

УДК 577.4:614.8

В.Л. Сидоренко¹, С.І. Азаров²¹Інститут державного управління у сфері цивільного захисту, Київ²Інститут ядерних досліджень Національної академії наук України, Київ

АНАЛІЗ УРАЖАЮЧИХ ФАКТОРІВ ПРИ АВАРІЇ НА АРТСКЛАДАХ

Наданий аналіз небезпечних і шкідливих факторів при аварії на військових складах та їх вплив на військовослужбовців.

уражаючі фактори, аварія, артсклади, засоби індивідуального захисту

За даними Міністерства оборони України у Збройних Силах налічується до 184 складів та арсеналів боєприпасів, на яких зберігається біля 2,4 млн. тон вибухових речовин [1]. Надзвичайна концентрація військових баз в окремих регіонах країни обумовлюють велику імовірність виникнення аварійних ситуацій, які несуть загрозу військовослужбовцям, населенню та довкіллю.

У першу чергу, уражаючим фактором аварії піддаються військовослужбовці, які охороняють артбази. Одною з причин зниження боєспроможності військовослужбовців при локалізації та ліквідації пожеж і вибухів є раптовість перевищення допустимих рівнів безпечних умов праці. Вплив фізичних і хімічних небезпечних та шкідливих факторів пожеж і вибухів на ефективність дій військовослужбовців виявлялося у зниженні їх фізичних, психологічних та фізіологічних можливостей. Тому проведення аналізу впливу фізичних ефектів вибухів, небезпечних та шкідливих факторів пожеж на стан здоров'я військо-

вослужбовців потребує більш детального вивчення.

Небезпечним є фактор, вплив якого на військово-вослужбовців у певних умовах приводить до травми або іншому раптовому різкому погіршенню здоров'я. Шкідливим є фактор, який приводить до захворювання або зниженню робото-спроможності. Небезпечні та шкідливі фактори аварії за характером дії на військовослужбовців будемо ділити на наступні групи: фізичні, хімічні та психофізіологічні.

Фізичні фактори аварії створюють небезпеку для здоров'я військовослужбовців та визначаються ударною хвилею, високими температурами, підвищеними вологістю, запиленістю та загазованістю, високим рівнем шуму тощо. Хімічні фактори аварії – наявність у навколишньому середовищі токсичних, дратівних, канцерогенних, сенсibiliзуючих, мутагенних та отруйних речовин. Психофізіологічні фактори – наявність наднормативних фізичних та нервовопсихічних навантажень при проведенні аварійно-рятувальних робіт та ліквідації аварій та надзвичайних ситуацій.

Найбільш небезпечним фізичним фактором аварії є вибух. Вибух – процес перетворення вибухових речовин, при якому відбувається вивільнення великої кількості енергії в обмеженому об'ємі за короткий проміжок часу. Він супроводжується рядом фізичних процесів: генерацією ударної хвилі, яка розповсюджується із швидкістю декілька сот метрів у секунду з різким підвищенням тиску газів, що утворюють сильну руйнівну дію на поблизу розташованих людей та предмети, спалахом гарячих продуктів вибуху і пилу та утворенням "терміка", закиданням дрібних часток (аерозолів) на великі висоти, генерацією сейсмічних хвиль тощо.

Найбільш чуттєві до уражаючої дії вибухової хвилі є органи слуху й дихання. На практиці надання першої медичної допомоги військовослужбовцям відмічено, що найбільшому ушкодженню при вибуху підлягають легені, які складаються з повітряно-носних шляхів та кровоносних судин. При швидкому впливу повітряної ударної хвилі (ПУХ) може відбуватися розрив легень, крововилив та ателектаз легень, тромбоемболія легеневих судин, гепоторанс, синдром "вологого" легеня та у тяжких випадках – набряк легень. В подальшому на фоні наростаючої обструкції бронхіального дерева, парадоксального дихання та інфекції можуть розвиватися пневмонія, плеврит та гостра дихальна недостатність.

