

Система управління евакуацією населення під час надзвичайних ситуацій

Emergency Evacuation Management System

Олег Башинський^A

Corresponding author: к.тех.н., доцент, доцент кафедри наглядово-профілактичної діяльності та пожежної автоматики, e-mail: malinovskaya.yuliya2017@gmail.com, ORCID: 0000-0002-0243-7519

Марта Пелешко^A

к.тех.н., доцент, доцент кафедри наглядово-профілактичної діяльності та пожежної автоматики, e-mail: malinovskaya.yuliya2017@gmail.com, ORCID: 0000-0002-9315-1590

Тарас Бережанський^A

к.тех.н., доцент, доцент кафедри наглядово-профілактичної діяльності та пожежної автоматики, e-mail: malinovskaya.yuliya2017@gmail.com, ORCID: 0000-0002-1290-706X

Андрій Беседа^A

науковий співробітник відділу організації науково-дослідної діяльності науково-дослідного центру, e-mail: malinovskaya.yuliya2017@gmail.com, ORCID: 0009-0004-6252-1431

Oleh Bashynskiy^A

Corresponding author: Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department, e-mail: malinovskaya.yuliya2017@gmail.com, ORCID: 0000-0002-0243-7519

Marta Peleshko^A

Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department, e-mail: malinovskaya.yuliya2017@gmail.com, ORCID: 0000-0002-9315-1590

Taras Berezhanyskyi^A

Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department, e-mail: malinovskaya.yuliya2017@gmail.com, ORCID: 0000-0002-1290-706X

Andrii Beseda^A

Researcher of the Department of Organization of Scientific and Research Activities of the Scientific and Research Center, e-mail: malinovskaya.yuliya2017@gmail.com, ORCID: 0009-0004-6252-1431

^A Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Львів, Україна

^A Lviv State University of Life Safety, Lviv, Ukraine

Received: March 12, 2025 | Revised: April 23, 2025 | Accepted: April 30, 2025

DOI: 10.33445/sds.2025.15.2.11

Мета роботи: є дослідження сучасних підходів до організації евакуації населення в умовах надзвичайних ситуацій природного, техногенного та воєнного характеру. Робота спрямована на виявлення ключових викликів у сфері управління евакуаційними заходами та розробку рекомендацій для підвищення їхньої ефективності.

Метод дослідження: методи системного аналізу, моделювання та синтезу.

Результати дослідження: Розроблено структурну модель управління евакуацією, яка включає спеціалізовані органи, такі як евакуаційні комісії та пункти, а також автоматизовані підсистеми для моніторингу й реагування. Доведено, що гнучкі способи евакуації (одночасний, послідовний, вибірковий, комбінований) дозволяють мінімізувати ризики залежно від типу та масштабу надзвичайної ситуації.

Теоретична цінність дослідження: Робота розширює теоретичні основи управління евакуаційними процесами шляхом класифікації рівнів реагування та факторів, що впливають на поведінку людей під час евакуації, зокрема часу, щільності скупчення та відстані до виходу. Запропоновано математичну модель для оцінки критичного рівня паніки, що збагачує розуміння психоемоційних аспектів у кризових ситуаціях.

Практична цінність дослідження: Рекомендації, розроблені в статті, можуть бути використані органами влади для вдосконалення планування та реалізації евакуаційних заходів на національному та регіональному рівнях. Запропонована модель управління евакуацією з інтеграцією автоматизованих систем підвищує оперативність реагування та безпеку населення. Результати дослідження корисні для розробки нормативних документів і підготовки спеціалізованих служб до дій у надзвичайних ситуаціях.

Тип статті: теоретичний з практичними рекомендаціями.

Purpose: is to study modern approaches to organizing the evacuation of the population in conditions of natural, man-made and military emergencies. The work is aimed at identifying key challenges in the field of managing evacuation measures and developing recommendations to increase their effectiveness.

Method: Methods of system analysis, modeling and synthesis.

Findings: It was established that an effective evacuation system involves clear planning and coordination of the movement of the population from dangerous areas, taking into account their professional, educational or territorial affiliation. A structural model of evacuation management was developed, which includes specialized bodies, such as evacuation commissions and points, as well as automated subsystems for monitoring and response. It is proven that flexible evacuation methods (simultaneous, sequential, selective, combined) allow minimizing risks depending on the type and scale of the emergency.

Theoretical implications: The work expands the theoretical foundations of evacuation process management by classifying response levels and factors affecting people's behavior during evacuation, in particular time, crowd density and distance to the exit. A mathematical model is proposed for assessing the critical level of panic, which enriches the understanding of psycho-emotional aspects in crisis situations.

Practical implications: The recommendations developed in the article can be used by authorities to improve the planning and implementation of evacuation measures at the national and regional levels. The proposed evacuation management model with the integration of automated systems increases the efficiency of response and the safety of the population. The results of the study are useful for developing regulatory documents and preparing specialized services for action in emergency situations.

Paper type: theoretical with practical recommendations.

Ключові слова: евакуація населення, управління надзвичайними ситуаціями, цивільний захист, система оповіщення, логістика евакуації, технології у кризовому управлінні.

Key words: population evacuation, emergency management, civil protection, warning system, evacuation logistics, technologies in crisis management.

Вступ

Актуальність дослідження системи управління евакуацією населення під час надзвичайних ситуацій (НС) є надзвичайно важливою, особливо з огляду на сучасні загрози, з якими стикається Україна. Постійне зростання кількості кризових ситуацій природного, техногенного та воєнного характеру підкреслює необхідність створення ефективних механізмів захисту населення. Евакуація є одним із ключових заходів цивільного захисту, що спрямований на організоване виведення людей із зон небезпеки для збереження їхнього життя та здоров'я. Цей процес передбачає не лише переміщення населення, а й забезпечення його розміщення в безпечних районах з належними умовами для проживання. Ефективне управління евакуаційними заходами потребує чіткої координації дій державних органів, своєчасного оповіщення населення, а також наявності детальних планів евакуації. Законодавчі норми, зокрема стаття 33 Кодексу цивільного захисту України та постанова Кабінету Міністрів України № 841 від 30.10.2013, регламентують порядок проведення евакуації на державному рівні (Кодекс цивільного захисту України, 2013). Отже, дослідження механізмів управління евакуацією є надзвичайно важливим для гарантування безпеки громадян, мінімізації людських жертв та зниження матеріальних втрат під час кризових ситуацій. Вдосконалення та впровадження ефективних систем евакуації є стратегічно важливим завданням для забезпечення національної безпеки та сталого розвитку держави.

