УДК 355.58(477)
DOI: https://doi.org/10.52363/2524-2636.2025.9.1.10

Олег МИРОШНИК, *д-р. техн. наук, професор (ORCID 0000-0001-8951-9498)*
Олег ЗЕМЛЯНСЬКИЙ, *д-р. техн. наук, професор (ORCID 0000-0002-2728-6972)*
Владислав ДЕНДАРЕНКО, *канд. техн. наук, доцент (ORCID 0000-0001-5833-1257)*
Віталій ЗАЖОМА, *канд. техн. наук, доцент (ORCID 0000-0003-2083-2472)*
Національний університет цивільного захисту України

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ З ПОПЕРЕДЖЕННЯ ТА ЛІКВІДАЦІЇ НАСЛІДКІВ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ У ПРИКОРДОННИХ РАЙОНАХ УКРАЇНИ

У статті проведено комплексну оцінку ефективності системи цивільного захисту з попередження та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій (НС) у прикордонних районах України. Актуальність дослідження зумовлена зростанням кількості та складності НС у регіоні, які мають як природне, так і техногенне, соціальне та воєнне походження. Особливу увагу приділено специфіці прикордонних територій, що є зоною підвищеного ризику через транскордонні загрози, складність координації дій та низький рівень ресурсного забезпечення.

В роботі проаналізовано теоретичні основи класифікації НС, нормативно-правове поле та міжнародний досвід, що дозволило виділити особливості функціонування системи цивільного захисту у прикордонних районах. Розроблено математичні моделі для кількісної оцінки ефективності реагування, які враховують час прибуття рятувальних підрозділів, рівень ресурсного забезпечення, координацію між службами та інформованість населення.

Запропоновані математичні моделі дозволяють прогнозувати можливі збитки, визначати проблемні місця в системі реагування та оптимізувати розподіл ресурсів.

Проведене експериментальне дослідження підтвердило доцільність та результативність запропонованих математичних моделей у контексті попередження і ліквідації НС у прикордонних регіонах. Аналіз змодельованих сценаріїв продемонстрував суттєве зменшення часу реагування, підвищення ефективності евакуаційних заходів, а також зниження кількості постраждалих. Значну роль у цьому зіграли цифрові рішення, попередня підготовка персоналу та скоординована міжвідомча взаємодія.

Ключові слова: *цивільний захист, прикордонні райони, надзвичайні ситуації.*

Постановка проблеми. Актуальність обраної теми визначається стрімким зростанням кількості, складності та масштабів надзвичайних ситуацій (НС) в Україні, що охоплюють усі сфери життя − від природних і техногенних катастроф до біологічних, соціальних і воєнних загроз. Особливої гостроти проблема набуває в умовах новітніх викликів, зумовлених змінами клімату, зношеністю критичної інфраструктури, глобальною пандемією COVID-19, а також війною. Усі ці фактори створюють надзвичайно складне середовище безпеки, в якому система цивільного захисту функціонує в умовах багатовимірної загрози.

Особливо вразливими є прикордонні регіони України − території, що розташовані безпосередньо біля державного кордону з іншими країнами. Саме тут, на перетині зовнішніх і внутрішніх факторів ризику, накопичуються численні виклики, що ускладнюють забезпечення належного рівня безпеки населення. До таких викликів належать транскордонні повені (на річках Прут, Тиса, Західний Буг), переміщення значної кількості осіб через кордон у кризових ситуаціях, загрози екологічного чи радіаційного забруднення, а також складність оперативної координації з іноземними партнерами.

При цьому рівень інституційної готовності до реагування в прикордонних районах залишається обмеженим: спостерігається недостатня кількість сил і засобів Державної

служби України з надзвичайних ситуацій (ДСНС), слабка інтеграція між службами, дефіцит фінансування превентивних заходів, проблеми з доступом населення до сучасних систем оповіщення та укриттів. Події останніх років − катастрофічні паводки 2020 року в західних областях, масштабні лісові пожежі в зоні Полісся, вибухи на складах боєприпасів, а також надзвичайна гуманітарна криза через повномасштабну війну – ще раз підтверджують необхідність розробки ефективних, науково обґрунтованих підходів до попередження та ліквідації наслідків НС саме в прикордонних регіонах, з урахуванням транскордонної специфіки та міжнародного контексту.

Аналіз останніх досягнень і публікацій. Проблематика попередження та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій у прикордонних районах розглядається у працях як вітчизняних, так і зарубіжних дослідників. Особливу увагу приділено питанням транскордонної безпеки, інтегрованого реагування та стійкості громад до криз.

Серед українських досліджень варто виділити праці Гончаренко Ю., Фарахова О. Рашкевич Н., Прощина І., Березюк В. та Токарчука М. [1−4]. Гончаренко Ю. та Фарахов О. досліджують ефективність використання математичних моделей при забезпеченні безпеки об'єктів критичної інфраструктури. Рашкевич Н. досліджує технологічні схеми пропуску осіб, транспортних засобів та вантажів через державний кордон. Прощин І. на основі аналізу міжнародного досвіду запобігання та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій природного характеру розробив технологію, яка може бути адаптованою для прикордонних районів України. Березюк В. та Токарчук М. досліджують проблеми взаємодії суб'єктів інтегрованого управління кордонами та пропонують рекомендації щодо оцінки та прогнозування загроз на кордонах з країнами ЄС.

У міжнародному контексті значний внесок у тематику зробили дослідники з ЄС, НАТО та ООН [5, 6]. Зокрема, аналізуються моделі транскордонного співробітництва, системи раннього сповіщення, досвід роботи з біженцями, а також впровадження GIS-технологій, дронів та супутникового моніторингу в оперативному реагуванні.

Водночас більшість існуючих робіт розглядає проблему або з точки зору військової безпеки, або окремих типів НС (наприклад, техногенних чи природних), не приділяючи належної уваги комплексному підходу до прикордонних територій як до специфічної зони ризику.

Таким чином, існує потреба в узагальненні наявних напрацювань і формуванні кількісної оцінки ефективності системи цивільного захисту, орієнтованої саме на прикордонні райони України, що й стало метою даного дослідження.

Постановка завдання. Метою дослідження є розробка науково обґрунтованих моделей оцінки ефективності системи цивільного захисту з попередження і ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій у прикордонних регіонах України.

Тому основними завданнями дослідження будуть:

– проаналізувати теоретичні основи класифікації надзвичайних ситуацій, а також законодавчу базу та специфіку прикордонних територій;

– оцінити сучасний стан системи реагування на НС та ефективність дій органів влади з урахуванням вразливості прикордонних районів;

– вивчити міжнародний досвід управління надзвичайними ситуаціями та транскордонного співробітництва;

– розробити моделі оцінки ефективності дій органів державної влади, місцевих громад та рятувальних служб із запобігання виникненню НС та реагування на них.

В дослідженні використовувалися наступні методи: системний підхід – аналіз взаємопов'язаних чинників надзвичайних ситуацій; порівняльний аналіз – порівняння міжнародного досвіду з вітчизняним; статистичне оцінювання – обробка даних ДСНС та прогнозування сценаріїв; методи обробки експертної інформації – підготовка рекомендацій на основі заключень фахівців.

Комплексне застосування зазначених методів дало змогу забезпечити наукову обґрунтованість отриманих висновків і практичну орієнтованість запропонованих рішень.

Виклад основного матеріалу дослідження. Питання запобігання і ліквідації надзвичайних ситуацій у прикордонних регіонах України є надзвичайно актуальним у контексті сучасних безпекових викликів [7−9]. Географічне положення прикордонних територій зумовлює їх підвищену вразливість до зовнішніх загроз, включаючи військові дії, транскордонні аварії, міграційні кризи, незаконне переміщення небезпечних речовин, а також природні катастрофи, які не визнають державних кордонів. Складність оперативного реагування на надзвичайні ситуації у таких умовах потребує системного підходу, який включає правове регулювання, класифікацію загроз, врахування особливостей територій та ретельний аналіз ризиків.

У результаті опрацювання теоретичних основ встановлено, що НС класифікуються за характером походження, масштабом, рівнем загрози та соціальними наслідками [10, 11]. Для прикордонних районів характерним є комплекс ризиків, що мають як природне, так і техногенне, соціальне та воєнне походження. Особливості географічного положення, соціально-економічного розвитку, наявність критичної інфраструктури і транскордонної взаємодії суттєво впливають на ймовірність виникнення НС.

Аналіз чинної нормативно-правової бази свідчить про наявність правового поля, яке регулює діяльність органів влади щодо запобігання та реагування на надзвичайні ситуації, однак ефективність його реалізації потребує посилення міжвідомчої координації та адаптації до сучасних загроз. Проведений огляд показує, що система реагування на надзвичайні ситуації в Україні − це складний багаторівневий механізм, що охоплює національний, регіональний та місцевий рівні. Особливе значення ця система має у прикордонних регіонах, де існує підвищений рівень ризику виникнення НС як природного, так і техногенного, соціального чи воєнного характеру. З огляду на сучасні виклики – агресію російської федерації, міграційні потоки, небезпеки, пов’язані з переміщенням вибухонебезпечних предметів, контрабандою тощо – система цивільного захисту має бути адаптована до гнучкого реагування в реальному часі [12].

Система організована за єдиним принципом у межах держави табл.1. Національний рівень представлений ДСНС, яка координує роботу регіональних підрозділів, включаючи обласні управління [13]. На місцевому рівні функціонують оперативно-рятувальні служби, пожежно-рятувальні підрозділи, а також добровільні пожежні формування.

Таблиця 1 – Ключові рівні управління реагування на НС

Рівень	Структура	Повноваження
Національний	ДСНС України	Законодавча координація, стратегічне управління
Регіональний	Головні управління ДСНС у областях	Тактичне управління, координація з ОВА
Місцевий	Пожежно-рятувальні підрозділи, команди, добровільні формування	Реагування на місці, евакуація, первинна допомога

Матеріально-технічна база та її проблеми. Попри оновлення законодавчої бази, система стикається з проблемами [14]. Значна частина техніки, особливо в сільських прикордонних районах застаріла, середній вік пожежних автомобілів перевищує 20 років. Це призводить до зниження оперативності. Математична модель з оцінки часу реагування буде мати вигляд:

$$T_r = \frac{D}{V} + t_{n,} \tag{1}$$

де:

T_r − час реагування, хв;

D − середня відстань до об'єкта НС, м;
V − середня швидкість пересування підрозділу, м/хв;
t_n − час підготовки до виїзду, хв.

Статистичний аналіз ефективності реагування в прикордонних регіонах. Для оцінки рівня готовності та якості реагування в прикордонних регіонах доцільно використати індекс комплексної ефективності реагування (I_{KEP}), який включає наступні змінні:
T_c − середній час прибуття першого рятувального підрозділу на місце НС (у хвилинах);
C_p – коефіцієнт ресурсної забезпеченості (у відсотках від нормативної потреби);
R_o – рівень організаційної підготовки персоналу (на основі проведених навчань, тренувань, у балах);
A_c – середній рівень аварійності на душу населення (кількість НС на 100 тис. осіб на рік).

Залежність розрахунку індексу I_{KEP}:

$$I_{\text{КЕР}} = \frac{(100 - T_c) \cdot C_p \cdot R_o}{A_c \cdot 100}. \quad (2)$$

Для кількісної оцінки ефективності реагування на надзвичайні ситуації можна застосувати формалізовану математичну модель [15], яка враховує різні фактори, такі як час реагування, кількість залучених ресурсів, рівень координації між службами та інформуванням населення. Згідно з дослідженням, така модель дозволяє прогнозувати можливі збитки та оцінювати готовність системи до реагування на надзвичайні ситуації.

Визначення параметрів моделі:
T_r − час реагування (хвилини) − час від моменту фіксації НС до прибуття перших сил;
R − кількість залучених ресурсів (умовні одиниці: техніка, особовий склад, фінанси);
C − коефіцієнт координації між службами (від 0 до 1), де 1 − ідеальна взаємодія;
I − індекс інформування населення (від 0 до 1), де 1 − повна своєчасна інформованість;
D_p − збитки, яких вдалось уникнути завдяки вчасному реагуванню (грн);
D_f − фактичні збитки (грн);
E − інтегральний показник ефективності реагування (від 0 до 1).

Математична модель матиме вигляд:

$$E = \left(\frac{D_p}{D_p + D_f}\right) \cdot \left(\frac{C + I}{2}\right) \cdot \left(\frac{R}{R + \alpha}\right) \cdot e^{-\beta T_r}, \quad (3)$$

де:
α − коефіцієнт насичення ресурсів (якщо ресурсів багато, вплив збільшується повільніше);
β − коефіцієнт зниження ефективності з часом (залежить від типу НС; наприклад, для пожежі − вищий).

Розроблена модель дозволяє проводити оцінку сценаріїв реагування, визначати вузькі місця (затримки, слабку інформованість тощо), оптимізувати розподіл ресурсів для покращення готовності.

Техногенні аварії (масштабні пожежі, вибухи). Щоб кількісно оцінити ефективність реагування, використаємо модифіковану модель:

$$E_{tech} = \left(\frac{N_e}{N_t}\right) \cdot \left(\frac{C + I}{2}\right) \cdot \left(\frac{R}{R + \alpha}\right) \cdot e^{-\beta T_r}, \quad (4)$$

де:
N_e − кількість успішно евакуйованих осіб;
N_t − загальна кількість осіб, що перебували в зоні ураження;

C − коефіцієнт координації між службами (0–1);
I − рівень інформування населення (0–1);
R − обсяг залучених ресурсів (од.);
T_r − час реагування (хв);
α, β − коефіцієнти насичення та затримки (вибираються емпірично).

Запропонована математична модель дозволяє кількісно оцінити ефективність реагування органів влади та служб цивільного захисту на техногенні НС, інтегруючи основні показники − час реагування, інформування населення, рівень координації та обсяг залучених ресурсів.

Соціальні кризи: пандемія COVID-19, масова міграція (2020–2022). Соціальні кризи стали справжнім викликом для системи цивільного захисту, зокрема у прикордонних регіонах України. Яскравим прикладом є пандемія COVID-19, яка у 2020 році виявила потребу у швидкій міжвідомчій координації між МОЗ, ДСНС, поліцією, обласними державними адміністраціями та прикордонниками. Було впроваджено режим надзвичайної ситуації без запровадження надзвичайного стану, що зберігало громадянські свободи, але одночасно вимагало ефективного інформування населення, контролю кордонів і карантинних обмежень.

Основними труднощами на початковому етапі стали: нестача засобів індивідуального захисту, недостатнє обладнання лікарень (зокрема апаратів ШВЛ), логістичні ускладнення на блокпостах, обмеження міжнародного руху. Позитивним прикладом є масове застосування СМС-розсилок, запуск мобільних додатків для самодіагностики та впровадження пунктів тестування на кордонах.

Міграційна криза 2022 року також продемонструвала ефективність солідарних дій громад і місцевої влади: сотні тисяч внутрішньо переміщених осіб (ВПО) були прийняті прикордонними регіонами – Львівською, Закарпатською, Чернівецькою областями. Багато процесів мали ознаки самоорганізації: школи перетворювались на прихистки, волонтери забезпечували харчування, психологічну допомогу та логістику.

Для оцінки ефективності реагування E можна використати математичну модель:

$$E = (I + C + R) \cdot e^{\frac{-T}{10}}, \tag{5}$$

де:
T – час до повного розгортання реагування (у годинах або днях);
$I \in [0;1]$ – рівень поінформованості населення (наприклад, через СМС, ЗМІ);
$C \in [0;1]$ – рівень координації між структурами (ДСНС, МОЗ, місцева влада);
$R \in [0;1]$ – доступність необхідних ресурсів (ліки, транспорт, ліжка);
$e^{\frac{-T}{10}}$ – експоненційне зниження ефективності зі зростанням затримки реагування.

Математична модель оцінки ефективності реагування на соціальні кризи дозволяє кількісно оцінити здатність системи цивільного захисту адаптуватися до складних умов за участю різних факторів: часу реагування, рівня інформування, забезпеченості ресурсами, організаційної мобільності та міжвідомчої взаємодії.

Воєнні надзвичайні ситуації: оцінка реагування та модель аналізу. Наймасштабнішим викликом для системи цивільного захисту стали події, коли Україна зазнала масованих ракетних ударів, особливо в прикордонних регіонах (Харківська, Чернігівська, Сумська, Миколаївська області). З осені 2022 року ворог почав цілеспрямовано бити по енергетичній інфраструктурі − було пошкоджено понад 40% об'єктів генерації та передачі електроенергії [8, 16]. У відповідь держава впровадила оперативні інноваційні рішення − створено мережу «Пунктів незламності», обладнаних генераторами, теплом та засобами зв'язку. До кінця зими 2022–2023 таких пунктів функціонувало понад 5000.

Значну роль відіграє система оповіщення про повітряну тривогу − вона працює в середньому з інтервалом у 1−2 хвилини після виявлення загрози. Але критичною залишалась

проблема стану захисних укриттів. Станом на 2022 рік лише 11% з них були повністю готові, однак до кінця 2024 року завдяки інвестиціям (понад 10 млрд грн) їх частка зросла до близько 50%.

Для кількісної оцінки ефективності дій влади можна застосувати узагальнену математичну модель реагування:

$$E = \alpha R + \beta C + \gamma I - \delta D, \quad (6)$$

де:
E − ефективність реагування (інтегральний показник);
R − рівень ресурсного забезпечення (частка готових укриттів, наявність генераторів тощо);
C − швидкість координації (середній час між атакою і відкриттям Пункту незламності);
I − якість інформування населення (доступ до сирен, мобільних додатків);
D − затримка в прийнятті рішень (наприклад, запізніле реагування на загрозу);
$\alpha, \beta, \gamma, \delta$ − вагові коефіцієнти, визначені експертно на основі статистики й аналізу дій.

У реальних умовах значення цих параметрів можна отримати з опитувань, звітів ДСНС та Кабінету Міністрів України, що дозволяє адаптувати модель до конкретного регіону. Запропонована математична модель є універсальним інструментом для кількісного аналізу ефективності реагування на воєнні надзвичайні ситуації, зокрема в прикордонних регіонах. Вона дозволяє інтегрувати ресурсне забезпечення, швидкість координації, інформування населення та затримку в ухваленні рішень.

Транскордонна ефективність реагування на надзвичайні ситуації: аналіз та математична модель. Україна традиційно дотримується принципів відкритості та співпраці у транскордонному реагуванні на надзвичайні ситуації. У випадках, коли можливі наслідки НС виходять за межі держави, компетентні органи своєчасно інформують сусідів та міжнародні організації [17]. Наприклад, під час масштабної пожежі на нафтобазі у Василькові 2015 року, Україна отримала пропозиції допомоги з країн Європи. Попри те, що ситуацію вдалося стабілізувати самостійно, відкритість до взаємодії підкреслює надійність системи. Аналогічно, у 2016 році, коли існувала загроза забруднення Дніпра через аварію на каналізаційному колекторі в Києві, було оперативно повідомлено про можливі наслідки нижче за течією, аж до Херсона.

Особливо важливою стала координація з Механізмом цивільного захисту ЄС. Починаючи з 2022 року, Україна неодноразово зверталася до Механізму і, як результат, у країну надійшло понад 154 тис. тонн допомоги (у тому числі обладнання, генератори, засоби CBRN-захисту). У 2023 році Україна стала повноправним учасником цієї європейської системи, що відкрило можливості для взаємної підтримки у майбутньому.

Щоб формалізувати транскордонну ефективність реагування, доцільно використати математичну модель оцінки інтегрованої спроможності [18]:

$$E_t = \mu L + \nu M + \rho A - \sigma D, \quad (7)$$

де:
E_t − індекс транскордонної ефективності реагування;
L − рівень локального реагування (швидкість дій, наявність місцевих ресурсів);
M − ступінь міжнародної допомоги (обсяг, якість і оперативність наданих ресурсів);
A − активність у міжнародних мережах (наприклад, участь у механізмах ЄС);
D − затримки або недоліки у координації (внутрішній бюрократизм, неузгодженість);
μ, ν, ρ, σ − вагові коефіцієнти, які можуть варіюватися залежно від ситуації.

Модель дозволяє об'єктивно порівнювати транскордонну спроможність регіонів та оцінювати динаміку розвитку міжнародної інтеграції у сфері цивільного захисту. Вона дозволяє кількісно оцінити рівень взаємодії України з міжнародними партнерами в умовах надзвичайних ситуацій та ідентифікувати слабкі місця, які слід посилити.

Проведення експерименту. З метою аналізу ефективності системи реагування на НС в прикордонних районах України було проведено експеримент, сценарій якого моделював аварійну ситуацію техногенного характеру. Для основи експерименту обрано умовну подію – витік хімічно небезпечної речовини на залізничному вузлі, розташованому поблизу українсько-румунського кордону. Такий тип інциденту був обраний з огляду на його високу ймовірність виникнення в реальних умовах, потенційний масштаб наслідків, а також транскордонний характер загроз, що може потребувати міжнародної координації.

Сценарій передбачав, що внаслідок аварії на цистерні з аміаком відбувся розгерметизаційний викид токсичної речовини, що розповсюджується в напрямку населених пунктів на українській стороні та потенційно − у прикордонній смузі Румунії. Особлива увага приділялася моделюванню швидкості поширення хмари забруднення з урахуванням метеорологічних умов, рельєфу місцевості та щільності забудови.

У рамках експерименту було проведено порівняння двох сценаріїв розвитку подій: базового (без впроваджених заходів) та сценарію з урахуванням критеріїв оцінки ефективності системи цивільного захисту. В табл.2, наведено результати порівняння ключових показників.

Таблиця 2 – Результати експерименту

Показник	Базовий сценарій	Сценарій з урахуванням критеріїв оцінки ефективності системи цивільного захисту
Час реагування підрозділів ДСНС	45 хвилин	20 хвилин
Час евакуації населення	понад 2 год	до 40 хв
Умовна кількість постраждалих	35 осіб	8 осіб
Залучення транскордонного партнера	відсутнє	координоване
Доступ до джерел даних моніторингу	обмежений	централізований через платформу
Координація служб	низький рівень взаємодії	скоординоване управління штабом

Проведене експериментальне дослідження підтвердило доцільність та результативність запропонованих математичних моделей у контексті попередження і ліквідації НС у прикордонних регіонах. Аналіз сценаріїв продемонстрував суттєве зменшення часу реагування, підвищення ефективності евакуаційних заходів, а також зниження кількості умовних постраждалих. Значну роль у цьому зіграли цифрові рішення, попередня підготовка персоналу та скоординована міжвідомча взаємодія. Отже, результати експерименту слугують підґрунтям для вдосконалення існуючих підходів до управління ризиками в умовах прикордонних регіонів.