Органи слуху в силу своєї досить високої чутливості до низьких рівнів потоків енергії, можуть уражатися при малих значеннях тиску у фронті й тривалості. Розрив барабанної перетинки людини відбувається після її переміщення всередину під час позитивної фази навантаження ПУХ. Рівні ураження військовослужбовців від надлишкового тиску наступні (кПа): безумовне смертельне ураження – (500 – 800), поріг смертельного ураження – (200 – 300), тяжкий ступінь ураження легень – (130 – 210), розрив барабаних перетинок – (190 – 230) [2].

Під впливом тиску й аеродинамічного напору ПУХ тіло військовослужбовця може бути зрушено і перенесено на деяку відстань. При цьому ураження можуть виникати як на стадії прискорення, так і на стадії гальмового удару. Істотне значення має ураження голови й тіла при ударі об тверду поверхню. Ступінь поразки голови й тіла при ударі в результаті переносу ПУХ буде визначатися наступними факторами: зміною швидкості при ударі, часом і відстанню гальмування, типом і площею тіла. Відносна швидкість удару 3,05 м/с для частини тіла й голови практично безпечна, а поріг летального результату складає для голови без захисної каски – 3,96 м/с і частини тіла – 6,4 м/с [3]. Імовірність ураження військовослужбовця осколками на відстанях, де попадання "вторинних" осколків виводить його із строю, можна визначити як імовірність влучення в нього хоча б одного осколка. Ступінь ураження людини "первин-

ними" і "вторинними" осколками буде залежати від маси, швидкості й форми осколка. При швидкості осколка 4,57 м/с, який потрапить у каску військово-службовця, відбудеться струс мозку, а при 9,82 м/с і масі осколка 1 кг – пролам захисної каски [2].

При ураженні військовослужбовця тепловим випромінюванням буде спостерігатися порушення нервової, ендокринної і серцево-судинної систем, розладу усіх видів обміну речовин і функціонального стану внутрішніх органів. Термічне ураження дихальних шляхів супроводжується дистальним бронхітом, пневмонією і легенеvim серцем. Часто опікова хвороба супроводжується різними ускладненнями (гепатит, нефрит, гострі виразки і т.д.). Імовірність загибелі військовослужбовця при тепловому впливі залежить від ступеня опіків і розмірів обпаленої площі, віку і фізичного стану людини. Теплове випромінювання може привести також до опіку сітківки ока.

В зоні вибуху, як правило, спостерігається висока щільність пилу, диму й загазованості, що веде до втрати видимості. Середня концентрація аерозольних часток при масових вибухах може складати 300 мг/м³ на відстані 25 метрів від місця вибуху. При концентрації пилу більш 100 мг/м³ ефективність індивідуальних засобів захисту органів дихання різко знижується, оскільки ресурс їхніх захисних властивостей вичерпується протягом однієї години. Таким чином, при аварійному вибуху утворюються уражаючі фактори: ПУХ, осколки і теплове випромінювання, які можуть надавати сполучений вплив на організм військовослужбовця (розрив легень, ушкодження органів слуху, літальний ефект, ударні осколки, опіки й ін.). У зв'язку з цим важливо вивчити адитивність при спільному впливі небезпечних і шкідливих факторів вибуху і провести оцінку індивідуального ризику.

При потужних вибухах, як правило, утворюються осередки пожеж. Пожежа – неконтрольоване горіння поза спеціального осередку, що розвивається в часі і просторі та характеризується первинними (полум'я й іскри, підвищена температура, токсичні продукти згорання, дим) та вторинними (осколки, частини будівлі, що зруйнувалася, шкідливі речовини, що виділилися з ушкодженого устаткування або матеріалу, вміст яких у повітрі робочої зони перевищує гранично допустимий рівень) небезпечними факторами. Робота військовослужбовця відбувається при високій температурі навколишнього середовища і підвищеної вологості в зоні гасіння. Перепади температури й вологості створюють додаткові навантаження на організм. При швидкому збільшенні температури газу при пожежі можливі ситуації, коли безпечний час перебування людини буде лімітуватися температурою вдихуваного повітря. Практично миттєвий опік дихальних шляхів відбувається при температурі газу близько 150° С, при цьому температура незахищених ділянок шкіри мо-