Теоретичні основи дослідження

У широкому розумінні евакуація населення – це комплекс заходів, спрямованих на організоване переміщення людей, а також матеріальних і культурних цінностей із зон загрози до безпечних територій. Вона проводиться у разі виникнення військових конфліктів, стихійних лих, техногенних аварій та інших надзвичайних ситуацій, що можуть створювати загрозу життю та здоров'ю населення (Потеряйко, Белікова, Твердохліб, 2022). Як визначають (Снагощенко, 2020) та (Idoudi, Li, Ameli, González, 2024) ефективність системи евакуації залежить від оперативності прийняття рішень, координації дій відповідних органів управління, а також від готовності населення до швидкого переміщення в умовах кризи. До основних складових евакуаційних заходів, згідно наукових доробків (Клименко, 2022), (Наврус, Khlevnoi, 2022) належать: переміщення населення із зон можливих небезпек у заздалегідь визначені безпечні райони, які розташовані поза межами впливу руйнівних факторів джерела надзвичайної ситуації; організоване виведення працівників підприємств та організацій з територій, що зазнають негативного впливу надзвичайної ситуації, із забезпеченням безперервності критично важливих процесів та функцій держави; відселення населення, яке може бути тимчасовим (з поверненням після усунення наслідків надзвичайної ситуації) або постійним (у разі неможливості відновлення безпечних умов для життя); реевакуація, тобто повернення евакуйованих осіб до місць постійного проживання після нормалізації ситуації та завершення відновлювальних заходів.

Організаційні аспекти управління евакуацією розглядаються у праці (Geng, 2024), де підкреслюється важливість міжвідомчої координації, планування логістичних ресурсів та підготовки населення до можливих надзвичайних ситуацій. Автори наголошують, що ефективність евакуації значною мірою залежить від попередньої підготовки, регулярних навчань та взаємодії між місцевими та центральними органами влади.

Постановка проблеми

В умовах зростаючої кількості надзвичайних ситуацій природного, техногенного та воєнного характеру, що загрожують життю та здоров'ю населення, питання ефективної організації та управління евакуаційними заходами набуває особливої актуальності. Система управління

евакуацією населення потребує вдосконалення, включаючи застосування сучасних цифрових технологій, розширення механізмів міжвідомчої взаємодії та створення гнучких моделей евакуаційного процесу, які можна адаптувати до різних сценаріїв розвитку надзвичайних ситуацій.

Мета статті – дослідження підходів до організації евакуації населення, визначення основних викликів у сфері управління евакуаційними заходами та розробка рекомендацій щодо підвищення рівня ефективності управління процесами евакуації населення при настанні надзвичайної ситуації.

Методологія дослідження

Використано системний підхід, який передбачає вивчення принципів планування, організації та реалізації евакуаційних заходів з урахуванням виробничо-територіального принципу. Дослідження охопило різні категорії населення (працівники, студенти, мешканці), а також специфіку координації евакуаційних процесів територіальними органами виконавчої влади та спеціалізованими евакуаційними органами, такими як евакуаційні комісії, збірні та приймальні евакуаційні пункти (ЗЕП і ПЕП), проміжні пункти евакуації тощо. Особливу увагу приділено класифікації евакуаційних заходів за рівнями реагування (об'єктова, міська, регіональна, міжрегіональна) та способами їх проведення (одночасний, послідовний, вибірковий, комбінований).

Методологічною основою для оцінки ефективності запропонованих рішень став аналіз концептуальних моделей евакуаційних систем, доповнений порівняльним вивченням їхніх управлінських особливостей і очікуваної результативності. У процесі дослідження використано методи системного аналізу, моделювання та синтезу, що дозволили обґрунтувати доцільність інтеграції управлінських заходів та визначити оптимальні підходи до організації евакуації в умовах різних типів надзвичайних ситуацій.

Результати

В умовах виникнення надзвичайних ситуацій природного, техногенного або воєнного характеру система управління евакуацією населення передбачає чітке планування, організацію та реалізацію заходів з переміщення громадян із небезпечних зон відповідно до виробничо-територіального принципу, що регламентує порядок евакуації різних категорій населення залежно від їхнього місця роботи, навчання або проживання. Зокрема, організоване вивезення чи виведення працівників підприємств, установ та організацій, а також студентів вищих навчальних закладів, учнів середніх спеціальних навчальних закладів та професійно-технічних училищ здійснюється безпосередньо за місцем їхньої професійної або освітньої діяльності під керівництвом відповідних адміністративних органів та керівництва установ. В той самий час евакуаційні заходи для решти населення, яке не залучене до виробничої чи сервісної сфери, проводяться за місцем їхнього постійного проживання і координуються відповідними територіальними органами виконавчої влади, які забезпечують організацію переміщення громадян у безпечні райони (Македон, 2012).

Окремим елементом надійного функціонування системи евакуації є те, що заходам переміщення підлягають усі особи, які перебувають у зоні потенційної небезпеки, незалежно від того, чи є вони місцевими мешканцями, працівниками чи випадковими перехожими, адже головним завданням є збереження людських життів і мінімізація ризиків для здоров'я. Виняток становлять ті громадяни, для яких передбачена можливість перебування у захисних спорудах за місцем їхнього розташування, що зменшує необхідність їхнього переміщення, а також особи, які через стан здоров'я є нетранспортабельними й потребують спеціального підходу до організації їхньої безпеки.

