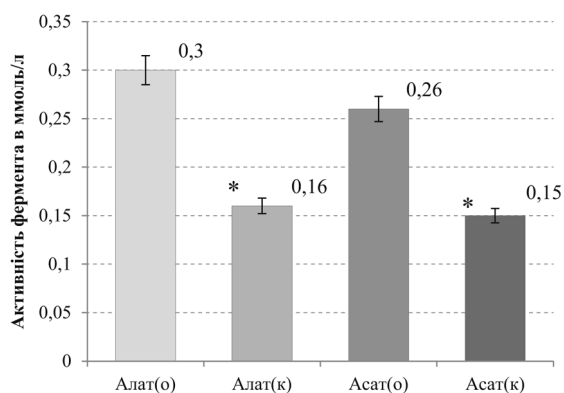


Рис. 3. Значення біохімічних показників крові в операторів, що працюють з нанопорошками

Примітка. \*Вірогідні відмінності показників у хворих та групи контролю ( $P < 0,05$ ).

теплій період року були в межах допустимих величин.

3. Специфічним і потенційно небезпечним гігієнічним чинником у технологіях одержання нанокон- позитних порошків є можливість надходження пилу наночастинок у повітря робочої зони та вдихання їх операторами, що працюють за установками. У віді- браних пробах були розраховані масова концентра- ція наночастинок у 1 кубометрі повітря та сумарна площа поверхні, які складали  $5,35 \text{ мкг/м}^3$  та  $1,33 \cdot 10^8 \text{ нм}^2/\text{см}^3$  відповідно. Наночастинок мають округ- лу форму, здатні до утворення конгломератів, роз- міри поодиноких наночастинок коливаються в межах від 4,5 до 7,5 нм, а їх конгломератів – 100–400 нм і більше.

## Література

1. Фостер Л. Нанотехнологии. Наука, инновации и возможности / Л. Фостер. – Москва : Техносфера, 2008. – 350 с.

2. Курляндский Б. А. О нанотехнологии и связан- ных с нею токсикологических проблемах / Курляндский Б. А. // Токсикологический вестник. – 2007. – С. 25–35.

3. Москаленко В. Ф. Екологічні і токсикологічні аспекти біологічної безпеки нанотехнологій, наноча- стинок та наноматеріалів (аналітичний огляд) / Москаленко В. Ф., Яворовський О. П. // Науковий вісник НМУ імені О. О. Богомольця. – 2009. – № 3. – С. 25–35.

4. Soch B. H. Magnetic properties of iron oxide nanoclusters within microdomains of block copolymers / Soch B. H., Gohen R. E., Papaefthymiou G. C. // J. Magnetism Magnetism Materials. – 1998. – V. 182, № 1–2. – P. 216–224.

4. Клінічна оцінка стану гепатобіліарної системи показала зміни з боку АЛТ, АСТ та зниження кое- фіцієнта де Рітіса. Підвищення активності АЛТ, АСТ поєднувалося зі змінами показників ліпідного обміну (гіперхолестеринемія) та вуглеводного обміну (гіперглікемія). Застосування ультразвуко- вої діагностики не виявило структурних змін з боку печінки в даній групі працівників, але засвідчили можливі зміни у стані щитоподібної залози.

5. Одержані результати свідчать про необхід- ність подальшого дослідження токсикологічних властивостей нанопорошків безкисневих сполук металів в експериментах на лабораторних тваринах та вивчення їхнього впливу на здоров'я операторів у реальних виробничих умовах.

5. Buzea Cristina. Nanomaterials and nanoparticles: Sources and toxicity / Cristina Buzea, Ivan I. Pacheco Blandino, and Kevin Robbie // Biointerphases. – 2007. – V.2, Issue 4. – P. 49–55.

6. Митьков В. В. Практическое руководство по ульт- развуковой диагностике. Общая ультразвуковая диагностика / В. В. Митьков. – Москва : Издательский дом Видар-М, 2005. – 720 с.

7. Меньшиков В. В. Лабораторные методы исследо- вания в клинике. Справочник / В. В. Меньшиков. – Москва : Медицина, 1987. – С. 125.

8. Лапач С. Н. Статистические методы в медико- биологических исследованиях с использованием Excel / С. Н. Лапач, А. В. Чубенко, П. Н. Бабич. – Киев : Морион, 2001. – 408 с.