же бути нижче болючого порогу. Ушкодження, заподіяні тілу тепловим випромінюванням, характеризуються наступними даними: еритема (почервоніння шкіри) – при температурі нагрівання тіла до 60° С, везикація (утворення міхурів) – до 70° С, деструкція шкіри з частковим збереженням капілярних ліній – до 100° С, опік м'язів – понад 100° С. Не діє негативно на шкіряний покрив температура 42° С, біль починає відчуватися при температурі шкіри 44° С. Зіткнення протягом 10 секунд з водою, що має температуру 60° С, приводить до часткової втрати шкірного покриву, а при температурі 70° С протягом 10 секунд викликає повну втрату шкірного покриву. При променистому тепловому потоці інтенсивністю 6,4 кВт/м² спостерігається біль після 8 секунд впливу на шкіру, 10,4 кВт/м² – біль спостерігається через 3 секунди, 16,0 кВт/м² – спостерігаються пухирі на шкірі після 5 секунд, при щільності теплового потоку 22,0 кВт/м² відбувається обвуглювання шкіри за 30 секунд, при 72,0 кВт/м² – через 5 секунд. Для малих експозицій (менше 10⁻⁴ секунди) ураження очей спостерігається при променистому тепловому потоці 1,7 кДж/м².

Напружена фізична робота військовослужбовців у таких умовах викликає порушення водно-сольового балансу, терморегуляції організму, погіршення самопочуття, головні болі, небажання рухатися, загальмованість реакції і т.п. Протягом 20 хвилин роботи при температурі навколишнього середовища до 50° С військовослужбовець втрачає від 1,5 до 2,5 літрів вологи. При підвищенні температури

тіла до 40° С і більш може наступити тепловий удар, що супроводжується появою судорог, галюцинацій, втратою свідомості. Підвищена температура в зоні пожежі сприяє посиленому виділенню токсичних продуктів згоряння (у димі може утримуватися до сотні шкідливих для здоров'я хімічних сполук). Продукти згоряння надходять в організм при вдиханні (інгаляційно), через шлунково-кишковий тракт (перорально) і відкриті рани (контактно) та можуть накопичуватися й перетерплювати біотрансформацію. Рівень впливу токсикантів визначається віком, наявністю захворювань, станом захисних систем організму людини і т.д. З огляду на величезну сумарну поверхню легень (більш 50 м²), що стикається з навколишнім середовищем, її рясне кровопостачання і малу товщину (~ 0,5 мкм) альвеолярно-капілярного бар'єру, а також слабо виражену здатність до виведення токсичних продуктів згоряння, що надійшли в легені, інгаляційний шлях надходження є одним з найбільш небезпечних для здоров'я. Швидкість надходження токсикантів в органи дихання залежить від їхньої концентрації і дисперсності золи, значення параметрів референтної людини при різних типах дихання й рівнях фізичного навантаження. В умовах реальної пожежі були виявлені токсичні гази (ТГ) концентрацією (мг/м³): сірчистий ангідрид (SO₂) – (200 ÷ 800), діоксид азоту (NO₂) – (400 ÷ 1000), оксид вуглецю (CO) – (800 ÷ 1600), вуглекислий газ (CO₂) – (1100 ÷ 4300). У табл. 1 представлені характеристики основних токсичних газів, виявлених у продуктах згоряння [2].

