

УДК 502/504:355.4:681.004.94

Vasyl Trysnyuk¹, Doctor of Technical Sciences, professor
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9920-4879> **e-mail:** trysnyuk@ukr.net

Volodymyr Dziuba¹, postgraduate
ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0004-9576-814X> **e-mail:** navvon@ukr.net

Volodymyr Tymchuk², Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3549-2813>
e-mail: volodymyrtymchukasv@gmail.com

¹Institute of Telecommunications and Global Information Space of NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

²National Army Academy, Lviv, Ukraine

INFORMATION-TECHNICAL SIMULATION OF THE ELIMINATION OF THE CONSEQUENCES OF MILITARY ACTIONS AND MAN-MADE DISASTERS IN THE TERRITORY OF UKRAINE

Abstract. *The work is devoted to solving the scientific and practical task of modeling the elimination of the consequences of military operations and man-made disasters on the territory of Ukraine.*

Military actions and emergency situations are situations that lead to harmful social, economic and environmental consequences. In the crisis period, rescue measures are carried out, aimed at localizing the consequences of the manifestation of the sources of threat and increasing the survivability of regional components in the affected areas. Territorial distribution, heterogeneity, multi-connectivity and dynamism of impactful impacts and protective measures significantly complicate the processes of managing natural and man-made safety. The purpose of the article is to formulate the formulation of the problem of modeling the liquidation of the consequences of military operations and man-made disasters on the territory of Ukraine, using the principles of a systemic approach. The classification of sources of emergency situations based on the causes of their occurrence, different types of affected objects depending on the nature of behavior in extreme conditions, different types of protection resources that implement the necessary protective measures is given. To find the optimal plan for the use of forces and means of the man-made security system at the stage of liquidation of the consequences of military disasters and man-made disasters, a program-target approach to planning using the Pareto function of the system was used. Direct and inverse problems of finding the optimal plan are considered. The selection of objects for a direct task is carried out in order according to their priority. When solving the inverse problem, objects are selected until a given level of system effect is reached, which accumulates during the selection process. In crisis situations caused by dangerous events, it is important to take effective rescue measures to localize and reduce the consequences of accidental and threatening situations. The main goal of such measures is not only to increase the survivability of the regions in the affected areas, but also to ensure the rapid restoration of the normal functioning of society after the crisis.

Key words: *information technology; ecosystem; military operations; man-made disasters; target efficiency; Pareto function; modeling.*

В.М. Триснюк¹, В.А. Дзюба¹, В.Ю. Тимчук²

¹Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України, м. Київ, Україна

²Національна академія Сухопутних військ, м. Львів, Україна

ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕХНІЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЛІКВІДАЦІЇ НАСЛІДКІВ ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ ТА ТЕХНОГЕННИХ КАТАСТРОФ НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ

***Анотація.** Роботу присвячено розв'язанню науково-практичного завдання моделювання ліквідації наслідків військових дій та техногенних катастроф на території України.*

*Військові дії та надзвичайні ситуації представляють собою обстановку, що призводить до шкідливих соціальних, економічних та екологічних наслідків. У кризовому періоді виконуються рятувальні заходи, що спрямовані на локалізацію наслідків прояву джерел загрози і збільшення живучості регіональних компонентів у зонах ураження. Територіальна розподіленість, різномірність, багатозв'язність і динамічність уражаючих впливів і захисних заходів значно ускладнюють процеси управління природно-техногенною безпекою. **Метою статті** є формулювання постановки задачі моделювання ліквідації наслідків військових дій та техногенних катастроф на території України, користуючись принципами системного підходу. Наведена класифікація джерел надзвичайних ситуацій, виходячи із причин виникнення, різних видів об'єктів ураження в залежності від характеру поведінки в екстремальних умовах, різні види ресурсів захисту, які реалізують необхідні захисні заходи. Для пошуку оптимального плану застосування сил і засобів системи техногенної безпеки на етапі ліквідації наслідків військових дій та техногенних катастроф використаний програмно-цільовий підхід до планування з використанням Парето-функції системи. Розглянуті пряма та обернена задачі пошуку оптимального плану. Відбір об'єктів для прямої задачі проводиться у відповідності до їхньої пріоритетності. При вирішенні оберненої задачі відбір об'єктів проводиться до досягнення заданого рівня системного ефекту, що накопичується в процесі відбору. У кризових ситуаціях, спричинених небезпечними подіями, важливо вживати ефективні рятувальні заходи для локалізації та зменшення наслідків випадкових і загрозових ситуацій. Головною метою таких заходів є не тільки збільшення живучості регіонів у зонах ураження, але й забезпечення швидкого відновлення нормального функціонування суспільства після кризи.*

