

ПРОФЕСІЙНІ ФАКТОРИ РИЗИКУ В ПРОЦЕСІ ТРУДОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПРАЦІВНИКІВ МЕТАЛУРГІЙНОГО ПІДПРИЄМСТВА

Шаравара Л. П.¹, Дмитруха Н. М.², Андрусишина І. М.²

¹ Запорізький державний медико-фармацевтичний університет, м. Запоріжжя

² Державна установа «Інститут медицини праці імені Ю. І. Кундієва Національної академії медичних наук України», м. Київ

Вступ. В Україні металургійна галузь є однією з провідних галузей виробництва, в якій зайнято близько 0,5 млн працюючих, серед яких понад 50 % зазнають впливу шкідливих і небезпечних факторів виробничого середовища, де основним є виробничий пил різного хімічного складу.

Мета дослідження – проведення гігієнічної оцінки умов праці на робочих місцях основних цехів металургійного виробництва з визначенням основних професійних факторів ризику для здоров'я працівників.

Матеріали та методи дослідження. Проведено комплексне дослідження умов праці працівників агломераційного, доменного, мартенівського цехів і заводу управління (контроль). Досліджено умови праці: виробничий мікроклімат, шум, вібрація, важкість і напруженість праці, уміст пилу та хімічних речовин у повітрі робочої зони, концентрація зважених частинок дрібнодисперсного та ультрадисперсного діапазону, їхній хімічний склад.

Результати. Встановлено, що умови праці працівників усіх цехів відносяться до 4 класу 3 ступеня шкідливості. Уміст виробничого пилу дрібнодисперсної фракції PM_{10} і PM_4 на робочих місцях працівників був суттєво більшим порівняно з працівниками контрольної групи ($p \leq 0,001$). На робочих місцях працівників мартенівського, доменного та агломераційного цехів були присутні зважені частинки ультрадисперсного діапазону, які мали статистичну відмінність порівняно з контрольною групою за чисельною концентрацією та площею поверхні порівняно з контрольною групою ($\leq 0,05$). Найбільша питома вага за чисельною концентрацією спостерігалася серед частинок розміром від 48,7 нм до 86,6 нм. При дослідженні їхнього хімічного складу встановлено, що в повітрі робочої зони працівників були присутні Алюміній, Кальцій, Хром, Манган, Нікель, Фосфор та Силіцій.

Висновки. Умови праці робітників основних цехів металургійного виробництва відносяться до 3 ступеня 4 класу шкідливості. Основними факторами ризику для здоров'я є несприятливий мікроклімат і виробничий пил. Процеси плавлення сталі, чавуну та спікання агломерату є джерелом утворення зважених ультрадисперсних частинок PM_{10} і PM_4 , а також < 100 нм, що вимагає урахування цих чинників у разі проведення гігієнічної оцінки умов праці, розрахунку професійних ризиків і подальших досліджень з вивчення їхнього негативного впливу на здоров'я працюючих.

Ключові слова: умови праці, зважені частинки ультрадисперсного розміру, фактори ризику, металургійне підприємство

Вступ

В Україні проблема впливу шкідливих і небезпечних умов праці в різних галузях промисловості є однією з актуальних для профілактичної медицини. Це пов'язано з невідповідністю значної частини техніки та обладнання санітарно-гігієнічним нормам, ергономічним або технічним вимогам безпеки, наявності зносу та застарілості більшості функціонуючого обладнання, відсутністю можливості роботодавців щодо покращання виробничих умов праці. На жаль, сучасні обставини, такі як повномасштабне російське вторгнення в Україну, окупація територій, введення воєнного стану не дозволяють покращити ситуацію й ще більше загострюють цю проблему [1].

Металургійна галузь є однією з провідних галузей економіки, в якій зайнято близько 0,5 млн працюючих, серед яких понад 50 % зазнають впливу шкідливих і небезпечних факторів виробничого середовища, що призводить до погіршення здоров'я працюючих [2, 3].

Серед шкідливих факторів виробничого середовища працівників металургійного підприємства можна виділити високі рівні шуму та вібрації, нагріваючий мікроклімат, надвисокі рівні інфрачервоного випромінювання, загазованість і запиленість повітря робочої зони (ПРЗ), значний об'єм важкої фізичної праці тощо. Однак одним з провідних шкідливих факторів є саме виробничий пил різного

хімічного складу, до якого входять зважені частинки різної дисперсності, зокрема й нанорозмірного діапазону [4, 5]. Процеси утворення зважених частинок дрібнодисперсного та ультрадисперсного розміру при різних технологічних процесах вимагають проведення відповідної гігієнічної оцінки умов праці, з урахуванням цього чинника, розрахунку професійних ризиків і досліджень з вивчення їхнього негативного впливу на працюючих.