Таблиця 1

Характеристики токсичних газів

Найменування речовини	Токсична дія на організм людини	Максимально допустима концентрація у повітрі робочої зони, мг/м ³	Клас токсичності
Діоксид азоту	Роздратування дихальних шляхів і очей, сльозоточіння, кашель, бронхіт	3	3
Сірчаний ангідрид	Слабкість, запаморочення, роздратування слизових оболонок, оніміння кінцівок	5	3
Оксид вуглецю	Слабкість, запаморочення, головний біль, підвищений кров'яний тиск, блювота, задишка, уповільнене дихання	20	4
Вуглекислий газ	Функціональний розлад дихання і серцево-судинної системи	не нормується	4

Токсичність газоподібних продуктів згоряння визначається як відносна здатність хімічних сполук наносити шкоду організму внаслідок несприятливого біологічного ефекту. За характером впливу на організм людини токсичні гази можна підрозділяти на отруйні, задушливі, дратівні, загальнотоксичні і наркотичні. Діоксид азоту, потрапляючи в організм людини через дихальні шляхи, утворює у крові метгемоглобін, що діє уражаюче, оскільки при взаємодії із слизовою оболонкою перетворюється в азотну кислоту. Перші симптоми отруєння розвиваються через 5 – 6 годин і виражаються в появі кашлю, ядухи й задишки. У важких випадках виникає набряк легень. Сірчистий ангідрид викликає дратівну дію на слизові оболонки очей і верхні дихальні шляхи, володіє резорбтивною властивіс-

тю, порушує обмінні процеси, приводить до гіперемії слизових оболонок, нежиті, кашлю, загальному нездуванню. Оксид вуглецю, володіючи спорідненістю з гемоглобіном у 300 разів більшим, ніж кисень, витісняє останній і утворює карбоксигемоглобін, в результаті чого здатність крові переносити кисень до органів і тканин різко знижується, настає гіпоксемія, а у важких випадках – апоксемія. Інтоксикація токсичними газами залежить від дифузійної здатності легень, концентрації токсикантів у повітрі і тривалості їхнього впливу, станом кровообігу й вентиляції легень і змісту кисню у повітрі, яке вдихає людина.

У загальному випадку швидкість надходження газів в органи дихання можна описати наступним виразом [4]

$$W(t) = \int_{t} \int_{D_a} V_{л}(t) C(D_a, t) dD_a dt, \quad (1)$$

де $V_{л}$ – обсяг повітря, що вдихає людина за період часу t ; $C(D_a, t)$ – концентрація токсикантів, що відпо

відає дисперсності в повітрі робочої зони; D_a – аеродинамічний діаметр золи, що знаходиться у повітрі.

В табл. 2 надані розрахункові дані щодо порогів ураження військовослужбовців токсичними газами.

Таблиця 2

Розраховані порогові ураження військовослужбовців токсичними газами

Найменування речовини	Токсодоза, мг · хв./л		
	Стерпна	Небезпечна	Смертельна
Діоксид азоту	0,14	1,56	7,89
Сірчистий ангідрид	0,21	1,82	9,45
Оксид вуглецю	16,5	33,3	136,6
Вуглекислий газ	780	1620	2700

Безпечні умови праці військовослужбовців при впливу декількох токсичних газів на їхній організм буде визначатися наступною залежністю [3]

$$K = \sum_{j=1}^M \frac{C_j^{T.G.}}{MДК_j^{T.G.}} \leq 1, \quad (2)$$

де M – кількість токсикантів односпрямованої дії; $C_j^{T.G.}$ – концентрація j -го токсичного газу; $MДК_j^{T.G.}$ – максимально допустима концентрація j -го токсичного газу.

У продуктах згоряння в летучих зольних частках були виявлені токсичні метали (ТМ) з концентрацією (мг/м³):

- ванадій (V) – (0,3 ÷ 0,5),
- кобальт (Co) – (0,02 ÷ 0,5),
- барій (Ba) – (0,01 ÷ 0,03),
- хром (Cr) – (0,01 ÷ 0,6) та ін.

У табл. 3 представлені фізико-хімічні й біологічні характеристики ТМ, виявлених у летучій золі [2].

