

УДК 502.2:577.4

Сергій Чумаченко, д-р техн. наук,
старш. наук. співроб,

ORCID iD [0000-0002-8894-4262](https://orcid.org/0000-0002-8894-4262)

Національний університет харчових
технологій

Євген Морц, канд. техн. наук,

ORCID iD [0000-0003-0131-2332](https://orcid.org/0000-0003-0131-2332)

Департамент запобігання надзвичайним
ситуаціям ДСНС України

Альона Михайлова, канд. техн. наук,

ORCID iD [0000-0001-9440-4417](https://orcid.org/0000-0001-9440-4417)

Інститут державного управління та

наукових досліджень з цивільного захисту

Андрій Парталян, канд. техн. наук,

ORCID iD [0000-0001-7149-8975](https://orcid.org/0000-0001-7149-8975)

Управління екологічної безпеки

та протимінної діяльності Міністерства

оборони України, E-mail: mihajlova-a-v@ukr.net

МЕТОДИКА КОМПЛЕКСНОГО ОПЕРАТИВНОГО ЕКСПЕРТНОГО ОЦІНЮВАННЯ ВІЙСЬКОВО-ТЕХНОГЕННИХ ЗАГРОЗ В ЗОНІ ПРОВЕДЕННЯ ОПЕРАЦІЇ ОБ'ЄДНАНИХ СИЛ

<https://doi.org/10.33269/nvcz.2020.1.23-33>

ІНФОРМАЦІЯ ПРО СТАТТЮ	АНОТАЦІЯ
<p>Надійшла до редакції: 10.09.2020 Пройшла рецензування: 23.09.2020</p> <p>КЛЮЧОВІ СЛОВА: військово-техногенна загроза, експертне оцінювання, операція Об'єднаних сил, бойові дії, методика, чинники впливу</p>	<p>У даній науковій роботі викладено прийоми та способи застосування методики комплексного оперативного експертного оцінювання військово-техногенних загроз в зоні проведення операції Об'єднаних сил на Сході України під час ведення бойових дій. Запропоновану методику було апробовано в умовах прогнозованого підвищення інтенсивності бойових дій. Її застосування дасть можливість відповідним органам та підрозділам оперативного та комплексно здійснювати оцінку військово-техногенних загроз від ведення бойових дій на Сході України для об'єктів соціо-еколого-економічних систем. В результаті проведених аналітичних досліджень наукових джерел було виявлено основні особливості ефективних прийомів та методів оцінки різного виду загроз, які пов'язані з наслідками техногенного характеру, та можуть стати причиною виникнення надзвичайних ситуацій. Здійснено вибір критеріїв для комплексного оперативного оцінювання військово-техногенних загроз, у відповідності з методологією побудови концептуальної моделі оцінки ризиків. Визначені критерії було поділено на три групи: джерело загрози, шлях проходження загрози та об'єкт впливу (реципієнт) загрози. У статті описано алгоритмічну процедуру та фактори, які використовуються для здійснення оперативного оцінювання військово-техногенних загроз, а також наведено основні чинники негативного впливу військово-техногенних загроз, що є для них ключовими. В ході проведених досліджень було розроблено ієрархічну класифікацію факторів комплексного оперативного оцінювання загроз для території проведення операції Об'єднаних сил. В результаті чого отримано систему рівнянь, котра враховує різноаспектні чинники оцінки впливу загроз на об'єкти соціо-еколого-економічних систем. Зазначена система рівнянь дасть можливість здійснювати моделювання зміни військово-техногенних загроз в залежності від зміни факторів та критеріїв оцінювання. Це дозволить здійснювати оперативне ранжирування військово-техногенних загроз для зони проведення операції Об'єднаних сил на Сході України та розробляти рекомендації щодо їх зниження.</p>

Постановка проблеми. Проблема оцінки військово-техногенних загроз в зоні

ведення бойових дій (далі – БД) надзвичайно актуальна, оскільки в

багатьох країнах виникають сутички, що призводять до конфліктів з веденням БД. Такі ситуації стають причиною значного воєнно-техногенного впливу на об'єкти критичної інфраструктури, соціум й довкілля.

Проведення операції Об'єднаних сил (далі – ООС) із повномасштабним застосуванням Збройних Сил й інших силових формувань України та аналіз складної екологічної ситуації на південному сході України підтвердив актуальність оцінювання загроз і ризиків в умовах ведення БД на техногенно насичених ландшафтах Донецької та Луганської областей.

Аналіз літературних джерел та постановка проблеми. За останні 25 років накопичено значний фактографічний і методичний матеріал, який, на жаль, недостатньо використовується для вирішення технічних і технологічних проблем з метою пошуку підходів забезпечення техногенної безпеки різних видів антропогенної діяльності, в тому числі і військової [1-14]. Існуючий досвід техногенно-екологічного забезпечення БД підтвердив, що ці підходи не можуть бути в повній мірі застосовані під час проведення активної фази ООС. Крім того, досі не розроблено загальноприйнятого універсального методу оцінки впливу БД на довкілля. В США і Європі, наприклад, застосовуються в різних випадках і регіонах понад 50 різних методів [9-11].

Відсутність належного фінансування на проведення відповідних повномасштабних регулярних досліджень, складність проблеми формалізації повного переліку військово-техногенних чинників впливу БД, необхідність проведення термінових і оперативних оцінок військово-техногенних загроз призводить до необхідності розвитку методів оперативного експертного оцінювання в підрозділах, задіяних в проведенні ООС [15-18].