Проблема пов'язана з недостатньою кількістю досліджень щодо наявності в ПРЗ на різних робочих місцях (РМ) зважених частинок ультрадисперсного розміру та їхнього можливого негативного впливу на здоров'я працюючих залишається актуальною й потребує проведення додаткових досліджень у цій галузі.

Мета дослідження – проведення гігієнічної оцінки умов праці на РМ основних цехів металургійного виробництва з визначенням основних професійних факторів ризику для здоров'я працівників.

Матеріали та методи дослідження

Проведено комплексне дослідження умов праці на РМ працівників агломераційного, доменного та мартенівського цехів металургійного підприємства. Як контрольну групу було обрано працівників заводоуправління, умови праці яких відповідають 2 класу (допустимі умови праці). На РМ агломератника, сталевара мартенівського цеху та горнового доменної печі оцінювали показники виробничого мікроклімату (температуру повітря, відносну вологість, швидкість руху повітря, рівень інфрачервоного випромінювання), рівні виробничого шуму та вібрації, важкість і напруженість праці, забруднення ПРЗ пилом і хімічними речовинами за результатами власних досліджень, аналізу карт умов праці та протоколів дослідження виробничих факторів відомчої лабораторії підприємства.

Згідно з уніфікованою методикою, за допомогою п'езобалансного вимірювача масової концентрації респірабельного пилу KANOMAX 3521 (США) визначали концентрації зважених частинок дрібнодисперсного діапазону фракцією до 4 мкм (РМ4) та до 10 мкм (РМ10).

За допомогою портативного скануючого спектрометра NanoScan SMPS 3910 (США) проводили дослідження в ПРЗ умісту зважених частинок ультрадисперсного розміру від 10 до 416 нм. Для кожного розмірного діапазону частинок визначали

число (кількість/см³), об'єм поверхні (нм³/см³), площу поверхні (нм²/см²) та масову концентрацію (мкг/см³) у ПРЗ агломератника (n = 221), сталевара мартенівського цеху (n = 390), горнового доменної печі (n = 312), контрольної групи (n = 130). Отримані результати показників зважених частинок ультрадисперсного розміру мали розподіл, що відрізняється від нормального, у зв'язку з чим описову статистику надано у вигляді медіани з міжквартильним розмахом – Me (Q₂₅; Q₇₅). Достовірність відмінностей порівнюваних величин визначали за критерієм Манна–Уїтні. Статистично значущою вважали різницю в разі p ≤ 0,05.

ПРЗ для елементного складу (зокрема ультрадисперсних частинок металів) відбирали згідно з методом відбору зразків повітря, що описаний в Патенті України на корисну модель № 72951 від 10.09.2012 [6], і оцінювали методом оптико-емісійної спектроскопії з індуктивно зв'язаною плазмою (ОЕС-ІЗП) за допомогою приладу Optima 2100 DV фірми PerkinElmer (США) згідно з ISO 15202-2008 [7]. Математичну обробку отриманих результатів виконано за допомогою програмного забезпечення прилада ОЕС-ІЗП Win Lab 32 в операційній системі Windows XP prof., а статистичну обробку опрацьовано з використанням пакета програм Microsoft Excel згідно з формулами [8, 9]. Усі результати та вимірювання показані як середнє ±SD (стандартне відхилення). Порівняння середніх значень різних груп проаналізовані за допомогою непарного двостороннього t-критерію Стьюдента, де враховано (*) p < 0,05 статистично значущим.

Результати дослідження та їх обговорення

У результаті проведених досліджень встановлено, що в ПРЗ працівників металургійного виробництва присутні ангідрид сірчистий, вуглецю оксид, аміак, азоту діоксид, мангану оксид, які не перевищували рівні гранично-допустимих концентрацій (ГДК). Перевищення ГДК спостерігалось тільки по ферум оксиду (III) з максимальним перевищенням у 11 разів на РМ працівників агломераційного цеху та виробничого пилу з максимальним перевищенням у 3 рази на РМ працівників мартенівського та агломераційного цехів. Результати вимірювання параметрів мікроклімату показали, що всі працівники мали умови праці, які відносяться до 3 класу 4 ступеня шкідливості. Параметри загального рівня шуму та вібрації, важкості та напруженості праці

відповідали 3 класу 1 ступеня та 3 класу 2 ступеня шкідливості. Таким чином, умови праці працівників металургійного підприємства відносяться до 4 класу 3 ступеня шкідливості й відповідають дуже високому рівню професійного ризику (табл. 1).

