

УДК: 641.82;628.511;611.24

ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯ І РИЗИК УРАЖЕННЯ РЯТІВНИКІВ В УМОВАХ АВАРІЇ НА СКЛАДІ БОЄПРИПАСІВ

Сидоренко В.А.¹, Паламарчук В.І.², Азаров С.І.²¹ Академія цивільного захисту України, м. Київ² Інститут ядерних досліджень НАН України, м. Київ

Розглянуто питання надходження потенційно небезпечних хімічних речовин до організму людей, що брали участь у ліквідації наслідків аварії на складі боєприпасів, способи практичного виявлення та визначення вмісту хімічних сполук у пробах крові людини й розрахунку аерогенного навантаження.

Ключові слова: пожежа, токсичні та канцерогенні речовини, аерогенне навантаження

Вступ

Проблема забруднення повітряного середовища продуктами згоряння при аварії на ракетно-артилерійських складах військової частини А-2985 Міністерства оборони України в с. Новобогданівка Запорізької області 6 травня 2004 року та їх вплив на стан здоров'я рятівників під час ліквідації наслідків надзвичайної ситуації залишається актуальною, оскільки питання залежності стану здоров'я від дозового надходження до організму людини хімічних речовин вивчено недостатньо.

Пожежа з наступною детонацією артилерійських боєприпасів та реактивних снарядів залпового вогню (4,5 тис. умовних вагонів боєприпасів) тривала впродовж 10 діб.

У процесі ліквідації аварії було задіяно наступну кількість особового складу: Міністерство надзвичайних ситуацій – 294 особи, Міністерство оборони – 766, Міністерство охорони здоров'я – 1046, Міністерство транспорту – 101, Міністерство внутрішніх справ – 10.

Процес відкритого горіння на військовому складі боєприпасів може бути поділено на кілька стадій: тління, активне горіння з полум'ям та затухання. Співвідношення та послідовність їх залежали від погодних умов, кількості, структури та властивостей боєприпасів, їх пожежно-технічних характеристик. Для відкритого горіння характерно велике задимленість повітря газами та пов'язане з цим утворення сажових продуктів у вигляді часток неповного згоряння, а високотемпературний вплив на сплави боєприпасів утворює пари оксидів металів. Поширення димових газів та аерозолів, переважно в приземних шарах атмосфери, сприяло безпосередньому надходженню токсичних та канцерогенних речовин (бензпірен, оксид свинцю, поліарома-

тичні вуглеводні тощо) через дихальні шляхи до організму людей.

Дослідженням різноманітних аспектів впливу токсичних речовин на організм людини в умовах аварій та надзвичайних ситуацій займаються фахівці у галузях охорони праці та медицини катастроф. Але методики розрахунку аерогенного навантаження та оцінка ризику від хімічних сполук під час аварій для рятівників з урахуванням реального вмісту токсичних речовин в їх крові досі повністю не визначені.

Метою дослідження є розрахунок аерогенного навантаження та оцінка ризику від хімічних сполук під час аварії для рятівників на підставі реального вмісту токсичних речовин в їх крові.

Матеріали та методи дослідження

В основу роботи покладено матеріали досліджень в крові рятівників та атмосферному повітрі вмісту оксидів свинцю (Pb), міді (Cu), заліза (Fe), цинку (Zn), нікелю (Ni), марганцю (Mn) та хрому (Cr). Проби крові, що було взято у 29 рятівників в польовій лабораторії, було об'єднано для аналізу на вміст іонів металів. Вимірювання мікроелементного складу і концентрації оксидів металів у крові людини та в повітрі проводили за рентгеноспектральним методом. Для цього було використано рентгеновський аналізатор МЕСА 16-ИИ з рентгеновською трубою у полі джерела збудження характеристичного рентгеновського випромінювання атомів зразка, що досліджується. Мінімальна детектована концентрація металів у пробах аналізатором становить (мг/кг): Pb – 0,1; Cu – 0,1; Fe – 0,4; Zn – 0,1; Mn – 0,1. Застосування цього методу дозволило одночасно визначити вміст у пробах крові хімічних елементів від фосфору до селену (рисунок). Спектри рентгеновського випромінювання реєстрували за допомо-