Для проведення оцінки і ранжування військово-техногенних загроз застосовують декілька підходів [12],

найчастіше – порівняння загроз з універсальними стандартами. Стандарти можуть бути кількісними (наприклад, гранично допустимі концентрації забруднюючих речовин), чи носити характер якісних норм (наприклад, обмеження на визначені види військової діяльності в межах природної території, що має природоохоронний статус).

Порівняння величини впливу БД зі стандартами може бути застосоване для оцінки військово-техногенних загроз за умови, якщо такі стандарти вже розроблені. На основі оцінки може прийматися рішення про включення загроз в наступний детальний розгляд або про необхідність вжиття визначених заходів для пом'якшення впливу загроз.

Близький до порівняльного зі стандартами є підхід, що ґрунтується на порівнянні величини впливу загрози з усередненими значеннями даного параметра для певної місцевості. До цього типу підходів відноситься також порівняння параметрів стану довкілля з фоновими значеннями. Цей підхід вводить в оцінку і ранжування загроз елемент «контексту» й обліку комплексних параметрів місцевої ситуації.

Порівняння величини впливів загроз зі стандартами, з усередненими значеннями для регіону та з характерними фоновими значеннями є, в певній мірі, «об'єктивним» прийомом оцінки і ранжування загроз (хоча стандарти, в певному сенсі, можуть розглядатися і як суб'єктивна величина) [12].

Коли виникає потреба порівняти різні альтернативні варіанти для пом'якшення впливу загроз, необхідно провести оцінку і ранжування цілого ряду загроз різного походження. Не тільки величина військово-техногенних чинників, але і характер впливу на екосистеми для різних варіантів можуть істотно відрізнятися один від одного. При цьому серед можливих варіантів може не виявитися жодного, для якого усі види впливів загроз є найменшими, і в цьому випадку слід шукати компроміси для розробки оптимальної стратегії управління станом навколишнього довкілля.

Огляд сучасних підходів до системного аналізу складних природно-техногенних геосистем і процесів, а також аналіз математичного апарату, що застосовується при цьому, дозволяють зробити висновок: аналіз і оцінка військово-техногенних загроз повинні бути багатофакторними [12, 14-19], а системний аналіз сукупності джерел військово-техногенних загроз доцільно проводити з урахуванням ряду чинників оцінки, що є визначальними при формуванні цільових функцій для критеріїв оцінки загроз.

На сьогоднішній день серед відомих прикладів застосування експертних методів оцінки і ранжування загроз для екосистем є:

авторська методика канадських вчених Thorpe J. та Godwin R. для оцінки загроз біорізноманіттю в канадській провінції Saskatchewan [15];

методика оцінки і ранжування загроз для територій збереження глобально-вразливих видів, розроблена вченими із США Richard Margoluis та Nick Salafsky [16];

методика ранжування загроз біорізноманіттю за їх пріоритетністю [17, 18].

Аналіз підходів, що наведені в публікаціях [15-18], дозволяє визначити ряд недоліків, зокрема:

недостатня кількість показників для об'єктивної оцінки загроз;

відсутність можливості врахування інформативності критеріїв;

суб'єктивність під час оцінювання можливості зменшення загроз;

відсутність зваженого врахування складових критеріїв у комплексному критерії оцінки загроз.

Метою цієї статті є розробка методики комплексного оперативного експертного оцінювання військово-техногенних загроз в зоні проведення ООС, яка б дозволила оперативно і комплексно оцінити військово-техногенні загрози від ведення БД для соціо-еколого-економічних систем (далі – СЕЕС).

Виклад основного матеріалу.

Припустимо, що нам відомі усі параметри потоку військово-техногенного навантаження, яке складається із чинників впливу БД на довкілля, тобто вектор

$$F^T (F_1^T, \dots, F_n^T), \quad (1)$$

де $F_i^T(f_{i1}, \dots, f_{ij}, \dots, f_{ik})$ – техногенні спектри, що є компонентами вектора потоку воєнно-техногенного навантаження, а f_{ij} – чинники військово-техногенного впливу, що є компонентами техногенних спектрів.

Якщо небезпечні явища чи процеси не можуть бути формалізовані й приведені до математичного моделювання, то застосовують евристичне моделювання, яке базується на узагальненні висновків групи незалежних експертів. Ці методи використовують математичну обробку оцінок експертів з метою узагальнення та об'єктивізації думки висококваліфікованих спеціалістів.

Останнім часом під час проведення оцінки техногенно-екологічного стану військово-техногенних об'єктів досить часто став вживаним термін «загроза», що у випадку ведення БД відображає можливість виникнення деяких умов військово-техногенного характеру, за наявності яких можуть виникнути несприятливі чи катастрофічні процеси у військово-техногенних геосистемах.

Узагальнений аналіз підходів, що були реалізовані у вищезазначених методиках [17, 18], дозволяє сформулювати послідовність процедур виконання певних дій під час проведення оцінки військово-техногенних загроз:

1. Ідентифікація військово-техногенних загроз для ВТГС та їх класифікація.

2. Вибір і обґрунтування критеріїв для оцінки загроз.

3. Поділ території для виділення типових ВТГС з відносно однорідним складом природних та техногенних чинників впливу.

4. Системний аналіз ВТГС із застосуванням ГІС-технологій.

5. Визначення й формування комплексних критеріїв оцінки загроз.

6. Проведення аналізу загроз за вибраними критеріями щодо ВТГС.

7. Проведення ранжування загроз.

8. Визначення кількості високорівневих загроз щодо ВТГС.

9. Аналіз високорівневих загроз за типами загроз.

10. Розробка плану дій щодо зменшення загроз.

Методика комплексного оперативного експертного оцінювання військово-техногенних загроз в зоні проведення операції Об'єднаних сил базується на:

способах, які стосуються визначення оцінок: джерела загрози; впливу загрози; реципієнтів впливу загрози [17];

системній оцінці військово-техногенного навантаження від джерела загрози, яка потребує: ідентифікації військово-техногенних загроз та їх класифікації; оцінки військово-техногенних загроз за вибраними критеріями; ранжування військово-техногенних загроз;

аналізі структури чинників військово-техногенного впливу БД на об'єкти СЕЕС (рис. 1).

застосуванні експертних оцінок для згортки багатокритеріальної задачі до однокритеріальної [20].

Перейдемо до детального викладення змісту прийомів і способів запропонованої методики. З метою виявлення і детального аналізу військово-техногенних чинників впливу слід проаналізувати БД. У такому разі для кожного джерела військово-техногенної загрози складається перелік завдань, які вирішуються під час ведення БД.

Можна стверджувати, що БД є інтегральною воєнно-техногенною загрозою для СЕЕС, тому процедуру експертної оцінки джерел загроз під час ведення БД, слід будувати, як комплексну оцінку військово-техногенних загроз.

Для побудови логіко-інформаційної моделі оцінки військово-техногенних

загроз використовуємо три групи критеріїв (рис. 2), що визначаються, згідно із методологією побудови концептуальної моделі оцінки ризиків [17, 18]: джерело загрози, шлях проходження загрози, об'єкт впливу (реципієнт) загрози.

Система критеріїв (рис. 3) враховує різноаспектні оцінки впливу військово-техногенних загроз під час ведення БД на СЕЕС та відповідні чинники, що входять до складу часткових критеріїв [21].

Інтегральний критерій (узагальнена цільова функція) є інструментом для уникнення невизначеності шляхом зведення багатокритеріальної задачі до однокритеріальної. Цей критерій представляє собою скалярну функцію векторного аргументу [14, 15]:

$$J_{\Sigma}(e) = f(J_1(e_1), J_2(e_2), \dots, J_n(e_n)), \quad (2)$$

де $J_{\Sigma}(e)$ - цільова інтегральна функція критерію оцінки загроз, $J_i(e_i), i = \overline{1, n}$ - цільові функції складових критеріїв оцінки і ранжування загроз.

Моделлю процедури порівняння є матриця парних порівнянь, в якій чинники (параметри, ознаки) розміщені за горизонталлями та за вертикалями. З метою уніфікації відповідей експертів та спрощення початкової обробки даних, всім експертам повинен бути заданий однаковий спосіб оцінки (або у вигляді числа, або у вигляді відношення чисел) і одна шкала оцінок. Оцінка не повинна бути більшою базового числа.

Підсумовування оцінок за рядками та за стовпцями результатів парних порівнянь дає можливість ранжувати чинники впливу. Для отримання експертних оцінок відповідних впливів від військово-техногенних загроз від БД експерти за методом парних порівнянь надають відповідні оцінки чинникам критеріїв оцінки (табл. 1).

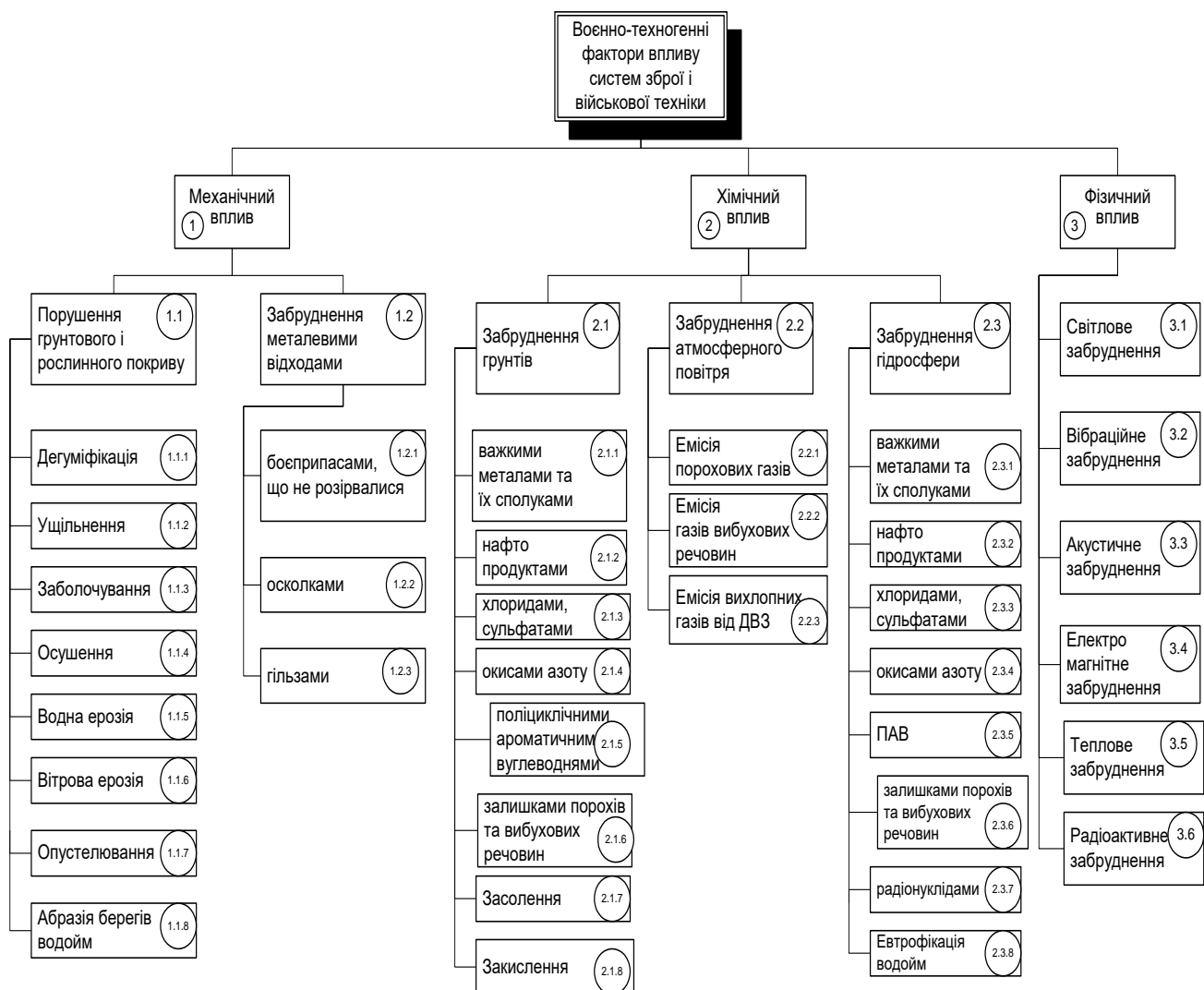


Рисунок 1 – Аналіз структури чинників військово-техногенного впливу БД на об'єкти СЕЕС



Рисунок 2 – Концептуальна модель оцінки загроз і ризиків

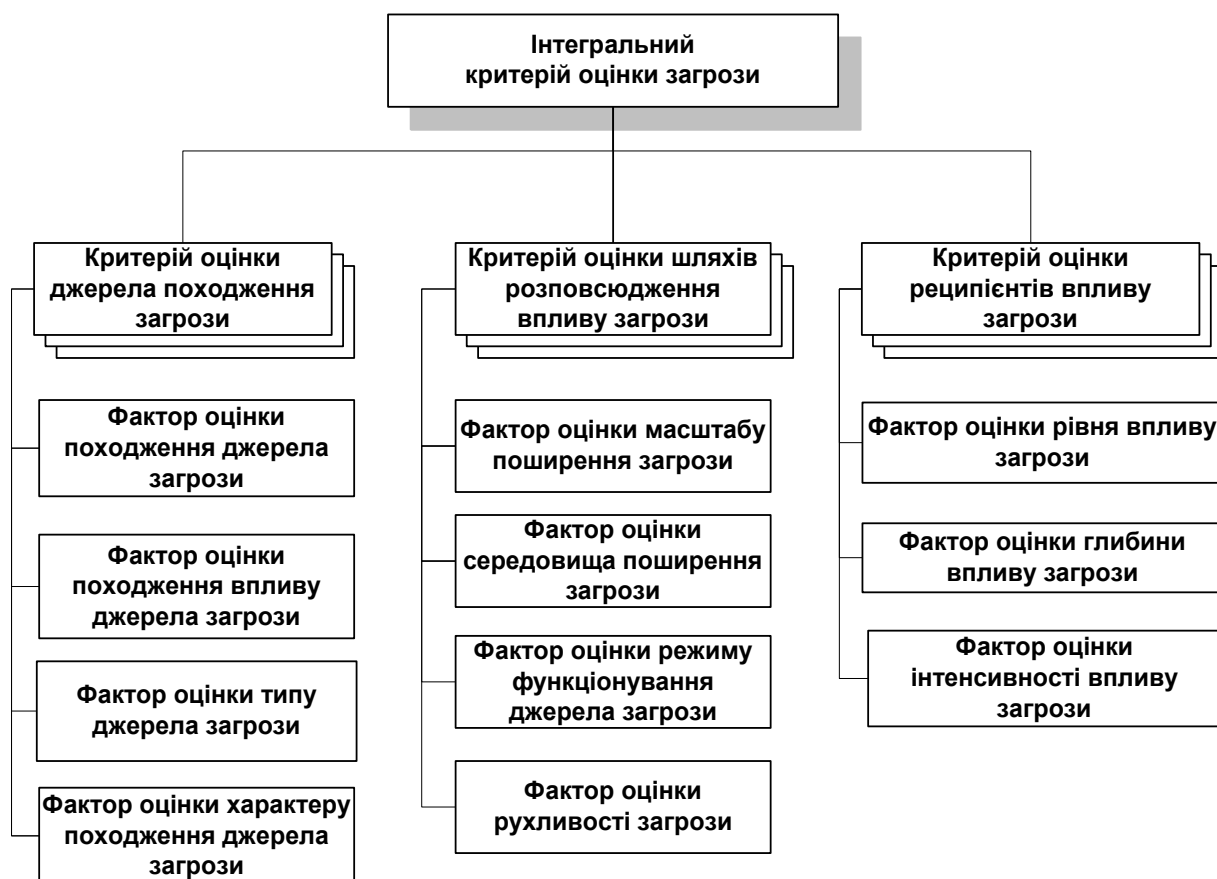


Рисунок 3 – Система критеріїв оцінки військово-техногенних загроз

Таблиця 1 – Класифікація критеріїв і чинників оцінок військово-техногенних загроз

Критерій оцінки джерела походження військово-техногенної загрози					
1. Чинник оцінки походження джерела загрози					
Ракетна техніка	Авіаційна техніка	Бронетанкова техніка	Кораблі	Артилерійське озброєння	Стрілецьке озброєння
2. Чинник оцінки походження впливу джерела загрози БД					
Радіоактивне	Емісія	Хімічне	Електромагнітне	Механічне	Акустичне
Вібраційне	Теплове	Світлове			
3. Чинник оцінки типу джерела загрози					
Неорганізовані	Організовані	Групові	Одиночні	Площинні	Точкові
4. Чинник оцінки характеру походження джерела загрози					
Ланцюжкове	Фактороформуюче	Безпосереднє	Вторинне		
Вагові коефіцієнти: $K_1=0,24$; $K_2=0,36$; $K_3=0,23$; $K_4=0,17$.					
Критерій оцінки шляхів розповсюдження загрози БД					
1. Чинник оцінки масштабу поширення загрози БД					
Глобальне	Міждержавне	Регіональне	Охоплює об'єкти ПЗФ	Місцеве	Локальне
2. Чинник оцінки середовища поширення загрози					
Атмосферне повітря	Ґрунтові води	Поверхневі води	Ґрунти	Морські води	
3. Чинник оцінки режиму функціонування джерела загрози					
Постійно діюче	Періодично діюче	Епізодично діюче	Одноразове	Випадкове	
4. Чинник оцінки рухливості загрози					
Рухома	Малорухома	Нерухома			
Вагові коефіцієнти: $K_1=0,32$; $K_2=0,27$; $K_3=0,26$; $K_4=0,15$.					
Критерій оцінки реципієнтів впливу загрози					
1. Чинник оцінки рівня впливу загрози					
Ландшафтний	Екосистемний	Флористичний	Фауністичний	Інфраструктурний	Соціальний
2. Чинник оцінки глибини впливу загрози					
Незворотній	Частково-зворотній	Зворотній			
3. Чинник оцінки інтенсивності впливу загрози					
Висока	Середня	Мала			
Вагові коефіцієнти: $K_1=0,5$; $K_2=0,26$; $K_3=0,24$.					
Інтегральний критерій оцінки загрози					
Вагові коефіцієнти: $K_1=0,45$; $K_2=0,34$; $K_3=0,21$.					

Далі опрацювання отриманих даних проводиться згідно із методом аналізу ієрархій Сааті. Для оцінки чинників в часткових критеріях складаємо три системи рівнянь:

1. Критерій оцінки джерела військово-техногенної загрози від ведення БД:

$$\begin{cases} f_{11}(e^1) = 0,29 \cdot e^1_{11} + 0,24 \cdot e^1_{12} + 0,19 \cdot e^1_{13} + 0,14 \cdot e^1_{14} + 0,09 \cdot e^1_{15} + 0,05 \cdot e^1_{16}, \\ f_{12}(e^1) = 0,2 \cdot e^1_{21} + 0,18 \cdot e^1_{22} + 0,16 \cdot e^1_{23} + 0,13 \cdot e^1_{24} + 0,11 \cdot e^1_{25} + 0,09 \cdot e^1_{26} + \\ + 0,07 \cdot e^1_{27} + 0,04 \cdot e^1_{28} + 0,02 \cdot e^1_{29}, \\ f_{13}(e^1) = 0,29 \cdot e^1_{31} + 0,24 \cdot e^1_{32} + 0,19 \cdot e^1_{33} + 0,14 \cdot e^1_{34} + 0,09 \cdot e^1_{35} + 0,05 \cdot e^1_{36}, \\ f_{14}(e^1) = 0,4 \cdot e^1_{41} + 0,3 \cdot e^1_{42} + 0,2 \cdot e^1_{43} + 0,1 \cdot e^1_{44}; \end{cases} \quad (3)$$

2. Критерій оцінки шляхів розповсюдження впливу загрози від ведення БД:

$$\begin{cases} f_{21}(e^2) = 0,29 \cdot e^2_{11} + 0,24 \cdot e^2_{12} + 0,19 \cdot e^2_{13} + 0,14 \cdot e^2_{14} + 0,09 \cdot e^2_{15} + 0,05 \cdot e^2_{16}, \\ f_{22}(e^2) = 0,33 \cdot e^2_{21} + 0,27 \cdot e^2_{22} + 0,2 \cdot e^2_{23} + 0,13 \cdot e^2_{24} + 0,07 \cdot e^2_{25}, \\ f_{23}(e^2) = 0,33 \cdot e^2_{31} + 0,27 \cdot e^2_{32} + 0,2 \cdot e^2_{33} + 0,13 \cdot e^2_{34} + 0,07 \cdot e^2_{35}, \\ f_{24}(e^2) = 0,5 \cdot e^2_{41} + 0,33 \cdot e^2_{42} + 0,17 \cdot e^2_{33}; \end{cases} \quad (4)$$

3. Критерій оцінки реципієнтів впливу джерела загрози від ведення БД:

$$\begin{cases} f_{31}(e^3) = 0,29 \cdot e^3_{11} + 0,24 \cdot e^3_{12} + 0,19 \cdot e^3_{13} + 0,14 \cdot e^3_{14} + 0,09 \cdot e^3_{15} + 0,05 \cdot e^3_{16}, \\ f_{32}(e^3) = 0,5 \cdot e^3_{21} + 0,33 \cdot e^3_{22} + 0,17 \cdot e^3_{23}, \\ f_{33}(e^3) = 0,5 \cdot e^3_{31} + 0,33 \cdot e^3_{32} + 0,17 \cdot e^3_{33}. \end{cases} \quad (5)$$

Після оцінки чинників обчислюють значення часткових критеріїв. За умови застосування адитивної цільової функції часткові критерії обчислюють за формулами:

1. Критерій оцінки джерела військово-техногенної загрози від ведення БД:

$$J_1(e^1) = 0,24 \cdot f_{11}(e^1) + 0,36 \cdot f_{12}(e^1) + 0,23 \cdot f_{13}(e^1) + 0,17 \cdot f_{14}(e^1), \quad (6)$$

2. Критерій оцінки шляхів розповсюдження впливу загрози від ведення БД:

$$J_2(e^2) = 0,32 \cdot f_{21}(e^2) + 0,26 \cdot f_{22}(e^2) + 0,27 \cdot f_{23}(e^2) + 0,15 \cdot f_{24}(e^2), \quad (7)$$

3. Критерій оцінки реципієнтів впливу джерела загрози від ведення БД:

$$J_3(e^3) = 0,5 \cdot f_{31}(e^3) + 0,26 \cdot f_{32}(e^3) + 0,24 \cdot f_{33}(e^3), \quad (8)$$

4. Інтегральний критерій оцінки військово-техногенної загрози від ведення БД:

$$J_\Sigma(e) = 0,45 \cdot J_1(e^1) + 0,34 \cdot J_2(e^2) + 0,21 \cdot J_3(e^3). \quad (9)$$

Для визначення найбільш небезпечного військово-техногенного об'єкту БД на останньому етапі застосування запропонованої методики знаходимо максимальну бальну оцінку за інтегральним критерієм:

$$e^* = \arg \max_{e \in E} f(J_1(e_1), J_2(e_2), \dots, J_n(e_n)). \quad (10)$$

Висновки. Методика, суть якої викладено в даній статті, була розроблена та апробована для оперативного експертного оцінювання військово-техногенних загроз СЕЕС у зоні проведення ООС в умовах прогнозованого підвищення інтенсивності БД Збройних Сил та інших силових формувань України для досягнення переваги і захисту незалежності нашої держави.

За результатами оцінювання загроз вперше було показано, що об'єкти в зоні проведення ООС можливо розподілити за чотирма класами:

Об'єкти з високим рівнем військово-техногенних загроз, на яких проводяться БД із застосуванням систем зброї і військової техніки зі стрільбою та вогневим ураженням цілей артилерійським озброєнням.

Об'єкти з середнім рівнем військово-техногенних загроз, на яких проводяться БД із застосуванням систем зброї і військової

техніки зі стрільбою та вогневим ураженням цілей артилерійським озброєнням.

Об'єкти з малим рівнем військово-техногенних загроз, на яких проводяться БД із застосуванням систем зброї і військової техніки зі стрільбою та вогневим ураженням цілей стрілецьким озброєнням.

Об'єкти з дуже малим рівнем військово-техногенних загроз, на яких проводяться заходи з підтримки миру без стрільб і вогневого ураження.

Розроблену Методику комплексного оперативного експертного оцінювання військово-техногенних загроз в зоні проведення операції Об'єднаних сил доцільно впровадити в автоматизовану систему управління військами та іншими силовими формуваннями, в якості методичного інструменту оперативного забезпечення заходів для прогнозування рівня військово-техногенних загроз для СЕЕС під час ведення БД.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Романченко І. С., Сбітнев А. І., Бутенко С. Г. Екологічна безпека: екологічний стан та методи його моніторингу. К.: МО України, ЦНДІ ЗС України, 2006. 560 с.
2. Романченко І. С. Математичні моделі та інформаційні технології оцінки і прогнозування стану природного середовища випробувальних полігонів : монографія / І.С. Романченко та ін. К.: МО України, ЦНДІ ЗС України, 2009. 166 с.
3. Лисенко О. І., Чумаченко С. М., Ситник Ю. І. Напрямки вдосконалення природоохоронної діяльності в Збройних Силах України. К.: ННДЦ ОТ І ВБ України, 2006. 424 с.
4. Агробіорізноманіття України: теорія, методологія, індикатори, приклади : Кн. 1 / Созінов О.О. та ін.; Рада по вивч. продукт. сил України НАН України. Укр. центр менедж. землі та ресурсів. К.: ЗАТ «Нічлава», 2005. 384 с.
5. Агробіорізноманіття України: теорія, методологія, індикатори, приклади. Кн. 2 / Созінов О.О. та ін.; Рада по вивч. продукт. сил України НАН України, Укр. центр менедж. землі та ресурсів. К.: ЗАТ «Нічлава», 2005. 592с.
6. Лисиченко Г. В., Забулонов Ю. Л., Хміль Г. А. Природний, техногенний та екологічний ризики: аналіз, оцінка, управління. К.: Наукова думка, 2008. 542 с.
7. Лисиченко Г. В., Хміль Г. А., Барбашев С. В. Методологія оцінювання екологічних ризиків. О.: «Астропринт», 2011. 368 с.
8. Вторжение в природную среду. Оценка воздействия / Пер. с англ. А.Ю. Ретеюма. М.: Прогресс, 1983. 193 с.
9. Семенова Л. А. Зарубежный опыт оценок воздействия на природную среду. *Географическое обоснование экологических экспертиз*. М., МГУ, 1985. С. 17-32.
10. Экологическая оценка и экспертиза / Черп О. М.М.: Эколайн, 2000. 202 с.
11. Экологические системы. Адаптивная оценка и управление / Под ред. К-С.Холлинга. М.: Мир. 1981. 397 с.
12. Про розвиток поняття воєнна екологія / Лисенко О. І., Чеканова І. В., Чумаченко С. М., Турейчук А. М. *Наука і оборона*. 2004. № 3. С. 45-49.

13. Качинський А. Б. Екологічна безпека України: системний аналіз перспектив покращення. – К.: НІСД, 2001. 312 с.
14. Моисеев Н. Н. Математические задачи системного анализа. М.: Наука, 1981. 487 с.
15. Thorpe J., Godwin R. Threats to Biodiversity in Saskatchewan. Saskatoon: Saskatchewan Research Council, SRC Publication №. 11158-1C99, 1999. 75 с.
16. Margoluis R., Salafsky N. A Guide to Threat Reduction Assessment for Conservation / R. Margoluis,– Washington D.C.: Biodiversity Support Program, 2001. 43 с.
17. Чумаченко С. М., Дудкін О. В. Методика ранжування загроз біорізноманіттю за їх пріоритетністю. *Оцінка і напрямки зменшення загроз біорізноманіттю України*. К.: Хімджест, 2003. 400 с.
18. Методичні аспекти оцінки і ранжування загроз для біорізноманіття в Україні /Чумаченко С. М., Дудкін О. В., Коржнев М. Н., Яковлев Є. О. К.: УІДНСПРНБОУ, Екологія і ресурси, Випуск 7, 2003. С. 77-83.
19. Чумаченко С. М., Парталіян А. С., Туровець Ю. С. Система підтримки прийняття рішень з управління екологічними загрозами у районі ведення бойових дій. *Зб. наук. пр. № 1 (83)*. К.: ЦНДІ ЗС України, 2018. С. 88–95.
20. Михайлова А.В. Застосування методу аналізу ієрархій для оцінювання загроз виникнення надзвичайних ситуацій в зоні проведення Операції Об'єднаних Сил. Міжнародний науковий журнал «Інтернаука», № 16/77, <https://doi.org/10.25313/2520-2057-2019-16-5362>. С. 39-46.
21. Чумаченко С. М., Троцько В. В. Оцінювання загроз об'єктам критичної інфраструктури. Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека, № 1 (3), 2017. С. 41-47.

REFERENCES

1. Romanchenko I. S., Sbitnev A. I., Butenko S. H. (2006). *Ekolohichna bezpeka: ekolohichnyi stan ta metody yoho monitorynhu [Ecological safety: ecological condition and methods of its monitoring]*. Kyiv: MO Ukrainy, TsNDI ZS Ukrainy [in Ukrainian].
2. Romanchenko I. S., Lysenko O. I., Chumachenko S. M., Butenko S. H., Tureichuk A. M. (2009). *Matematychni modeli ta informatsiini tekhnolohii otsinky i prohnouzuvannia stanu pryrodnoho seredovyscha vyprobuvalnykh polihoniv [Mathematical models and information technologies for assessing and forecasting the state of the natural environment of testing ground]*. Kyiv: MO Ukrainy, TsNDI ZS Ukrainy [in Ukrainian].
3. Lysenko O. I., Chumachenko, S. M. Sytnyk, Yu. I. (2006). *Napriamky vdoskonalennia pryrodookhoronno i diialnosti v Zbroinykh Sylakh Ukrainy [Directions for improving environmental activities in the Armed Forces of Ukraine]*. Kyiv: NNDTs OT I VB Ukrainy [in Ukrainian].
4. Sozinov O. O., Prydatko V. I., Tarariko O. H., Shtepa Yu. M., Kryzhanivskiy V. I. (2005). *Ahrobioriznomanittia Ukrainy: teoriia, metodolohiia, indykatory, pryklady [Agrobiodiversity of Ukraine: theory, methodology, indicators, examples]*. (Vol. 1). Kyiv: ZAT «Nichlava» [in Ukrainian].
5. Sozinov O. O., Prydatko V. I., Tarariko O. H., Shtepa Yu. M., Kryzhanivskiy V.II. (2005). *Ahrobioriznomanittia Ukrainy: teoriia, metodolohiia, indykatory, pryklady [Agrobiodiversity of Ukraine: theory, methodology, indicators, examples]*. (Vol. 1). Kyiv: ZAT «Nichlava» [in Ukrainian].
6. Lysychenko H. V., Zabulonov Yu. L., Khmil H. A. (2008). *Pryrodnyi, tekhnohennyi ta ekolohichnyi ryzyky: analiz, otsinka, upravlinnia [Natural, technogenic and ecological risks: analysis, assessment, management]*. Kyiv: Naukova dumka [in Ukrainian].
7. Lysychenko H. V., Khmil H. A., Barbashev S. V. (2011). *Metodolohiia otsiniuvannia ekolohichnykh ryzykiv [Methodology for assessing environmental risks]*. Odesa: «Astroprint» [in Ukrainian].
8. *Vtorzhenie v prirodnuyu sredu. Otsenka vozdeystviya [Environmental impact assessment]*. (1983). (A.Yu. Reteyum, Trans). Moscow: Progress [in Russian].
9. Semenova L. A. (1985). *Zarubezhnyy opyt otsenok vozdeystviya na prirodnuyu sredu [Foreign experience in assessing the impact on the natural environment]*. *Geograficheskoe obosnovanie ekologicheskikh ekspertiz–Geographical substantiation of ecological expertise*. (pp. 17-32). Moscow: MGU [in Russian].
10. Cherp O. M., Vinichenko, V. N., Khotuleva M. V., Molchanova Ya. P., Dayman S.Yu. (2000). *Ekologicheskaya otsenka i ekspertiza [Environmental assessment and expertise]*. Moscow: Ekolayn [in Russian].