З метою ефективного управління процесами евакуації та забезпечення організованого переміщення населення в умовах надзвичайних ситуацій створюється комплексна система спеціалізованих евакуаційних органів, які координують усі етапи евакуаційного процесу та здійснюють контроль за своєчасним виконанням заходів. До основних складових такої системи належать евакуаційні комісії, збірні евакуаційні пункти (ЗЕП), приймальні евакуаційні пункти (ПЕП), проміжні пункти евакуації, адміністрації пунктів посадки та висадки евакуйованих осіб, евакоприймальні комісії, а також групи управління на маршрутах евакуації, які забезпечують контроль за рухом транспортних колон і регулюють оперативні зміни маршрутів у разі виникнення непередбачених ускладнень або загроз (Wu, Nie, Zeng, Cheng, Pan, Han, Hosamo, 2024).

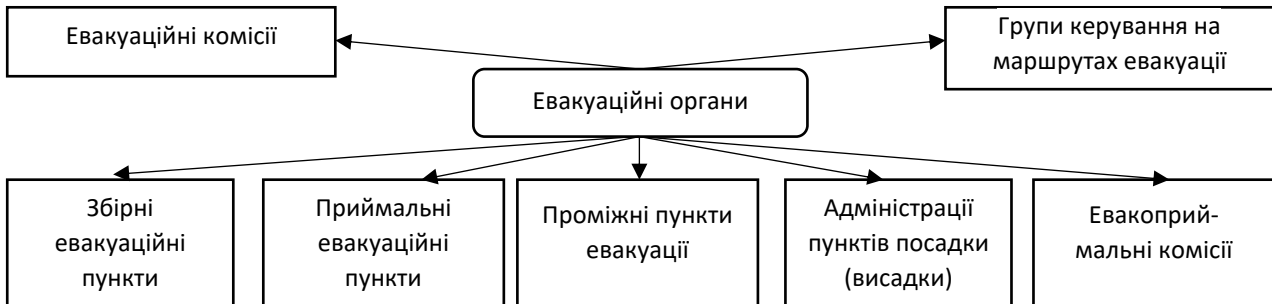


Рисунок 1 – Порядок управлінської взаємодії органів евакуації населення при настанні надзвичайних ситуацій

Джерело: сформовано на основі (Комяк, Кязімов, 2020; Idoudi, Li, Ameli, González, 2024)

Основним завданням цих органів є створення належних умов для швидкого, організованого та безпечного переміщення населення із зон можливих небезпек у заздалегідь визначені безпечні райони, що мінімізує ризики для життя та здоров'я громадян. У містах, які мають особливе стратегічне значення або віднесені до певних категорій за рівнем небезпеки в рамках системи цивільного захисту, формуються спеціалізовані евакуаційні комісії, які відповідають за координацію всіх евакуаційних заходів, а також функціонують збірні евакуаційні пункти (ЗЕП), що є проміжними локаціями для збору та організації переміщення осіб, які підлягають евакуації.

У свою чергу, у регіонах, визначених як безпечні зони, розгортаються приймальні евакуаційні пункти (ПЕП), призначені для прийняття та первинного розміщення евакуйованого населення перед їх подальшою дислокацією у житлових будівлях, адміністративних установах або спеціально підготовлених тимчасових поселеннях. Особлива увага при цьому приділяється ефективній організації транспортування осіб, які не мають можливості самостійно дістатися до безпечних зон, що включає використання спеціального транспорту, визначення оптимальних маршрутів та забезпечення безперервного руху колони евакуаційного транспорту в умовах можливих обмежень на дорогах (Abioye, Dulebenets, Ozguven, Moses, Boot, Sando, 2020).

Ефективна система управління евакуацією населення під час надзвичайних ситуацій вимагає комплексного підходу, що включає моніторинг небезпек, координацію дій та інтеграцію автоматизованих підсистем. На рисунку представлена структура такої системи, яка складається з ключових компонентів, що забезпечують контроль за температурним режимом електроустановок, будівельними конструкціями та трафіком відвідувачів. Центральна підсистема управління відповідає за моніторинг пожежної безпеки, оповіщення та евакуацію населення. Крім того, автоматизовані механізми пожежогасіння, димовидалення та управління евакуаційними маршрутами сприяють мінімізації ризиків та оперативному

реагуванню у критичних ситуаціях (рис. 2.) (Havryst, Khlevnoi, 2022). У разі виникнення надзвичайних ситуацій природного чи техногенного походження на території населеного пункту чи регіону процес евакуації повинен бути чітко регламентованим, з урахуванням рівня небезпеки, можливих наслідків для життєдіяльності населення та доступності безпечних районів для його розміщення. Локальна евакуація застосовується у випадках, коли зона впливу небезпечних факторів надзвичайної ситуації обмежена територією, що охоплює одну або кілька організацій, а її наслідки не поширюються на значні територіальні масиви. У такому випадку евакуаційні заходи стосуються переважно працівників підприємств та установ, які можуть бути оперативно переміщені до заздалегідь визначених безпечних місць у межах населеного пункту або його околиць, мінімізуючи таким чином загрозу для їхнього життя та здоров'я (Муконін, 2024).

На процес виникнення та поширення паніки у людей у процесі евакуації у разі НС може впливати зовнішнє середовище, а також поведінка інших людей, що евакуюються. У роботі показано, що рівень психоемоційного стану або ступеня паніки евакуйованих може залежати від трьох основних факторів:

- час знаходження на території евакуації t ;
- щільність скупчення людей D ;
- відстань до виходу l .

