ГІГІЄНІЧНІ КРИТЕРІЇ ПРОФЕСІЙНОГО ГЕНЕЗУ РАКУ БРОНХІВ ТА ЛЕГЕНЬ СЕРЕД ХВОРИХ, ЕКСПОНОВАНИХ КРИСТАЛІЧНИМ СИЛІЩЕМ ДІОКСИДОМ

Варивончик Д. В., Ременник О. І.

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

Проведено 25-річне ретроспективне епідеміологічне дослідження виникнення раку бронхів та легень (РБЛ) серед хворих на пневмоконіоз (ПК), хронічний бронхіт (ХБ), хронічне обструктивне захворювання легень (ХОЗЛ), які були експоновані на робочому місці пилом – вугільно-породним (ВПП) та виробничим (ВП), що містили кристалічний SiO_2 (кварц). Ризик виникнення РБЛ збільшується при стажі експонування SiO_2 – більше 15 років (латентний період – від 20 до 40 років, у т. ч. післяекспозиційний період – до 20 років). Мінімальна межа кумулятивного інгаляційного надходження SiO_2 для виникнення ПК, ХБ, ХОЗЛ становить – 85,0 г/життя; для РБЛ: ВП – 200,0 г/життя ($\text{OR} = 4,2 [3,9-4,8, p < 10^{-3}]$), ВПП – 400,0 г/життя ($\text{OR} = 3,0 [1,48-3,00, p < 10^{-3}]$). Визначено канцерогенний потенціал (CSFi) для професійного експонування пилом, що містить SiO_2 : для ВП – $0,047 (\text{мг}/(\text{кг}\cdot\text{д}))^{-1}$; для ВПП – $0,028 (\text{мг}/(\text{кг}\cdot\text{д}))^{-1}$, який перевищує популяційний показник в 93,3–157,0 разів.

Ключові слова: SiO_2 , умови праці, канцерогенний потенціал, рак бронхів та легень

Вступ

З 1997 року Міжнародна агенція з дослідження раку ВООЗ (МАДР) відносить до I групи канцерогенних речовин («із доведеною канцерогенністю для людини») професійне експонування кристалічним силіщем діоксидом (SiO_2), у формі його кристалічних модифікацій – кварц [CAS N 14808-60-7], кристобаліт [CAS N 14464-46-1], ступінь канцерогенності якого є дозо-залежним. Органомішенню для виникнення в людини злоякісних новоутворень під впливом кристалічного SiO_2 є бронхи та легені.

Перевищення в США та в деяких країнах ЄС (Бельгія, Данія, Франція) встановлених на рівні $0,1 \text{ мг}/\text{м}^3$ граничних рівнів вмісту пилу кристалічного SiO_2 (кварцу), який забезпечує канцерогенну безпеку при професійному експонуванні, спостерігається в шахтах та на заводах із переробки та використання металевих та неметалевих руд, вугілля; у гранітних кар'єрах; при роботах із різання та обробки каменю; у ливарному виробництві та при піскоструминному очищенні; у промисловості кераміки, при отриманні кристалю та скла; у будівництві [6, 7].

В Україні «Загальними санітарно-гігієнічними вимогами до повітря робочої зони» (ГОСТ 12.1.005-88) не відбувається гігієнічне нормування кристалічного SiO_2 за його масою в повітрі, а встановлені ГДК у залежності від походження пилу

та частки в його складі SiO_2 (п. 602–604, п. 11046–в). Відповідно, діючі ГДК визначають граничну концентрацію кристалічного SiO_2 у виробничому пилі в широкому діапазоні значень – від $0,08$ до $1,4 \text{ мг}/\text{м}^3$, що не забезпечує канцерогенну безпеку при професійному експонуванні працюючих цим виробничим пилом.

У робітників, що піддаються впливові кристалічного силіцію діоксиду, є підвищеним ризик виникнення раку легень ($\text{RR} = 1,8-8,0$). Стандартизовані ризики смертності (SMR) від раку легень серед працівників, експонованих пилом кристалічного силіцію діоксиду, становлять від $1,29$ до $2,59$ [7].

Дослідженнями, проведеними в США показано, що експонування працюючих пилом кристалічного SiO_2 на рівні $> 0,1 \text{ мг}/\text{м}^3$ впродовж 30 років збільшує ризик виникнення пневмоконіозу на $5-10 \%$ та раку легень на 30% . Залежності є нелінійними. При зменшенні концентрації пилу до $0,05 \text{ мг}/\text{м}^3$ – ризик раку легень знижується до 5% [4]. Проведеними раніш епідеміологічними дослідженнями показано перевищення відносних ризиків виникнення раку бронхів та легень серед хворих на пневмоконіоз та хронічний бронхіт [1, 2].

Однак на теперішній час в Україні відсутні спільні погляди серед профпатологів щодо трактування зв'язку між наявною професійною патологією та злоякісними новоутвореннями органів дихання. Так комбінація цих патологічних станів в одних випад-

ках трактується як ускладнення професійної пилової патології злоякісним новоутворенням, і тому онкологічне захворювання не визнається як професійне, що веде за собою позбавлення хворого низки соціально-економічних пільг та компенсацій, а також спотворює статистику професійного раку в країні. В інших випадках визнають етіологічну єдність пилової та онкологічної патології органів дихання, але внаслідок розбіжностей їхнього патогенезу розцінюють ці патологічні стани в одного хворого як незалежні, а в другого — визнають професійний характер пилової патології та професійного раку органів дихання, що веде до збільшення показників професійної захворюваності, а також до надання більшої соціальної та економічної компенсації хворим.

Невирішені розбіжності в критеріях встановлення професійного генезу раку бронхів та легень у хворих на пилову професійну патологію (пневмокніоз, хронічний бронхіт, ХОЗЛ), які виникають внаслідок професійного експонування кристалічним силіцієм діоксидом, і обумовили актуальність даного дослідження.

Мета дослідження — визначення гігієнічних критеріїв професійного генезу раку бронхів та легень та оцінити індивідуальний канцерогенний потенціал професійного експонування працівників кристалічним силіцієм діоксидом.

Матеріали та методи дослідження

Для проведення дослідження була сформована когорта хворих на пневмокніоз (ПК), хронічний бронхіт (ХБ), хронічне обструктивне захворювання легень (ХОЗЛ), які були експоновані на робочому місці кристалічним силіцієм діоксидом (SiO_2).

Всі досліджені хворі пройшли клінічну (профпатологічну) експертизу в ДУ «Інститут медицини праці АМН України» впродовж 1982–1998 років. За цими хворими здійснено ретроспективне епідеміологічне спостереження (включно до 2008 року). У залежності від наявності чи відсутності захворювання на рак бронхів та легень (РБЛ), включених у дослідження хворих, сформовано групи дослідження (табл. 1). Виявлення випадків виникнення РБЛ у когорті проводилося шляхом лінкіджу (інформаційного порівняння) бази даних про досліджених хворих та даних Національного канцер-реєстру України (ДУ «Національний інститут раку», МОЗ України) за період 1988–2008 років.

У когорті досліджених хворих проводився наступний аналіз:

1) санітарно-гігієнічні умови праці (із використанням даних, наведених у «Інформаційній довідці про умови праці», виданої місцевими СЕС): професійна група; стаж роботи (загальний, у шкідливих умовах); експозиція виробничим пилом — середні значення концентрації пилу, кратність перевищення ГДК для пилу (відповідно ГОСТ 12.1.005-88), пилове навантаження (ПН) (форм. 1), кратність перевищення (КППН) та контрольні рівні (КРН) пилового навантаження (форм. 2, 3), інгалаційне навантаження кристалічним SiO_2 (IH-SiO_2) (форм. 4):

$$\text{ПН (г)} = (K \cdot N \cdot T \cdot Q) / 1000 \quad (1)$$

$$\text{КППН (г)} = (\text{ПДК} \cdot N \cdot T \cdot Q) / 1000 \quad (2)$$

$$\text{КПИН} = \text{ПН} / \text{КППН} \quad (3)$$

$$\text{IH-SiO}_2 \text{ (г)} = (\text{ПН} \cdot v) / 100 \quad (4)$$

де: K — середньо-змінна концентрація виробничого пилу у повітрі робочої зони, за даними гравіметричного дослідження (мг/м^3); N — кількість робочих змін на рік (251 змін-рік); T — кількість років експонування пилом на робочому місці (стаж роботи у шкідливих умовах); Q — об'єм легеневої вентиляції за робочу зміну (від категорії енерговитрат: Іа, Іб — $4,0 \text{ м}^3/\text{зміну}$; ІІа, ІІб — $7,0 \text{ м}^3/\text{зміну}$; ІІІ — $10,0 \text{ м}^3/\text{зміну}$); ГДК — для виробничого пилу (в залежності від вмісту кристалічного SiO_2 [ГОСТ 12.1.005-88, п. 602–604, п. 1104]); v — частка SiO_2 у складі виробничого пилу (%);

2) хронологічних показників розвитку професійної та онкологічної патології: вік виникнення раку бронхів та легень (РБЛ); тривалість латентного періоду, післяекспозиційного періоду виникнення РБЛ; час встановлення РБЛ після встановлення професійної патології (ПП).

У групах дослідження («випадок» та «контроль») проводилося порівняння отриманих даних між групами та шляхом розрахунку показника відношення шансів (OR), за загально визнаною методикою. У дослідженні проводився розрахунок канцерогенного потенціалу пилу, із використанням однофакторного лінійного регресійного аналізу (відповідно до значень отриманих порогів канцерогенності пилу) — встановлено значення фактора нахилу — α (мг) та розраховано канцерогенний

потенціал для інгалаційного надходження пилу у виробничих умовах, що містить кристалічний SiO_2 (cancer slope factor — CSFi) за формулою 5.

$$CSFi = \frac{\alpha}{m \times N \times T} \quad (5)$$

де: m — середня вага дорослої людини (70 кг); N — кількість робочих змін на рік (251 змін-рік); T — кількість років експонування пилом на робочо-му місці (40 років).

Вірогідність отриманих даних оцінювалася: дескриптивних та міжгрупової розбіжності — за критерієм Ст'юдента, відношення шансів — за критерієм « z » (із використанням програмного забезпечення — «MedCalc»).

Результати дослідження та їх обговорення

Характеристика умов праці хворих, експонованих вугільно-породним пилом. Дослідженням визначено, що переважно вся когорта хворих, що захворіла на РБЛ, працювала в підземних умовах вугільних шахт у професійній групі — гірники (прохідник, забійник, кріпильник, робітник очисного забою, машиніст

вугільного комбайну тощо) (90,7 %). І мали стаж работ у шкідливих умовах — більше 20,0 років (від 20,0 до 32,0 років), який становив більш ніж 73,6 % від загального стажу.

Ці хворі зазнали на робочому місці в підземних умовах вугільних шахт тривалої експозиції вугільно-породним пилом (межа концентрацій вугільно-породного пилу в повітрі робочої зони від 138,3 до 1100,0 мг/м^3), що небезпечно перевищували ГДК (діючі в Україні на час дослідження) — від 23,7 до 147,8 разів (клас умов праці — 3.4). Середнє пилове навантаження за весь період роботи в таких умовах становило від 6,8 до 9,7 кг/життя (що перевищувало контрольне пилове навантаження від 16,6 до 26,8 разів) (табл. 2).

За даними хімічного аналізу, середній вміст кристалічного силіцію діоксиду у вугільно-породному пилом становив — від 9,9 до 11,5 %, що з урахуванням пилового навантаження визначило інгалаційне навантаження SiO_2 на працюючого на рівні від 601,6 до 915,6 г/життя . Найвищі рівні інгалаційної експозиції SiO_2 спостерігалися серед хворих на ХОЗЛ ($p < 0,05$) (табл. 2).

У групі досліджених РБЛ було виявлено у віці від 52,0 до 74,0 років (середній вік — 63,0—66,3 років).

Таблиця 1

Характеристика груп хворих, включених у дослідження

Професійна експозиція пилом	«Випадок» (РБЛ+)				«Контроль» (РБЛ-)				Ітого
	ПК	ХБ	ХОЗЛ	Σ	ПК	ХБ	ХОЗЛ	Σ	
Вугільно-породний	46	16	24	86	92	32	48	172	258
Кристалічний SiO_2	16	16	8	40	32	32	16	80	120
Загалом	62	32	32	126	124	64	64	252	378

Таблиця 2

Санітарно-гігієнічні характеристики умов праці досліджених хворих, що зазнали експозиції вугільно-породним пилом ($p < 0,05$)