Таблиця 3

Фізико-хімічні і біологічні характеристики металів

Елемент	Щільність, г/см ³	ГДК ^{ТМ} , мг/м ³	Клас небезпеки	Коефіцієнт всмоктування в легені	Клас трансатабельности
Миш'як	5,73	0,01	2	0,27	тижні
Ванадій	5,87	0,1	1	–	тижні
Нікель	8,90	0,05	1	0,4	тижні
Мідь	8,92	0,5	2	0,39	роки
Свинець	10,3	0,005	1	0,29	тижні
Хром	6,92	0,1	3	0,28	тижні
Цинк	7,4	0,5	2	0,3	роки
Марганець	7,2	0,2	2	0,3	тижні
Залізо	7,86	5,0	4	0,75	дні
Олово	7,28	–	–	–	тижні
Кадмій	8,64	0,01	1	0,3	роки
Кобальт	8,9	0,01	3	0,4	тижні

З табл. 3 видно, що найбільш повільно (з періодом напіввиведення більш одного року) будуть видалятися з дихальних шляхів мідь, цинк і кадмій, а за класом небезпеки найбільш шкідливими для здоров'я є свинець, нікель, кадмій і ванадій.

Токсичні метали, надходячи через дихальні шляхи в організм людини в надлишковій кількості, накопичуються вибірково в органах і тканинах та викликають канцерогенну дію: нікель – дратівну, мутагенну і тератогенну; свинець – ураження центральної і периферичної нервової систем, некротичні процеси в слизовій оболонці носа і пневмонія; цинк – сухість у горлі, кашель, нудоту і блювоту, втому і сонливість; кадмій – приводить до зміни каталазної активності крові й тканин печінки, впливає на вуглеводний об-

мін; магній – викликає підвищення температури тіла, нейтрофільний лейкоцитоз, бронхіт і пневмонію; миш'як – надає виражений ушкоджуючий ефект при попаданні на слизові оболонки очей і дихальних шляхів, набряк легень, обличчя і вік; залізо – викликає бронхіти, емфізему, сухий плеврит. Тканини й органи людини акумулюють ТМ вибірково, у результаті чого наноситься збиток як окремому органу, так і всьому організму. Наприклад, Cd і Mn накопичуються в нирках, Sn – у тканинах кишечника, V – у волоссях і нігтях, Zn – у передміхуровій залозі, Cu – у тканинах мозку. Канцерогенні ефекти ураження ТМ реалізуються переважно за конкурентним механізмом з іншими металами. У залежності від ступеня ураження різних органів і тканин протягом

патологічного процесу, ТМ можна умовно розділити на такі, що викликають патологічні явища переважно з боку органів дихання (Fe, Sn та ін.), порушення функцій внутрішніх органів (Cr, V, Ni, Co, Cu та ін.), гострі і хронічні отруєння (Pb, Cd та ін.).

Найважливішими оціночними критеріями небезпеки ТМ, виявленими у летучій золі, є величина і швидкість їхнього надходження в дихальні шляхи й кратність накопичення в організмі. Через велику кількість різноманітних канцерогенних речовин різноспрямованої дії з різними фізико-хімічними властивостями, а також особливостями біологічних середовищ органів і тканин, у яких здійснюються взаємодії і хімічні перетворення, не представляється можливим цілком описати хімічну та біологічну кінетику токсикантів. У зв'язку з цим, при впливі декількох ТМ на організм людини, безпечні умови праці будуть виконуватися за умови [3]

$$\sum_{i=1}^M \frac{C_i^{T.M.}}{MДК_i^{T.M.}} \leq 1, \quad (3)$$

де $C_i^{T.M.}$ – концентрація i -ї канцерогенної речовини; $MДК_i^{T.M.}$ – гранично допустима концентрація i -ї канцерогенної речовини; M – кількість ТМ у летучій золі.