Визначено, що вміст виробничого пилу дрібнодисперсної фракції PM_{10} і PM_4 на РМ працівників агломераційного, доменного та мартенівського цехів був статистично значимо більшим порівняно з працівниками контрольної групи. Так, концентрація пилу фракцією PM_{10} і PM_4 в агломераційному цеху була ($1,27 \pm 0,04$) та ($0,79 \pm 0,03$) відповідно й перевищувала в 6,4 ($p < 0,001$) і в 3,6 рази ($p < 0,001$) концентрацію PM_{10} і PM_4 у працівників контрольної групи. У доменному цеху концентрація PM_{10} і PM_4 була в 8,7 ($p < 0,001$) і в 6,1 рази ($p < 0,001$) більшою

відповідно, у мартенівському цеху – у 4,7 ($p < 0,001$) і в 3,3 рази ($p < 0,005$) більшою відповідно порівняно з контрольною групою (табл. 2).

Встановлено, що в ПРЗ на РМ працівників мартенівського, доменного та агломераційного цехів присутні зважені частинки ультрадисперсного (нанорозмірного) діапазону в різній кількісній концентрації. Так, кількісна концентрація зважених частинок ультрадисперсного діапазону на РМ сталевара мартенівської печі коливалася в межах від $1,7 \cdot 10^4$ до $2,6 \cdot 10^5$ з середнім показником $6,9 \cdot 10^4$ ($4,0 \cdot 10^4$; $8,0 \cdot 10^4$) частинок/см³, що в 4,6 рази більше порівняно з контрольною групою ($p < 0,001$), на РМ горнового доменної печі – від $3,9 \cdot 10^4$ до $2,2 \cdot 10^5$ з середнім показником $5,1 \cdot 10^4$ ($4,5 \cdot 10^4$; $7,8 \cdot 10^4$), що в 2,6 рази більше порівняно

Таблиця 1

Загальна оцінка умов праці працівників металургійного підприємства

Професія	Показник	Мікроклімат	Пил	Хімічний фактор	Шум	Вібрація	Напруженість праці	Важкість праці	Загальна оцінка умов праці	Рівень ризику
<i>Агломераційний цех</i>										
Агломератник		3.4	3.3	3.1	3.2	2	3.1	3.2	3.4	Дуже високий
<i>Доменний цех</i>										
Горновий доменної печі		3.4	3.4	3.4	3.1	-	3.1	3.2	3.4	Дуже високий
<i>Мартенівський цех</i>										
Сталевар мартенівської печі		3.4	3.2	3.1	3.2	-	3.1	3.2	3.4	Дуже високий

Таблиця 2

Уміст виробничого пилу дрібнодисперсної фракції PM_{10} і PM_4 на робочих місцях працівників металургійного підприємства

Професія	PM_{10} , PM_4	PM_{10} , мг/м ³	PM_4 , мг/м ³
<i>Мартенівський цех</i>			
– сталевар мартенівської печі		$0,93 \pm 0,04^*$	$0,66 \pm 0,05^*$
<i>Доменний цех</i>			
– горновий доменної печі		$1,91 \pm 0,11^*$	$1,22 \pm 0,05^*$
<i>Агломераційний цех</i>			
– агломератник		$1,27 \pm 0,04^*$	$0,79 \pm 0,03^*$
Відділ заводоуправління (контроль)		$0,060 \pm 0,006$	$0,050 \pm 0,004$

Примітка. *Різниця достовірна з контролем (працівники відділу заводоуправління) ($p < 0,001$).

з контрольною групою ($p < 0,001$), на РМ агломератника агломераційного цеху – від $2,1 \cdot 10^4$ до $7,6 \cdot 10^4$ з середнім показником $2,4 \cdot 10^4$ ($2,1 \cdot 10^4$; $5,1 \cdot 10^4$), що в 1,6 разу більше порівняно з контрольною групою ($p < 0,001$).

Переважаючи в кількості концентрацію наночастинок на РМ сталевара спостерігали для частинок розміром 64,9 нм – 21,34 % (17,53; 22,38) і 86,6 нм – 19,93 % (18,99; 21,05), на РМ горнового доменної печі переважаючи кількість була серед частинок 48,7 нм – 12,09 % (10,30; 13,52) і 64,9 нм – 12,51 % (10,58; 14,55), на РМ агломератника переважали зважені частинки розміром 48,7 нм – 18,18 % (17,89; 18,62) і 64,9 нм – 17,99 % (17,59; 18,26), які мали статистично вірогідну відмінність зі зваженими частинками того самого розміру в контрольній групі ($\leq 0,05$).

Аналіз зважених частинок ультрадисперсного діапазону за окремими розмірами показав, що статистичну відмінність ($\leq 0,05$) порівняно з контрольною групою за чисельною концентрацією мали частинки розміром від 11 нм до 154 нм (табл. 3).

Щодо оцінки площі поверхні зважених частинок, то встановлено, що на РМ сталевара цей показник коливався в межах від $2,9 \cdot 10^8$ до $9,2 \cdot 10^9$ з середнім показником $1,3 \cdot 10^9$ ($8,0 \cdot 10^8$; $1,7 \cdot 10^9$) nm^2/cm^3 , що в 1,8 разу більше порівняно з контрольною групою ($p < 0,05$). На РМ горнового доменної печі – від $6,8 \cdot 10^8$ до $3,1 \cdot 10^9$ з середнім показником $1,0 \cdot 10^9$ ($8,5 \cdot 10^8$; $1,3 \cdot 10^9$), що в 1,4 разу більше порівняно з контрольною групою ($p < 0,01$). На РМ агломератника агломераційного цеху цей показник був від $3,6 \cdot 10^8$ до $9,0 \cdot 10^9$ з середнім показником $4,1 \cdot 10^8$ ($3,8 \cdot 10^8$; $9,2 \cdot 10^8$), що в 1,8 разу менше порівняно з

Таблиця 3

Аналіз умісту зважених частинок ультрадисперсного аерозолі в повітрі робочої зони працівників металургійного підприємства (число/ cm^3), $\text{Me} (Q_{25} - Q_{75})$

Розмір, нм	Сталевар мартенівської печі (n = 390)	Горновий доменної печі (n = 312)	Агломератник (n = 221)	Контроль (n = 130)
11,5	1037,17 (794,50; 1276,56)*	2438,84 (1074,38; 4806,58)*	772,98 (709,03; 1130,27)*	359,69 (328,64; 460,28)
15,4	1387,44 (1030,9600; 1868,51)*	4796,46 (2676,33; 7681,65)*	1062,63 (902,69; 1736,19)*	826,71 (773,45; 911,43)
20,5	1576,65 (865,65; 1920,08)*	4161,91 (2585,99; 6293,38)*	837,13 (795,58; 1445,63)	991,59 (970,54; 1071,37)
27,4	3867,32 (2674,94; 6143,67)*	4498,13 (3652,95; 8703,37)*	1987,06 (1880,3; 3864,64)*	1385,24 (1332,24; 1441,37)
36,5	7640,80 (4871,07; 11052,0)*	5584,68 (4711,79; 10564,08)*	3579,45 (3116,49; 5133,24)*	1234,26 (1167,83; 1319,88)
48,7	10329,50 (7335,69; 15108,0)*	6671,09 (5645,06; 8500,15)*	4597,67 (3876,99; 4971,93)*	1126,94 (967,87; 1175,57)
64,9	13096,50 (8697,65; 15907,0)*	6512,28 (6201,50; 7900,87)*	4147,71 (3812,93; 4577,67)*	1302,93 (1232,74; 1434,91)
86,6	12176,50 (8000,09; 14380,0)*	6348,83 (5948,13; 7551,72)*	3217,91 (3014,00; 3475,45)*	1860,75 (1795,31; 2023,13)
115,5	8264,25 (5093,40; 10012,00)*	5393,73 (4673,09; 6032,29)*	1917,19 (1821,69; 2214,05)	2160,79 (2080,66; 2229,92)
154	3598,49 (1881,17; 4811,30)*	3337,59 (2653,65; 4101,87)*	773,99 (747,83; 1591,78)*	1841,39 (1788,77; 1904,39)
205,4	0	1124,58 (760,82; 1558,61)	104,50 (0,0; 152,36)*	1203,25 (1166,88; 1231,23)
273,8	0	0	0	597,66 (559,73; 643,72)
365,2	0	0	134,34 (115,18; 320,19)	275,30 (243,14; 312,76)

Примітка. *Статистично вірогідна відмінність з контролем ($\leq 0,05$).

контрольною групою ($p \leq 0,5$), але, це не мало статистично достовірної різниці, що пов'язано з присутністю в ПРЗ працівників більш крупних частинок 365 нм зі значною питомою вагою – 14,02 % (рис. 1).

Найбільшу питому вагу щодо площі поверхні на РМ сталевара мартенівської печі займали частинки розміром 115,5 нм – 29,09 % (28,334; 29,987) і частинки 86,6 нм – 24,9 % (21,861; 26,027), на РМ горнового доменної печі – 115,5 нм – 23,44 % (21,26; 24,48) і частинки 154,0 нм – 24,53 % (24,16; 25,43), на РМ агломератника 86,6 нм – 18,89 % (18,54; 20,14) і 115,5 нм – 21,36 % (20,03; 22,11). Найбільша питома вага зважених частинок за площею поверхні на РМ працівників контрольної групи була для частинок більш крупного розміру: 205,4 нм – 22,26 % (21,22; 22,67) і 273,8 нм – 19,34 % (18,64; 20,77) (рис. 1).

Об'єм поверхні на РМ сталевара мартенівської печі коливався в межах від $4,7 \cdot 10^9$ до $3,9 \cdot 10^{11}$ з середнім показником $2,1 \cdot 10^{10}$ ($1,3 \cdot 10^{10}$; $3,5 \cdot 10^{10}$) $\text{нм}^3/\text{см}^3$, що в 1,2 разу менше порівняно з контрольною групою ($p < 0,4$), на РМ горнового доменної печі – від $1,3 \cdot 10^{10}$ до $9,5 \cdot 10^{10}$ з середнім показником $2,1 \cdot 10^{10}$ ($1,7 \cdot 10^{10}$; $2,6 \cdot 10^{10}$), що в 1,2 разу менше порівняно з контрольною групою ($p < 0,7$), на РМ агломератника агломераційного цеху – від $8,0 \cdot 10^9$ до $4,2 \cdot 10^{11}$ з середнім показником $1,1 \cdot 10^{10}$ ($8,4 \cdot 10^9$; $2,2 \cdot 10^{10}$), що в 2,3 разу менше порівняно з контрольною групою

($p \leq 0,6$), усі показники не мали статистично достовірної різниці.

Масова концентрація зважених частинок на РМ працівників контрольної групи склала 30,04 мкг (28,97; 32,02) і була більшою в 1,1 разу ($p < 0,4$) порівняно з працівниками мартенівського цеху, де цей показник склав 27,16 мкг (17,09; 43,42), також була більшою в 1,3 разу ($p < 0,7$) порівняно з працівниками доменного цеху – 24,82 мкг (20,14; 31,46), і була більшою в 2,3 разу ($p < 0,7$) порівняно з працівниками агломераційного цеху – 13,20 мкг (10,09; 25,99), проте всі показники не мали статистично достовірної різниці. Такі результати показників об'єму поверхні та масової концентрації пов'язані з тим, що на РМ сталевара, горнового та агломератника кількість зважених частинок крупного розміру (205,0–365,0 нм) була незначною (3,9–8,8 %), тоді як у працівників контрольної групи їхній відсоток був найбільшим (25,8 %).

Аналіз зважених частинок ультрадисперсного діапазону за окремими розмірами показав, що статистичну відмінність ($\leq 0,05$) порівняно з контрольною групою щодо площі поверхні та об'єму поверхні на РМ всіх працівників мали частинки з розміром від 11 нм до 154 нм.

Кумулятивна концентрація зважених частинок нанорозмірного діапазону (≤ 100 нм) у ПРЗ сталевара мартенівської печі склала 96,0 % від усього досліджуваного промислового аерозолю, для

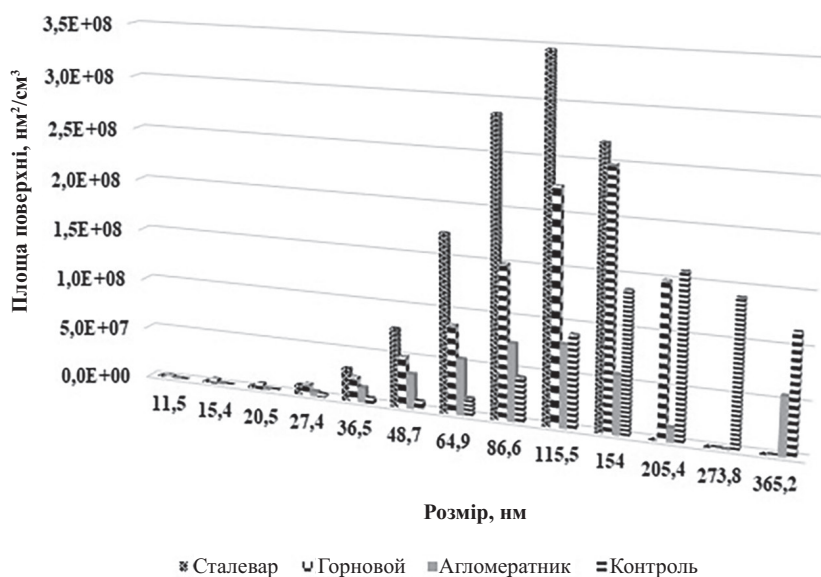


Рис. 1. Площа поверхні зважених частинок ультрадисперсного промислового аерозолю різного розміру, $\text{нм}^2/\text{см}^3$

горнового доменної печі – 91,3 %, для агломератника – 95,2 %, для працівників контрольної групи – 74,2 %.