Професійна патологія	Вугільно-породний пил			Кристалічний силіцій діоксид (SiO_2)	
	Середні межі концентрації пилу в повітрі робочої зони (мг/м^3)	Середнє пилове навантаження (г/життя)	Кратність перевищення контрольного пилового навантаження (рази)	Середній вміст крист. SiO_2 у вугільно-породному пилом (%)	Середнє інгалаційне навантаження крист. SiO_2 (г/життя)
	Кратність перевищення ГДК				
ПК	138,3–979,3	8352,5±1475,5	16,6±2,8	9,9±2,1	655,2±52,4
	23,7–136,1				
ХБ	195,2–773,1	6809,9±546,5	21,6±3,4	11,0±1,3	601,6±48,7
	31,3–108,6				
ХОЗЛ	233,9–1100,0	9721,5±1296,2	26,8±4,2	11,5±1,4	915,6±79,9
	29,0–147,8				

При цьому середній латентний період (від часу початку експозиції вугільно-породним пилом, що містить кристалічний SiO_2 , до клінічного виявлення РБЛ) становить — від 35,6 до 42,6 років (лім: 26,0–51,2 років). Середній післяекспозиційний період (від часу припинення впливу канцерогенним агентом до клінічного виявлення РБЛ) становить — від 9,8 до 12,6 років (лім: 4,2–19,6 років). Частіше за все РБЛ діагностувався через 5,5–6,4 років, після встановлення професійної патології органів дихання (яка була встановлена через 2,7–5,1 років, після припинення експозиції вугільно-породним пилом). Не встановлено достовірної різниці в хронологічних показниках між групами хворих у когорті (рис. 1).

Характеристики умов праці хворих, експонованих виробничим пилом, що містив кристалічний силіцій діоксид. Дослідженням визначено, що хворі дослідженої когорти зазнали експонування на робочому місці пилом SiO_2 під час праці: у кар'єрах із наземного добування гранітного каменю та на заводах з отримання щебеню (52,5 %); на машинобудівних заводах — ливарні та зварювальні роботи (30,0 %); під час наземної роботи з машинами (трактори, комбайни, екскаватори, вантажівки) (17,5 %).

Всі хворі на РБЛ цієї групи мали стаж праці в шкідливих умовах впливу вугільно-породним

пилом більше 15,0 років (від 15,6 до 31,5 років), що становило більш 50,0 % загального стажу праці. Ці хворі зазнали на робочому місці експозиції виробничим пилом, у якому заходився кристалічний SiO_2 (середні межі концентрацій виробничого пилу в повітрі робочої зони — від 20,3 до 130,4 мг/м^3), що небезпечно перевищували ГДК (діючи в Україні на час дослідження) — від 10,3 до 33,1 разів (клас умов праці — 3.4). Середнє пилове навантаження за весь період роботи в таких умовах становило — від 1,1 до 3,4 кг/життя (що перевищувало контрольне пилове навантаження — від 5,0 до 7,7 разів) (табл. 3).

За даними хімічного аналізу, середній вміст кристалічного SiO_2 у виробничому пилом становив від 10,0 до 80,0 %, що з урахуванням пилового навантаження визначило інгалаційне навантаження кристалічним SiO_2 на рівні — від 442,4 до 672,7 г/життя . Найвищі рівні інгалаційної експозиції навантаження SiO_2 спостерігалися серед хворих на хронічний бронхіт (табл. 3).

У групі досліджених було виявлено РБЛ у віці від 54,1 до 67,7 років (середній вік — 60,0–62,2 років). При цьому середній латентний період становить — від 28,2 до 39,7 років (лім: 19,9–45,2 років), середній післяекспозиційний період — від 7,3 до 15,1 років (лім: 4,2–23,9 років). Найменші терміни в хронологічних показниках виникнення

Рис. 1. Хронологія життя досліджених хворих, які були експоновані на робочому місці вугільно-породним пилом, що містив кристалічний SiO_2 (скорочення: Е — експозиція; ПП — профпатологія; Р — рак).

