Процес хімічної, біологічної, радіаційної розвідки потенційно небезпечних об’єктів як система масового обслуговування з пріоритетами

Віталій Косенко
кандидат військових наук
провідний науковий співробітник
Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України
03049, проспект Повітряних Сил, 28 Б, м. Київ, Україна
e-mail: kvc1973@meta.ua
ORCID: 0000-0002-1724-6918

Олександр Волощенко
кандидат військових наук, старший дослідник
провідний науковий співробітник
Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України
03049, проспект Повітряних Сил, 28 Б, м. Київ, Україна
e-mail: vaikiev63@gmail.com
ORCID: 0000-0003-2717-1283

Анотація (Abstract). Актуальність дослідження обумовлена тим, що за досвідом російсько-української війни, під час бойових дій на урбанізованих територіях хімічна, біологічна, радіаційна розвідка набуває особливого значення внаслідок того, що зруйнування (аварії) на потенційно небезпечних об’єктах можуть призвести до складної хімічної, біологічної, радіаційної обстановки, яка буде негативно впливати на війська. Зазначене потребує представлення процесу хімічної, біологічної, радіаційної розвідки через такі характеристики, які дозволять оцінити ефективність її ведення в умовах ускладненої хімічної, біологічної, радіаційної обстановки. У зв'язку з цим в статті наведено один із підходів до представлення процесу хімічної, біологічної, радіаційної розвідки потенційно небезпечних об’єктів як системи масового обслуговування з пріоритетами. Провідним підходом у представленому процесі є застосування таких характеристик, як інтенсивність надходження та обслуговування запитів на ведення хімічної, біологічної, радіаційної розвідки, їх середня кількість, середній час очікування довільно вибраного запиту та середня довжина черги запитів. У процесі хімічної, біологічної, радіаційної розвідки як системі масового обслуговування з пріоритетами розподіли тривалості обслуговування запитів на здійснення заходів хімічної, біологічної, радіаційної розвідки однакові для вимог усіх пріоритетних категорій, а розподіли тривалості обслуговування зазначених запитів в усіх каналах
є експоненціальними із середніми швидкостями обслуговування. У статті приведені характеристики процесу хімічної, біологічної, радіаційної розвідки, які залежать від кількості об’єктів розвідки та їх пріоритетності під час бойових дій на урбанізованих територіях і кількості та можливостей технічних засобів хімічної, біологічної, радіаційної розвідки, що залучаються для виконання завдань. Матеріали статті становитимуть інтерес для посадових осіб органів військового управління, які здійснюють планування хімічної, біологічної, радіаційної розвідки під час бойових дій, особливо на урбанізованих територіях.

Ключові слова (Keywords): урбанізовані території, інтенсивність, запит, канал.

Вступ (Introduction)

У зв’язку із повномасштабним вторгненням збройних сил російської федерації (зс рф), яке триває з 24 лютого 2022 року, існують потенційні хімічні, біологічні, радіологічні та ядерні (ХБРЯ) загрози, у випадку реалізації яких Збройні Сили (ЗС) України можуть зазнати суттєвих втрат. Ці загрози знайшли своє відображення в керівних документах (Інструкція з

функціонування системи попередження й оповіщення про хімічну, біологічну, радіологічну та ядерну загрозу (інцидент) у системі Міністерства оборони України, 2023), та вимагають посилення спроможностей сил та засобів ЗС України щодо захисту від цих загроз відповідно до указів Президента України (Стратегія національної безпеки України, 2020), (Стратегія воєнної безпеки України, 2021), (Стратегічний оборонний бюлетень України, 2021).

На сьогодні відзначається зростання рівня ХБРЯ загроз внаслідок бойових дій на урбанізованих територіях міст і крупних промислових агломерацій у зв'язку з їх насиченістю великою кількістю потенційно небезпечних об'єктів (ПНО), зокрема підприємств атомної енергетики, хімічної та нафтопереробної промисловості, зруйнування (аварії) яких можуть призвести до складної хімічної, біологічної, радіаційної (ХБР) обстановки (Воєнно-історичний опис російсько-української війни, 2023), що буде негативно впливати на війська (Методика оцінювання обстановки у надзвичайних ситуаціях техногенного та природного характеру, 2018).

Актуальний приклад цього – бойові дії в районі Чорнобильської та Запорізької атомних електростанцій у 2022 році, пошкодження ділянок аміакопроводу Тольятті – Одеса, інциденти із витоком сильнодіючих отруйних речовин внаслідок ураження об'єктів хімічної промисловості Донецької області. Крім цього, особливе занепокоєння викликають неодноразові спроби застосування зс рф бойових отруйних речовин та постійні погрози деяких посадових осіб рф щодо застосування ядерної зброї проти ЗС України (Залужний, Мойсюк, Шаптала, 2022).

Зазначене свідчить про актуальність і важливість виконання завдань підтримки військ, яка здійснюється з метою створення сприятливих умов для успішної підготовки та ведення бойових дій, забезпечення виконання визначених завдань (Уроки російсько-української війни 2022 року: воєнні аспекти, 2022). Важливою складовою підтримки військ є їх ХБРЯ захист. ХБРЯ захист військ це комплекс заходів із планування та виконання завдань, спрямованих на виключення або максимальне зменшення втрат військ під час дій в умовах ХБР зараження. Одним із важливих завдань ХБРЯ захисту є здійснення заходів ХБР розвідки (Доктрина з хімічного, біологічного, радіологічного та ядерного захисту військ (сил), 2020).

ХБР розвідка організовується і здійснюється з метою своєчасного виявлення ХБР зараження на пунктах управління, маршрутах висування, шляхах підвозу, евакуації, у районах зосередження та дій військ для їх оповіщення. Вона здійснюється штатними та спеціально підготовленими позаштатними підрозділами ХБР розвідки, особовим складом оперативно-чергової служби органів військового управління (ОВУ) шляхом збору даних про ХБР обстановку за маршрутами пересування, районами та напрямками дій військ (Марущенко, Гайдабука, Галак, 2010).

Незважаючи на можливі масштаби наслідків реалізації ХБРЯ загроз та несприятливу для військ обстановку внаслідок цього, на цей час спроможності сил і засобів ЗС України щодо здійснення ХБР розвідки поки що обмежені. Це впливає на своєчасність виявлення та оцінювання ХБР зараження та не дозволяє ОВУ різних ланок оперативно ухвалювати необхідні для даних умов обстановки рішення. Отже очевидно, що ХБР розвідка ПНО в сучасних умовах ведення бойових дій на урбанізованих територіях набуває особливого значення.

Таким чином, з метою посилення спроможностей сил і засобів ЗС України щодо ХБРЯ захисту військ, є необхідність у представленні процесу ХБР розвідки як сукупності послідовних дій, спрямованих на своєчасне виявлення ХБР зараження на ПНО. Для цього пропонується представити процес ХБР розвідки як систему масового обслуговування (СМО), якій притаманні такі характеристики, як інтенсивність надходження та обслуговування запитів на ведення розвідки, їх середня кількість, середній час очікування довільно вибраного запиту та середня довжина черги запитів, що дозволить оцінити ефективність ведення ХБР розвідки ПНО, особливо в умовах ускладненої ХБР обстановки.

Матеріали та методи (Materials and Methods)

За своїм характером, виконання завдань ХБРЯ захисту військ під час бойових дій на урбанізованих територіях, зокрема здійснення заходів ХБР розвідки ПНО, є обслуговуванням випадкового потоку запитів з певним пріоритетом. Тому, для представлення процесу зазначених заходів пропонується застосувати модель СМО з пріоритетами (M_i /M /c):($NPRP$/∞/∞), (Таха, 1985). У такій моделі передбачається, що перед блоком обслуговування запитів на здійснення заходів ХБР розвідки ПНО формується декілька черг, в кожній із яких запити мають певний рівень відносної переваги. Перша черга зазначених запитів має найвищий пріоритет, остання – найнижчий. Розпочата процедура обслуговування запитів на здійснення заходів ХБР розвідки ПНО доводиться до кінця.

Крім цього, в зазначеній моделі розподіли тривалості обслуговування запитів на здійснення заходів ХБР розвідки однакові для вимог усіх пріоритетних категорій ПНО, а розподіли тривалості обслуговування зазначених запитів в усіх каналах обслуговування є експоненціальними із середніми швидкостями обслуговування. Під каналом обслуговування мається на увазі технічний засіб (ТЗ), призначений для здійснення заходів ХБР розвідки. Надходження запитів відповідного пріоритету на здійснення заходів ХБР розвідки ПНО розподілено у часі відповідно до закону Пуассона та характеризується середньою частотою надходження.