11. Holling K.-S. (Eds.). (1981). *Ekologicheskie sistemy. Adaptivnaya otsenka i upravlenie [Ecological systems. Adaptive Assessment and Management]*. Moscow: Mir [in Russian].
12. Lysenko O.I., Chekanova I.V., Chumachenko S.M., Tureichuk A.M. (2004). Pro rozvytok poniattia voienno ekolohiia [On the development of the concept of military ecology]. *Nauka i oborona – Science and Defense*, 3, 45-49 [in Ukrainian].
13. Kachynskiy A.B. (2001). *Ekolohichna bezpeka Ukrainy: systemnyi analiz perspektyv pokrashchennia [Ecological security of Ukraine: a systematic analysis of prospects for improvement]*. Kyiv: NISD [in Ukrainian].
14. Moiseev N.N. (1981). *Matematicheskie zadachi sistemnogo analiza [Mathematical problems of system analysis]*. Moscow: Nauka [in Russian].
15. Thorpe J., Godwin R. (1999). *Threats to Biodiversity in Saskatchewan. SRC Publication №. 11158-1C99*. Saskatoon: Saskatchewan Research Council [in English].
16. Margoluis R.A., Salafsky N. (2001). *Guide to Threat Reduction Assessment for Conservation*. Washington D.C.: Biodiversity Support Program [in English].
17. Chumachenko S.M., Dudkin O.V. (2003). Metodyka ranzhuvannia zahroz bioriznomanittiu za yikh prior ytetnistiu [Methods for ranking biodiversity threats by their priority]. O.V. Dudkin (Eds.). *Otsinka i napriamky zmenshennia zahroz bioriznomanittiu Ukrainy – Assessment and directions of biodiversity threats in Ukraine*. Kyiv: Khimdzhest [in Ukrainian].
18. Chumachenko S.M., Dudkin O.V., Korzhniev M.N., Yakovlev Ye.O. (2003). Metodychni aspekty otsinky i ranzhuvannia zahroz dlia bioriznomanittia v Ukraini [Methodical aspects of assessment and ranking of threats to biodiversity in Ukraine]. *Ekolohiia i resursy – Ecology and Resources*, 7, 77-86 [in Ukrainian].
19. Chumachenko S.M., Partalian A.S., Turovets Yu.S. (2018). Systema pidtrymky pryiniattia rishen z upravlinnia ekolohichnykh zahrozamy u raioni vedennia boiovykh dii [System of decision support for the management of environmental threats in the area of hostilities]. *Zb. nauk. pr. – Collection of Scientific Works*, 1 (83), 88-95 [in Ukrainian].
20. Mykhailova A.V. (2019). Zastosuvannia metodu analizu iierarkhii dlia otsiniuvannia zahroz vynyknennia nadzvychainykh sytuatsii v zoni provedennia Operatsii Obiednanykh Syl [Application of the method of hierarchy analysis to assess the threats of emergencies in the area of the Joint Forces Operation]. *Mizhnarodnyi naukovyi zhurnal «Internauka» – International Scientific Journal "Internauka"*, 16/77, 39-46. Retrieved from <https://doi.org/10.25313/2520-2057-2019-16-5362> [in Ukrainian].
21. Chumachenko S. M. Ocinyuvannya zagroz obyektam krytychnoyi infrastruktury / S.M. Chumachenko, V.V. Troczko // *Naukovyj visnyk: Cyvilnyj zahyst ta pozhezhna bezpeka*, 1 (3), 2017. – 41-47 [in Ukrainian].

METHODS OF COMPREHENSIVE OPERATIONAL EXPERT ASSESSMENT OF MILITARY AND MAN-MADE THREATS IN THE UNITED FORCES OPERATION ZONE

*S. Chumachenko, Dr. Eng. Sc., SRF,
National University of Food Technology*

Ye. Morsch, Cand. Sc. (Eng.),

Department for Emergency Prevention of the State Emergency Service of Ukraine

A. Mykhailova, Cand. Sc. (Eng.),

Institute of Public Administration and Research in Civil Protection

A. Partalian, Cand. Sc. (Eng.),

Department of Environmental Safety and Mine Action of the Ministry of Defense of Ukraine

KEYWORDS

military and man-made threat,
expert assessment, united
forces operation, hostilities,
methods, influencing factors

ANNOTATION

This scientific paper describes the techniques and methods of application of the methods of complex operational expert assessment of military-man-made threats in the area of the United Forces operation in eastern Ukraine during hostilities. The proposed methods were tested in the predicted increase in the intensity of hostilities. Its application will enable the relevant bodies and units to quickly and comprehensively assess the military-man-made threats from hostilities in eastern Ukraine for the objects of socio-ecological and economic systems. As a result of analytical research of scientific sources, the main features of effective techniques and methods for assessing various types of threats, which are associated with the consequences of man-made nature, and can cause emergencies. The choice of criteria for a comprehensive operational assessment of military-man-made threats, in accordance with the methodology of building a conceptual model of risk assessment. The defined criteria were divided into three groups: the source of the threat, the route of the threat and the object of influence (recipient) of the threat. The article describes the algorithmic procedure and factors used for the operational assessment of military-man-made threats, as well as the main factors of negative impact of military-man-made threats, which are key for them. In the course of the research, a hierarchical classification of factors of complex operational threat assessment for the territory of the United Forces operation was developed. As a result, a system of equations is obtained, which takes into account various aspects of assessing the impact of threats on the objects of socio-ecological and economic systems. This system of equations will make it possible to model the change in military-man-made threats depending on changes in factors and evaluation criteria. This will allow for the rapid ranking of military-man-made threats to the area of the United Forces operation in eastern Ukraine and to develop recommendations for their reduction.