

УДК 614.841

## **ОЦІНКА РИЗИКУ ВПЛИВУ ПРОДУКТІВ АВАРІЇ НА СКЛАДІ БОЄПРИПАСІВ НА НАСЕЛЕННЯ**

*В.Л. Сидоренко,  
(Інститут державного управління  
у сфері цивільного захисту  
Національного університету цивільного захисту України);  
С.І. Азаров, д-р техн. наук, ст. наук. співроб.  
(Інститут ядерних досліджень НАНУ)*

*Запропоновано метод дослідження та оцінювання рівня ризику впливу продуктів аварії на складі боєприпасів на населення, що проживає на прилеглий території.*

*Предложен метод исследования и оценки уровня риска воздействия продуктов аварии на складе боеприпасов на население, которое проживает на близких территориях.*

*The offered method of the study and estimations level risk of the influence of the products to damages on ammunition dump on population, which lives on near territory.*

### **Постановка проблеми**

Взаємодія населення з військовими об'єктами підвищеної небезпеки (ВОПН) – процес постійний, історичний, суперечливий і тривалий. Сучасний стан ВОПН характеризується загостренням екологічного стану довкілля при штатних умовах експлуатації і аварійних ситуаціях. У зв'язку з цим гостро постає питання забезпечення соціально і екологічно збалансованого безпечного функціонування, життєдіяльності і господарювання населення за рахунок мінімізації наслідків потенційно значимих аварій на складах боєприпасів.

Аналіз останніх техногенних аварій на ВОПН (Артемівськ, Новобогданівка, Цвітоха та Лозова) показав відсутність за-

тверджених типових методик щодо розрахунку впливу шкідливих і токсичних продуктів аварії на населення; нечітко виражені масштаби аварії за період надходження продуктів аварії в атмосферне повітря, ґрунти і водойми; недостатній науковий супровід у процесі оцінки ризику ураження людей і забезпечення екологічної безпеки довкілля на базі наукової комплексної еколого-експертної оцінки доаварійної (фонові) ситуації.

Здоров'я людини і її діяльність буде залежати від відносно безпечного стану повітря, ґрунту, води і харчових продуктів, тому оцінювання впливу продуктів аварії на життя населення є надзвичайно важливим, що і говорить про актуальність цієї тематики.

### **Аналіз останніх досліджень**

Аналіз публікацій і наукових робіт показав, що проблема визначення ризику впливу продуктів аварії на складах боєприпасів на населення із застосуванням сучасних методик залишається не вирішеною.

### **Постановка завдання**

Метою роботи є дослідження рівня небезпеки прямого і непрямого впливу токсичних продуктів при аварії на складі боєприпасів на населення.

### **Виклад основного матеріалу досліджень**

Оцінка ризику впливу продуктів аварії на складі боєприпасів – це оцінка виду і ступеню виразності небезпеки, що створюється агентом у результаті існуючого або можливого впливу на визначену групу людей, а також існуючий або потенційний ризик для здоров'я, який пов'язаний з даним агентом.

Методологія оцінки ризику в загальному виді включає в себе 4 етапи [1]:

- 1) ідентифікація (розпізнавання) небезпеки;
- 2) оцінка впливу;
- 3) оцінка залежності «доза-ефект»;
- 4) характеристика ризику.

При цьому розглядається дві основні моделі впливу токсичних речовин на організм людини в залежності від наявності або відсутності у них здатності утворювати злаякісні пухлини (канцерогени) або неонкологічні захворювання (генетичні порушення, народжуваність, тривалість життя, старість).

Негативний вплив токсичних продуктів аварії на населення визначалося за допомогою методології оцінки ризиків, розробленої Агентством з охорони навколишнього середовища США (ЕРА) [2] і адаптованої в МНС України [1, 3].

Вплив продуктів аварій на організм людини частіше всього проявляється викидом токсичних речовин в атмосферне повітря і сприяє розвитку складного процесу забруднення ландшафтів, верхньої зони ґрунтів і поверхневих водостоків, утворюючі осередки стійкого забруднення довкілля (див. рис.).