***Ключові слова:** інформаційні технології; екосистема; військові дії; техногенні катастрофи; цільова ефективність; Парето-функція; моделювання; системний підхід.*

<https://doi.org/10.32347/2411-4049.2024.1.143-154>

Вступ

Зміст поняття надзвичайної ситуації (НС) в нормативно-правових джерелах визначається як порушення нормальних умов життя і діяльності людей на об'єкті або території, спричинене військовими діями, аварією, катастрофою, стихійним лихом, епідемією, епізоотією, епіфітотією, великою пожежею, застосуванням засобів ураження, що призвели або можуть призвести до людських і матеріальних втрат [1]. Виконувани у післякризовий період

відновлювальні заходи покликані ліквідувати наслідки прояву джерел небезпеки і збільшити реабілітованість регіональних компонентів у зонах післядії. У контексті введених понять будемо визначати природно-техногенну безпеку як такий стан компонентів даного регіону, що характеризується наявністю необхідних ресурсів захисту для можливих чи реальних об'єктів-реципієнтів ураження у кожному періоді розвитку будь-яких НС техногенного походження. Територіальна розподіленість, різномірність, багатозв'язність і динамічність уражаючих впливів і захисних заходів значно ускладнюють процеси управління природно-техногенною безпекою.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Експериментальні дослідження техногенних чинників, пов'язаних із моделюванням ліквідації наслідків військових дій та техногенних катастроф на території України за матеріалами мультиспектральних космоснімків територій, ґрунтуються на використанні методики експертної оцінки та інформаційних технологій (ІТ). В праці А. Гусєва, С. Козьменка, О. Козьменко [2] уточнюється, що під НС мається на увазі обстановка на певній території, що склалася в результаті катастрофічної події і пов'язана з людськими жертвами, зі шкодою навколишньому природному середовищу та здоров'ю людей, із значними матеріальними втратами та порушенням умов життєдіяльності. В праці П. Белова [3] підкреслюється, що це несподівана обстановка, яка виникає раптово і характеризується стрімким порушенням сталого процесу. С. Дорогунцов і В. Гречанинов [4] надзвичайною ситуацією називають раптово виниклу ситуацію, яка характеризується значним соціально-екологічним і економічним збитком, необхідністю захисту населення від дії шкідливих для здоров'я факторів (хімічно агресивні і радіоактивні речовини, мікроби, віруси, риккетсії, переохолодження, перегрівання, травмуючі і психогенні фактори), проведення рятувальних, невідкладних медичних і евакуаційних заходів, а також ліквідації негативних наслідків, які склалися. У Кодексі Цивільного захисту України дається таке визначення: «НС – обстановка на окремій території чи суб'єкті господарювання на ній або водному об'єкті, яка характеризується порушенням нормальних умов життєдіяльності населення, спричинена катастрофою, аварією, пожежею, стихійним лихом, епідемією, епізоотією, епіфітотією, застосуванням засобів ураження або іншою небезпечною подією, що призвела (може призвести) до виникнення загрози життю або здоров'ю населення, великої кількості загиблих і постраждалих, завданням значних матеріальних збитків, а також неможливістю проживання населення на такій території чи об'єкті, впровадженням на ній господарської діяльності» [5].