Токсодозу від інгаляційного надходження ТМ при недотриманні правил техніки безпеки військовослужбовцями визначали за формулою

$$D^{T.M.}(x) = \int_0^t V_{л} C^{T.M.}(x, t) K_i^{T.M.}(t) dt, \quad (4)$$

де $K^{T.M.}(t)$ – коефіцієнт сорбції ТМ в організмі людини; $C^{T.M.}(x, t)$ – концентрація ТМ у точці x в момент часу t ; t – час впливу токсикантів.

Для оцінки ризику впливу ТМ на організм людини застосовувався вираз

$$R^{T.M.} = \sum_i \sum_j \frac{D_{ij}^{T.M.} B(D_a)_{ij}}{m_{лj}} 10^3, \quad (5)$$

де $B(D_a)_{ij}$ – коефіцієнт канцерогенного ризику від i -го ТМ у j -му органі людини; $m_{лj}$ – маса j -ї тканини або органа людини.

У табл. 4 представлені результати розрахунку дозового навантаження й індивідуальний ризик захворіти військовослужбовців, які піддалися впливу токсичних продуктів згоряння (важкі метали) протягом однієї години, при темпі дихання $1,2 \text{ м}^3/\text{год.}$ без застосування засобів захисту органів дихання.

Таблиця 4

Розраховані дані про дозове навантаження й індивідуальний ризик захворіти від впливу токсичних металів, що знаходяться у летучій золі

Елемент	Середня концентрація ТМ, яка виявлена у летучій золі, мг/кг	Дозове навантаження на організм, мг	Індивідуальний ризик з ахворіти, рік ⁻¹
Свинець	64 ± 5,0	0,06	7,5 · 10 ⁻⁴
Нікель	150 ± 10	0,43	2,6 · 10 ⁻⁵
Ванадій	250 ± 20	1,01	7,1 · 10 ⁻⁵
Кадмій	140 ± 10	0,12	1,3 · 10 ⁻⁵
Марганець	570 ± 30	2,25	1,8 · 10 ⁻⁶
Цинк	260 ± 20	1,23	0,9 · 10 ⁻⁶
Мідь	790 ± 30	3,09	0,1 · 10 ⁻⁶

Імовірність нанесення військовослужбовцю травм при аварійно-рятувальних роботах є важливим показником для кількісної оцінки небезпечних умов праці. Під імовірністю виникнення нещасного випадку (травми) будемо розуміти послідовність однорідних випадкових подій, наступаючих у випадковий момент часу на заданій відстані від місця ураження.

Для визначення умовної імовірності травмування військовослужбовця була використана пробіт-функція у вигляді [5]

$$W(r, t) = \frac{1}{\sqrt{2p}} \int_{\infty}^{\text{Pr}(t)-5} \exp\left[-\frac{U(r, t)^2}{2}\right] dU(r, t) dt, \quad (6)$$

де $U(r, t)$ – параметр нещасного випадку від уражаючого фактора для військовослужбовця, що знаходиться на відстані r від місця пожежі.

В табл. 5 надані розрахункові параметри для різних уражаючих факторів аварій.

Слід зазначити, що розрахунок носить консервативний характер. Тому в кожному конкретному випадку треба враховувати реальні умови, параметри аварії, наявність уражаючих факторів аварії, зони ураження та ін.

Таким чином, вплив небезпечних і шкідливих факторів, а також психофізичних аспектів при аварії на складі боєприпасів формує у військовослужбовців екстремальні умови праці: високий рівень ризику втрати здоров'я, власного життя або одержання травми. Робота в таких умовах приводить до виникнення різних захворювань, травм і іншим небажаним психологічним наслідкам, що негативно впливають на боєздатність аварійно-рятувальних підрозділів.