У загальному випадку рівняння для розрахунку інгалаційного ризику ураження людини буде мати наступний вигляд [2, 4]:

$$R^{\text{inhal}} = \frac{IP \times CCA_i \times ED}{BW \times LT}, \quad (1)$$

де  $IP$  – частота дихання людини ( $\sim 2 \text{ м}^3/\text{год.}$ );  $CCA_i$  – концентрація  $i$ -ої забруднюючої речовини у повітрі;  $ED$  – тривалість експозиції;  $BW$  – маса тіла людини ( $\sim 70 \text{ кг}$  для дорослого,  $\sim 15 \text{ кг}$  для дитини);  $LT$  – тривалість життя людини.

Ризик впливу токсичних продуктів аварії внаслідок вдихання пилу [2, 5]:

$$R^{\text{aerosol}} = \frac{SF_{\text{inh}} \times C_{\text{soil } i} \times RC_p^{\text{aerosol}} \times EF \times B_{\text{inh}}}{AT \cdot 10^6} \left( \frac{J_{\text{inha}} \times ED_a}{BW_a} + \frac{J_{\text{nhch}} \times ED_{\text{ch}}}{BW_{\text{ch}}} \right), \quad (2)$$

де  $SF_{\text{inh}}$  – кутовий коефіцієнт для токсичних продуктів аварії ( $1,2 \cdot 10^5$ );  $C_{\text{soil } i}$  – концентрація  $i$ -го токсичного пилу у ґрунті;  $RC_p^{\text{aerosol}}$  – концентрація завислого у повітрі пилу;  $EF$  – частота впливу токсиканта на організм людини;  $B_{\text{inh}}$  – засвою-

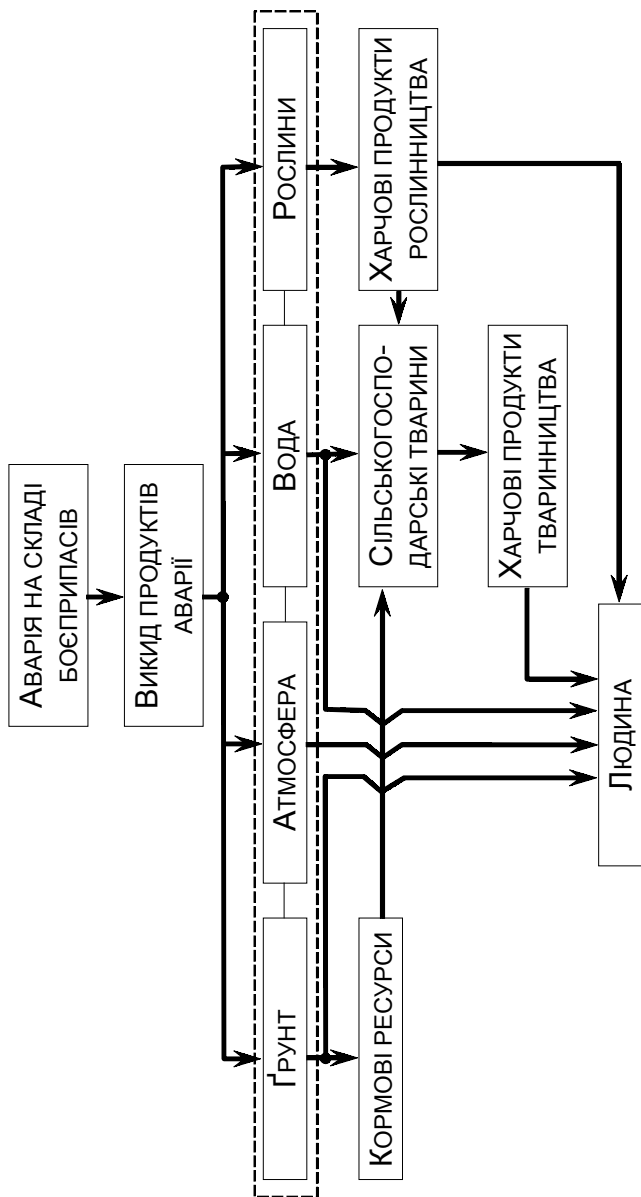


Рисунок. Шляхи потрапляння забруднюючих речовин в організм людини

ваність токсиканта через легені;  $AT$  – усереднений час впливу токсиканта на організм людини;  $J_{nh}$  – об’єм повітря, що вдихається людиною ( $a$  – для дорослого  $\sim 20$  м<sup>3</sup>,  $ch$  – для дитини  $\sim 10$  м<sup>3</sup>).