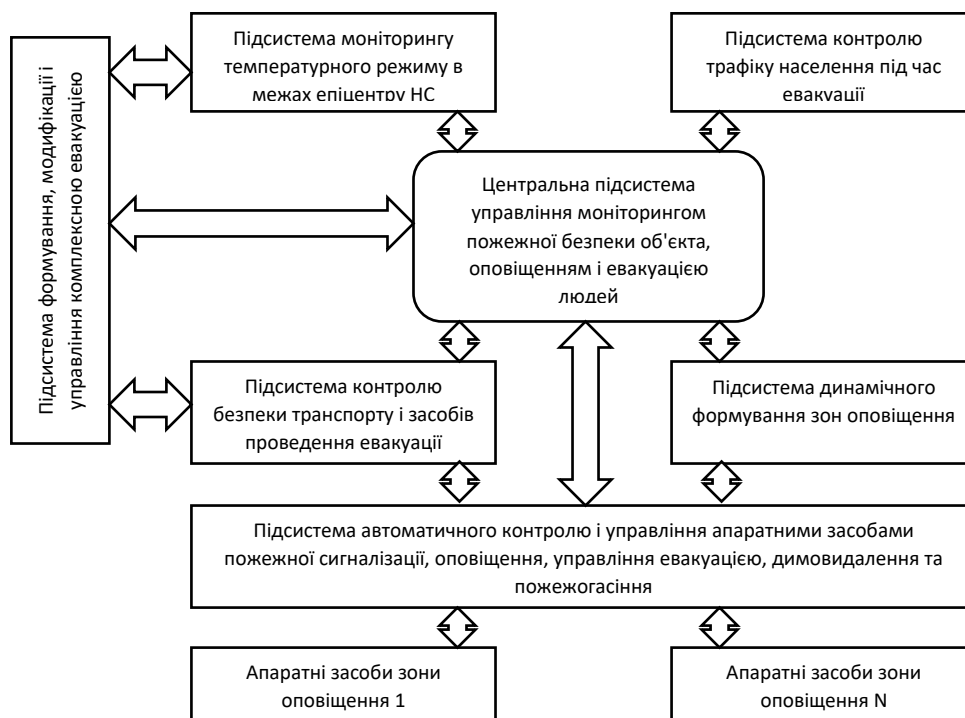


Рисунок 2 – Структурна модель системи управління евакуацією населення під час надзвичайних ситуацій

Джерело: сформовано авторами

Вплив даних факторів пропонується описати відповідними монотонно зростаючими функціями $f_1(t)$, $f_2(D)$, $f_3(l)$, оскільки очевидно, що почуття страху, а значить і панічного стану в евакуйованого не зменшується при розвитку критичної ситуації (Idoudi, Li, Ameli, González, 2024).

У моделі пропонується зробити ще одне припущення, що полягає в тому, що існує певний критичний час t_c з відповідним значенням функції $f_1(t_c)$, для якої в випадку $t < t_c$ час

перебування людей у критичній ситуації ще незначно і недостатньо, щоб вони почали входити в панічний стан та виявляти відповідну реакцію. Якщо ж $t > t_c$, то вже можливий прояв у панічного стану, що евакуюється. Час, коли починає проявлятися панічна реакція в евакуйованих, може бути визначено на основі порогового рівня паніки P_L :

$$P_L = \min(f_1(t_c), f_2(D_c), f_3(l_c))$$

$$\begin{cases} f_1(t) = (1 + e^{-\left(\frac{10.6t}{t_{max}} - 5.3\right)})^{-1}, & 0 \leq f_1(t) \leq 1 \\ f_2(D) = (1 + e^{-\left(\frac{10.6D}{D_{max}} - 5.3\right)})^{-1}, & 0 \leq f_2(D) \leq 1 \\ f_3(l) = (1 + e^{-\left(\frac{10.6l}{l_{max}} - 5.3\right)})^{-1}, & 0 \leq f_3(l) \leq 1 \end{cases} \quad (1)$$

- де t_c – критичний час, значення якого дорівнює 60 секунд, до якого не починається процес евакуації і, отже, прояв можливої панічної реакції в евакуйованих;
- D_c – критичне значення щільності, яке встановлюється на рівні 3,4 (ч/м²);
- l_c – критичну відстань до виходу, тобто. відстань від виходу до точки, від якої той, хто евакуюється, вже точно не заблукає і зможе гарантовано переміститися назовні;
- t_{max} – максимально допустиме значення часу перебування людей, яка є прогнозованим часом до початку впливу небезпечних факторів;
- D_{max} – максимально допустиме значення густини, яке встановлено на рівні 5,0 (ч/м²);
- l_{max} – максимально можливе значення відстані до виходу, яке є відстанню від найдалшої точки розташування до виходу.

Зазвичай евакуйоване населення розміщується у безпечних регіонах, що територіально прилягають до зони надзвичайної ситуації, оскільки це дає змогу мінімізувати логістичні труднощі та забезпечити оперативне повернення людей після ліквідації загрози.

У випадках виникнення раптових небезпек, які потребують негайного реагування, застосовується екстрена (невідкладна) евакуація, що здійснюється за умов мінімального часу на підготовку та часто проводиться в умовах безпосереднього впливу небезпечних факторів надзвичайної ситуації. Така евакуація зазвичай застосовується, коли загроза життю населення є критичною та вимагає негайного вивезення людей з ураженої території, наприклад, під час аварій на хімічно небезпечних підприємствах, землетрусів, масштабних пожеж чи військових дій. Окрім цього, невідкладна евакуація проводиться у ситуаціях, коли порушення функціонування інфраструктури або систем життєзабезпечення створює загрозу для здоров'я населення, що також вимагає термінових дій для його переміщення у безпечні райони (рис. 2.).

Терміни проведення евакуаційних заходів значною мірою залежать від можливостей транспортного забезпечення та здатності органів управління оперативно організувати першочергове розміщення евакуйованих у регіонах тимчасового перебування, де їм надаються базові засоби життєзабезпечення. Важливим критерієм, який визначає масштабність евакуації, є категорія населення, що підлягає переміщенню, оскільки у кризових ситуаціях можливе проведення як загальної евакуації, що передбачає виведення всіх осіб, які перебувають у зоні небезпеки, так і часткової евакуації, яка стосується лише окремих груп населення, зокрема дітей дошкільного віку, школярів, осіб з обмеженими можливостями, пенсіонерів або пацієнтів медичних закладів, які не можуть самостійно покинути небезпечну територію (Комяк, Кязімов, 2020).