Параметри пробіт-функції для різноманітних уражаючих факторів у початковий момент часу

Уражаючий фактор та його наслідки	Коефіцієнти		Величина уражаючого фактора, D	Примітки
	A	B		
1. Ударна хвиля:				
– розрив легень	5	– 5,74	$4,2/(1+ДР/Р)+1,3\left(P_0^{0,5}m_T^{1/3}\right)/I$	ΔР – надмірний тиск в ударній хвилі; P ₀ – атмосферний тиск; I – імпульс ударної хвилі; m _T – маса тіла людини.
– металний ефект ПУХ	5	– 2,44	$138 \times 10^6 / ДР + 130 \times 10^6 / ДР I$	
– ураження органів слуху	– 12,6	1,52	ДР	
2. Осколки:				
– ріжучі осколки масою до 0,1 кг	– 29,6	2,1	$m_0 V^{5,12}$	m ₀ – маса осколка; V – швидкість осколка
– ударні осколки масою до 0,1 кг	– 17,6	5,3	$0,5 m_0 V^2$	
– осколки масою від 0,1 до 4,2 кг	– 13,2	10,5	V	
3. Теплове випромінювання:				
– загибель без захисного одягу	– 14,9	2,56	$Dt q^{4/3}$	Δt – ефективний час експозиції; q – інтенсивність тепло-виділення
– загибель у захисному одягу	– 15,7	2,56	$Dt q^{4/3}$	
– опіки 1-го ступеню	– 36,4	3,02	$Dt q^{4/3}$	
– опіки 2-го ступеню	– 37,2	3,02	$Dt q^{4/3}$	
4. Токсичне ураження:				
– чадний газ	– 7,4	1	$C^n \phi_n = 1,5$	C – концентрація токсичного газу; τ – час
– двоокис азоту	– 18,6	1	$C^n \phi_n = 3,7$	
– двоокис сірки	– 15,67	2,1	$C^n \phi_n = 1,0$	
– хлористий водень	– 6,7	1	$C^n \phi_n = 1,0$	

Висновки

Аналіз аварій та надзвичайних ситуацій на артекладах показав, що існуюча система локалізації і ліквідації таких аварій недосконала і потребує доопрацювання.

Аналіз смертельного травматизму показав, що основними причинами нещасних випадків, які пов'язані з порушенням правил техніки безпеки й охорони праці та людським фактором, є порушення виробничої та технологічної дисципліни.

Наведена оцінка показала, що військовослужбовці не у повній мірі забезпеченні високоефективними засобами індивідуального захисту від впливу небезпечних та шкідливих факторів аварії.

Для запобігання таких аварій необхідно посилити профілактику, забезпечити системами раннього виявлення аварій, удосконалити системи фізичного захисту і контролю доступу на об'єктах та застосувати робототехнічні засоби пожежегасіння.

Необхідні подальші дослідження у галузі соціальної захищеності і розробки інформаційної бази даних про нещасні випадки з урахуванням накопиченого досвіду.

Список літератури

1. Черногор Л.Ф. Взрывы боеприпасов на военных базах – источник экологических катастроф в Украине // *Екологія і ресурси*. – 2004. – Вип. 10. – С. 55-67.
2. Азаров С.И. Оценка опасности сочетанного действия техногенных факторов при авариях // *Гігієна праці: Зб. наук. праць ІГП*. – К.: ІГП, 2000. – № 31. – С. 110-114.
3. Токаревский В.В., Азаров С.И., Сорокин Г.А., Сидоренко В.Л. Аварии на взрывопожароопасных объектах и моделирование их экологических последствий // *Екологія і ресурси: Зб. наук. праць ІПНБ*. – К.: ІПНБ, 2005. – № 11. – С. 59-72.
4. Азаров С.И., Святун О.В. Анализ условной вероятности возникновения производственных травм при авариях // *Гігієна праці: Зб. наук. праць ІГП*. – К.: ІГП, 2004. – № 35. – С. 129-138.
5. Азаров С.И., Перімов Р.В. Математична модель оцінки ризику травмування // *Вісник НТУУ «КПІ» Сер. «Гірництво»: Зб. наук. праць НТУУ «КПІ»*. – К.: НТУУ «КПІ», 2004. – № 10. – С. 128-132.

Надійшла до редакції 1.08.2006

Рецензент: канд. фіз.-мат. наук, ст. наук. співр. В.І. Гранцев, Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ.