

ЕКСПЕРТНА ОЦІНКА РОЗРАХУНКУ НАДНОРМАТИВНОЇ МАСИ ВИКИДІВ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН У ПОВІТРЯ ЗА ЧАС НАДЗВИЧАЙНОЇ СИТУАЦІЇ З ВИБУХАМИ БОЄПРИПАСІВ**О. Є. Васюков, В. М. Лобойченко, Е. В. Іванов, А. В. Пліско**

Національний університет цивільного захисту України

вул. Чернишевська, 94, м. Харків, 61023, Україна. E-mail: vasyukov.ae@nuczu.edu.ua, vloboichm@gmail.com

Розглянуто проблеми розрахунку збитків від викидів забруднюючих речовин у повітря внаслідок надзвичайної ситуації. Для врахування законодавчих вимог щодо властивостей забруднюючих речовин запропоновано масу наднормативного викиду i -тої забруднюючої речовини в атмосферне повітря від надзвичайної ситуації техногенного характеру з вибухами боєприпасів визначати з урахуванням значення затвердженого нормативу якості атмосферного повітря за i -тою забруднюючою речовиною. На прикладі розгляду статистичних даних щодо надзвичайної ситуації техногенного характеру з вибухами боєприпасів в м. Лозова встановлено залежність між кількістю забруднюючої речовини, що викидається в атмосферне повітря, та діяльністю, пов'язаною з цим викидом: в перший день надзвичайної ситуації техногенного характеру в атмосферу при знищенні патронів для стрілецької зброї викидається майже половина ртуті, а друга половина поступово викидається протягом 12 днів. Отримано, що ця залежність описується ступеневою функцією.

Ключові слова: вибухи боєприпасів, викиди забруднюючих речовин, забруднення атмосфери, екологічний збиток, патрони для стрілецької зброї.

ЭКСПЕРТНАЯ ОЦЕНКА РАСЧЕТА СВЕРХНОРМАТИВНОЙ МАССЫ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В ВОЗДУХ ЗА ВРЕМЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ СО ВЗРЫВАМИ БОЕПРИПАСОВ**А. Е. Васюков, В. М. Лобойченко, Е. В. Иванов, А. В. Плиско**

Национальный университет гражданской защиты Украины

ул. Чернышевская, 94, г. Харьков, 61023, Украина. E-mail: vasyukov.ae@nuczu.edu.ua, vloboichm@gmail.com

Рассмотрены проблемы расчета убытков от выбросов загрязняющих веществ в воздух вследствие чрезвычайной ситуации. Для учета требований законодательства относительно свойств загрязняющих веществ предложено массу сверхнормативного выброса i -того загрязняющего вещества в атмосферный воздух от чрезвычайной ситуации техногенного характера со взрывами боеприпасов определять с учетом значения утвержденного норматива качества атмосферного воздуха для i -того загрязняющего вещества. На примере рассмотрения статистических данных по чрезвычайной ситуации техногенного характера со взрывами боеприпасов в г. Лозовая установлена зависимость между количеством загрязняющего вещества, выбрасываемого в атмосферу, и деятельностью, связанной с этим выбросом: в первый день чрезвычайной ситуации техногенного характера в атмосферу при уничтожении патронов для стрелкового оружия выбрасывается почти половина ртути, а вторая половина постепенно выбрасывается в течение 12 дней. Получено, что эта зависимость описывается степенной функцией.

Ключевые слова: взрывы боеприпасов, выбросы загрязняющих веществ, загрязнение атмосферы, экологический ущерб, патроны для стрелкового оружия.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Відповідно до Методики оцінки збитків від наслідків надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру [1] (далі - Методика № 175) розрахунок збитків від викидів забруднюючих речовин у повітря запропоновано проводити на основі показника базової ставки компенсації збитків за викид 1 тони умовної забруднюючої речовини з урахуванням обсягу фактичного забруднення, відносної небезпечності забруднюючих речовин та регулюючих коефіцієнтів формулою:

$$A_{\phi} = M_i \times P_i \times A_i \times K_m \times Kz_i; \quad (1)$$

де: A_{ϕ} – збитки від забруднення атмосферного повітря, грн; M_i – маса i -ї забруднюючої речовини, що була викинута в повітря внаслідок надзвичайної ситуації (НС), т. Розраховується експертним шляхом; P_i – базова ставка компенсації збитків у

частках мінімальної заробітної плати за одну тону умовної забруднюючої речовини, грн/т; A_i – безрозмірний показник відносної небезпечності забруднюючої речовини (розраховується у порядку, визначеному Мінекоресурсів України); K_m – коефіцієнт урахування територіальних соціально-екологічних особливостей; Kz_i – коефіцієнт забруднення атмосферного повітря в населеному пункті.

При оцінці збитків від наслідків надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру за формулою (1) враховують всю масу i -ї забруднюючої речовини, що була викинута в повітря внаслідок надзвичайної ситуації. При цьому поняття «нормативні» або «наднормативні» викиди забруднюючих речовин відсутні.

В той же час в Методиці розрахунку розмірів відшкодування збитків, які заподіяні державі в результаті наднормативних викидів забруднюючих

Оцінка та прогнозування техногенного впливу на довкілля

речовин в атмосферне повітря [2] (далі Методика № 639) наведена загальна формула, за якою визначається розмір відшкодування збитків за наднормативний викид забруднюючих речовин. Ця формула має багато спільного з формулою (1):

$$A_{\phi} = m_i \times 1,1 \times \Pi_i \times A_i \times K_m \times K_z, \quad (2)$$

де A_{ϕ} – розмір збитків, грн; m_i – маса i -тої забруднюючої речовини, що викинута в атмосферне повітря наднормативно, т; $1,1 \times \Pi$ – розмір мінімальної заробітної плати (Π) на момент виявлення порушення за одну тонну умовної забруднюючої речовини, помноженої на коефіцієнт (1,1), грн/т; A_i – безрозмірний показник відносної небезпечності i -тої забруднюючої речовини; K_m – коефіцієнт, що враховує територіальні соціально-екологічні особливості; K_z – коефіцієнт, що залежить від рівня забруднення атмосферного повітря населеного пункту i -тою забруднюючою речовиною.