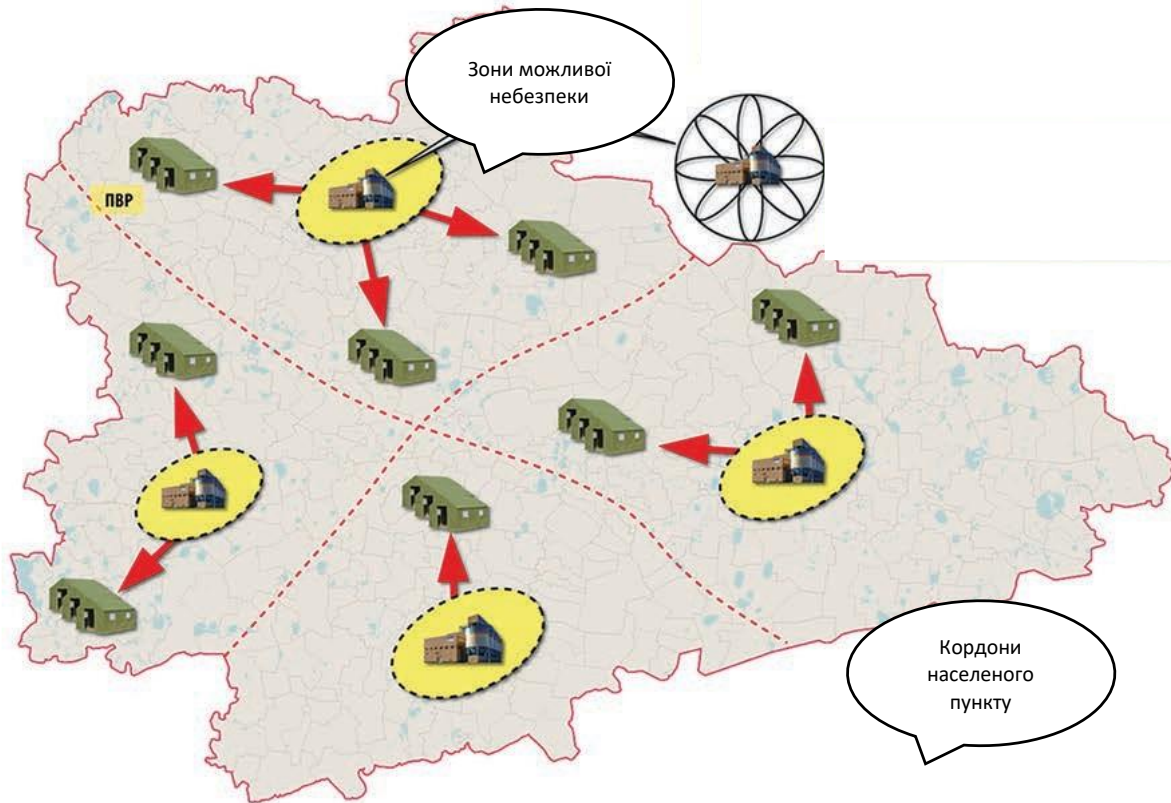


Рисунок 2 – Концептуальна модель планування, підготовки та управління евакуаційними заходами на території окремого населеного пункту за небезпеки виникнення надзвичайної ситуації природного та техногенного характеру

Джерело: сформовано авторами

Ефективність реалізації евакуаційних заходів значною мірою залежить від масштабу небезпечної зони, загальної чисельності населення, що перебуває в зоні ризику, рівня транспортної забезпеченості та місцевих умов, що можуть ускладнювати або, навпаки, сприяти оперативному переміщенню людей у безпечні райони (рис. 3.).

Способи проведення евакуації можуть бути різними та застосовуються залежно від ситуації, що склалася. Найпоширенішими є одночасний, послідовний, вибірковий та комбінований способи евакуації.

Одночасний спосіб евакуації передбачає негайне виведення або вивезення всіх категорій населення, яке перебуває в небезпечній зоні, незалежно від соціального статусу чи рівня загрози. Наведений підхід застосовується у випадках, коли необхідно швидко звільнити територію регіону, області або навіть декількох суміжних регіонів, якщо ризик є масштабним і загрожує життю значної кількості людей. Такий спосіб є оптимальним у разі техногенних аварій, стихійних лих або загроз застосування зброї масового ураження, коли зволікання може призвести до катастрофічних наслідків (Голубок, Бабков, Жабінський, 2021).

Послідовний спосіб евакуації передбачає етапність у процесі переміщення населення, коли спочатку евакууюється одна категорія осіб (наприклад, діти, люди похилого віку, особи з обмеженими можливостями), а потім інші групи населення за визначеним порядком. Аналогічно може проводитися евакуація спочатку в одному населеному пункті чи адміністративному районі, а згодом у наступних регіонах залежно від розвитку надзвичайної ситуації. Цей метод зазвичай застосовується в умовах, коли загроза розвивається поступово, даючи можливість організувати процес більш керовано та уникнути паніки серед населення.