Процес ХБР розвідки ПНО як СМО з пріоритетами (M_i /M /c):($NPRP$/∞/∞) характеризується наступними показниками:

M_i – пуассонівський закон розподілу часу надходження запитів на здійснення заходів ХБР розвідки в i-ій черзі (i =1, 2, … j);

M – пуассонівський закон розподілу часу обслуговування запитів на здійснення заходів ХБР розвідки;

c – кількість каналів обслуговування (ТЗ ХБР розвідки);

$NPRP$ – дисципліна обслуговування, яка передбачає, що ХБР розвідка буде проводитись без переривання (система з відносним пріоритетом);

кількість заявок у системі та ємність джерела заявок не обмежені.

Процес ХБР розвідки ПНО як СМО з пріоритетами зображено на рисунку 1.

Розрахунки характеристик процесу ХБР розвідки ПНО як СМО з пріоритетами та оцінювання ефективності ХБР розвідки пропонується здійснити у три етапи.

На першому етапі визначається пріоритетність об’єктів ХБР розвідки за ознаками їх важливості під час бойових дій на урбанізованих територіях.

Для цього визначаються фактори, які впливають на пріоритетність зазначених об’єктів за ознаками їх важливості, а саме:

ступінь важливості об’єктів ХБР розвідки;

ступінь важливості об’єктів ХБР розвідки за ознакою важливості підсистем військ, в інтересах яких вони застосовуються;

ступінь важливості об’єктів ХБР розвідки для системи ХБРЯ захисту військ.

Далі, за допомогою визначених факторів, здійснюється вибір шкали парних порівнянь для оцінювання важливості об’єктів ХБР розвідки, зокрема ПНО, під час бойових дій на урбанізованих територіях, для чого розробляють розрахункову модель експертного оцінювання ієрархічних структур (Величко, Коломієць, Гордієнко, Шевцов, Карпенко, Габер, 2015).

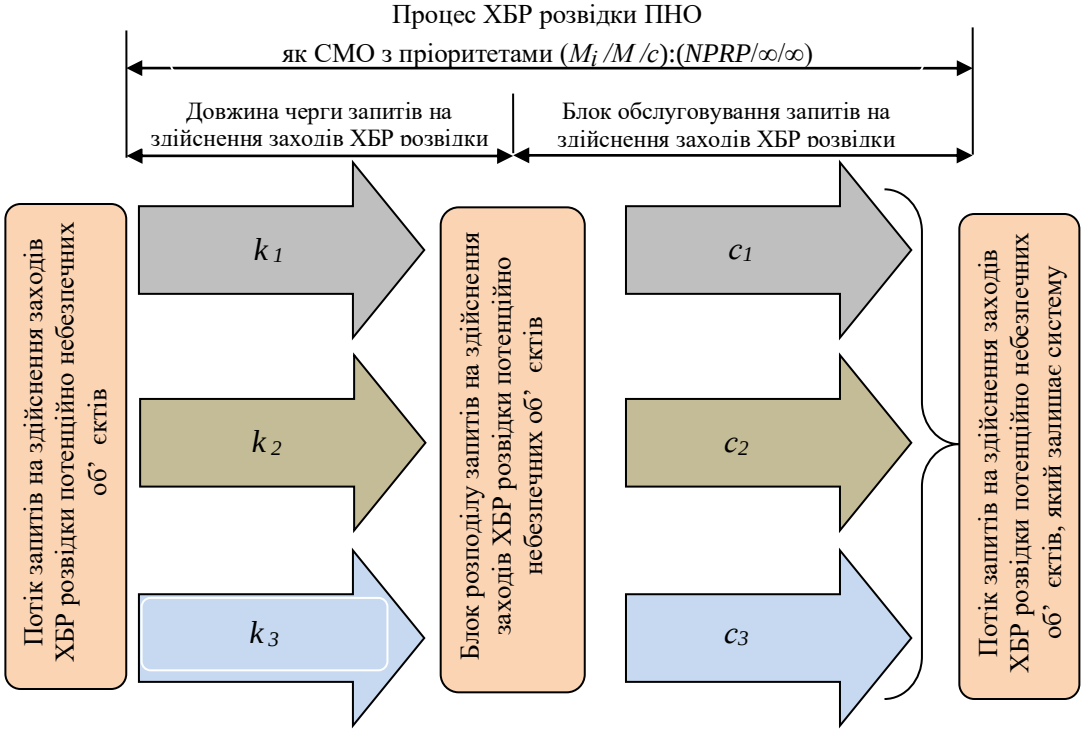


Рисунок 1. Процес ХБР розвідки ПНО як СМО з пріоритетами

Примітки: k_1 – запит з найвищим пріоритетом; k_2 – запит із середнім пріоритетом; k_3 – запит з найнижчим пріоритетом; c_1, c_2, c_3 – канали обслуговування.

Джерело: розроблено авторами на основі досліджень СМО (Таха, 1985).

У результаті порівняння обраних факторів і альтернатив утворюються збалансовані обернено симетричні матриці оцінювання власних векторів для всіх рядків у матрицях порівняння визначених факторів і альтернатив. Після перевірки чисельної та порядкової узгодженості заповнюваних матриць та визначення індексів їхньої узгодженості здійснюється розподіл пріоритетності об'єктів ХБР розвідки під час бойових дій на урбанізованих територіях за "шкалою бажаності" Харрінгтона (Шутяк, 2020).

Розподіл пріоритетності об'єктів ХБР розвідки за "шкалою бажаності" Харрінгтона наведено у таблиці 1.

Таблиця 1. Розподіл пріоритетності об'єктів ХБР розвідки за "шкалою бажаності" Харрінгтона

Шкала бажаності Харрінгтона	Розподіл пріоритетності об'єктів ХБР розвідки
1,0–0,81	Найвищий пріоритет (відмінний рівень)
0,80–0,31	Середній пріоритет (добрий та задовільний рівні)
0,30–0	Найнижчий пріоритет (нижчий рівень)

Джерело: розроблено авторами на основі досліджень розподілу пріоритетів (Шутяк, 2020)

На другому етапі послідовно визначають такі характеристики процесу виконання заходів ХБР розвідки під час бойових дій на урбанізованих територіях, як інтенсивність надходження та обслуговування запитів на здійснення заходів ХБР розвідки ПНО з *k*-им пріоритетом, *од./добу*:

$$\lambda_1 = \frac{q_{k1}}{T}; \lambda_2 = \frac{q_{k2}}{T}; \lambda_3 = \frac{q_{k3}}{T}; \mu = \frac{t_{тз}}{t_p}, \quad (1)$$

де $\lambda_{1(2,3)}$ – інтенсивність надходження запитів на здійснення заходів ХБР розвідки ПНО з *k*-им пріоритетом, *од./добу*;

μ – інтенсивність обслуговування запитів на здійснення заходів ХБР розвідки

ПНО, *од./добу*;

$q_{k1(k2,k3)}$ – кількість об'єктів ХБР розвідки з *k*-им пріоритетом протягом *T* діб бойових дій, *од.*;

$t_{ТЗ}$ – середній час продуктивної роботи ТЗ ХБР розвідки протягом доби, *год./добу*;

t_p – середній час розвідки одного ПНО, *год.*;

T – тривалість бойових дій, *діб.*

Використовуючи (1), обчислюють середню кількість запитів на здійснення заходів ХБР розвідки ПНО *k*-го пріоритета, які надходять під час обслуговування одного запиту *c* каналами обслуговування, *од.*:

$$S_1 = \frac{\lambda_1}{c \cdot \mu};\ S_2 = S_1 + \frac{\lambda_2}{c \cdot \mu};\ S_3 = S_2 + \frac{\lambda_3}{c \cdot \mu}, \tag{2}$$

де c – кількість ТЗ, зайнятих здійсненням заходів ХБР розвідки, *од.*

Після цього визначають відносну приведену інтенсивність надходження запитів на здійснення заходів ХБР розвідки ПНО:

$$\rho = \frac{\lambda_n}{\mu}, \tag{3}$$

де $\lambda_n = \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3$.

За допомогою вихідних даних і розрахованих у (1) та (3) показників обчислюють середнє значення експоненціального розподілу:

$$E = \frac{1}{\mu \cdot c\left[\rho^{-c} \cdot (c-\rho) \cdot (c-1)! \sum_{n=0}^{c-1} \frac{\rho^n}{n!} + 1\right]}. \tag{4}$$

Далі розраховують середній час очікування на здійснення заходів ХБР розвідки ПНО кожного пріоритета, *діб*:

$$Y_1 = \frac{E}{(1-S_1)},\ Y_2 = \frac{E}{(1-S_1)\cdot(1-S_2)},\ Y_3 = \frac{E}{(1-S_2)\cdot(1-S_3)}. \tag{5}$$

Після цього визначають середній час очікування довільно вибраного запиту на здійснення заходів ХБР розвідки ПНО, *діб*:

$$Y' = \left(\frac{\lambda_1}{\lambda_n}\right) \cdot Y_1 + \left(\frac{\lambda_2}{\lambda_n}\right) \cdot Y_2 + \left(\frac{\lambda_3}{\lambda_n}\right) \cdot Y_3. \tag{6}$$

Далі обчислюють середню довжину черги запитів на здійснення заходів ХБР розвідки ПНО, *од.*:

$$L_q = \lambda_n \cdot Y'. \tag{7}$$

На третьому етапі здійснюють оцінювання ефективності ХБР розвідки ПНО за наступною умовою:

$$L_q \le L_0, \tag{8}$$

де L_0 – максимальна кількість запитів в черзі на здійснення заходів ХБР розвідки ПНО, *од.*

За відповідності прийнятої умови вважається, що ХБР розвідка ПНО є ефективною.

В якості прикладу розглянемо один із варіантів розрахунків характеристик процесу ХБР розвідки ПНО як СМО з пріоритетами та оцінювання ефективності ХБР розвідки.

Вихідні дані:

кількість об’єктів ХБР розвідки – 150 *од.*; тривалість бойових дій (T) – 10 *діб.*;

середній час продуктивної роботи ТЗ ХБР розвідки протягом доби ($t_{тз}$) – 10 *год./добу*;

середній час розвідки одного ПНО за допомогою ТЗ ХБР розвідки ($t_р$) – 1 *год.*;

кількість ТЗ, зайнятих здійсненням заходів ХБР розвідки (c) – 2 *од.*;

максимальна кількість запитів в черзі на здійснення заходів ХБР розвідки ПНО (L_0) – 10 *од.*

За таких умов порядок розрахунків характеристик процесу ХБР розвідки ПНО як СМО з пріоритетами та оцінювання ефективності ХБР розвідки буде наступним:

1. Використовуючи вихідні дані визначаємо пріоритетність об’єктів ХБР розвідки за ознаками їх важливості під час бойових дій на урбанізованих територіях:

найвищого пріоритета (q_{k1}) – 20 *од.*;

середнього пріоритета (q_{k2}) – 50 *од.*;

найнижчого пріоритета (q_{k3}) – 80 *од.*

2. За допомогою (1) визначаємо інтенсивність надходження (λ) та обслуговування (μ) запитів на здійснення заходів ХБР розвідки ПНО з k-им пріоритетом:

інтенсивність надходження запитів на здійснення заходів ХБР розвідки ПНО найвищого пріоритета (q_{k1}) – λ_1 = 2 *од./добу*;

інтенсивність надходження запитів на здійснення заходів ХБР розвідки ПНО середнього пріоритета (q_{k2}) – λ_2 = 5 *од./добу*;

інтенсивність надходження запитів на здійснення заходів ХБР розвідки ПНО найнижчого пріоритета (q_{k3}) – λ_2 = 8 *од./добу*;

інтенсивність обслуговування запитів на здійснення заходів ХБР розвідки ПНО – μ = 10 *од./добу*.

3. Використовуючи (2) обчислюємо середню кількість запитів (S) на здійснення заходів ХБР розвідки ПНО k-го пріоритета, які надходять під час обслуговування одного запиту c каналами обслуговування:

середня кількість запитів на здійснення заходів ХБР розвідки ПНО найвищого пріоритета – S_1 = 0,1 *од.*;

середня кількість запитів на здійснення заходів ХБР розвідки ПНО середнього пріоритета – S_2 = 0,35 *од.*;

середня кількість запитів на здійснення заходів ХБР розвідки ПНО найнижчого пріоритета – S_3 = 0,75 *од.*

4. Рівняння (3) використовуємо для визначення відносної приведеної інтенсивності надходження запитів (ρ) на здійснення заходів ХБР розвідки ПНО: ρ = 1,5.

5. За рівнянням (4) обчислюємо середнє значення експоненціального розподілу: E = 0,065.

6. За допомогою (5) розраховуємо середній час очікування (Y) на здійснення заходів ХБР розвідки ПНО кожного пріоритета:

середній час очікування на здійснення заходів ХБР розвідки ПНО найвищого пріоритета – Y_1 = 0,072 *доби*;

середній час очікування на здійснення заходів ХБР розвідки ПНО середнього пріоритета – Y_2 = 0,111 *доби*;

середній час очікування на здійснення заходів ХБР розвідки ПНО найнижчого пріоритета – Y_3 = 0,393 *доби*.

7. Використовуючи (6) визначаємо середній час очікування довільно вибраного запиту (Y') на здійснення заходів ХБР розвідки ПНО: Y' = 0,26 *доби*.

8. За допомогою (7) розраховуємо середню довжину черги запитів (L_q) на здійснення заходів ХБР розвідки ПНО: L_q = 4 *од.*

9. Порівнюємо отриманий у пункті 8 результат розрахунку середньої довжини черги запитів (L_q) на здійснення заходів ХБР розвідки ПНО із прийнятою у вихідних даних максимальною кількістю цих запитів (L_0) та робимо висновок, що здійснення ХБР розвідки ПНО за даними умовами обстановки є ефективним.

Результати і обговорення (Results and Discussions)

Отже, за допомогою розрахунків характеристик процесу ХБР розвідки ПНО як СМО з пріоритетами, зокрема, інтенсивності надходження та обслуговування запитів на здійснення заходів ХБР розвідки ПНО певного пріоритета, середньої кількості запитів на здійснення зазначених заходів, відносної приведеної інтенсивності надходження запитів, середнього часу очікування на здійснення заходів ХБР розвідки ПНО певного та довільно вибраного пріоритетів, середньої довжини черги запитів на здійснення цих заходів, було здійснено оцінювання ефективності ведення ХБР розвідки ПНО.

Це оцінювання свідчить, що результати розрахунків характеристик процесу ХБР розвідки ПНО як СМО з пріоритетами залежать від факторів, які впливають на розподіл пріоритетності ПНО за ознаками їх важливості під час бойових дій на урбанізованих територіях, кількості об'єктів ХБР розвідки і кількості та можливостей ТЗ ХБР розвідки, що залучаються для виконання завдань.

Аналіз досліджень і публікацій показав, що питанням, які стосуються процесу ХБРЯ захисту військ, зокрема ХБР розвідки, приділялася увага у низці робіт. Наприклад, загальні питання організації та здійснення ХБР розвідки (Радіаційний, хімічний, біологічний захист підрозділів, 2007), тактика військ радіаційного, хімічного, біологічного захисту стосовно виконання заходів ХБР розвідки (Швець, Марущенко, Коваль, 2008), обґрунтування тактичних розрахунків виконання завдань і заходів ХБРЯ захисту, зокрема заходів ХБР розвідки (Гутченко, Гишко, Прокоф'єв, 2017). Проте, процес ХБР розвідки ПНО як СМО з пріоритетами у зазначених дослідженях і публікацях не розглядався.

Досвід російсько-української війни переконує у тому, що під час ведення бойових дій на урбанізованих територіях з великою кількістю ПНО обсяги заходів ХБР розвідки зростатимуть, а пріоритети щодо їх здійснення змінюватимуться. Зазначене вимагає розгляду процесу ХБР розвідки через такі характеристики, які дозволять оцінити ефективність її ведення в умовах ускладненої ХБР обстановки, що було зроблено у статті за допомогою дослідженою СМО з пріоритетами (Таха, 1985).

Висновки (Conclusion)

Таким чином, наведені залежності дають можливість представити процес ХБР розвідки ПНО через інтенсивність надходження та обслуговування запитів на здійснення заходів ХБР розвідки, середню кількість запитів *k*-го пріоритету, які надходять до каналу обслуговування, середній час очікування довільно вибраного запиту на здійснення зазначених заходів об'єктів *k*-го пріоритету та середню довжину черги запитів, що дозволяє оцінити ефективність ведення ХБР розвідки ПНО, особливо в умовах ускладненої ХБР обстановки. Дослідження показало, що ці показники головним чином залежать від кількості і пріоритетності ПНО, кількості та можливостей ТЗ щодо ХБР розвідки. Одною з переваг розглянутого підходу є те, що під час представлення процесу ХБР розвідки ПНО як СМО з пріоритетами враховується ступінь важливості об'єктів розвідки для військ та системи ХБРЯ захисту.

Перспективами подальших досліджень у цьому напрямі є розгляд процесів інших заходів ХБРЯ захисту військ з урахуванням втрат сил і засобів ХБРЯ захисту та можливостей з їх відновлення під час бойових дій на урбанізованих територіях.

Рекомендації (Recommendations)

Матеріали публікації становитимуть інтерес для посадових осіб ОВУ, які здійснюють планування ХБРЯ захисту військ, зокрема ХБР розвідки під час бойових дій на

урбанізованих територіях. Результати зазначених розрахунків дозволять оцінити ефективність ведення ХБР розвідки ПНО в умовах ускладненої ХБР обстановки.

Використані джерела (References)

1. Velychko, O. M, Kolomiets, L.V, Hordienko, T. B, Shevtsov, A. G, & Karpenko, S. R. (2015). *Group expert evaluation and experts' competence* (General editorship of Doctor of Technical Sciences Velychko, O. M.). IE Bondarenko M. O.
2. *Military and historical description of the russian-Ukrainian war.* (2023). Issue 13: March 2023. Ministry of Defence of Ukraine, General Staff of the Armed Forces of Ukraine.
3. Hutchenko, A. G., Hyshko, V. O., & Prokofiev, V. O. (2017). *Tactical calculations on the tasks of the CBR protection service: methodological manual*. KNUAF.
4. *Doctrine on chemical, biological, radiological and nuclear protection of troops (forces): Support Forces Command of the Armed Forces of Ukraine:* VKP 5(3)-00(03).01 of 26.10.2020. (2020).
5. Zaluzhnyi, V. F., Moisiuk, Y. H., & Shaptala, S. O. (2022). *Military and historical description of the russian-Ukrainian war (February – March 2022).* Ministry of Defence of Ukraine, General Staff of the Armed Forces of Ukraine.
6. Cabinet of Ministers of Ukraine. (2023, 22 March). *Instruction on the Functioning of the Prevention and Warning System of Chemical, Biological, Radiological and Nuclear Threats (Incidents) in the System of the Ministry of Defence of Ukraine* (152/nm./2023).
7. Marushchenko, V. V, Haidabuka, V. E, & Halak, O. V. (2010). *Radiation, chemical, biological reconnaissance: methodological manual*. MTF NTU "KhPI".
8. Blekot, O. M., Romaniuk, V. P., & Nikitin, A. A. (2018). *Assessing the situation in emergency situations of man-made and natural character methods: study guide*.
9. *Radiation, chemical, biological protection of units: a course of lectures*. (2007). Ed. KUAF.
10. Taha, H. (1985). *Introduction to the study of operations*. World.
11. President of Ukraine. (2020). *On the National Security Strategy of Ukraine*. *Decree of the President* (392/2020).
12. President of Ukraine. (2021). *On the Military Security Strategy of Ukraine*. *Decree of the President* (121/2021).
13. President of Ukraine. (2021). *On the Strategic Defence Bulletin of Ukraine*. *Decree of the President* (473/2021).
14. *russian-Ukrainian War of 2022 lessons: Military Aspects (Information and Analytical Materials. Report No. 19). Experience in the use of units and subunits of the Support Forces of the Armed Forces of Ukraine in the context of the Russian Federation's large-scale aggression against Ukraine.* (2022). The Central Research Institute of the Armed Forces of Ukraine.
15. Shvets, R. M., Marushchenko, V. V., & Koval, V. V. (2008). *Radiation, chemical, biological protection tactics.* MTF NTU "KhPI".
16. Shutiak, Y. V. (2020). *Using the desirability function to assess the economic security of the enterprise.* KHNU. Issue 7. P. 147–154.