Принципово формули (1) та (2) розрізняються не тільки на коефіцієнт 1,1. У формулі (1) для розрахунку збитку використовується вся маса i -ї забруднюючої речовини, що була викинута в повітря внаслідок НС (M_i), а у формулі (2) – маса i -тої забруднюючої речовини, що викинута в атмосферне повітря наднормативно (m_i). Очевидно, що M_i дорівнює або більше m_i .

Тому одними з головних проблем застосування формули (1) для розрахунку збитків від викидів забруднюючих речовин у повітря є:

– невизначеність поняття «експертний шлях» для розрахунку маси i -ї забруднюючої речовини, що була викинута в повітря внаслідок НС;

– облік різниці між M_i та m_i .

Розрахунок m_i для формули (2) в Методиці № 639 [2] виконується за вимогами п. 3.6 «... Розрахунок маси наднормативного викиду забруднюючої речовини в атмосферне повітря від джерела викиду, який здійснюється без дозволу на викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами, здійснюється за параметрами джерела викиду (джерела утворення), зафіксованими у відповідній документації суб'єкта господарювання (матеріали інвентаризації стаціонарних джерел викидів, технологічні регламенти виробництва, режимні карти роботи паливовикористовувального обладнання, питомі викиди (показники емісії), дані державних статистичних спостережень з охорони атмосферного повітря за формою № 2-ТП (повітря)), або згідно з методиками для розрахунків маси викидів забруднюючих речовин за час роботи джерела без дозволу на викиди ...».

Слід зазначити, що в п. 3.6 Методики № 639 не наведено конкретну розрахункову формулу для чіткого визначення m_i . В той же час величини викинутих мас належать до найголовніших показників охорони атмосферного повітря. Отже таке визначення може виконуватися виходячи з різних умов.

В Україні значна кількість робіт по оцінці хімічного забруднення навколишнього середовища при аваріях на складах боєприпасів виконано В.Л. Сідоренко і С.І. Азаровим зі співавторами [3, 4]. У цих роботах дана оцінка викидів в атмосферу оксиду і діоксиду вуглецю, діоксиду сірки, сажі або вуглецю, свинцю і його сполук, міді, нікелю, зокрема, в результаті надзвичайних ситуацій техногенного характеру (НСТХ) з вибухами боєприпасів с. Новобогданівка Мелітопольського району Запорізької області (2004 рік).

Екологічний збиток, заподіяний атмосферному повітрю при викидах в нього забруднюючих речовин запропоновано розраховувати за формулою [5]:

$$A_{\phi} = Q_{\text{вик}} \times \tau_a \times \Pi \times f_a; \quad (3)$$

де: $Q_{\text{вик}}$ – приведена маса викиду забруднюючих речовин, т; τ_a – коефіцієнт відносної небезпеки забруднення території; Π – питомий збиток від викиду одної умовної тони забруднюючих речовин, грн/т; f_a – поправка, що враховує характер розсіювання забруднюючих речовин.

Приведена маса викиду продуктів НС в атмосферу обчислюється за формулою (4):

$$Q_{\text{вик}} = \sum(a_i \times M_i); \quad (4)$$

де: a_i – коефіцієнт відносної агресивності продуктів надзвичайної ситуації; M_i – маса i -ї забруднюючої речовини, що потрапила в атмосферу від надзвичайної ситуації; i – кількість забруднюючих речовин, що потрапила в атмосферу від надзвичайної ситуації.

Три публікації присвячено аналізу наслідків НСТХ з вибухами боєприпасів на території військової частини А 0829 у м. Лозова (2008 рік) [6, 7, 8].

У першому повідомленні [7] представлена оцінка кількості викидів в атмосферу газоподібних речовин і ртуті після вибуху патронів для стрілецької зброї. Показано, що в результаті НСТХ на території військової частини А 0829 від знищення патронів для стрілецької зброї в атмосферу було викинуто $\approx 1 \times 10^6$ м³ газоподібних речовин і більш 1500 кг ртуті. У другому повідомленні [8] було підраховано, що від знищення артилерійських пострілів в атмосферу було викинуто $\approx 7 \times 10^6$ м³ газоподібних речовин.

Метою роботи є обґрунтування варіанту експертного розрахунку маси i -ї забруднюючої речовини, що наднормативно викинута в повітря внаслідок НСТХ з вибухами боєприпасів.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. За основу варіанту експертного розрахунку маси i -ї забруднюючої речовини, яка наднормативно викинута в повітря внаслідок НСТХ з вибухами боєприпасів, взято загальні положення Методики № 639 [2]. Відповідно до Методики № 639 зміст п. 3.6 є нормативною підставою для розрахунку мас наднормативних викидів за кожною джерело-речовиною. Але в цьому змісті не наведено

Оцінка та прогнозування техногенного впливу на довкілля

конкретну розрахункову формулу для чіткого визначення маси наднормативного викиду. Тому визначення мас може бути виконано, виходячи з різних умов, які повинні задовольняти вимогам законодавства про охорону атмосферного повітря.

В Методиці № 639 для розрахунку маса наднормативного викиду *i*-тої забруднюючої речовини в атмосферне повітря від джерела викиду цієї забруднюючої речовини (m_i , т) наведені формула (5) та формула (6):

$$m_i = 3,6 \times 10^{-3} \times (q_{mi} - q_{тнорм}) \times T; \quad (5)$$

де: q_{mi} – середнє значення масової витрати *i*-тої забруднюючої речовини, г/с; $q_{тнорм}$ – значення затвердженого нормативу викиду *i*-тої забруднюючої речовини, наведеного в дозволі на викид, г/с; T – час роботи джерела викиду *i*-тої забруднюючої речовини в режимі наднормативного викиду, год.

$$m_i = 0,0036 \times (M_{\phi} - M_{\delta}) \times T; \quad (6)$$

де: M_{ϕ} – фактична кількість шкідливих речовин, викинутих в атмосферу, г/с; M_{δ} – потужність дозволеного викиду шкідливих речовин, г/с.

Слід зазначити, що насправді у наведеній формулі m_i стосується не джерела, а речовини, точніше, джерело-речовини (кожної речовини, що викидається з кожного джерела). Тобто розрахунок за наведеною формулою повинен здійснюватися для кожного рядка (джерело-речовини) у розрахунковій таблиці мас наднормативного викиду *i*-тої забруднюючої речовини в атмосферне повітря.

Порівняння змісту величини потужності дозволеного викиду (M_{δ}) з аналогічними показниками затвердженого нормативу викиду ($q_{тнорм}$) у формулах (5) та (6) свідчить про значну змістовну відмінність. Наявність $q_{тнорм}$ означає, що формули (5) застосовуються у випадках наявності затвердженого нормативу викиду *i*-тої забруднюючої речовини, наведеного в дозволі на викид, якого в період НСТХ немає. Врахування цієї особливості здійснюється у розрахунку збитків від наслідків надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру за Методикою № 175 шляхом обрання значення $M_{\delta} = 0$ без будь-якого обґрунтування. Такий підхід слід визнати помилковим, бо у даному випадку «0» («нуль») не означає «відсутність».

Тому слід визнати, що формула (1) Методиці № 175 для оцінки збитків від викидів забруднюючих речовин у повітря використовується у разі НСТХ з вибухами боєприпасів для невідповідних умов.

Але при зазначеному підході у застосованій в разі НСТХ з вибухами боєприпасів формулі залишається невідображеною головна властивість забруднюючих речовин, що визначена законодавством: *речовина, яка викидається в атмосферне повітря, належить до забруднюючих лише у випадку перевищення нею нормативу якості*

атмосферного повітря. Тобто визначальною для забруднюючої речовини є кількісна характеристика фактичного вмісту такої речовини в атмосферному повітрі. Щодо цього у ст. 1 Закону України «Про охорону атмосферного повітря» [9] наведено юридичне визначення: «... забруднююча речовина – речовина хімічного або біологічного походження, що присутня або надходить в атмосферне повітря і може прямо або опосередковано справляти негативний вплив на здоров'я людини та стан навколишнього природного середовища ...». Таке саме значення надається цьому терміну за визначенням у п. 1.5 Методици № 639. Наведена у даному визначенні можливість справляння негативного впливу залежить від вмісту (концентрації) забруднюючої речовини в атмосферному повітрі та ним обумовлена.

Дійсно, у ст. 1 [9] наведено чіткий критерій негативного впливу забруднюючої речовини: «... норматив якості атмосферного повітря – критерій якості атмосферного повітря, який відображає гранично допустимий максимальний вміст забруднюючих речовин в атмосферному повітрі і при якому відсутній негативний вплив на здоров'я людини та стан навколишнього природного середовища ...». Якщо справляється зазначений негативний вплив, то за визначенням у ст. 1 [9] виникає «... забруднення атмосферного повітря - змінення складу і властивостей атмосферного повітря в результаті надходження або утворення в ньому фізичних, біологічних факторів і (або) хімічних сполук, що можуть несприятливо впливати на здоров'я людини та стан навколишнього природного середовища ...».

Отже, з одного боку, у п. 3.6 Методици № 639 відсутня законодавчо закріплена формула для розрахунку маси наднормативного викиду забруднюючої речовини в атмосферне повітря від джерела викиду, який здійснюється без дозволу на викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами. З другого боку, формули (5) і (6) не відповідають законодавчим вимогам щодо властивостей забруднюючих речовин.

Для врахування зазначеної вимоги щодо властивостей забруднюючих речовин та особливості протікання НСТХ можливо скористатися основними формулами, що надані у п. 3.1 та п. 3.2 Методици № 639 відповідно за формулою (7):

$$m_i = 3,6 \times 10^{-6} \times (C_{Vi} - C_{Внорм}) \times q_v \times T; \quad (7)$$

де: m_i – маса наднормативного викиду *i*-тої забруднюючої речовини в атмосферне повітря від джерела викиду цієї забруднюючої речовини, т; C_{Vi} – середнє значення масової концентрації *i*-тої забруднюючої речовини, мг/м³; $C_{Внорм}$ – значення затвердженого нормативу викиду *i*-тої забруднюючої речовини, наведеного в дозволі на викид, мг/м³; q_v – значення об'ємної витрати газопилового потоку від джерела викиду *i*-тої забруднюючої речовини, приведене до нормальних

Оцінка та прогнозування техногенного впливу на довкілля

умов, м³/с, замінивши в них зміст величини $C_{Внорм}$ та T наступним чином:

$$m_i = 3,6 \times 10^{-6} \times (C_{Bi} - ГДК_{Bi}) \times q_v \times t; \quad (8)$$

де $ГДК_{Bi}$ – значення затвердженого нормативу якості атмосферного повітря за i -тою забруднюючою речовиною, мг/м³; t – час викиду i -тої забруднюючої речовини при протіканні НСТХ, год.

На відміну від формули (7), наведена розрахункова формула (8), що включає значення затвердженого нормативу якості атмосферного повітря за i -тою забруднюючою речовиною, повністю відповідає вимогам законодавства щодо визначення та властивостей речовин, забруднюючих атмосферне повітря.

Слід зазначити, що формула (8) для розрахунку маси наднормативного викиду забруднюючої речовини в атмосферне повітря від НСТХ, коли викид здійснюється без дозволу на викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря, в окремих випадках може істотним чином впливати на розмір збитку.

В разі рівності $ГДК_{Bi}$ й C_{Bi} , або перевищення $ГДК_{Bi}$ над C_{Bi} , слід вважати, що збиток за викиди i -тої забруднюючої речовини в атмосферне повітря відсутній. Але такий випадок не характерний для НСТХ з вибухами боєприпасів.

Наприклад, в період НСТХ з вибухами боєприпасів у с. Новобогданівка Мелітопольського району Запорізької області були зафіксовані такі концентрації забруднюючих речовин в атмосферному повітрі (мг/м³) (в дужках наведені відповідні ГДК середньодобові, мг/м³): сажа - 40 - 80 (0,05), діоксид сірки - 200 - 800 (0,05), діоксид азоту - 400 - 1000 (0,06), оксид вуглецю - 800 - 1600 (3,0) свинець - 2,6 - 4,2 (0,0003) [5]. Масова частка ГДК на фоні зафіксованих концентрації забруднюючих речовин дуже мала і складає для сажі $\approx 0,1\%$, для діоксиду сірки $\approx 0,01\%$, для діоксиду азоту $\approx 0,01\%$, для оксиду вуглецю $\approx 0,3\%$, для свинцю $\approx 0,01\%$.

Таким чином, для випадку НСТХ з вибухами боєприпасів в с. Новобогданівка Мелітопольського району Запорізької області використання розрахункової формули (8), що включає значення затвердженого нормативу якості атмосферного повітря за i -тою забруднюючою речовиною відповідно вимогам законодавства щодо визначення та властивостей речовин, забруднюючих атмосферне повітря, знижує m_i по відношенню до M_i на 0,01 - 0,3%. Зниження m_i по відношенню до M_i на 0,01 - 0,3% для випадку НСТХ з вибухами боєприпасів в с. Новобогданівка слід вважати не істотним.

У разі, коли відома M_i , формулу (8) можна перетворити в такий вигляд:

$$m_i = M_i - 3,6 \times 10^{-6} \times ГДК_{Bi} \times q_v \times t; \quad (9)$$

Слід зазначити, що відповідно до формули (9) на значення m_i можуть чинити істотний вплив три

складові: величина $ГДК_{Bi}$, значення об'ємної витрати газопилового потоку та тривалість НСТХ з вибухами боєприпасів. Чим більше величина $ГДК_{Bi}$, значення об'ємної витрати газопилового потоку та тривалість НСТХ з вибухами боєприпасів, тим менше m_i .

Як зазначено вище, m_i стосується не джерела, а речовини, точніше, джерело-речовини (кожної речовини, що викидається з кожного джерела). До основних джерел викидів забруднюючих речовин в разі НСТХ з вибухами боєприпасів можна віднести патрони до стрілецької зброї, артилерійські постріли унітарного заряджання, гранати, мінні і т.п. Тобто розрахунок m_i повинен здійснюватися для кожного рядка (джерело-речовини) у розрахунковій таблиці мас наднормативного викиду i -тої забруднюючої речовини в атмосферне повітря.

Масу i -ої забруднюючої речовини, що потрапила в атмосферу від НСТХ з вибухами боєприпасів можна визначити декількома способами [5, 7, 8].

Якщо в якості джерела викидів взяти вибух патронів до стрілецької зброї, то масу i -ої забруднюючої речовини, що є складовою частиною патронів та потрапила в атмосферу від НСТХ з вибухами боєприпасів запропоновано розраховувати як добуток маси i -ої забруднюючої речовини в одному патроні на загальну кількість патронів, що вибухнули. Результати дослідження показали, що в одній капсулі для патронів до стрілецької зброї міститься $\approx 3,0$ мг ртуті та $\approx 4,8$ мг сурми, які викидаються в атмосферу в умовах пожежі і вибухів на арскладі. Кількість ртуті та сурми, що було викинуто в атмосферу в результаті НСТХ на території військової частини А 0829 від знищення $5,18 \times 10^8$ патронів для стрілецької зброї склала $M_{Hg} = 1554$ кг, $M_{Sb} = 2486$ кг [7].

Для умов НСТХ з вибухами боєприпасів розглянемо значення об'ємної витрати газопилового потоку від джерела викиду i -ої забруднюючої речовини (q_{vi}) – відношення об'єму газопилового потоку до одиниці часу. У нашому випадку газопиловий потік - газ, що містить забруднюючі речовини (наприклад ртуть, сурму) в будь-якому агрегатному стані й неорганізовано відводиться від джерела утворення забруднюючих речовин – території НСТХ з вибухами боєприпасів. Це визначення газопилового потоку відрізняється від визначення газопилового потоку за Методикою № 639, де мова йде про організовані викиди. Але у випадку НСТХ з вибухами боєприпасів процес протікання вибухів боєприпасів не можна назвати організованим, він є неорганізованим.

Щодо газу, що містить забруднюючі речовини. Це газ, а точніше суміш газів, яка викидається в атмосферу в результаті процесів горіння і вибуху вибухових речовин. Патрони до стрілецької зброї мають різні вибухові речовини, але головним є бездимний порох. Підраховано, що в результаті ЧСТХ на території військової частини А 0829 від знищення патронів до стрілецької зброї в

Оцінка та прогнозування техногенного впливу на довкілля

атмосферу було викинуто $\approx 1 \times 10^6$ м³ газів. Тривалість вибухів на території військової частини А 0829 склала $t = 13$ днів [7]. Таким чином, середній газопиловий потік в атмосферу в результаті процесів горіння і вибуху патронів для стрілецької зброї дорівнює: $q_v = 10^6 : 13 \times 24 \times 60 \times 60 = 0,9$ м³/с.

З урахуванням ГДК (0,0003 мг/м³ - середньодобова гранично допустима концентрація ртуті в атмосферному повітрі населених місць, 0,01 мг/м³ - для сурми [11]) можна розрахувати масу нормативного викиду (m_n) ртуті та сурми в атмосферне повітря від знищення патронів до стрілецької зброї: $m_{nHg} = 1,1$ кг, $m_{nSb} = 36$ кг.

Масова частка нормативного викиду ртуті та сурми в атмосферне повітря на фоні маси ртуті та сурми, що потрапила в атмосферу від джерела - вибухів патронів до стрілецької зброї на території військової частини А 0829 у м. Лозова складає для джерела-речовини: ртуті $\approx 0,07$ %, сурми $\approx 1,4$ %.

Таким чином, використання розрахункової нормативу якості атмосферного повітря за і-тою формули (9), що включає значення затвердженого забруднюючою речовиною відповідно вимогам законодавства щодо визначення та властивостей речовин, забруднюючих атмосферне повітря, знижує m_i по відношенню до M_i для ртуті та сурми 0,07 та 1,4 %, відповідно, що слід вважати неістотним для розрахунку маси наднормативного викиду і-тої забруднюючої речовини в атмосферне повітря. Це твердження збігається з висновком для

випадку НСТХ з вибухами боєприпасів в с. Новобогданівка Мелітопольського району Запорізької області, як показано вище.

Найважливішим показником для охорони атмосферного повітря є показник емісії (питомий викид) - величина, яка встановлює залежність між кількістю забруднюючої речовини (або їх суміші), що викидається в атмосферне повітря, та діяльністю, пов'язаною з цим викидом (г/с) [12-14]. У формулі (5) показник емісії це q_{mi} - середнє значення масової витрати і-тої забруднюючої речовини (г/с). Слід зазначити, що у формулі (5) мова йде про середнє значення масової витрати і-тої забруднюючої речовини.

Статистичні данні НСТХ з вибухами боєприпасів в м. Лозова показують, що процеси горіння і вибуху протікають з різною інтенсивністю [11]. За першу добу було підраховано 640 малих (N_m) та 81 великих (N_e) вибухів (табл. 1). В наступні дні кількість вибухів зменшувалась та через 13 діб зовсім припинилась. Аналіз наведених даних показує, що кількість великих вибухів в часі зменшувалась, але це зменшення відбувалося нерівномірно, супроводжувалось значними коливаннями. Так, 29 та 31 серпня було відмічено, відповідно, 29 та 33 вибухів, а на 30 серпня та 1 вересня великі вибухи практично не спостерігалися. При цьому кількість малих вибухів зменшувалась в часі, якщо оцінити візуально, рівномірно.

Таблиця 1 – Дані про кількість малих та великих вибухів боєприпасів на території військової частини А 0829 м. Лозова

Дата	28.08.08	29.08.08	30.08.08	31.08.08	01.09.08	02.09.08	03.09.08
N_m , шт.	640	189	45	34	16	14	13
N_e , шт.	81	29	0	33	1	5	1
Дата	04.09.08	05.09.08	06.09.08	07.09.08	08.09.08	09.09.08	
N_m , шт.	13	9	9	8	7	5	
N_e , шт.	0	8	0	0	1	0	

Для оцінки залежності зміни кількості малих або великих вибухів в часі були використані стандартні програми Microsoft Office Excel для статистичної обробки даних. Результати статистичної обробки показали, що в умовах НСТХ з вибухами боєприпасів м. Лозова залежність кількості малих вибухів в часі найбільш достовірно описується ступеневою функцією (10), оскільки значення стандартного відхилення близьке до одиниці та дорівнює 0,962 [11]:

$$N_m = 477 \times t_e^{-1,8}; \quad (10)$$

де N_m – кількості малих вибухів, шт.; t_e – тривалість вибухів, дні.

На підставі експертного допущення, що кількість викинутої в повітря від вибухів патронів для стрілецької зброї ртуті прямо пропорційна кількості малих вибухів, можна отримати рівняння для розрахунку маси ртуті, яка виділилася в атмосферу за кожен день НСТХ. Початкові дані:

– час $t_e = 1, 2, 3, \dots, 13$ днів;

– кількість малих вибухів, (див. рівняння (10));
– кількість малих вибухів за 13 днів: $N_m(13) = 1002$;

- маса ртуті, що викинуто в повітря за 13 днів: $M_{Hg}^{13} = 1554$ кг.

Послідовність отримання рівняння:

1). Оцінка маси ртуті за один вибух:

$$\bar{m}_{Hg} = \frac{1554 \text{ кг}}{1002 \text{ вибуха}} = 1551 \left(\frac{\text{кг}}{\text{вибух}} \right)$$

2). Викид маси ртуті в часі (динаміка):

$$\bar{M}_{Hg}(t_e) = X(t_e) \times \bar{m}_{Hg} = 477 \times t_e^{-1,8} \times 1551 = 739,78 \times t_e^{-1,8} (\text{кг})$$

3). Обчислення визначеного інтеграла:

$$M_{Hg}(t_e) = \int_1^{13} M_{Hg}(t_e) d(t_e) = \int_1^{13} 739,78 \times t_e^{-1,8} d(t_e) = -924,72 \times t_e^{-0,8} + const;$$

4). Маса ртуті, що викидається за t_e днів:

$$1 \leq t_e \leq 13,$$

Оцінка та прогнозування техногенного впливу на довкілля

$$M_{Hg}(t_e) = \int_1^{13} \overline{M}_{Hg}(t_e) dt_e = \left| -924,72 \times t_e^{-0,8} \right|_1^{t_e} = \quad (11)$$

$$= -924,72 \times \left(t_e^{-0,8} - 1^{-0,8} \right) =$$

$$= -924,72 \times \left(1 - t_e^{-0,8} \right) \quad (кг)$$

Розрахунок маси ртуті за рівнянням (11) наведено в таблиці 2.

На рисунку 1 представлено залежність маси ртуті, що викидається в повітря при знищенні патронів для стрілецької зброї, від тривалості вибухів з урахуванням паралельного перенесення на значення 824,2 кг. Значення паралельного перенесення визначено за критерієм, що на 13-й день кількість ртуті, яка викидається в повітря при знищенні патронів для стрілецької зброї, має дорівнювати 1554 кг.

Таблиця 2 – Маса ртуті, що викидається за t_e днів за рівнянням (11)

t_e , дні	1	2	3	4	5	6	7
M_{Hg} , кг	0,0	393,6	540,7	619,7	669,5	704,2	729,8
t_e , дні	8	9	10	11	12	13	
M_{Hg} , кг	749,5	765,3	778,2	788,9	798,1	805,9	

На рисунку 1 представлено залежність маси ртуті, що викидається в повітря при знищенні патронів для стрілецької зброї, від тривалості вибухів з урахуванням паралельного перенесення на значення 824,2 кг. Значення паралельного

перенесення визначено за критерієм, що на 13-й день кількість ртуті, яка викидається в повітря при знищенні патронів для стрілецької зброї, має дорівнювати 1554 кг.

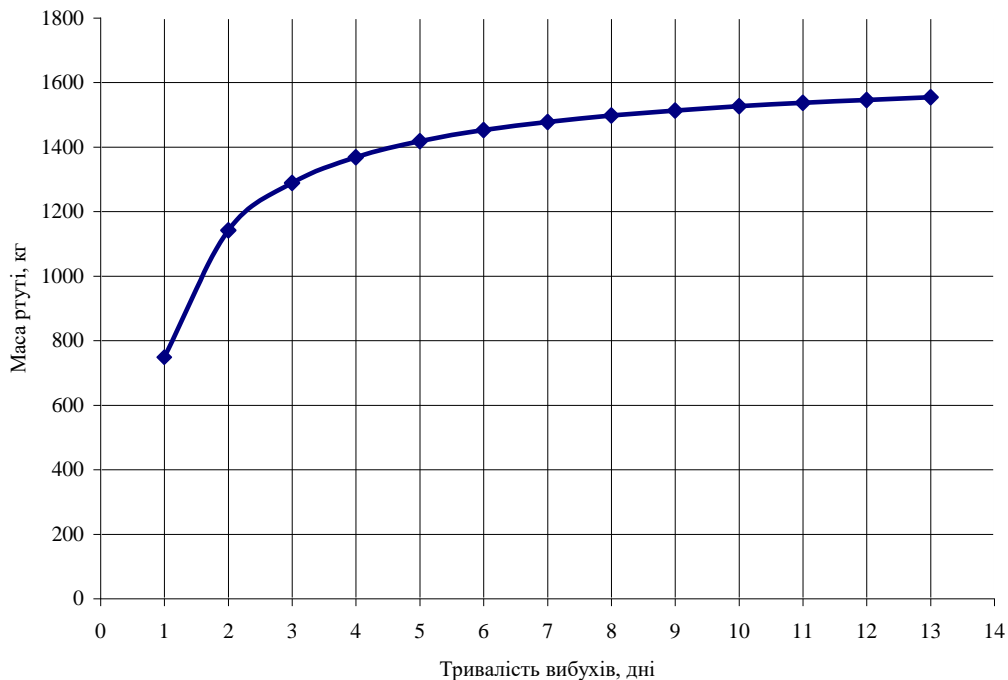


Рисунок 1 – Залежність маси ртуті, що викидається в повітря при знищенні патронів для стрілецької зброї, від тривалості вибухів (м. Лозова, 2008 рік).

Аналіз залежності, що представлена на рисунку, дозволяє розрахувати напівперіод викиду, а точніше період часу, за який в атмосферу викидається половина маси ртуті від усієї викинутої маси ртуті. Цей період часу або напівперіод викиду становить 0,91 дня. Таким чином, встановлено залежність між кількістю забруднюючої речовини (або їх суміші), що викидається в атмосферне повітря, та діяльністю, пов'язаною з цим викидом: в перший день НСТХ в атмосферу при знищенні патронів для стрілецької зброї викидається майже половина ртуті, а друга половина поступово викидається протягом 12 днів. Ця залежність описується ступеневою функцією.

ВИСНОВКИ:

1. Проблемами розрахунку збитків від викидів забруднюючих речовин у повітря внаслідок надзвичайної ситуації є:

- невизначеність поняття «експертний шлях» для розрахунку маса і-ї забруднюючої речовини, що була викинута в повітря внаслідок надзвичайної ситуації;

- відсутність різниці між масою і-ї забруднюючої речовини, що була викинута в повітря внаслідок надзвичайної ситуації та масою і-тої забруднюючої речовини, що викинута в атмосферне повітря наднормативно.

Оцінка та прогнозування техногенного впливу на довкілля

2. Для врахування законодавчих вимог щодо властивостей забруднюючих речовин запропоновано масу наднормативного викиду і-тої забруднюючої речовини в атмосферне повітря від НСТХ з вибухами боєприпасів (m_i) визначати за формулою:

$$m_i = 3,6 \times 10^{-6} \times (C_{Bi} - ГДК_{Bi}) \times q_v \times t ;$$

де: C_{Bi} – середнє значення масової концентрації і-тої забруднюючої речовини, мг/м³; $ГДК_{Bi}$ – значення затвердженого нормативу якості атмосферного повітря за і-тою забруднюючою речовиною, мг/м³; q_v – значення об'ємної витрати газопилового потоку від джерела викиду і-тої забруднюючої речовини, приведене до нормальних умов, м³/с; t – час викиду і-тої забруднюючої речовини при протіканні НСТХ, год.