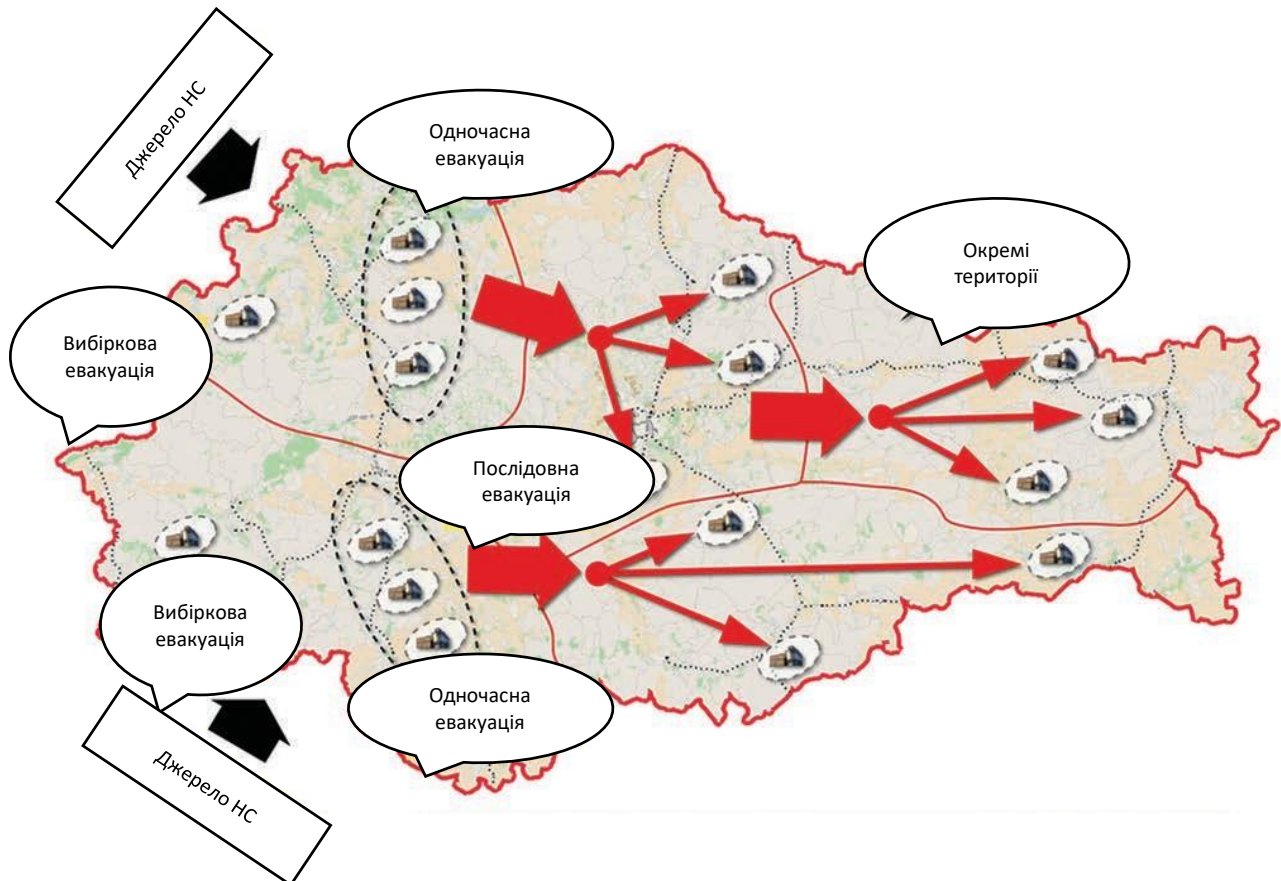


Рисунок 3 – Концептуальна модель планування, підготовки та проведення евакуаційних заходів на території регіону України у разі небезпеки виникнення надзвичайної ситуації природного та техногенного характеру

Джерело: сформовано авторами

Вибірковий спосіб евакуації застосовується у ситуаціях, коли безпосередню загрозу становлять певні категорії осіб або окремі території, що найбільше піддаються впливу негативних факторів надзвичайної ситуації. У цьому випадку евакуюються лише ті групи населення, які знаходяться під найбільшою загрозою, або ж переміщується тільки один об'єкт чи район, що безпосередньо потрапив у зону ураження (Клименко, 2022). Такий метод є доцільним у ситуаціях локальних техногенних аварій, обмежених природних катастроф або при проведенні цілеспрямованих рятувальних операцій.

Комбінований спосіб евакуації передбачає гнучке використання різних варіантів переміщення населення залежно від конкретної ситуації, що може змінюватися у процесі розвитку надзвичайної ситуації. Це означає, що певні групи населення можуть евакуюватися одночасно, тоді як для інших застосовується послідовний або вибірковий підхід. Такий підхід забезпечує адаптивність системи евакуації та дає змогу мінімізувати втрати часу в критичних умовах (табл. 1).

Таблиця 1 – Оцінка способів евакуації населення за умов настання надзвичайної ситуації та їх управлінські особливості

Вид евакуації	Головна перевага	Складність проведення	Управлінське забезпечення	Очікувана ефективність і результативність
Одночасна евакуація	Швидке звільнення небезпечної зони	Потребує значної кількості транспорту та ресурсів	Координація на національному та регіональному рівні	Максимальне зменшення людських жертв у найкоротший термін
Послідовна евакуація	Чітка організація та уникнення паніки	Вимагає ретельного планування та контролю	Децентралізоване управління з місцевими координаційними центрами	Ефективне переміщення без створення хаосу
Вибіркова евакуація	Оптимізація ресурсів на критично важливі групи	Складність у визначенні груп населення, що підлягають евакуації	Залучення аналітичних груп та екстрених служб	Раціональне використання ресурсів при мінімізації ризиків
Комбінована евакуація	Гнучкість та адаптивність до ситуації	Необхідність швидкого аналізу ситуації та прийняття рішень	Гнучка взаємодія різних рівнів управління	Оптимальне співвідношення швидкості та безпеки
Екстрена евакуація	Миттєве реагування на загрозу	Обмеженість часу для організації заходів	Рішення приймаються в умовах високої невизначеності	Збереження життів при мінімальних втратах часу
Попереджувальна евакуація	Забезпечення підготовки до можливих ризиків	Необхідність детального прогнозування ризиків	Попереднє планування та формування евакуаційних резервів	Мінімізація наслідків за рахунок заздалегідь підготовлених заходів

Джерело: сформовано авторами

Евакуація вважається завершеною лише тоді, коли всі особи, які підлягали переміщенню, безпечно покинули небезпечну територію, яка перебуває в зоні впливу загрозливих чинників надзвичайної ситуації. Ключовим фактором для ухвалення рішення про проведення евакуаційних заходів є оцінка ступеня загрози життю та здоров'ю громадян, що визначається на основі заздалегідь розроблених критеріїв, затверджених Міністерством надзвичайних ситуацій України, які враховують специфіку кожного типу небезпеки та рівень загрози для населення.