Спільним для визначень є те, що надзвичайні ситуації представляють собою обстановку, викликану випадковими причинами, таку, що призводить до шкідливих соціальних, економічних та екологічних наслідків.

Додатково зазначимо, що у кризовому періоді виконуються рятувальні заходи, що спрямовані на локалізацію наслідків прояву джерел загрози і збільшення живучості регіональних компонентів у зонах ураження.

Мета роботи. Формулювання постановки задачі ліквідації наслідків військових дій та техногенних катастроф на території України, користуючись принципами системного підходу.

Виклад основного матеріалу дослідження

У світлі виявлених проблем управління техногенною безпекою в конкретному регіоні, де реєструються надзвичайні ситуації, логічним є висновок обрати систему техногенної безпеки та цивільного захисту як об'єкт дослідження.

До об'єктів застосування такої системи включаються:

- потенційно небезпечні об'єкти (ПНО) та об'єкти підвищеної небезпеки (ОПН): об'єкти, які становлять потенційну техногенну загрозу, або які вже є об'єктами підвищеної небезпеки, на які може вплинути негативна діяльність;
- об'єкти-реципієнти або об'єкти захисту і відновлення: об'єкти, на які поширюються негативні впливи у разі реалізації техногенних небезпек.

Зовнішніми до організаційно-технічної системи, що розглядається, є соціально-економічна система регіону і навколишнє природне середовище.

Отримати опис досліджуваної системи і оточуючого її середовища можна, користуючись принципами системного підходу. Згідно з цими принципами [7] під системою маємо на увазі сукупність об'єктів (компонентів системи) з набором зв'язків між ними та між їхніми властивостями.

Крім того, система як складний об'єкт повинна мати такі системні ознаки:

- наявність мети за призначенням;
- наявність системного ефекту, рівень якого пов'язують з досягненням мети;
- наявність ресурсного потенціалу (людські, матеріальні, інформаційні ресурси);
- наявність структури (керуючої і виконавчої частин, пристосованих до продукування системного ефекту);
- наявність процесу (перетворення ресурсного потенціалу в системний ефект);
- наявність цілеспрямованого управління (алгоритму);
- наявність емерджентності.

Для початку визначимо (через класифікацію) надзвичайну ситуацію як ключове поняття у розгляді системи техногенної безпеки.

Відомо, що для спрощення складнощів аналізу фактори ураження і захисту класифікуються та структуруються. Це дозволяє виділити тільки суттєві властивості об'єктів і зв'язків, значущих у даному контексті.

При описі компонентів системи, їхніх властивостей та зв'язків треба враховувати основну особливість системного підходу, яка полягає в тому, що всі складові системи функціонують як єдине ціле заради загальної мети. Функціонування системи техногенної безпеки здійснюється безперервно з метою запобігання надзвичайним ситуаціям або ліквідації їх наслідків. Це дозволяє при аналізі системи виділити тільки певні властивості об'єктів і зв'язки, які є суттєвими в даному контексті.

Класифікація факторів ураження та захисту в системі техногенної безпеки включає розрізнення за причинами виникнення НС [6, 7]:

1. Техногенні надзвичайні ситуації (ті, що зумовлені технічними або технологічними порушеннями, що можуть призвести до аварій, витоків, вибухів та інших техногенних аварій);

2. Надзвичайні ситуації військового походження (ті, що виникають внаслідок воєнних конфліктів та їхніх наслідків);

3. Природні надзвичайні ситуації (ті, що спричинені природними явищами, як-от землетрусами, повеннями, ураганами і т.п.);

4. Соціально-політичні надзвичайні ситуації (ті, що викликані соціальними конфліктами, політичною нестабільністю, терористичними або воєнними діями).

Ця класифікація становить основу для подальшого аналізу та розробки стратегій управління системою техногенної безпеки та цивільного захисту населення.

Розглянемо детальніше види НС.

Техногенні джерела (V_1) проявляються у вигляді аварій на об'єктах та пошкодження в результаті військових дій, продукція або технологічні процеси яких пов'язані з використанням високого тиску, значних енергетичних потужностей, агресивних, вибухонебезпечних чи легкозаймистих речовин. Для України реальну загрозу становлять такі види аварій:

- на об'єктах критичної інфраструктури;
- на хімічно, радіаційно і біологічно небезпечних виробництвах при ушкодженні технологічного обладнання, несправній системі запуску, контролю і відключення, помилках обслуговуючого персоналу;
- на залізничному, автомобільному, повітряному і водному транспорті при розгерметизації ємностей для перевезення небезпечних речовин, при порушенні правил транспортування, при веденні військових дій (табл. 1);

Таблиця 1. Відомості про техногенну катастрофу

№	НС, тип	Об'єкт	Дата	Опис НС	Причина	Наслідки
1	Фосфорна екологічна катастрофа	Мережа залізничного транспорту публ. н.п. Ожидів Львівської області	16.07.2007, 17:00	На перегоні Красне – Ожидів зійшли з колії та перекинулися 15 цистерн із жовтим фосфором товарного потягу № 2005 (всього у складі потягу було 58 вагонів). Цистерни слідували зі станції Асса (Джамбул, Казахстан) до станції Оклеса (Республіка Польща). Через витік фосфору із однієї цистерни сталося самозаймання 6 цистерн.	н/в	Пошкоджено 50 м залізничної колії, близько 100 м контактної мережі та три опори. Під час гасіння пожежі утворилася хмара з продуктів горіння (зона ураження близько 90 км ²). Почалась евакуація із зони ураження. До 10 осіб (учасники ліквідації) стан середньої тяжкості.

- на газо-, нафто-, електро-, тепло-, водо- і каналізаційних мережах при їхньому пошкодженні або руйнуванні та веденні військових дій;

- на гідротехнічних спорудах при прориві напірних гребель, захисних дамб або водопропускних шлюзів, або при веденні військових дій;
- на будівельних об'єктах при руйнуванні виробничих споруд або житлових будинків, залізничних та автодорожніх мостів.

В таблиці 1 наведено відомості про техногенну катастрофу в Україні.

Природні джерела (V_2) зумовлені руйнівними стихійними явищами, серед яких реальну загрозу для України становлять:

- геологічні, у вигляді землетрусів, зсувів, провалів і карсту;
- гідрологічні, у вигляді селів, підтоплень, паводків і повеней;
- метеорологічні, у вигляді циклонів, ураганів, смерчів, хуртовин, снігопадів, ожеледі, злив, градобобою, заморозків й посух;
- геліофізичні, у вигляді природних пожеж, включаючи лісові, степові і торф'яні;
- астрофізичні, у вигляді гравітаційних, магнітних і електромагнітних збурень від космічних об'єктів і випромінювань.

Екологічні джерела (V_3) виникають внаслідок надмірного антропогенного навантаження на навколишнє середовище, в Україні спостерігаються такі:

- у літосфері – деградація ґрунтів, виснаження надр, зменшення захисних лісосмуг;
- у гідросфері – забруднення, заболочення, і пересихання водоймищ, рік і озер;
- в атмосфері – руйнування озонового шару, збільшення кислотних дощів, зростання концентрації токсичних і радіоактивних речовин;
- у біосфері – втрата генофонду, зменшення біопродуктивності, зростання отруєнь, епідемій, епізоотій та епіфітотій;
- в екосфері в цілому – руйнування самовідновлюючих (рекреаційних) природних механізмів.

Соціальні джерела (V_4) є результатом взаємовпливу економічних, політичних, психологічних, інформаційних та інших факторів і передумов.

Військові джерела (V_5) пов'язані з використанням засобів збройного протиборства під час прикордонних конфліктів і в локальних війнах, а також у стратегічних планах глобальної конфронтації. Серед цих засобів розрізняються такі:

- звичайна і високоточна зброя;
- боєприпаси об'ємного вибуху, запальні, фугасні, осколкові, кулькові, кумулятивні і бетонобійні;
- ядерна зброя;
- хімічна зброя;
- бактеріологічна зброя.

У загальному випадку можливий взаємозумовлений комбінований прояв різних джерел небезпеки.

За несприятливими наслідками розрізняються НС, що призводять до людських жертв, збитків господарським об'єктам та ураження природного середовища. Залежно від характеру поведінки в екстремальних умовах спостерігаються різні види об'єктів ураження.

Серед населення (X_1) розрізняються: непрацездатні, включаючи дітей, старих і тяжкохворих; працівники виробничої сфери; працівники сфери послуг; невоєнізовані формування; воєнізовані формування (Збройні Сили

України, Національна гвардія України, Державна прикордонна служба України, Державна служба України з надзвичайних ситуацій).

Серед господарських об'єктів (X_2) можна виділити такі: об'єкти критичної інфраструктури; об'єкти виробничої сфери; об'єкти сфери послуг; історико-культурні цінності; науково-технічну документацію; коштовне технологічне обладнання.

У природному середовищі (X_3) вирізняються: представники тваринного світу (фауна); представники рослинного світу (флора); водні джерела; корисні копалини; заповідні зони.

За протидіючими чинниками розрізняються НС, що спричиняють використання різних видів ресурсів захисту, які реалізують необхідні захисні заходи.

Розвідувально-контролюючі ресурси (Z_1) призначені для ведення розвідки і контролю за станом і зміною обстановки в зонах можливого чи реального прояву уражаючих впливів за допомогою військових формувань:

- інженерної розвідки для виявлення меж і ступеня руйнування житлових будинків і виробничих споруд, визначення вторинних наслідків уражаючих впливів, знаходження місць перебування потерпілих і підходів до них;

- хімічної розвідки для виявлення меж хімічного зараження, визначення концентрації отруйних речовин і напрямку поширення зараженого повітря, спостереження і лабораторного контролю за зміною хімічної обстановки;

- радіаційної розвідки для виявлення меж і рівнів радіоактивного забруднення, встановлення режимів радіаційного захисту, спостереження і дозиметричного контролю за зміною радіаційної обстановки;

- медичної розвідки для виявлення постраждалих людей, визначення їхнього стану й умов надання першої медичної і лікарської допомоги;

- ветеринарної та агротехнічної розвідки для виявлення постраждалих тварин і рослин, визначення їхнього стану й умов надання ветеринарної й агротехнічної допомоги.

Інженерно-технічні ресурси (Z_2) спрямовані на зменшення збитків господарським об'єктам (захист техносфери) за допомогою формувань:

- інженерного захисту для підвищення фізичної стійкості виробничих споруд і житлових будинків, будівництва й обслуговування захисних споруд, розчищення проходів і розбирання завалів, облаштування під'їзних шляхів і маршрутів евакуації;

- хімічного захисту для забезпечення населення індивідуальними засобами захисту, локалізації вогнищ викиду й обваловки місць розливу отруйних речовин, дегазації прилягаючої місцевості, приміщень, устаткування, одягу і продуктів харчування;

- радіаційного захисту для забезпечення населення протирадіаційними сховищами, організації й одної профілактики, збору і поховання небезпечних радіоактивних осколків, дезактивації прилягаючої місцевості;

- пожежного захисту для забезпечення господарських об'єктів засобами автоматичної сигналізації і пожежогасіння, локалізації і ліквідації пожеж у житлових будинках і виробничих спорудах, боротьби з лісовими, степовими, торф'яними і підземними пожежами;

- технічного захисту для підвищення безпеки технологічного обладнання за допомогою засобів автоматичного контролю і відключення, виконання

профілактичних і ремонтно-відновлювальних робіт на комунально-енергетичних мережах, а також для ремонту транспортної, інженерної, протипожежної та іншої техніки.

Медико-біологічні ресурси (Z_3) спрямовані на зменшення негативних наслідків для населення, тварин і рослин (захист біосфери), за допомогою формувань:

- медичного захисту для надання першої медичної і лікарської допомоги постраждалим безпосередньо в зонах ураження, посадки їх на транспорт і супроводу під час евакуації;
- лікарського захисту для надання спеціалізованої медичної допомоги і стаціонарного лікування потерпілих за межами зон ураження в клініках, лікарнях і шпиталях;
- епідеміологічного захисту для санітарного очищення зон ураження, профілактики і лікування інфекційних захворювань;
- ветеринарного захисту для санітарної обробки і лікування тварин, локалізації і ліквідації епізоотій;
- агротехнічного захисту для знезаражування рослин і фуражу, локалізації і ліквідації епіфітотій.

Транспортно-комунікаційні ресурси (Z_4) забезпечують переміщення об'єктів біо- і техносфери усередині і поза зонами ураження за допомогою різних видів транспорту і засобів зв'язку. Для цього залучаються формування:

- забезпечення евакуації потерпілих;
- забезпечення передислокації формувань;
- забезпечення підвозу матеріально-технічних засобів;
- забезпечення підвозу води, продуктів харчування і предметів першої необхідності;
- забезпечення евакуації унікального обладнання і культурних цінностей.

Матеріально-продовольчі ресурси (Z_5) забезпечують процеси виконання захисних заходів необхідними матеріалами і засобами за допомогою формувань:

- матеріального забезпечення для зберігання і розподілення будівельних, дегазаційних, медичних та інших матеріалів і засобів;
- енергозабезпечення для заправлення транспорту горючо-мастильними матеріалами, підзарядки і заміни акумуляторних батарей, організації автономного електроживлення;
- речового забезпечення для зберігання і розподілення спецодягу серед особового складу формувань і предметів першої необхідності серед евакуйованого населення;
- комунального забезпечення для розселення і комунально-побутового обслуговування евакуйованого населення;
- продовольчого забезпечення для зберігання і розподілення продуктів харчування серед формувань і населення.

При пошуку оптимального плану застосування сил і засобів системи техногенної безпеки на етапі ліквідації наслідків НС доцільно використовувати програмно-цільовий підхід до планування.

Початковим етапом циклу планування є розробка мети програми (цілеполягання). Головною системною метою програми робіт з ліквідації

наслідків НС вважаємо підвищення їхньої цільової ефективності, яку можна розрахувати у такий спосіб:

$$e_{\text{дї}} = F/B, \tag{1}$$

де показниками ефективності є: F – значення очікуваного системного ефекту (зменшення збитку від наслідків НС) програми робіт з ліквідації наслідків НС; B – витрати бюджетних ресурсів B , якими досягнуто значення першого показника.

Здійснимо постановку задачі розробки оптимальної програми робіт з ліквідації наслідків НС.

Якщо на множині планів використання бюджетних ресурсів $\mathfrak{R} = \{R_i\}$ кожний з елементів R_i задовольняє системі обмежень на застосування ресурсів (тобто належить області припустимих рішень):

$$G(R_i) < G_0, \tag{2}$$

то слід знайти такий (оптимальний) план R_0 , що максимізує ефективність програми:

$$e_{\text{дї}}(R_0) = \frac{F(R_0)}{B(R_0)} = \max e_{\text{дї}}. \tag{3}$$

Побудуємо область припустимих рішень на Парето-функції системи (див. рис. 1).

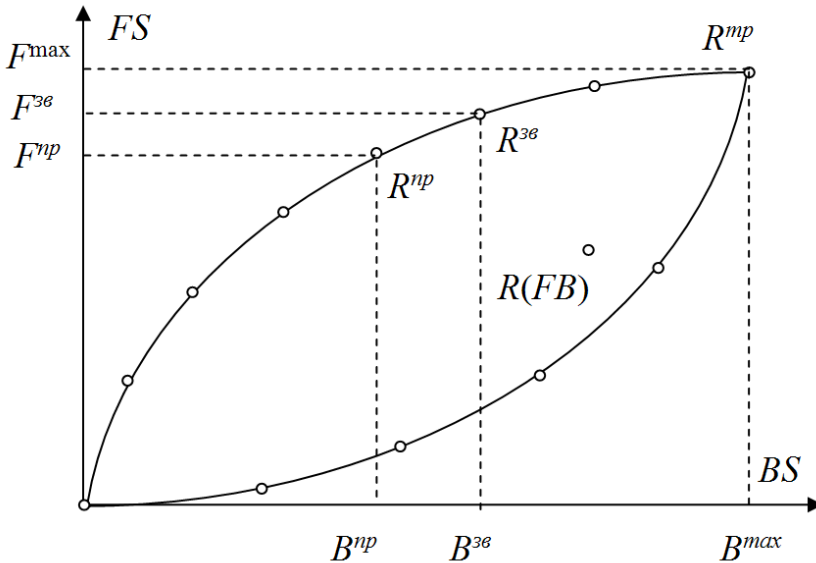


Рис. 1. Область припустимих рішень на Парето-функції системи

На рис. 1 позначено: BS – бюджетні витрати на програму, FS – цільовий ефект, що досягнуто витратами BS .

Природно, що існує множина можливих планів \mathfrak{R} , кожний з елементів котрої представляється точкою з координатами $R(F, B)$.

Очевидно, що для кожної точки області припустимих рішень F планом R цілком визначається рівень використання ресурсів B . Множина «ефективних» планів, для котрих співвідношення (F/B) є найкращим, – ліва верхня межа області припустимих планів, бо кожний ефективний план переважає за F рівноцінні йому плани за B або поступається за B рівноцінним планам за F .

Множина ефективних планів складає множину Парето, що утворює функцію Парето $F(B)$.

Оскільки прагнення підвищення ефективності системи обмежується точкою $R^{mp}(F^{\max}, B^{\max})$ як планом «абсолютної досконалості» системи, то потрібних для цього бюджетних коштів B^{\max} може не вистачити і треба трохи «поступитися» цільовим ефектом F .

Якщо можливі витрати B^{mp} , то їм відповідає значення Парето-функції F^{mp} , що є результатом вирішення «прямої» задачі оптимального планування використання обмежених ресурсів, що максимізує ефект.

Якщо значення F^{mp} не задовольняє і його можна підвищити до F^{36} , то новому F^{36} відповідає нове значення витрат бюджету B^{36} , що є результатом вирішення «оберненої» задачі оптимального використання ресурсів, що мінімізує потрібний бюджет. Такий підхід визначає компромісний рівень цільового ефекту програми і бюджет для його досягнення.

Висновки

Проведений аналіз проблем управління техногенною безпекою конкретного регіону, де зафіксована надзвичайна ситуація. Отриманий формальний опис досліджуваної системи і оточуючого її середовища, виходячи із принципів системного підходу. У рамках локалізації наслідків надзвичайних ситуацій важливо визначити та обмежити зони ураження. Це передбачає ефективне керування впливом подій та забезпечення контролю за їхніми наслідками. Локалізація може включати в себе евакуацію, створення зон безпеки, ізоляцію джерел загрози та інші заходи. Рятувальні заходи орієнтовані на надання допомоги та підтримки тим, хто постраждав від надзвичайної ситуації. Це включає медичну допомогу, евакуацію, надання необхідних ресурсів та матеріальної допомоги. Організація координації між рятувальними службами та владними структурами грає ключову роль у забезпеченні ефективності цих заходів. Поняття «живучість» в контексті надзвичайних ситуацій означає здатність регіонів ефективно впоратися з кризовими ситуаціями та швидко відновити нормальне функціонування. Застосування сучасних технологій, розробка планів екстреного реагування та забезпечення здатності спільноти мобілізуватися і співпрацювати є важливими аспектами впровадження концепції живучості.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Закон України "Про Цивільну оборону України" від 28.02.1991 р.
2. Гусев А.А., Козьменко С.Н., Козьменко О.В. Чрезвычайные ситуации: экономический ущерб и инвестиции в предупреждение // Экономика и математические методы, 2000. – Т.36, №1. – С. 36–46.
3. Белов П.Г. Моделирование опасных процессов в техносфере: Методическое пособие. – К.: КМУГА, 1999. – 124 с.

4. Загальні вимоги до розвитку і розміщення потенційно небезпечних виробництв з урахуванням ризику надзвичайних ситуацій техногенного походження / НАН України, Рада по вивченню продуктивних сил України. Наукові керівники: чл.-кор. НАН України С.І. Дорогунцов і генерал-лейтенант В.Ф. Гречанинов. – К., 1995. – 120 с.
5. Кодекс цивільного захисту України. Затверджений Верховною Радою України 02.10.2012 № 5403-VI у редакції станом на 01.01.2024. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17#Text> (дата звернення: 26.01.2024).
6. Трофимчук О.М., Адаменко О.М., Триснюк В.М. Геоінформаційні технології захисту довкілля природно-заповідного фонду / Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України; Івано-Франківський нац. тех. ун-т нафти і газу. – Івано-Франківськ : Супрун В.П., 2021. – 343 с. // ISBN 978-617-7468-53-9.
7. V. Trysnyuk, T. Trysnyuk, V. Okhariev, V. Shumeiko, A. Nikitin. Cartographic Models of Dniester River Basin Probable Flooding. *Centrul Universitar Nord Din Bala Mare – UTPRESS* ISSN 1582-0548, №1, 2018. P. 61–67.

Стаття надійшла до редакції 27.11.2023 і прийнята до друку після рецензування 12.02.2024

REFERENCES

1. Law of Ukraine "On Civil Defense of Ukraine" dated February 28, 1991.
2. Gusev, A.A., Kozmenko, S.N., & Kozmenko, O.V. (2000). Emergency situations: economic damage and investments in prevention. *Economics and mathematical methods*, 36(1), 36–46.
3. Belov, P.G. (1999). Modeling of hazardous processes in the technosphere: Methodological manual. Kyiv: KMUGA.
4. General requirements for the development and location of potentially dangerous industries, taking into account the risk of emergency situations of man-made origin. (1995). National Academy of Sciences of Ukraine, Council for the Study of Productive Forces of Ukraine. Scientific supervisors: member-cor. NAS of Ukraine S.I. Doroguntsov and Lieutenant General V.F. Grechaninov. Kyiv [in Ukrainian].
5. Civil Protection Code of Ukraine dated 02.10.2012 No. 5403-VI. Retrieved January, 26, 2024 from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17#Text> [in Ukrainian].
6. Trofymchuk, O.M., Adamenko, O.M., & Trysnyuk, V.M. (2021). Geoinformation technologies for environmental protection of the nature reserve fund. Institute of Telecommunications and Global Information Space of the National Academy of Sciences of Ukraine; Ivano-Frankivsk national technical University of Oil and Gas. Ivano-Frankivsk: Suprun V.P. ISBN 978-617-7468-53-9 [in Ukrainian].
7. Trysnyuk, V., Trysnyuk, T., Okhariev, V., Shumeiko, V., & Nikitin, A. (2018). Cartographic Models of Dniester River Basin Probable Flooding. *Centrul Universitar Nord Din Bala Mare*, 1, 61–67.

The article was received 27.11.2023 and was accepted after revision 12.02.2024

Триснюк Василь Миколайович

доктор технічних наук, професор, завідувач відділу досліджень навколишнього середовища Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору Національної академії наук України

Адреса робоча: Україна, м. Київ, вул. Чоколівський бульвар, 13

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9920-4879> **e-mail:** trysnyuk@ukr.net

Дзюба Володимир Андрійович

аспірант Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору
Національної академії наук України

Адреса робоча: Україна, м. Київ, вул. Чоколівський бульвар, 13

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0004-9576-814X> **e-mail:** navvon@ukr.net

Тимчук Володимир Юрійович

кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, докторант штатний
науково-організаційного відділу Національної академії Сухопутних військ

Адреса робоча: Україна, м. Львів, Україна, вул. Героїв Майдану 32

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3549-2813>

e-mail: volodymyrtymchukasv@gmail.com