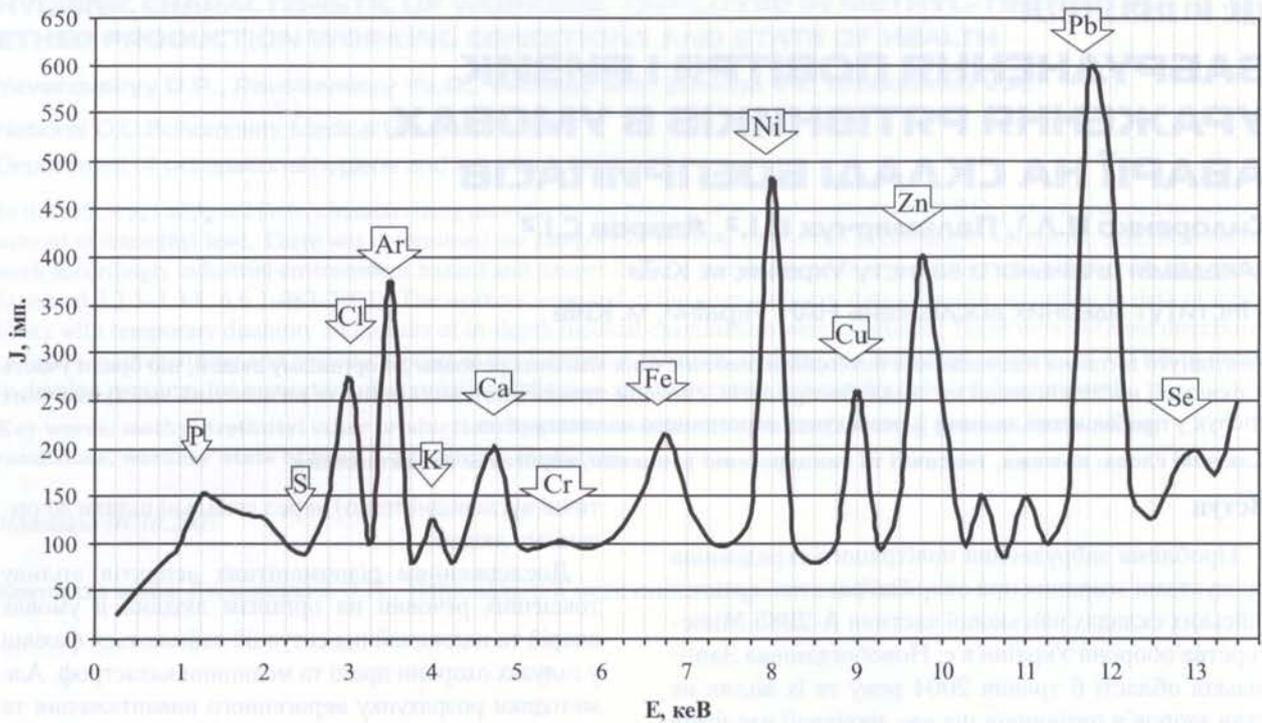


Рисунок. Рентгенівські спектри модельної проби крові.

гою Ge (Li) – детекторів. Діапазон значень досліджуваних об’ємів крові становив 0,2–2 мл. По закінченні аналізу концентрацію металів у крові визначали з урахуванням маси досліджуваного зразка, мкг/г. Статистичну обробку отриманих результатів проводили за допомогою комп’ютерної програми Statistica 6.0. Відтворюваність результатів у пробах крові становить 30% [1].

Суть даного методу полягає в тому, що спочатку визначають усереднену концентрацію іонів металів у пробах крові рятівників і за відомими співвідношеннями визначають концентрацію цих металів в атмосферному повітрі з урахуванням фонових рівнів. Потім за цими даними проводять оцінку можливого ризику ураження рятівників у процесі ліквідації аварії.

На підставі встановлених концентрацій токсичних та канцерогенних речовин у пробах крові розраховано добове аерогенне навантаження [3].

У таблиці 1 наведено дані, що характеризують концентрації хімічних елементів у крові людини.

Аналіз отриманих даних свідчить про те, що в пробах крові людей, які брали участь в ліквідації надзвичайної ситуації на артбазі, концентрація свинцю, міді та заліза перевищувала референтні величини у 7,6, 4,5 та 1,1 раза відповідно.

Найбільш серйозна токсична дія іонів металів виникає при вдиханні шкідливих речовин згорання.