Таблиця 3

Санітарно-гігієнічні характеристики умов праці досліджених хворих, що зазнали експозиції пилом кристалічного SiO₂ (p<0,05)

Профпатологія	Середні межі концентрації пилу в повітрі робочої зони (мг/м ³)	Середній вміст крист. SiO ₂ у пилу (%)	Середнє пилове навантаження (г/життя)	Кратність перевищення контрольного пилового навантаження (рази)	Середнє інгалаційне навантаження крист. SiO ₂ (г/життя)
	Кратність перевищення ГДК				
ПК	20,3–130,4 10,7–32,2	47,0 (10,0–80,0)	3435,1±343,8	6,3±2,4	564,7±48,2
ХБ	22,4–53,8 10,8–33,1	62,5 (10,0–80,0)	1844,7±197,2	7,7±3,1	672,7±55,9
ХОЗЛ	21,7–44,4 10,3–23,8	48,6 (10,0–80,0)	1170,7±199,4	5,0±3,7	442,4±51,1

РБЛ (тривалість латентного та післяекспозиційного періоду) спостерігаються в групі хворих на хронічний бронхіт (p < 0,05) (рис. 2).

Гігієнічні критерії професійного генезу раку бронхів та легень. Порівняльним аналізом у когорті хворих на професійну пилову патологію органів дихання (між групами осіб, що захворіли та не захворіли на РБЛ), які були експоновані на робочому місці вугільно-породним пилом та виробничим пилом що містить кристалічний SiO₂, встановлені достовірні розбіжності для показників, які характеризують індивідуальну експозицію канцерогенним агентом І групи за класифікацією МАДР:

- 1) серед експонованих вугільно-породним пилом за: кратністю перевищення діючого середньозмінного ГДК для вугільно-породного пилу (≥ 100,0 разів, OR = 7,3); кратністю перевищення контрольного пилового навантаження (≥ 15,0 разів, OR = 3,0); інгалаційною експозицією кристалічним SiO₂ на робочому місці (≥ 400,0 г/життя, OR = 3,0) (p < 0,05);
- 2) серед експонованих виробничим пилом із вмістом кристалічного силіцію діоксиду за: кратністю перевищення середньозмінного ГДК (≥ 10,0 разів, OR = 3,7); кратністю перевищення контрольного пилового навантаження

Рис. 2. Хронологія життя досліджених хворих, які були експоновані на робочому місці пилом, що містив кристалічний SiO₂ (скорочення: Е – експозиція; ПП – профпатологія; Р – рак).

Таблиця 4

Характеристика санітарно-гігієнічної умови праці та хронологічні характеристики
в групах дослідження ($p < 0,05$)

Показники	«Випадок»	«Контроль»	Р між групами
Вугільно-породний пил, що містить кристалічний SiO_2			
Загальний стаж праці (роки)	36,2±6,6	34,5±3,9	>0,05
Стаж праці в шкідливих умовах (роки)	26,7±7,5	26,1±4,9	>0,05
Вміст кристалічного SiO_2 у вугільно-породному пилу (%)	10,3±3,3	9,5±2,8	>0,05
Кратність перевищення середньо-змінного ГДК для пилу вугілля, що містив кристалічний SiO_2 (разів)	574,2±74,8	78,4±19,5	<0,01
Перевищення контрольного пилового навантаження для вугільно-породного пилу (разів)	25,6±7,8	8,4±2,1	<0,01
Інгаляційна експозиція кристалічним SiO_2 на робочому місці (г/життя)	894,9±348,5	294,4±112,2	<0,001
Виробничий пил, що містить кристалічний SiO_2			
Загальний стаж праці (роки)	32,0±5,7	35,9±5,5	>0,05
Стаж праці в шкідливих умовах (роки)	22,8±7,5	26,7±5,0	>0,05
Вміст кристалічного SiO_2 у виробничому пилу (%)	53,5±10,4	54,1±9,7	>0,05
Кратність перевищення ГДК для пилу, що містив кристалічний SiO_2 (разів)	23,6±7,1	6,3±2,3	<0,01
Перевищення контрольного пилового навантаження пилу, що містив кристалічний SiO_2 (разів)	14,3±2,6	3,4±1,2	<0,01
Інгаляційна експозиція чистим кристалічним SiO_2 на робочому місці (г/життя)	627,8±210,3	149,3±62,7	<0,001

($\geq 5,0$ разів, $\text{OR} = 4,2$); інгаляційною експозицією кристалічним SiO_2 на робочому місці ($\geq 200,0$ г/життя, $\text{OR} = 4,2$) ($p < 0,05$) (табл. 4, 5).

Ризик виникнення раку бронхів та легень у хворих із пневмоконіозом, хронічним бронхітом та ХОЗЛ, причиною яких є професійне експонування кристалічним SiO_2 , зростає після експозиції цим пилом більш 15–20 років, і зберігається після припинення цієї експозиції до 20 років. Сумарний латентний період виникання раку бронхів та легень у працівників, експонованих пилом, що містить кристалічний SiO_2 , становить від 20 до 40 років.

Дослідженням визначено, що межа кумулятивного інгаляційного навантаження кристалічним SiO_2 у

виникненні раку бронхів та легень становить 400,0 г/життя (граничні концентрації SiO_2 при професійному експонуванні, у залежності від об'єму дихання: 4,0 м³ – 10,0 мг/м³; 7,0 м³ – 5,7 мг/м³; 10,0 м³ – 4,0 мг/м³). На відміну, межа цього показника у виникненні патології бронхів та легень професійного генезу становить 85,0 г/життя (граничні концентрації SiO_2 при професійному експонуванні, у залежності від об'єму дихання: 4,0 м³ – 2,1 мг/м³; 7,0 м³ – 1,2 мг/м³; 10,0 м³ – 0,8 мг/м³). Тобто, кумулятивна інгаляційна доза кристалічного SiO_2 , що обумовлює для формування індивідуального ризику щодо виникнення в працівника раку бронхів та легень, є в 4,7 разів більшою, ніж для виникнення в нього

Таблиця 5

Гігієнічні фактори високого ризику виникнення РБЛ серед хворих на патологію органів дихання, викликану пилом, що містить кристалічний SiO_2

Прогностичні ознаки	Вугільно-породний пил, що містить кристалічний SiO_2	Виробничий пил, що містить кристалічний SiO_2
Кратність перевищення середньо-змінного ГДК для пилу (рази)	$\geq 100,0$ $\text{OR}=7,3$ [6,6–8,9, $p < 10^{-3}$]	$\geq 10,0$ $\text{OR}=3,7$ [3,6–4,1, $p < 10^{-3}$]
Перевищення контрольного пилового навантаження (рази)	$\geq 15,0$ $\text{OR}=3,0$ [2,8–3,2, $p < 10^{-3}$]	$\geq 5,0$ $\text{OR}=4,2$ [3,7–5,3, $p < 10^{-3}$]
Інгаляційна експозиція кристалічним SiO_2 на робочому місці (г/життя)	$\geq 400,0$ $\text{OR}=3,0$ [1,48–3,00, $p < 10^{-3}$]	$\geq 200,0$ $\text{OR}=4,2$ [3,9–4,8, $p < 10^{-3}$]

Рис. 3. Кумулятивне інгалаційне навантаження кристалічним SiO_2 (г/життя) (ВПП – вугільно-породний пил; ПП – промисловий пил; РБЛ – рак бронхів та легень).

пилової патології органів дихання (рис. 3). Це й пояснює розвиток раку бронхів та легень у працівників які зазнали виробничої експозиції пилом, що містить SiO_2 на фоні пневмоконіозу, хронічного бронхіту та ХОЗЛ, які розвиваються при меншому рівні експонування даним шкідливим виробничим агентом.

Індивідуальний виробничий канцерогенний потенціал пилу, що містить кристалічний SiO_2 . Відповідно до отриманих епідеміологічних даних, з використанням лінійного однофакторного регресійного аналізу, встановлено значення фактора нахилу (потенціалу) для інгалаційного надходження канцерогену (cancer slope factor – CSFi) у виробничих умовах [параметри розрахунку: вага – 70 кг, стаж роботи в шкідливих умовах – 40 років, кількість робочих змін на рік – 251] для пилу, що містить кристалічний SiO_2 , який становить:

- для вугільно-породного пилу – $0,028 \text{ (мг/(кг} \cdot \text{д))}^{-1}$;
- для виробничого пилу – $0,047 \text{ (мг/(кг} \cdot \text{д))}^{-1}$.

У цілому, кристалічний SiO_2 , можна віднести до «слабких» хімічних канцерогенних агентів (CSFi для експозиції впродовж життя – $0,0003 \text{ (мг/(кг} \cdot \text{д))}^{-1}$) [5], для порівняння: діоксини – $15,0 \cdot 10^4 \text{ (мг/(кг} \cdot \text{д))}^{-1}$; бензидин – 234,0; хром амфіболовий азбест – 21,0; бенз/а/пірен – 3,9; хрому (VI) – 0,42; формальдегід – 0,05; бензол – 0,03; сажа – 0,01 [3].

Однак, отримані дані вказують на те, що канцерогенний потенціал виробничого пилу, що містить SiO_2 , збільшується в промислових умовах в 93,3–157,0 разів, що може бути пов'язано з експонуван-

ням працюючих на робочому місці такими канцерогенонебезпечними речовинами та агентами:

- кристалічною модифікацією SiO_2 – кристобалітом, який має більший канцерогенний потенціал, ніж кварц, і утворюється у виробничих високотемпературних процесах та сполуками канцерогенонебезпечних металів тощо (у ливарному виробництві, при зварювальних роботах на машинобудівних заводах);
- природного походження радоном-222 та радоном-220 (тороном) та їхніми дочірніми продуктами розпаду (в гранкар'єрах та на заводах з отримання щебеню);
- газами дизельних двигунів, які містять поліциклічні ароматичні вуглеводні (трактори, комбайни, екскаватори, вантажівки);

що й обумовлює збільшення канцерогенного потенціалу виробничого пилу в 1,7 разів, у порівнянні з вугільно-породним пилом.

Висновки

Проведеним епідеміологічним дослідженням встановлено, що гігієнічними критеріями наявного зв'язку між раком бронхів та легень у хворих на пневмоконіоз, хронічний бронхіт та ХОЗЛ, експонованих канцерогенними агентом I групи (за МАДР) – кристалічним силіцієм діоксидом (кварцем) є:

- 1) стаж експонування пилом, що містить кристалічний SiO_2 , більше ніж 15 років;

- 2) латентний період від початку експозиції до виникнення РБЛ — від 20 до 40 років (після-експозиційний період — до 20 років);
- 3) інгаляційне експонування кристалічним SiO_2 на робочому місці — більше ніж 200,0 г/життя (для виробничого пилу) та більше ніж 400,0 г/життя (для вугільно-породного пилу).

Вищезазначені фактори можуть бути використані як фактори високого ризику для прогнозування виникнення РБЛ серед хворих із наявними маркерними захворюваннями від експонування канцерогенними агентами (ПК, ХБ та ХОЗЛ), а хворі на цю патологію потребують розробки цілеспрямованих заходів раннього виявлення РБЛ.

Актуальним залишається питання щодо вивчення патогенезу РБЛ у хворих із патологією органів дихання, етіологічно пов'язаної з експонуванням виробничим пилом, що містить кристалічний SiO_2 .

Література

1. Варивончик Д. В. Ризики захворюваності на злоякісні новоутворення бронхів та легень у хворих із хронічним бронхітом та пневмоконіозом / Д. В. Варивончик, О. І. Ременник, В. М. Ісипова // Укр. журн. з проблем мед. праці.— 2010.— № 1.— С. 16–20.
2. Варивончик Д. В. До проблеми етіології та профілактики раку бронхів та легень, серед робітників експонованих на виробництві пилом двоокису кремнію / Д. В. Варивончик // Укр. журн. з пробл. мед. праці.— 2008.— № 2.— С. 69–81.
3. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загряз-

Встановлені значення канцерогенного потенціалу (CSFi) у виробничих умовах показали його значне збільшення (від 93,3 до 157,0 разів) у порівнянні з по-життєвою експозицією, що вказує на необхідність перегляду гігієнічного нормування рівня ГДК у повітрі робочої зони для вугільно-породного та виробничого пилу на принципах зазначення в його складі безпечних рівнів вмісту кристалічного SiO_2 , а також необхідність забезпечення безпечних умов праці, шляхом використання технічних та технологічних засобів зниження кумулятивного пилового навантаження на працівників на робочому місці.

Існує нагальна потреба в перегляді ГДК для виробничого та вугільно-породного пилу з урахуванням його канцерогенного потенціалу та світового досвіду щодо його гігієнічного нормування та даних отриманих у дослідженні.

няющих окружающую среду : Р 2.1.10.1920–04.— М., 2004.— С. 124–134.

4. Finkelstein M. M. Silica, silicosis, and lung cancer: a risk assessment / M. M. Finkelstein // Am. J. Ind. Med.— 2000.— V. 38, № 1.— P. 8–18.

5. Goldsmith D. F. Comparative cancer potency for silica from extrapolations of human and animal findings / D. F. Goldsmith, R. P. Ruble, C. O. Klein // Scand. J. Work. Environ. Health.— 1995.— V. 21, S. 2.— P. 104–107.

6. Silica (crystalline, respirable) // Chronic Toxicity Summary.— 2005.— 48 p.

7. Silica // IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans.— 1997.— V. 68.— 41 p.

Варивончик Д. В., Ременник О. И.

ГИГИЕНИЧНЫЕ КРИТЕРИИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ГЕНЕЗА РАКА БРОНХОВ И ЛЕГКИХ СРЕДИ БОЛЬНЫХ, ЭКСПОНИРОВАННЫХ КРИСТАЛЛИЧЕСКИМ КРЕМНИЕМ ДВУОКИСЬЮ

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

Проведено 25-летнее ретроспективное эпидемиологическое исследование возникновения рака бронхов и легких (РБЛ) среди больных пневмоконіозом (ПК), хроническим бронхитом (ХБ), хронической обструктивной болезнью легких (ХОБЛ), которые были экспонированы на рабочем месте пылью — угольно-породной (УПП) и производственной (ПрП), содержащих кристаллический SiO_2 (кварц). Риск возникновения РБЛ увеличивается при стаже экспонирования SiO_2 — больше 15 лет (латентный период — от 20 до 40 лет, в т. ч. послеэкспозиционный период — до 20 лет). Минимальная граница кумулятивного ингаляционного поступления SiO_2 для возникновения ПК, ХБ, ХОБЛ составляет — 85,0 г/жизнь; для РБЛ: ПрП — 200,0 г/жизнь ($\text{OR} = 4,2 [3,9–4,8, p < 10^{-3}]$), УПП — 400,0 г/жизнь ($\text{OR} = 3,0 [1,48–3,00, p < 10^{-3}]$). Определен канцерогенный потенциал (CSFi) для профессионального экспонирования пылью, которая содержит SiO_2 : для ПрП — 0,047 (мг/(кг · д))⁻¹; для УПП — 0,028 (мг/(кг · д))⁻¹, что превышает популяционный показатель в 93,3–157,0 раз.

Ключевые слова: SiO_2 , условия труда, канцерогенный потенциал, рак бронхов и легких

Varyvonchyk D. V., Remennyk O. I.

HYGIENIC CRITERIA OF BRONCHI AND LUNGS CANCER OF OCCUPATIONAL ORIGIN IN PATIENTS EXPOSED TO CRYSTAL SILICA

SI «Institute for Occupational Health of AMS of Ukraine», Kyiv

A 25-year retrospective epidemiological study of bronchi and lungs cancer (BLC) in patients with pneumoconiosis (PC), chronic bronchitis (CB), chronic obstructive lungs disease (COLD) exposed at workplace to dust – coal-mining rock (CMR) and production rock (PR) with the content of crystal SiO_2 (quartz) has been conducted. The risk of BLC development increased when the period of work exposure to SiO_2 was more than 15 years (latent period from 20 to 40 years, including a post-exposure period – by 20 years). The minimum threshold of the cumulative inhalation of SiO_2 entering for development of PC, CB, COLD makes 85,0 life-years; for BLC: PR – 200,0 life-years ($\text{OR} = 4,2$ [$\text{CI}_{95} \% 3,9\text{--}4,8$, $p < 10^{-3}$]), CMR – 400,0 life-years ($\text{OR} = 3,0$ [$\text{CI}_{95} \% 1,48\text{--}3,00$, $p < 10^{-3}$]). A carcinogenic potential (CSFi) for occupational exposure to dust containing SiO_2 makes: for PR – $0,047 \text{ (mg/(kg} \cdot \text{d))}^{-1}$; for CMR – $0,028 \text{ (mg/(kg} \cdot \text{d))}^{-1}$, which exceeds the population index by 93,3–157,0 times.

Key words: SiO_2 , work conditions, cancer potential, bronchi and lungs cancer

Надійшла: 15.06.10

Контактна особа: Варивончик Денис Віталійович, д-р мед. наук, завідувач лабораторії епідеміології та профілактики професійного раку, ДУ «Інститут медицини праці АМН України», вул. Саксаганського, б. 75, м. Київ, 01033. Тел.: (044) 289-47-77. E-mail: erzas70@i.com.ua