Обговорення

Отримані результати дослідження знаходяться у кореляції з висновками багатьох науковців, які наголошують на важливості вдосконалення систем евакуації шляхом інтеграції сучасних цифрових технологій та підвищення рівня координації між державними структурами, що є ключовим фактором для ефективного реагування на надзвичайні ситуації.

Зокрема, дослідження (Потеряйко, Белікова, Твердохліб, 2022), де підкреслено критичну роль міжвідомчої взаємодії у процесі управління евакуаційними заходами, що знаходить відображення у наших висновках щодо необхідності створення єдиної централізованої системи моніторингу, оповіщення та управління евакуацією, яка забезпечувала б оперативну координацію дій усіх залучених органів. Одночасно, в роботах (Клименко, 2022) та (Abioye, Dulebenets, Ozguven, Moses, Boot, Sando, 2020) звертаємо увагу на проблеми, пов'язані з правовим регулюванням евакуаційних заходів, вказуючи на недостатню чіткість процедур евакуації у швидкоплинних кризових ситуаціях, що підтверджується нашими результатами, які обґрунтовують потребу в модернізації законодавчих актів та розробці деталізованих механізмів управління евакуацією.

Незважаючи на значний обсяг досліджень у сфері цивільного захисту, окремі аспекти управління евакуацією залишаються предметом наукових дискусій. Наприклад, Havrys A., Khlevnoi O. вважають, що централізована система евакуації є оптимальним рішенням для кризових ситуацій, тоді як дослідник (Havrys, Khlevnoi, 2022) наполягає на необхідності децентралізованих підходів, які передбачають розширення повноважень місцевих органів влади та впровадження адаптивних моделей управління на регіональному рівні. Поточне дослідження демонструє, що найбільш ефективним є гібридний підхід, який поєднує централізоване планування з гнучкими механізмами реагування на місцевому рівні, що дозволяє враховувати специфіку різних регіонів та умов.

Новизна дослідження полягає в розробці концептуальної моделі управління евакуацією населення, яка інтегрує організаційні, технологічні та соціальні аспекти, враховуючи динамічні зміни у середовищі надзвичайних ситуацій та адаптуючись до різних сценаріїв розвитку подій. На відміну від більшості попередніх робіт, які фокусуються на окремих аспектах евакуації (при плануванні маршрутів або нормативно-правовій базі), наше дослідження пропонує системний підхід, що охоплює весь процес – від прогнозування загроз до після евакуаційного розміщення населення, що набуває саме комплексне вирішення проблем.

Висновки

Проведено детальний аналіз функцій та значення ключових органів, які відповідають за організацію евакуаційних процесів та надано ґрунтовну оцінку переваг та недоліків різних методів евакуації, включаючи одночасну, послідовну, вибірково, комбіновану, екстрену та попереджувальну, що дозволило визначити їхню доцільність у різних умовах надзвичайних ситуацій, а також встановити оптимальні підходи до реалізації евакуаційних заходів, враховуючи масштаби та характер загрози. Обґрунтовано доцільність і необхідність впровадження автоматизованих систем моніторингу та управління евакуаційними процесами, які інтегрують у собі цифрові технології для аналізу ризиків, сучасні системи оповіщення, механізми управління транспортними потоками та інструменти контролю зон безпечного розміщення евакуйованих осіб, що забезпечує комплексний підхід до організації евакуації.

Розроблено концептуальну модель забезпечення ефективного управління невідкладними заходами з евакуації населення, які охоплюють критичні етапи, починаючи з підготовки, проведення та завершення евакуаційних заходів. Цей алгоритм сприяє не тільки мінімізації рівня втрат серед цивільних, але й зниженню рівня паніки, а також більш

раціональному потоку використання доступних ресурсів у надзвичайних умовах. Запропоновано комплексний підхід до підвищення ефективності евакуаційних заходів, який включає вдосконалення нормативно-правової бази, модернізацію технічних засобів оповіщення, активне використання інформаційних систем, підготовку населення до дій і поведінки у кризових ситуаціях, а також впровадження критичних моделей управління евакуаційними процесами, що дозволяє забезпечити гнучкість та оперативність у реагуванні на надзвичайні ситуації.

Фінансування

Це дослідження не отримало конкретної фінансової підтримки.

Конкуруючі інтереси

Автори заявляють, що у них немає конкуруючих інтересів.

Список використаних джерел

1. Голубок, М., Бабков, Ю., & Жабінський, В. (2021). Місце та роль Національної гвардії України в системі забезпечення обов'язкової евакуації певної категорії населення. Науковий вісник Національної академії Національної гвардії "Честь і закон", 1(76), 33–39. <https://doi.org/10.33405/2078-7480/2021/1/76/229504>
2. Клименко, Н. (2022). Особливості забезпечення цивільного захисту в умовах воєнного стану. Науковий вісник: Державне управління, 2 (12), 218–233. [https://doi.org/10.33269/2618-0065-2022-2\(12\)-218-233](https://doi.org/10.33269/2618-0065-2022-2(12)-218-233)
3. Кодекс цивільного захисту України: Закон України від 02.10.2012 р. № 5403-VI. Дата оновлення: 01.01.2023. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17#Text>
4. Комяк, В., & Кязімов, К. (2020). Варіантне моделювання евакуації людей з висотних будівель у разі виникнення надзвичайної ситуації. Сучасні проблеми моделювання, (17), 27-35. <https://doi.org/10.33842/2313-125X/2019/17/27/35>
5. Македон, В. В. (2012). Дослідження процесів забезпечення соціальної відповідальності у провідних моделях корпоративного управління. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства: Економічні науки, (126), 198–206.
6. Муконін, Ю. В. (2024). Організація та проведення заходів з евакуації: навчально-методичний посібник. Кропивницький: НМЦ ЦЗ та БЖД Кіровоградської області.
7. Потеряйко, С. П., Белікова, К. Г., & Твердохліб, О. С. (2022). Проблемні питання евакуації населення в безпечні місця в умовах воєнного стану. український кейс. Публічне урядування, 5 (33), 58-63. [https://doi.org/10.32689/2617-2224-2022-5\(33\)-8](https://doi.org/10.32689/2617-2224-2022-5(33)-8)
8. Снагощенко, А. О. (2020). Особливості здійснення евакуації населення в надзвичайних ситуаціях. У В. П. Титаренко та А. М. Хлопов (Ред.), Безпека життя і діяльності людини: теорія та практика (с. 389–391). ПНПУ імені В. Г. Короленка.
9. Abioye, O. F., Dulebenets, M. A., Ozguven, E. E., Moses, R., Boot, W. R., & Sando, T. (2020). Assessing perceived driving difficulties under emergency evacuation for vulnerable population groups. Safety and Emergency Planning Sciences, 100878. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2020.100878>
10. Geng, J. (2024). An overview of emergency logistics routing and location: Models and future research directions. SHS Web of Conferences, 181, Article 03005. <https://doi.org/10.1051/shsconf/202418103005>
11. Havrys, A., & Khlevnoi, O. (2022). Software-based method of determining the necessary population evacuation zone in case of a chemical accident. Emergencies: Prevention and Liquidation, 6(2), 116–128. <https://doi.org/10.31731/2524.2636.2022.6.2.116-128>