Особливо небезпечними є частки діаметром 0,1–10 мкм, які ефективно адсорбуються легеньми [4]. Тканини легень поглинають пари металів та їх аерозолі, які надходять в кров людини в десятки разів інтенсивніше, ніж через шлунково-кишковий тракт. Швидкість надходження часток в легені людини звичайно пропорційна концентрації вільного іону металу, а не загальній його концентрації в повітрі.

Таблиця 1

Вміст іонів металів у крові обстежених осіб, мкг/г

| Параметр | Рятівники | | | | Референтна величина |
|----------|-----------|------|-------|----|---------------------|
| | х±Δх | S | Sr | N | |
| Речовина | | | | | х±Δх[3] |
| Pb | 16,2±1,9 | 0,89 | 0,003 | 14 | 0,3±0,02 |
| Cu | 18,3±3,4 | 0,83 | 0,004 | 10 | 4,1±2,2 |
| Fe | 1760±550 | 0,97 | 0,002 | 11 | 504±279 |
| Ni | 3,2±0,5 | 0,78 | 0,007 | 9 | 2,1±0,7 |
| Zn | 86±9,9 | 0,75 | 0,004 | 6 | 8,2±2,3 |
| Mn | 8,4±1,7 | 0,62 | 0,012 | 5 | 4,3±1,3 |
| Cr | 44±11 | 0,56 | 0,009 | 7 | 2,4±1,8 |

х – середнє знайдене значення;

Δх – довірчий інтервал при p=0,95;

S – стандартне відхилення;

Sr – відносне стандартне відхилення;

N – кількість вимірів.

Таблиця 2

Вміст хімічних забруднювачів в атмосферному повітрі на місці аварії

| Речовина | Фонові концентрації до аварії, $C_{\text{ф}}$, мкг/м ³ | ПДК в атмосферному повітрі, мкг/м ³ | Розрахункові концентрації шкідливих речовин у процесі згоряння, $C_{\text{л}}$, мкг/м ³ |
|-----------|--|--|---|
| Свинець | 0,01±0,003 | 0,3 | 2,29 |
| Мідь | 0,05±0,02 | 2,0 | 8,94 |
| Залізо | 0,2±0,09 | 40 | 44,9 |
| Нікель | 0,005±0,002 | 1,0 | 0,07 |
| Цинк | 0,02±0,0007 | 50 | 0,63 |
| Марганець | 0,013±0,008 | 1,0 | 0,39 |
| Хром | 0,006±0,003 | 10 | 0,17 |

Результати дослідження та їх обговорення

За результатами проведених досліджень та оцінок було отримано таке рівняння регресії [5]:

$$\ln(C_i) = \frac{\ln(M_i) - A_i}{B_i}, \quad (1)$$

де C_i – концентрація і-го оксиду металу в атмосферному повітрі;

M_i – вміст іонів і-го металу в крові людини (табл. 1);

A_i, B_i – коефіцієнти [5].

Так, наприклад, для сполук свинцю коефіцієнти $A_{\text{Pb}}=0,98$ і $B_{\text{Pb}}=0,352$.

Результати розрахунків вмісту хімічних забрудників в атмосферному повітрі за формулою (1) наведено в таблиці 2.

На підставі розрахункових концентрацій хімічних забрудників було визначено аерогенне надходження їх в організм людини (D), а також канцерогенний ризик (R) за формулами (2, 3) [6]:

$$D_j = K_j \int_0^t V_r(t) [C_A(t)_j - C_{\Phi}(t)_j] dt, \quad (2)$$

де D_j – аерогенне навантаження на організм людини, мг/добу;

K_j – коефіцієнт сорбції j -го іона металу у легенях людини [5];

$V_r(t)$ – частота дихання людини;

$C_A(t)$ – концентрація шкідливих речовин в продуктах згоряння;

$C_{\Phi}(t)$ – концентрація шкідливих речовин до аварії;

t – час, год.

Література

1. Elimder C.G., Friberg L. Biological monitoring of metals. – Geneva: WHO, 1994. – 80 p.

Таблиця 3

Аерогенне навантаження та ризик ураження рятівника

| Речовина | D_j , мг/доб | Імовірність виникнення злоякісних пухлин протягом життя, випадок/людина |
|----------|----------------|---|
| Pb | 0,132 | $9,3 \cdot 10^{-3}$ |
| Cu | 0,091 | $0,7 \cdot 10^{-4}$ |
| Fe | 0,187 | $3,1 \cdot 10^{-5}$ |
| Усього: | | $9,4 \cdot 10^{-3}$ |

Канцерогенний ризик розраховано за формулою:

$$R_j = \frac{b_j \cdot D_j}{m_T}, \quad (3)$$

де R_j – канцерогенний ризик;

b_j – коефіцієнт відгуку канцерогенного ризику [6];

m_T – маса тіла людини.