3. Встановлено залежність між кількістю забруднюючої речовини (або їх суміші), що викидається в атмосферне повітря, та діяльністю, пов'язаною з цим викидом: в перший день НСТХ в атмосферу при знищенні патронів для стрілецької зброї викидається майже половина ртуті, а друга половина поступово викидається протягом 12 днів. Ця залежність описується ступеневою функцією.

ЛІТЕРАТУРА

1. Методика оцінки збитків від наслідків надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру, затверджена Постановою Кабінету Міністрів України від 15 лютого 2002 р. № 175. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/237-2011-%D0%BF>. <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/175-2002-p/page2>.

2. Методика розрахунку розмірів відшкодування збитків, які заподіяні державі в результаті наднормативних викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря, затверджена наказом Міністерства охорони навколишнього природного середовища України 10.12.2008 № 639 [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/z0048-09/print1456503046745538>

3. Сидоренко В.Л. Забруднення повітря і ризик 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.

4. 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.

5. Сидоренко В.Л. Визначення екологічного збитку від аварії на артскладі / В.Л. Сидоренко, С.І. Азаров // Екологічна безпека. – 2009. – № 3, Т.7. – С. 38 - 42.

6. Иванов Е.В. Чрезвычайные ситуации с взрывами боеприпасов: закономерности возникновения и протекания // Е.В. Иванов, В.М. Лобойченко, С.Р. Артемьев, А.Е. Васюков / Восточно - европейский журнал передовых технологий. Экология. - 2016, - Т. 1, № 10(79). – С. 26 - 36.

7. Иванов Е.В. К вопросу о составе и количестве газов при взрыве боеприпасов на складах. Сообщение 1. Патроны для стрелкового оружия // Е.В. Иванов, А.Е. Васюков / Проблемы надзвичайних ситуацій. Збірник наукових праць. – 2015. - Вип. 21. - С. 30 - 37.

8. Иванов Е.В. К вопросу о составе и количестве газов при взрыве боеприпасов на складах. Сообщение 2. Артиллерийские выстрелы унитарного снаряжения / Е.В. Иванов, А.Е. Васюков, В.М. Лобойченко, С.П. Буштец // Проблемы надзвичайних ситуацій. Збірник наукових праць. – 2015. - Вип. 22. - С. 54 - 64.

9. Закон України «Про охорону атмосферного повітря» із змінами. - [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/2707-12/print1456503302218955>

10. Иванов С.В. Деякі закономірності вибухів боєприпасів на 61-му арсеналі Південного ОКСВ у м. Лозова в серпні 2008 року / С.В. Иванов, О.С. Васюков // Проблемы надзвичайних ситуацій: Збірник наукових праць. – 2011. – Вип. 14. – С. 77 - 83.

11. ГН 2.1.6.695-98 Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.gosthelp.ru/text/GN21669598Predelnodopusti.html>.

12. Збірник показників емісії (питомих викидів) забруднюючих речовин в атмосферне повітря різними виробництвами. Т. I. – Донецьк: УНЦТЕ, 2004. – 184 с.

13. Збірник показників емісії (питомих викидів) забруднюючих речовин в атмосферне повітря різними виробництвами. Т. II. – Донецьк: УНЦТЕ, 2004. – 220 с.

14. Збірник показників емісії (питомих викидів) забруднюючих речовин в атмосферне повітря різними виробництвами. Т. III. – Донецьк: УНЦТЕ, 2004. – 118 с.

EXPERT ASSESSMENT OF CALCULATION OF THE EXCESSIVE MASS POLLUTANT EMISSIONS INTO THE AIR DURING THE EMERGENCIES WITH THE EXPLOSIONS OF AMMUNITION

A. Vasyukov, V. Loboichenko, E. Ivanov, A. Plisko

National University of Civil Protection of Ukraine

vul. Chernichevska, 94, Kharkiv, 61023, Ukraine. E-mail: vasyukov.ae@nuczu.edu.ua, vloboichm@gmail.com

Purpose. To prove the variant of expert calculation of mass and pollutant emissions into the air as a result of an emergency situation of technogenic character with the explosions of ammunition. **Methodology.** Using statistical data of emergencies technogenic related to the explosions of ammunition in the military unit A 829 in Lozova (2008) analysis of peculiarities of its occurrence in the time was conducted. For estimation of changes depending on the number of small or large explosions in the time the standard programs Microsoft Office Excel for statistical processing were used. **Results.** The features estimates of the environmental damage in consequence of the emergency situation with the explosions of ammunition and the further environmental pollution by chemicals were analyzed. The problem of calculation damage from pollutant emissions into the air due to an emergency situation were considered. To take account of the legal requirements concerning properties of pollutants excessive mass pollutant emissions into the air during the emergency technogenic related to the explosions of ammunition to determine value given the approved standards atmospheric air quality for pollutants is offered. On the example of consideration of statistical information concerning the emergency situation of technogenic character (ESTC) with the explosions of ammunitions in Lozova dependence is established between the amount of pollutant emissions which is thrown out in atmospheric air, and activity, that associated with this pollutant emissions: in the first day of emergency situation of technogenic character in an atmosphere at elimination of cartridges for the shooter weapon the half of mercury is thrown out almost, and the second half is gradually thrown out during 12 days. **Originality.** For the account of legislative requirements as to the properties of pollutant emissions is offered the mass excessive pollutant emissions into the air during ESTC with the explosions of ammunition (m_i) is determined by the formula: $m_i = 3,6 \times 10^{-6} \times (C_{Bi} - \Gamma ДК_{Bi}) \times q_v \times t$; where C_{Bi} - is the average mass concentration of the pollutant, mg/m^3 ; $\Gamma ДК_{Bi}$ - is the value of the approved standards of quality air for the pollutant, mg/m^3 ; q_v - is a value of the volumetric flow gas-dust flow from the source of emission of the pollutant emissions is reduced to normal conditions; q_v - is the time of emission release of the pollutant during ESTC, hours. The equation for the calculation mass of pollutant emission is received for example mercury that released into the atmosphere during the emergency situation of technogenic character with the explosions of ammunition every day. It is shown, that the dependence is described by the degree function. **Practical value.** The dependence between the amount of polluting substances (or their mixtures) which is thrown out into the atmosphere, and activities associated with these emissions, will allow to determine the amount of polluting substances thrown away every day during the emergency situation of technogenic character with the explosions of ammunition and consider it at the subsequent calculation environmental damage. *References 14, tables 2, figures 1.*