12. Idoudi, H., Li, W., Ameli, M., & González, M. C. (2024). Population evacuation in motion: Harnessing disaster evolution for effective dynamic emergency response. *IEEE Transactions on Intelligent Vehicles*, 9(1), 1–13. <https://doi.org/10.1109/TIV.2024.3498099>
13. Makedon, V., Myachin, V., Plakhotnik, O., Fisunen, N., Mykhailenko, O. (2024). Construction of a model for evaluating the efficiency of technology transfer process based on a fuzzy logic approach. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, no 2(13(128)), 47-57. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.300796>.
14. Wu, H., Nie, R., Zeng, X., Cheng, C., Pan, J., Han, D., & Hosamo, H. (2024). Review of advanced emergency evacuation procedures in hospital buildings: comprehensive analysis and insights. *Frontiers in Built Environment*, 10. <https://doi.org/10.3389/fbuil.2024.1381813>

References

1. Holubok, M., Babkov, Yu., & Zhabinskyi, V. (2021). Place and role of the National Guard of Ukraine in the system of ensuring mandatory evacuation of a certain population category. *The Scientific Journal of the National Academy of National Guard "Honor and Law"*, 1(76), 33–39. <https://doi.org/10.33405/2078-7480/2021/1/76/229504>
2. Klymenko, N. (2022). Features of civil protection under martial law conditions. *Scientific Bulletin: Public Administration*, (2(12)), 218–233. [https://doi.org/10.33269/2618-0065-2022-2\(12\)-218-233](https://doi.org/10.33269/2618-0065-2022-2(12)-218-233)
3. Law of Ukraine “Code of Civil Protection of Ukraine” from October 02, 2012, No 5403-VI]. (n.d.). zakon.rada.gov. ua. Retrieved from : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17#Text>
4. Komyak, V., & Kyazimov, K. (2020). Variantal modeling of evacuation of people from altitude buildings in the event of an emergency situation. *Modern Problems of Modeling*, (17), 27–35. <https://doi.org/10.33842/2313-125X/2019/17/27/35>
5. Makedon, V. V. (2012). Research on processes ensuring social responsibility in leading corporate governance models. *Bulletin of Kharkiv National Technical University of Agriculture: Economic Sciences*, (126), 198–206.
6. Mukonin, Y. V. (2024). Organization and conduct of evacuation measures: A training manual. NMTS CZ and BZhD of the Kirovohrad region.
7. Poteriaiko, S. P., Bielikova, K. H., & Tverdokhib, O. S. (2022). Problemy evakuatsii naselennia v bezpechni mistsia v umovakh voiennoho stanu: Ukrainyskyi keis [Issues of population evacuation to safe areas under martial law conditions: The Ukrainian case]. *Publichne uriaduvannia [Public Administration]*, (5(33)), 58–63. [https://doi.org/10.32689/2617-2224-2022-5\(33\)-8](https://doi.org/10.32689/2617-2224-2022-5(33)-8)
8. Snagoshchenko, A. O. (2020). Peculiarities of population evacuation in emergency situations. In V. P. Tytarenko & A. M. Khlopov (Eds.), *Safety of human life and activity: theory and practice* V. G. Korolenko PNU. pp. 389–391.
9. Abioye, O. F., Dulebenets, M. A., Ozguven, E. E., Moses, R., Boot, W. R., & Sando, T. (2020). Assessing perceived driving difficulties under emergency evacuation for vulnerable population groups. *Safety and Emergency Planning Sciences*, 100878. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2020.100878>
10. Geng, J. (2024). An overview of emergency logistics routing and location: Models and future research directions. *SHS Web of Conferences*, 181, Article 03005. <https://doi.org/10.1051/shsconf/202418103005>
11. Havrys, A., & Khlevnoi, O. (2022). Software-based method of determining the necessary population evacuation zone in case of a chemical accident. *Emergencies: Prevention and Liquidation*, 6(2), 116–128. <https://doi.org/10.31731/2524.2636.2022.6.2.116-128>

12. Idoudi, H., Li, W., Ameli, M., & González, M. C. (2024). Population evacuation in motion: Harnessing disaster evolution for effective dynamic emergency response. *IEEE Transactions on Intelligent Vehicles*, 9(1), 1–13. <https://doi.org/10.1109/TIV.2024.3498099>
13. Makedon, V., Myachin, V., Plakhotnik, O., Fisunen, N., Mykhailenko, O. (2024). Construction of a model for evaluating the efficiency of technology transfer process based on a fuzzy logic approach. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, no 2(13(128)), 47-57. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.300796>.
14. Wu, H., Nie, R., Zeng, X., Cheng, C., Pan, J., Han, D., & Hosamo, H. (2024). Review of advanced emergency evacuation procedures in hospital buildings: comprehensive analysis and insights. *Frontiers in Built Environment*, 10. <https://doi.org/10.3389/fbuil.2024.1381813>