Результати розрахунків за формулами (2, 3) наведено в таблиці 3.

З табл. 3 видно, що ризик захворіти у рятівників, що брали участь у ліквідації наслідків аварії, в умовах аварійного забруднення навколишнього середовища може перевищувати, за консервативними оцінками, майже у 10 разів прийнятний (припустимий) канцерогенний ризик ($1 \cdot 10^{-3}$ випадків/люд), рівень якого вважається таким, яким суспільство може його прийняти (дозволити), враховуючи техніко-економічні та соціальні можливості на даному етапі свого розвитку [7].

Висновки

Результати досліджень свідчать, що в процесі протікання аварії на артебазі в атмосферному повітрі був присутній ряд шкідливих речовин, концентрація деяких з них перевищувала діючі гігієнічні нормативи для атмосферного повітря і які можуть вплинути на ризик ураження рятівників, тобто на імовірність виникнення злоякісних новоутворень протягом життя.

2. Методические рекомендации по определению реальной нагрузки на человека химических веществ, поступающих с атмосферным воздухом, водой и пищевыми продуктами. – М., 1986. – 40 с.

3. Авцин А.П., Жаворонков А.А., Риш М.А., Строгонова А.С. Микроэлементы человека. – М.: Медицина, 1991. – 496 с.

4. Загрязнение воздуха и легких: Пер. с англ./Под ред. Е.Ф.Ахаронсона, А.Бен-Давида, М.Кингберга. – М.: Атомиздат, 1980. – 180 с.

5. Азаров С.И., Перимов Р.Р. Оценка вредности ды-

ма при подземном пожаре // Уголь Украины. – 2005. – №1. – С. 37–41.

6. Exposure Factor Handbook US EPA 1600/8–89/043, July, 1989.

7. Воробьев Ю.Л. Основы формирования и реализации государственной политики в области снижения рисков чрезвычайных ситуаций. – ФИД «Деловой экспресс», 2000. – 246 с.

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОЗДУХА И РИСК ПОРАЖЕНИЯ СПАСАТЕЛЕЙ В УСЛОВИЯХ АВАРИИ НА СКЛАДЕ БОЕПРИПАСОВ

Сидоренко В.Л.¹, Паламарчук В.И.², Азаров С.И.²

¹ Академия гражданской защиты Украины, г. Киев

² Институт ядерных исследований НАН Украины, г. Киев

Рассмотрен вопрос поступления потенциально опасных химических веществ в организм людей, принимавших участие в ликвидации последствий аварии на складе боеприпасов, способы практического выявления и определения содержимого химических соединений в пробах крови человека и расчет аэрогенной нагрузки.

Ключевые слова: пожар, токсические и канцерогенные вещества, аэрогенная нагрузка

AIR CONTAMINATION AND RISK OF AFFECTION OF RESCUERS IN CONDITIONS OF THE ACCIDENT IN AMMUNITION DUMP

Sydorenko V.L.¹, Palamarchuk V.I.², Azarov S.I.²

¹ Academy of Civil Protection of Ukraine, Kyiv

² Institutes of Nucleus Studies of NAS of Ukraine, Kyiv

The problem is considered on the occurrence of potentially dangerous chemical substances in the body of people participated in liquidation of consequences of the accident at the ammunition dump, ways of practical detection and determination of the content of chemical compounds in human blood samples and the calculation of aerogenic loads.

Keywords: fire, toxic and carcinogenic substances, aerogenic load

Надійшла 29.05.05

Контактна особа: Сидоренко Володимир Леонідович, викладач кафедри ПТТЗДПО Київського факультету підготовки керівного складу Академії цивільного захисту України.

Адреса установи: 04074, м. Київ-74, вул. Березанська, 5.

Телефони: черг. 430-75-37; роб. 430-75-76;

моб. 8-066-246-01-62; дом. 512-33-90.

Паламарчук Василь Іванович, к.б.н., с.н.с. Центру екологічних проблем атомної енергетики НАН України.

Азаров Сергій Іванович, к.т.н., с.н.с. Інституту ядерних досліджень НАН України.