9. Токсикология тугоплавких соединений: моно- графия / И. Т. Брахнова, М. В. Яковенко; ГУ «Ин-т проблем материаловедения им. И. Н. Францевича НАН Украины», ГУ «Ин-т медицины труда НАН Украины». – Киев : Гнозис, 2010. – 288 с.

**Солоха Н. В.**

## **ФИЗИОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТРУДА ОПЕРАТОРОВ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ НАНОПОРОШКОВ СИЛИЦИДОВ И НИТРИДОВ МЕТАЛЛОВ И СОСТОЯНИЕ ИХ ГЕПАТОБИЛИАРНОЙ СИСТЕМЫ И ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ**

Национальный медицинский университет имени А. А. Богомольца, г. Киев

*Введение.* Нанотехнологии и наноматериалы сегодня стремительно внедряются практически во все отрасли про- мышленности и, соответственно, увеличивается количество работников, которые контактируют с нанообъектами в производственных условиях. Наночастицы и наноматериалы приобретают характер нового глобального антропо- генного фактора, который может характеризоваться потенциальной опасностью для здоровья населения и для состояния экологических систем.

*Цель исследования.* Изучение гигиенических особенностей условий труда операторов, занятых получением нанопо- рошковых силицидов и нитридов тугоплавких бескислородных соединений металлов, клинко-лабораторное обсле- дование состояния пищеварительной системы и щитовидной железы операторов, разработка на этой основе про- филактических рекомендаций.

**Матеріали і методи дослідження.** Технологічні процеси термічного синтезу і високоенергетичної механоактивації композитних нанопорошків нітрида титана і силіцидів металів. Гігієнічна оцінка фізичних факторів (пилу нанопорошка, шуму, мікроклімату) на робочих місцях операторів. Фізіолого-гігієнічна оцінка праці операторів. Визначення тяжкості і напруженості трудового процесу. Клінічне обстеження: визначення АЛТ, АсАТ, загального білірубіну, холестерину, глюкози в крові. Ультразвукове дослідження печінки і морфометрія щитовидної залози методом УЗІ.

**Результати.** Встановлено, що праця операторів пов'язана з впливом фізичних факторів виробничого середовища: пилу, шуму, температури, вологості, інфрачервоного випромінювання; ведучим є вміст наночастинок в повітрі робочої зони. Трудовий процес операторів за ступенем тяжкості відповідає класу 1, а напруженості – класу 3.1. Показано, що у операторів ростуть показники АЛТ, АсАТ, ліпідного і вуглеводного обміну, збільшуються розміри щитовидної залози.

**Висновки.** Ведучим є наявність пилу нанокристалічних порошків силіцидів хрому, молибдену, танталу і нітрида титану в повітрі робочої зони. Праця операторів по ГН 3.3.5-3.3.8; 6.6.1-083-2001 «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості і небезпечності факторів виробничого середовища, тяжкості і напруженості трудового процесу» відповідає класу 3.1. Клінічне обстеження травної системи показало зміни з боку АЛТ, АсАТ і зниження коефіцієнта де Рітиса. Підвищення АЛТ, АсАТ поєднувалося з змінами показників ліпідного обміну (гіперхолестеринемія) і вуглеводного обміну (гіперглікемія). Використання методу ультразвукової діагностики не виявило структурних змін з боку печінки у даної групи працівників. На основі проведених гігієнічних і клініко-статистичних методів були розроблені гігієнічні рекомендації.

**Ключові слова:** нанопорошки, нітрид титану, силіциди молибдену, хрому, танталу, термосинтез, високоенергетична механоактивація, гепатобіліарна система, щитовидна залоза

**Solokha N. V.**

## **PHYSIOLOGO-HYGIENIC PECULIARITIES OF OPERATORS' WORK IN OBTAINING NANOPOWDERS OF METAL SILICIDES AND NITRIDES AND THE STATE OF THEIR HEPATOBILIARY SYSTEM**

*Bogomolets National Medical University, Kiev*

**Introduction.** Nowadays, nanotechnologies and nanomaterials are being quickly introduced practically in all branches of industry and, so, the number of workers, having contacts with them in production conditions, is increasing. Nanoparticles and nanomaterials obtain the character of new global anthropogenic factor, which is characterized by a potential hazard for the population health and for the state of ecological systems.