Ризик впливу токсиканта внаслідок орального поглинання часток ґрунту [2]:

$$R^{oral} = \frac{SF_{oral} \times C_{soil} \times EF \times B_{oral}}{AT 10^6} \left( \frac{J_{ng a} \times ED_a}{BW_a} + \frac{J_{ng ch} \times ED_{ch}}{BW_{ch}} \right), \quad (3)$$

де  $SF_{oral}$  – кутовий коефіцієнт для орального поглинання ( $\sim 9,7 \times 10^3$ );  $B_{oral}$  – оральне захоплення токсиканта ( $\sim 0,4$ );  $J_{ng}$  – кількість ґрунту, що потрапляє в організм людини ( $a$  – для дорослого  $\sim 100$  мг на добу,  $ch$  – для дитини  $\sim 50$  мг на добу).

Ризик впливу токсиканта внаслідок попадання на шкіру [2]:

$$R^{skin} = \frac{SF_{skin} \times C_{soil} \times EF \times B_{skin} \times AF}{AT 10^6} \left( \frac{SA_a \times ED_a}{BW_a} + \frac{SA_{ch} \times ED_{ch}}{BW_{ch}} \right), \quad (4)$$

де  $SF_{skin}$  – кутовий коефіцієнт для токсиканта (для шкіри –  $9,7 \times 10^3$ );  $B_{skin}$  – засвоюваність токсиканта через шкіру ( $\sim 10^2$ );  $AF$  – коефіцієнт налипання токсичних часток на відкриті ділянки тіла людини ( $\sim 1,0$  мг/см<sup>2</sup>);  $SA$  – площа поверхні відкритих ділянок тіла людини, що перебуває у контакті з токсикантом ( $a$  – для дорослого  $\sim 2,8$  см<sup>2</sup> на добу,  $ch$  – для дитини  $\sim 2,2$  м<sup>2</sup> на добу).

Ризик, пов’язаний з пероральним потраплянням токсикантів з питною водою [2]:

$$R^{drink} = \frac{ED \times C_i^{drink} \times q}{BW \times LT}, \quad (5)$$

де  $C_i^{drink}$  – концентрація  $i$ -го токсиканта у воді;  $q$  – фактор токсичної сили з’єднання для людини, що розрахований ЕРА

за лінеаризованою багатоетапною моделлю «доза – ефект», який з довірчою ймовірністю 95% визначає додатковий ризик впливу хімічних з'єднань в області нижніх доз.

Ризик впливу і-го токсиканту, пов'язаний з пероральним потраплянням внаслідок споживання їжі [2]:

$$R^{eat} = \frac{SF_{eat} \times C_{ij}^{eat} \times EF \times B_{eat} \times f_{ij}^{eat} \times k_{ij}^{eat}}{AT 10^6} \left( \frac{J_{ngo a} \times ED_a}{BW_a} + \frac{J_{ngo ch} \times ED_{ch}}{BW_{ch}} \right), \quad (6)$$

де  $J_{ngo}$  – кількість харчових продуктів, що споживаються;  $C_{ij}^{eat}$  – концентрація і-го токсиканту j-му харчовому продукті споживання;  $f_{ij}^{eat}$  – частка j-их харчових продуктів у раціоні харчування;  $k_{ij}^{eat}$  – коефіцієнт переносу і-го забруднювача з навколишнього середовища в j-ом харчовому продукті, що споживається.

Для прикладу розглядалася аварія 6-15 травня 2004 року на 257-ї артилерійській базі ракет і боеприпасів поблизу села Новобогданівка Мелітопольського району Запорізької області. В довкілля було викинуто токсичного диму –  $8 \times 10^3$  тонн, пилу –  $5 \times 10^3$  тонн, сажі –  $6 \times 10^2$  тонн та летучої золи –  $1 \times 10^1$  тонн. Практично реалізація методології дозволило в якості основного негативного фактора, що впливає на населення, виділити поліциклічні ароматичні вуглеводи, а також токсичні неорганічні з'єднання, вміст яких в атмосферному повітрі за шлейфом викиду, ґрунті і питній воді брали з роботи [6]. Для кількісної оцінки ризику впливу на населення продуктів аварії, коефіцієнти в наведених вище формулах бралися з «Інформаційної системи по інтегрованій оцінці ризику (IRIS)», що випускаються EPA і Національним інститутом професійної безпеки і здоров'я США [7]. У якості репризетивного проміжку часу був вибраний один рік після аварії.