Зважені частинки ультрадисперсного промислового аерозолю, залежно від розміру часток, поділяються на режим нуклеації (зважені частки ≤ 50 нм), режим Ейткіна (зважені частинки 50–100 нм) і режим накопичення (зважені частинки ≥ 100 нм). Проаналізовані дані кількісної концентрації зважених частинок показали, що на всіх РМ працівників половину досліджуваного аерозолю мали частинки саме режиму нуклеації, тобто частинки з діаметром менше ніж 50 нм. У працівників контрольної групи також великий відсоток мали частинки режиму накопичення (25,7 %), тобто частинки більш крупного розміру (рис. 2).

Аналіз хімічного складу зважених частинок показав, що в ПРЗ сталевара мартенівської печі були присутні алюміній, кальцій, хром, манган, нікель, фосфор і кремній, серед яких перевищували ГДК кальцій, фосфор і силіцій відповідно в 1,7; 2,0 та 1,4 разу. Аналіз складу зважених частинок ультрадисперсного діапазону в ПРЗ агломератника при спіканні агломерату в агломераційній машині показав перевищення рівня ГДК за вмістом кальцію, фосфору (при порівнянні з п'ятивалентними сполуками фосфору) та силіцію відповідно в 2,0; 2,5 і 1,8 разу. Також у ПРЗ агломератника були виявлені алюміній, ферум, магній, які не перевищували значень ГДК. У ПРЗ горнового доменної печі на ливарному дворі під час випуску чавуну були виявлені наступні хімічні елементи: алюміній, магній та вольфрам, які не перевищували діючих рівнів ГДК у ПРЗ. Встановлено, що вміст кальцію, фосфору та силіцію у ПРЗ горнового перевищував діючий ГДК у 1,6; 3,5 і 1,5 разу відповідно (табл. 4).

Висновки

1. Проведені гігієнічні дослідження на основних робочих місцях металургійного виробництва показали, що умови праці працівників мартенівського, доменного та агломераційного цехів відносяться до 3 ступеня 4 класу шкідливості, що відповідає дуже високому рівню ризику для здоров'я. До провідних факторів ризику віднесено несприятливий мікроклімат і виробничий пил.
2. Встановлено, що в результаті технологічних процесів плавлення сталі й чавуну, спіканні агломерату утворюються дрібнодисперсні (PM_{10} ; PM_4) та ультрадисперсні частинки нанорозмірного діапазону. Ці показники мали статистично вірогідну відмінність порівняно з контрольною групою. Найбільша питома вага за кількісною концентрацією в досліджуваних цехах була серед частинок розміром від 48,7 нм до 86,6 нм. Кумулятивна концентрація зважених частинок ≤ 100 нм складала переважну частину досліджуваного промислового аерозолю (91,3–96 %).
3. У зразках ПРЗ працівників основних цехів металургійного виробництва були виявлені алюміній, кальцій, хром, манган, нікель, ферум, магній, фосфор і силіцій. Перевищення ГДК спостерігалось серед хімічних елементів – кальцій, фосфор і силіцій.
4. Наявність зважених частинок нанорозмірного діапазону в складі виробничого пилу може підвищувати ризик негативного впливу для здоров'я працівників металургійного виробництва, отже потребує визначення при проведенні гігієнічної оцінки умов праці на металургійних виробництвах.

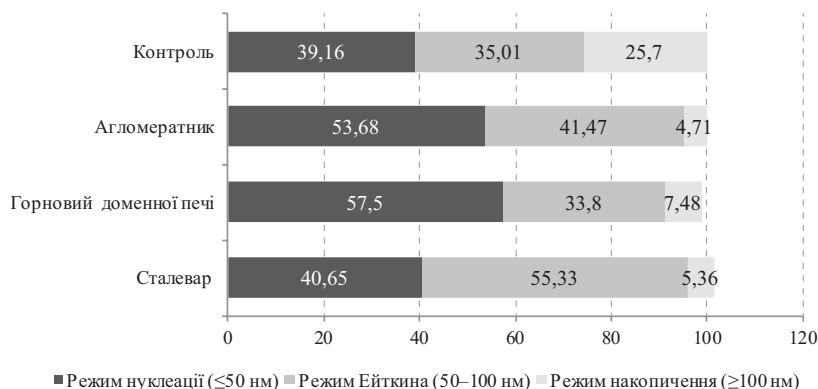


Рис. 2. Питома вага режиму нуклеації, режиму Ейткіна та накопичення залежно від розміру зважених частинок на робочому місці працівників металургійного підприємства, %

Таблиця 4

Уміст хімічних елементів у складі ультрадисперсного промислового аерозолю ($M \pm m$, мг/м³)

Хімічний елемент	Агломератник	Горновий доменної печі	Сталевар мартенівської печі	ГДК, мг/м ³
Алюміній (Al)	0,004 ± 0,001	0,0040 ± 0,0009	0,0020 ± 0,0004	2,0
Кальцій (Ca)	3,490 ± 0,020	1,547 ± 0,004	1,723 ± 0,011	1,0
Ферум (Fe)	0,003 ± 0,001	≤ 0,004	–	6,0
Магній (Mg)	0,50 ± 0,021	0,30 ± 0,005	–	4,0
Манган (Mn)	0,0010 ± 0,0009	0,0050 ± 0,0001	0,0040 ± 0,0001	0,05
Фосфор (P)	0,495 ± 0,150	0,70 ± 0,022	0,390 ± 0,007	0,2
Силіцій (Si)	1,770 ± 0,012	1,50 ± 0,017	1,390 ± 0,011	1,0

Література

1. Тимофеева І. М., Станіславчук О. В. Аналіз стану умов праці на підприємствах металургійної галузі України. Проблеми та перспективи розвитку системи безпеки життєдіяльності: зб. наук. праць XIV Міжнар. наук.-практ. конф. молодих вчених, курсантів та студентів, м. Львів, 2019. Львів, 2019. С. 320–321.

2. Шинкарьова Т. А., Гедрович А. І. Стан та причини професійної захворювань у ливарному виробництві. URL: <http://readera.org/article/stan-ta-pryechyenyeprofesynnyekh-zakhvorjuvan-u-lyevarnomu-vyrobnyetstvi-10151991.html>.

3. Севальнев А. І., Шаравара Л. П. Шкідливі умови праці як фактор ризику розвитку виробничо зумовленої захворюваності у працівників допоміжних професій. *Запорізький медичний журнал*. 2019. Т. 21, № 2 (113). С. 246–252. <https://doi.org/10.14739/2310-1210.2019.2.161505>.

4. Buzea C., Pacheco I., Robble K. Nanomaterial and nanoparticles: sources and toxicity. *Biointerphases*. 2007. Vol. 2 (4). P. 49–55.

5. Забезпечення безпечних умов праці для профілактики професійних захворювань працівників металургійного і ливарного виробництва. Н. С. Свтушенко, О. І. Пономаренко, Н. Є. Твердохлебова та ін. *Метал та лиття України*. 2022. Т. 30, № 3 (330). С. 117–125. <https://doi.org/10.15407/steelcast2022.03.116>.

6. Спосіб визначення наночастинок в повітрі робочої зони: пат. 72951 Україна: МПК В82У 35/00, G01N 15/02. № 201113770; заявл. 23.11.2011; опубл. 10.09.2012, Бюл. № 17. 4 с. URL: <https://uapatents.com/4-72951-sposib-viznachennya-nanochastinok-v-povitri-robocho-zoni.html>.

7. ISO 15202-2008. Workplace air. Determination of metals and metalloids in airborne particulate matter by inductively coupled plasma atomic emission spectrometry. [Чинний від 2009-12-01]. Вид. офіц. Москва, 2009. 39 с. (Інформація та документація).

8. Антомонов М. Ю. Математическая обработка и анализ медико-биологических данных. 2-е изд. Киев, 2017. 576 с.

9. Токсикологія аерозолів. Ю. І. Кундієв, М. М. Корда, М. О. Кашуба, О. В. Демецька. Тернопіль : ТДМУ «Укрмедкнига», 2015. 256 с.

Sharavara L. P.¹, Dmytrukha N. M.², Andrusyshyna I. M.²

PROFESSIONAL RISK FACTORS IN THE WORKING PROCESS OF EMPLOYEES OF THE METALLURGICAL ENTERPRISE

¹ Zaporizhzhia State Medical and Pharmaceutical University, Zaporizhzhia

² State Institution «Kundiiev Institute of Occupational Health of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine», Kyiv

Introduction. In Ukraine, the metallurgical industry stands as a leading sector with over 0.5 million employed workers, of which more than 50% face exposure to harmful and hazardous factors in the industrial environment, predominantly industrial dust of diverse chemical composition.

The aim of the research – to conduct an assessment of professional risk factors in the labor activities of employees in a metallurgical enterprise.

Materials and methods of the research. Research the study delved into the working conditions at the metallurgical enterprise, encompassing the industrial microclimate, industrial noise, vibration, work difficulty and intensity, dust and chemical content in the workplace air, concentration of suspended particles in the fine and ultradisperse range, and their chemical composition.

Results. The working conditions of employees across all shops were categorized into the 4th class of the 3rd degree of harmfulness. The content of industrial dust in the PM10 and PM4 fine fractions at workers' workplaces showed statistically significant increases compared to the control group ($p < 0.001$). The ultradisperse range of suspended particles at the workplaces of the open hearth shop, blast furnace, and sintering workshops exhibited statistical differences in numerical concentration and surface area compared to the control group (≤ 0.05). The particles with sizes ranging from 48.7 nm to 86.6 nm had the highest specific gravity by number concentration. Chemical composition analysis revealed the presence of aluminum, calcium, chromium, manganese, nickel, phosphorus, and silicon in the workplace air.

Conclusions. Employee working conditions are classified as the 3rd and 4th degrees of harmfulness, with unfavorable microclimate and industrial dust identified as the predominant risk factors. The processes of melting steel, cast iron, and agglomerate sintering contribute to the formation of suspended particles of various sizes, necessitating a comprehensive assessment of working conditions, including the calculation of occupational risks and studies on the negative impact on workers.

Key words: working conditions, suspended particles of ultradisperse size, risk factors, metallurgical enterprise

References

1. Tymofeyeva IM, Stanislavchuk OV. [Analysis of working conditions at enterprises of the metallurgical industry of Ukraine]. Problems and prospects of the development of the life safety system: Collection of scientific papers of the 14th International science and practice conf. young scientists, cadets and students. Lviv; 2019. p. 320-321. Ukrainian.
2. Shynkarova TA, Hedrovych AI. [State and causes of occupational diseases in foundry production] [Internet]. Available from: <http://readera.org/article/stan-ta-pryechyenyeprofesiynyekh-zakhvorjuvanulyevarnomu-vyerobnyetstvi-10151991.html>. Ukrainian.
3. Sevalnyev AI, Sharavara LP. [Harmful working conditions as a risk factor for the development of production-related morbidity among workers in auxiliary professions]. Zaporizhia Medical Journal. 2019;21(2):246-52. DOI: <https://doi.org/10.14739/2310-1210.2019.2.161505>. Ukrainian.
4. Buzea C, Pacheco I, Robble K. Nanomaterial and nanoparticles: Sources and toxicity. Biointerphases. 2007;2(4):49-55. DOI: <https://doi.org/10.1088/1361-6528/ac43e7>.
5. Yevtushenko NS, Ponomarenko OI, Tverdokhlyebova NYe, Mezentseva IO, Semenov YeO, Yevtushenko SD. [Ensuring safe working conditions for the prevention of occupational diseases of metallurgical and foundry workers]. Metal and Casting of Ukraine [Internet]. 2022;30(3):117-25. DOI: <https://doi.org/10.15407/steelcast2022.03.116>. Ukrainian.
6. Movchan V, Salnikova N, Andrusyshina I, Demetska O, Leonenko O, inventors. [The method of determining nanoparticles in the workplace air], Patent of Ukraine 72951. 2011 Nov 23.
7. ISO 15202-2008. Workplace air. Determination of metals and metalloids in airborne particulate matter by inductively coupled plasma atomic emission spectrometry. Moscow; 2009. 576 p.
8. Antomonov MYu. [Mathematical processing and analysis of medical and biological data]. 2nd ed. Kyiv; 2017. Russian.
9. Kundiyev Y, Korda MM, Kashuba MO, Demetska OV. (2015). [Toxicology of aerosols]. Ternopil: TDMU, Ukrmedknyha; 2015. 256 p. Ukrainian.

ORCID ID співавторів та їхній внесок у підготовку та написання статті:

Шаравара Л. П. (ORCID ID 0000-0001-9102-3686) – збір матеріалів, первинний аналіз даних, написання тексту статті, формулювання висновків;

Дмитруха Н. М. (ORCID ID 0000-0001-9161-3889) – постановка мети дослідження, редагування тексту статті, формулювання висновків;

Андрусишина І. М. (ORCID ID 0000-0001-5827-3384) – виконання аналітичних досліджень, математична обробка отриманих результатів та їхній аналіз, редагування тексту статті, формулювання висновків.

Інформація щодо джерел фінансування дослідження: дослідження виконано за темою «Сучасні фактори ризику та їх профілактика в системі громадського здоров'я», № державної реєстрації 0123U100215.

Надійшла: 5 жовтня 2023 р.

Прийнята до друку: 26 жовтня 2023 р.

Контактна особа: Шаравара Л. П., доцент, кандидат медичних наук, кафедра загальної гігієни, медичної екології та профілактичної медицини, Запорізький державний медико-фармацевтичний університет, буд. 26, просп. Маяковського, м. Запоріжжя, 65035. Тел.: + 38 0 99 271 77 57. Електронна пошта: saravaralarisa@gmail.com