

Чумаченко С. М., д-р техн. наук, ст. наук. співр.;

Державний НДІ авіації, м. Київ, Україна

Мацько П. І.,

Державний НДІ авіації, Командування логістики ЗС України, м. Київ, Україна

ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ТЕХНОГЕННОЇ БЕЗПЕКИ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ СИЛ ОБОРОНИ УКРАЇНИ В УМОВАХ ЗБРОЙНОЇ АГРЕСІЇ

Вступ

Збройна агресія росії проти України спричиняє масштабні техногенні та екологічні загрози до всіх складових природно-техногенної геосистеми. Руйнування критичної інфраструктури (КІ) призводить до забруднення довкілля і зростання ризиків для здоров'я людей. Слід відзначити відсутність інтегрованих моделей оцінки ризиків в умовах війни та нагальної потреби в адаптивних рішеннях для захисту довкілля та населення.

Аналіз попередніх досліджень. Проведений аналіз попередніх досліджень показує, що тема екологічних аспектів техногенної безпеки критичної інфраструктури Сил оборони України в умовах збройної агресії є надзвичайно актуальною та міждисциплінарною. Вона об'єднує питання екологічної безпеки, техногенної безпеки, воєнної екології, а також захисту критичної інфраструктури.

Екологічна безпека критичної інфраструктури сил оборони України набула особливої актуальності в умовах збройної агресії Російської Федерації. Масштабні бойові дії, руйнування промислових об'єктів, військових баз і транспортних вузлів створюють нові виклики для техногенної та екологічної безпеки. У цьому контексті важливо систематизувати наукові підходи, що сформувалися після 2014 року, особливо після повномасштабного вторгнення у 2022 році.

До 2014 року питання екологічної безпеки в оборонному секторі України розглядалися переважно в межах загальних нормативно-правових актів, успадкованих із радянської системи [1, 2]. Військові об'єкти класифікувалися як підвищено небезпечні, однак системного підходу до екологічного моніторингу не існувало. Деякі дослідження (наприклад, у збірниках Центрального науково-дослідного інституту ЗС України (ЦНДІ ЗСУ), Центрального науково-дослідного інституту озброєння та

військової техніки ЗС України (ЦНДІ ОБТ ЗСУ) порушували питання впливу військової діяльності на довкілля, але без інтеграції в оборонну політику [3, 4].

Після початку гібридної війни у 2014 році відбувається переосмислення ролі екологічної безпеки в контексті захисту критичної інфраструктури. З'являються перші стратегічні документи, зокрема «Зелена книга з питань захисту критичної інфраструктури» (НІСД, 2015) [5], яка окреслює загрози для об'єктів оборонного, енергетичного та транспортного секторів, включаючи екологічні ризики. Автори наголошують на необхідності міжвідомчої координації та адаптації міжнародних стандартів (ISO, NATO STANAG).

Суходоля О.М. у своїх працях [5, 6, 7] аналізує стійкість критичної інфраструктури до техногенних, природних і терористичних загроз, пропонуючи сценарне моделювання як інструмент управління ризиками.

Повномасштабне вторгнення у 2022 році спричинило безпрецедентні екологічні наслідки: забруднення води, ґрунтів, повітря, руйнування хімічних і енергетичних об'єктів. У відповідь на ці виклики наукова спільнота активізувала дослідження.

Романченко І.С. та співавтори [3, 8, 9, 10] аналізують систему екологічного забезпечення Збройних Сил України, пропонуючи впровадження стандарту ISO 14001 та створення екологічних баз даних для моніторингу. Автори наголошують на необхідності інтеграції екологічної компоненти в бойове планування та логістику.

На жаль, через специфіку теми, комплексних досліджень, що поєднують усі ці аспекти, є небагато, оскільки вони вимагають доступу до чутливої інформації та глибокого розуміння військових і екологічних процесів.

Метою статті є розробка методики оцінювання еколого-техногенної - безпеки критичної інфраструктури Сил оборони. Серед основних завдань цієї методики слід відзначити наступні:

1. Ідентифікувати джерела еколого-техногенних загроз.
2. Проаналізувати вплив бойових дій на КІ і довкілля.
3. Створити інтегровану модель оцінки ризиків.
4. Запропонувати можливі механізми моніторингу та реагування

Основний зміст. З початку повномасштабного російського вторгнення в Україну реальний сектор економіки зазнає нищівних втрат та руйнувань активів, виробничо-збутових, логістичних ланцюгів, об'єктів інфраструктури, аграрних і земельних ресурсів, людського капіталу [11]. За оцінками експертів проекту KSE Institute «Росія заплатить» [12] станом на початок вересня 2023 р. загальна сума прямих збитків,

завданих Україні через війну, сягає 151,2 млрд дол. США; транспорт посідає друге місце за обсягами збитків (після житлових будівель), – їх загальна сума складає 36,6 млрд дол. США. Прямі втрати у промисловості оцінено у 11,4 млрд дол. США, у сфері АПК і земельних ресурсів – 8,7 млрд дол. США. Порівняно з довоєнним періодом реальний сектор відіграє відчутно меншу роль у створенні ВВП країни – у 2022 р. він забезпечив 19,7 % ВВП загалом по економіці (у 2021 р. – 26,6 %).

У 2022 р. порівняно з 2021 р. частка сільського господарства скоротилася до 8,2 % з 10,9 %, переробної промисловості – до 7,6 % з 10,3 %, транспорту – до 3,9 % з 5,4 % у ВВП країни (у фактичних цінах) [11].

Через значне, а часто критичне забруднення довкілля, бойові дії та мінування території у 2022 р. сільгоспвиробники не могли використовувати близько 30 % полів для посіву (що сягало 5 млн га); у 2023 р. 25 % площ є непридатними для використання. Потрапляння у ґрунт шкідливих речовин, металевих токсичних уламків та залишків вибухових речовин, продуктів масштабних розливів пально-мастильних матеріалів та їх згоряння тощо перетворюють землі на непридатні для використання у сільськогосподарських цілях, а вирви, утворені внаслідок падіння великої кількості боєприпасів, повністю знищують родючий ґрунтовий шар на значній площі сільгоспугідь [13]. Суттєвих втрат земельним ресурсам та аграрному сектору завдало й руйнування Каховської ГЕС.

У цілому, аграрний сектор в умовах повномасштабної війни 2023 р. продемонстрував спроможність виробляти сільськогосподарську сировину та постачати продукти харчування на внутрішній та зовнішні ринки. Водночас, виробництво сільськогосподарської продукції відбувалося при значних фінансових втратах через низьку ціну на зернові та олійні культури на внутрішньому ринку, ускладнений експорт, обмежені можливості щодо відновлення матеріально-технічної бази, інфраструктурних об'єктів та повернення до обробітку земель, постраждалих наслідок війни. Катастрофічних наслідків завдало руйнування РФ Каховської ГЕС та пов'язана з цим неможливість проведення сільськогосподарської діяльності на землях, що були підтоплені. Вимушена зміна структури посівних площ сільськогосподарського виробництва в бік нарощування виробництва більш рентабельних олійних культур дозволила частково покрити витрати сільгоспвиробників, а загальне збільшення обсягів виробництва рослинницької продукції відбулося переважно через сприятливі погодні умови. При цьому, більшість галузей тваринництва залишається у кризовому стані (особливо це стосується м'ясо-

молочної галузі), передусім, за рахунок зменшення виробництва у господарствах населення.

Згідно з аналітичним дослідженням «Оцінка потреб після катастрофи» PDNA (Post Disaster Needs Assessments), підготовленого урядом України, зокрема, Міністерством економіки, спільно з Організацією Об'єднаних Націй, з внеском Групи Світового банку та Європейського Союзу, втрати екосистемних послуг лише пов'язаних з руйнуванням Каховської ГЕС оцінюються у понад 6,4 млрд дол. США (58 від усіх збитків) через вплив на природоохоронні території та ліси. Потреби у відновленні довкілля становлять 59,5 млн дол. США, пріоритетними напрямками яких є розмінування, очищення, обстеження та оцінка забруднених територій. Деякі екологічні наслідки є незворотними і можуть чинити каскадний вплив в інших секторах протягом десятиліть [14].

Сучасні дослідження використовують геоаналітичні платформи, супутниковий моніторинг, сенсори та дрони для оцінки екологічного стану об'єктів КІ Сил оборони. Незважаючи на наявний прогрес у цій сфері наукових досліджень, існує низка прогалин:

- відсутність єдиної інтегрованої платформи для екологічного моніторингу оборонної інфраструктури;
- недостатня координація між військовими, екологічними та науковими структурами;
- обмежене використання штучного інтелекту та машинного навчання для прогнозування ризиків.

Перспективним напрямом є створення системи раннього оповіщення, попередження про можливі наслідки та інформування.

В умовах збройної агресії екологічна складова набуває стратегічного значення, вимагаючи інтеграції сучасних технологій, міжвідомчої координації та наукової підтримки. Методологія проведення наукового дослідження за цим напрямком включає наступні провідні аспекти:

1. Геоаналітичний підхід: використання просторових даних та кластеризацію воєно-техногенних та екологічних ризиків;
2. Інтеграція сенсорних даних з використанням стандартних та інноваційних платформ (дрони, Інтернет речей (IoT)) для організації екологічного моніторингу в зоні впливу об'єктів КІ Сил оборони;

3. Імітаційне моделювання можливих сценаріїв впливу бойових дій на КІ та складові навколишнього природного середовища;

4. Екологічна класифікація об'єктів критичної інфраструктури за ступенем ризику.

На рис. 1 наведено функціональну структуру інтегрованої геоаналітичної платформи для наведеної вище методології.



Рисунок 1 – Інтегрована геоаналітична платформа.

З використанням вище представленої методології було побудовано інтегральну теплову карту, що ілюструє просторовий розподіл техногенних і екологічних загроз по території України в умовах збройної агресії РФ (див. рис. 2).



Рисунок 2 – Розподіл техногенних і екологічних загроз для критичної інфраструктури України

Теплова шкала показує рівні ризику — від низького (жовтий) до критичного (червоний). Додано маркери бойових дій, а також іконки складів боєприпасів, хімічних і енергетичних об'єктів.

Висновки

Аналіз публікацій і наукових досліджень показує, що більшість існуючих досліджень зосереджуються на одному з аспектів — або на екології, або на техногенній безпеці. Наше дослідження має інтегрувати ці напрямки, розглядаючи, як:

- руйнування критичної інфраструктури Сил оборони (наприклад, паливних баз, складів озброєння, військових аеродромів) створює прямі екологічні загрози;
- забруднення довкілля через військові дії впливає на функціонування об'єктів критичної інфраструктури;
- екологічні ризики впливають на бойову готовність та безпеку особового складу.

Це може стати комплексним підходом до оцінки екологічних і техногенних ризиків в сфері еколого-техногенної безпеки саме в контексті військових дій в Україні, надаючи теоретичну основу для розробки практичних рекомендацій щодо захисту довкілля та критичної інфраструктури в умовах збройної агресії РФ. Екологічна безпека є ключовим компонентом техногенної стійкості критичної інфраструктури Сил оборони. Існує потреба у визначенні необхідності інтеграції екологічного моніторингу в оборонні стратегії при визначенні Екологічної стратегії розвитку ЗС України.

Подальші дослідження мають бути спрямовані на розробку адаптивних систем моніторингу, прогнозування та реагування.

Література

1. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» від 25 червня 1991 року // ВВР України. 1991. – № 41. – 546 с.
2. Наказ Міністра оборони України від 04.07.1995 року № 171 «Про введення в дію Положення про організацію екологічного забезпечення Збройних Сил України».
3. Романченко І.С., Данилюк С.Л. Особливості концепції побудови єдиної мережі адаптивного екологічного моніторингу надзвичайних ситуацій для Збройних Сил України / І.С. Романченко, С.Л. Данилюк. – ЗНП ЦНДІ ЗСУ. 2014. – № 1(67). – С. 3–14.

4. Шишанов М.О., Махкамов М.М., Чіпіжко Ю.А. Визначення показників екологічного стану військових об'єктів / М.О. Шишанов, М.М. Махкамов, Ю.А. Чіпіжко – ЦНДІ ОБТ ЗСУ. – 2012. – № 3(46). – С. 143–149.
5. Зелена книга з питань захисту критичної інфраструктури в Україні: аналітична доповідь / Д.С. Бірюков, С.І. Кондратов, О.І. Насвіт, О.М.Суходоля. – К.: НІСД, 2015. – 35 с.
6. Суходоля О.М., Харазішвілі Ю.М., Рябцев Г.Л. (2023). Енергетична безпека України: перспективна модель управління ризиками. Монографія.
7. Суходоля О.М. (2023). Стійкість здійснення життєво важливих функцій: узагальнення досвіду реагування України на руйнування енергетичної інфраструктури, <https://niss.gov.ua/doslidzhennya/natsionalna-bezpeka/stiykist-zdiysnennya-zhyttyevo-vazhlyvykh-funktsiy-uzahalnennya>
8. Serhii Chumachenko and et. all Methodological aspects of ensuring state security in the mind hybrid threats. Monograph – Košice: University of Security Management in Košice, 2023. 272 p. ISBN: 978-80-8185-058-5
9. Романченко І. С., Сбітнєв А.І., Чумаченко І.С., Слободяник В.А. Методологічні підходи до створення бази даних для систем керування станом навколишнього середовища в Збройних силах України / І.С. Романченко, А.І. Сбітнєв, І.С. Чумаченко, В.А. Слободяник // Наука і оборона. – 2003. – № 3. – С. 50–56.
10. Романченко І.С., Сбітнєв А.І., Чумаченко І.С. Проектування бази даних для системи моніторингу навколишнього середовища в Збройних Силах України / І.С. Романченко, А.І. Сбітнєв, І.С. Чумаченко. – Наука і оборона. 2004. – № 1. – С 54–62.
11. Пріоритети розвитку реального сектора в умовах війни та повоєнного відновлення економіки України: аналіт. доп. / О.В. Собкевич, А.В. Шевченко, В.М. Русан та ін.; за загальн. ред. Я.А. Жаліла – Київ: НІСД, 2024. – 104 с. – <https://doi.org/10.53679/NISS-analytrep.2024.03>
12. Загальна сума прямих збитків, завдана інфраструктурі України через війну, сягає \$151,2 млрд. URL: <https://kse.ua/ua/about-the-school/news/zagalna-suma-pryamih-zbitkiv-zavdana-infrastrukturi-ukrayini-cherez-viynu-syagaye-151-2-mlrd-otsinka-standom-na-1-veresnya-2023-roku/>
14. Відбудова для розвитку : зарубіжний досвід та українські перспективи : міжнародна колективна монографія. Київ, 2023. 571 с. URL: <http://ief.org.ua/wp-content/uploads/2023/08/Reconstruction-for-development.pdf> 48

15. Оцінка потреб після катастрофи (PDNA). Катастрофа на греблі Каховської ГЕС 2023 року, Україна. Жовтень 2023 р. Уряд України, Організація Об'єднаних Націй. URL: <https://ukraine.un.org/sites/default/files/2023-10/PDNA%20Final%20and%20Cleared%20UKR%20-%2016Oct.pdf>