У таблиці приведені розрахункові очікувані ризики для населення, що постраждало від продуктів аварії в с. Новобогданівка.

Таблиця

| Ризик         | Населення              |                            |
|---------------|------------------------|----------------------------|
|               | Діти, віком 1+15 років | Дорослі, віком 29+59 років |
| $R^{inhal}$   | $1,2 \cdot 10^{-6}$    | $5,6 \cdot 10^{-6}$        |
| $R^{aerosol}$ | $9,0 \cdot 10^{-6}$    | $1,7 \cdot 10^{-5}$        |
| $R^{oral}$    | $7,0 \cdot 10^{-6}$    | $3,8 \cdot 10^{-5}$        |
| $R^{skin}$    | $2,0 \cdot 10^{-7}$    | $5,9 \cdot 10^{-6}$        |
| $R^{drink}$   | $2,1 \cdot 10^{-5}$    | $8,4 \cdot 10^{-5}$        |
| $R^{eat}$     | $3,0 \cdot 10^{-6}$    | $7,9 \cdot 10^{-5}$        |
| $\Sigma R$    | $4,14 \cdot 10^{-5}$   | $2,3 \cdot 10^{-4}$        |

Слід відмітити, що в сумарний ризик невелику долю вносять такі канцерогенні речовини як бенз(б)пирен, гексахлорбензол, діоксин, а також неорганічні хімічні речовини: свинець, ртуть, кадмій і нікель. Як видно з таблиці сумарний ризик і для дітей і для дорослих перевищує гранично допустимий ( $10^{-5}$ ), який обґрунтовано з науково-технічного, екологічного і соціального боку для даного етапу розвитку суспільства.

### Висновки

Таким чином, результати розрахунків за запропонованою методикою показали, що сумарний очікуваний ризик для населення, на яке впливають продукти аварій на складах боеприпасів, може перевищувати прийнятий, внаслідок чого необхідно приймати заходи забезпечення екологічної безпеки населення.

\* \* \*

1. Сидоренко В.Л. Методологічні основи проведення досліджень потенційно небезпечних військових об'єктів / В.Л. Сидоренко, С.І. Азаров // Проблеми надзвичайних ситуацій: зб. наук. праць УЦЗ України. – 2009. – Вип. 9. – С. 99–110.
2. Exposure Factors Handbook US EPA 1600.8-89.043. July, 1989.
3. Азаров С.І. Про ідентифікацію військових небезпечних об'єктів / С.І. Азаров, В.Л. Сидоренко, О.В. Бикова, С.А. Єре-

менко // Матеріали 11-ої Всеукр. наук.-практ. конф. [«Організація управління в надзвичайних ситуаціях»] (30 вер. – 1 жовт. 2009 р.) – К.: ІДУЦЗ УЦЗУ, 2009. – С.198–202.

4. Сидоренко В.Л. Забруднення повітря і ризик ураження рятівників в умовах аварії на складі боєприпасів / В.Л. Сидоренко, В.І. Паламарчук, С.І. Азаров // Український журнал з проблем медицини праці. – 2005. – Вип. 3–4. – С. 35–38.

5. Сидоренко В.Л. Оцінка впливу хімічних сполук на довкілля при вибуху підземного сховища боєприпасів / В.Л. Сидоренко, С.І. Азаров, В.І. Паламарчук // Системи управління, навігації та зв'язку. – 2008. – Вип. 1(5). – С. 93–96.

6. Азаров С.І. Оцінка хімічного забруднення довкілля в результаті аварії на складі боєприпасів у с. Новобогданівка Мелітопольського району Запорізької області (06.05.2004 р.) / С.І. Азаров, О.В. Святун, В.Л. Сидоренко, В.В. Токаревський // Гігієна населених місць. – 2005. – Вип. 46. – С. 186–190.

7. Integrated Risk Information System (IRIS) U.S. Enviroment Protection Agency. Office of Health and Enviromental Aсessment (ECAO). Cincimmari. OH. 1987–1996.

*Отримано: 27.04.2010 р.*