**Purpose of the study.** To establish hygienic peculiarities of operators' work conditions, related to obtaining nanopowders of silicides and nitrides of refractory oxygen-free metal compounds, clinical and laboratory examination of the digestive system and developing, on this base, preventive recommendations.

**Materials and methods.** Technological processes of thermal synthesis and highly energetic mechanical activation of composite nanopowders of titanium nitride and metal silicides. Hygienic assessment of physical factors (dust from nanopowders, noise, microclimate) at workplaces of operators. Physiologo-hygienic assessment of operators' work. Definition of the intensity and strain of work. Clinical examination: determination of the activity of ALT, ACT, general bilirubin, cholesterol, glucose in blood. Ultrasound examination of liver.

**Results.** It is established that operators' work is related on the effect of physical factors of the work environment: chemical dust, noise, temperature, humidity, infra-red radiation; the content of nanoparticles in the working zone air is the leading factor. The working process of operators is related to Class 1 by the intensity of work, by the strain – to Class 3.1. It is shown that indices of ALT, ACT, lipid and carbohydrate metabolism have been increased.

**Conclusion.** The availability of nanocrystal powders of silicides of chromium, molybdenum, tantalum and titanium nitride is the leading production factor in the working zone air. The work of operators, by the hygienic normative 3.3.5-3.3.8; 6.6.1-083-2001/2001 «Hygienic classification of work by indices of harmfulness and danger of the work environment, intensity and strain of the working process» is related to Class 3. The clinical assessment of the digestive system showed changes of ACT, ALT and decrease of the coefficient de Rytis. The increase of ALT, ACT was combined with changes of the lipid metabolism (hypercholesterinemia) and the carbohydrate metabolism (hyperglycemia). The use of the ultrasound diagnostics did not reveal any structural changes in liver in the examined group of workers. Based on the conducted hygienic and clinico-statistical methods there have been developed hygienic recommendations.

**Key words:** nanopowders, titanium nitride, silicides of molybdenum, chromium, tantalum, thermosynthesis, high energetic mechanic activation, hepatobiliary system

## References

1. Foster, L. 2008, Nanotechnologies. Science, innovations and possibilities. Moscow : Tekhnosfera, 350 p. (in Russian).
2. Kurlyandskiy, B. A. 2007, «On nanotechnology and related toxicological problems», Toksikologicheskii vestnik, pp. 25–35 (in Russian).
3. Moskalenko, V. F., Yavorovskiy, O. P. 2009, «Ecological and toxicological aspects of biological safety of nanotechnologies, nanoparticles and nanomaterials (analytical review)», Naukovyj visnyk NMU imeni O. O. Bogomolets, no. 3, pp. 25–35 (in Ukrainian).
4. Soch, B. H., Gohen R. E., Papaefthymiou G. C. 1998, «Magnetic properties of iron oxide nanoclusters within microdomains of block copolymers», J. Magnetism Magnetism Materials, v. 182, no. 1–2, pp. 216–224.
5. Buzea, Cristina, Blandino, Ivan I. Pacheco, Robbie, Kevin, 2007, «Nanomaterials and nanoparticles: Sources and toxicity», Biointerphases, v. 2, issue 4, pp. 49–55.
6. Mitkov, V. V. 2005, Practical manual on ultrasound diagnostics. General ultrasound diagnostics. Moscow : Izdatelskiy dom Vidar, 720 p. (in Russian).
7. Menshikov, V. V. 1987, Laboratory methods of investigation in clinics. Reference book. Moscow : Meditsina, p. 125 (in Russian).
8. Lapach, S. N., Chubenko, A. V., Babich, P. N. 2001, Statistical methods in medico-biological studies with the use of Excel. Kiev : Morion, 408 p. (in Russian).
9. Brakhnova, I. T., Yakovenko, M. V. 2010, Toxicology of refractory compounds. Monograph. Kiev : Gnosis, 288 p. (in Russian).

*Надійшла: 25.05.2015 р.*

**Контактна особа:** Солоха Ніна Валеріївна, Національний медичний університет імені О. О. Богомольця, м. Київ.  
Тел.: + 38 0 63 740 03 52. Електронна пошта: nina.solokha@mail.ru