Keywords: explosions of ammunition, pollutant emissions, pollution of the atmosphere, environmental damage, cartridges for the shooter weapons

REFERENCES

1. Metodika oci'nki zbitki'v vi'd nasli'dki'v nadzvichaynih situaci'y tehnoennogo i' prirodnoho harakteru, zatverdjena Postanovoyu Kabi'netu Mi'ni'stri'v Ukraï'ni vi'd 15 lyutogo 2002 r. № 175./ [[Electronic resource]. – Access mode: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/237-2011-%D0%BF>.<http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/175-2002-p/page2>.
2. Metodika rozrahunku rozmi'ri'v vi'dshkoduvannya zbitki'v, yaki' zapodi'vani' derjavi' v rezul'tati' nadnormativnih vikidi'v zabrudnyuyuchih rechovin v atmosferne povi'trya, zatverdjena nakazom Mi'ni'sterstva ohoroni navkolishn'ogo prirodnoho seredovisch'a Ukraï'ni 10.12.2008 № 639./ [Electronic resource]. – Access mode: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/z0048-09/print1456503046745538>
3. Sidorenko, V.L., Palamarchuk V.I. and Azarov, S.I. (2005) “Air contamination and risk of affection of rescuers in conditions of the accident in ammunition dump” *Ukrain'kiy jurnal z problem medicini praci*, Iss. 3-4, pp. 35 – 38, Ukraine.
4. Azarov, S.I., Svyatun, O.V., Sidorenko, V.L. and Tokarevskiy, V.V. (2005) “Evaluation of chemical pollution as a result of the accident at ammunition depot in the village Novobohdanovka of Melitopol district of Zaporozhye region (06.05.2004)” *Gigiena naselenih misc*, Iss.46, pp. 186 – 190, Ukraine.
5. Sidorenko, V.L. and Azarov, S.I. (2009) “Definition of environmental damage from accident artillery warehouse” *Ekologichna bezpeka*, no.3, vol. 7, pp. 38 - 42, Ukraine.
6. Ivanov, E.V., Loboichenko, V.M., Artem'ev, S.R. and Vasyukov, A.E. (2016) “Emergency situations with explosions of ammunition: patterns of occurrence and progress” *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Ecology*, Vol. 1, no.10(79), pp. 26 – 36, Ukraine.
7. Ivanov, E.V. and Vasyukov, A.E. (2015) “On structure and amount of gases at explosion of ammunition in warehouses. Message 1. Cartridges for small arms” *Problemi nadzvichaynih situacij. Zbirnik naukovih prac*, Iss. 21, pp. 30 – 37, Ukraine.
8. Ivanov, E.V., Vasyukov, A.E., Loboichenko, V.M. and Bushtec, S.P. (2015) “On structure and

Оцінка та прогнозування техногенного впливу на довкілля

amount of gases at explosion of ammunition in warehouses. Message 2. Artillery rounds unitary loader” *Problemi nadzvichaynih situacij. Zbirnik naukovih prac*, Iss. 22, pp. 54 – 64, Ukraine.

9. Zakon Ukraїni «Pro ohoronu atmosferного povitrya» iz zminami./ [Electronic resource]. – Access mode: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/2707-12/print1456503302218955>.

10. Ivanov, E.V. and Vasyukov, O.E. (2011) “Some regularities of ammunition explosion on 61 arsenal of the Southern LGSF in Lozova settlement in August 2008 ” *Problemi nadzvichaynih situacij: Zbirnik naukovih prac*, Iss. 14, pp. 77 - 83. Ukraine.

11. GN 2.1.6.695-98 Predelno dopustimye koncentracii (PDK) zagryaznyayuschih veschestv v atmosfernom vozduhe naselenny'h mest. /[[Electronic resource]. – Access mode: <http://www.gosthelp.ru/text/GN21669598Predelnodopusti.html>.

12. *Zbirnik pokaznikov emisii (pitomih vikidiv) zabrudnyuyuchih rechovin v atmosferne povitrya riznimi virobnictvami. T. I.* (2004) [Collection of emission factors (specific emissions) of pollutants into the atmosphere by various industries. Vol. I], UNCTE, Donec'k, Ukraine.

13. *Zbirnik pokaznikov emisii (pitomih vikidiv) zabrudnyuyuchih rechovin v atmosferne povitrya riznimi virobnictvami. T. II.* (2004) [Collection of emission factors (specific emissions) of pollutants into the atmosphere by various industries. Vol. II], UNCTE, Donec'k, Ukraine.

14. *Zbirnik pokaznikov emisii (pitomih vikidiv) zabrudnyuyuchih rechovin v atmosferne povitrya riznimi virobnictvami. T. III.* (2004) [Collection of emission factors (specific emissions) of pollutants into the atmosphere by various industries. Vol. III], UNCTE, Donec'k, Ukraine.