Висновки.

1. Проведеним аналізом теоретичних основ надзвичайних ситуацій і законодавчої бази встановлено, що підвищена вразливість прикордонних територій, зумовлена географічним положенням, транскордонними ризиками та інфраструктурною неоднорідністю.

2. Дослідженням сучасного стану системи реагування на НС в прикордонних регіонах України встановлено, що система функціонує за уніфікованою національною моделлю, яка має як сильні сторони (високий рівень професіоналізму рятувальників, налагоджені міжвідомчі зв’язки, гнучкість у кризових умовах), так і суттєві недоліки (зношене обладнання, нерівномірність покриття, недостатня профілактика загроз).

3. Аналіз світового досвіду управління надзвичайними ситуаціями демонструє, що ключовими факторами ефективності є комплексна система профілактики, інтеграція сил реагування, активна участь громад та належна міжнародна координація. Моделі, реалізовані

в країнах ЄС та НАТО доводять перевагу превентивного підходу, заснованого на оцінці ризиків, готовності інфраструктури та оперативності комунікації.

4. Розроблені моделі оцінки ефективності дій органів державної влади, місцевих громад та рятувальних служб із запобігання виникненню НС та реагування на них дозволяють кількісно визначити вплив часу реагування, координації, інформування населення та ресурсного забезпечення. Вони враховують специфіку різних типів надзвичайних ситуацій і показують, що навіть незначні затримки чи нестача ресурсів суттєво знижують ефективність реагування.

Таким чином, реалізація запропонованих рішень дозволить зменшити ризики, зберегти життя і здоров'я населення, забезпечити стабільність та розвиток прикордонних територій як важливої складової національної безпеки.

Перспективи подальших досліджень. Подальші дослідження будуть спрямовані на розробку інформаційно-аналітичної системи цивільного захисту, яка дозволить в автоматизованому форматі визначати сильні і слабкі сторони всіх учасників системи цивільного захисту з попередження та ліквідації НС та генеруватиме, для них, відповідні пропозиції.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Рашкевич Н. В., Шевченко Р. І., Нешпор О. В. Формування алгоритму інформаційно-технічного методу попередження надзвичайної ситуації на територіях, що зазнали ракетно-артилерійських уражень // Комунальне господарство міст. 2024. Т. 3, № 184. С. 223–228.

2. Прощин І. В. Аналіз закордонного досвіду із запобігання та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій природного характеру // Надзвичайні ситуації: попередження та ліквідація: ЧІПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України. 2021. Т. 5, № 2. С. 95–100.

3. Березюк В. А., Токарчук М. М., Бойко В. В., Колесніков В. А. Методичні рекомендації щодо розробки технологічних схем пропуску осіб, транспортних засобів та вантажів через державний кордон // Зб. наук. пр. Нац. акад. Держ. прикордон. служби України. Серія: Військові та технічні науки. 2021. № 4(86). С. 5–21.

4. Азаренко О. В., Гвоздь В. М., Гончаренко Ю. Ю., Дівізінюк М. М., Мирошник О. М., Фаррахов О. В. Варіант оцінки достовірності та ефективності використання математичної моделі при забезпеченні безпеки об'єкту критичної інфраструктури // Proceedings of the 9th International Scientific and Practical Conference «Theory and Practice of Science: Key Aspects». Rome, Italy, 2024. P. 644–655.

5. Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015–2030. URL: https://www.undrr.org/publication/sendai-framework-disaster-risk-reduction-2015-2030 (дата звернення: 08.05.2025).

6. Європейський механізм цивільного захисту (EU Civil Protection Mechanism). URL: https://ec.europa.eu/echo/what/civil-protection (дата звернення: 08.05.2025).

7. Про затвердження Порядку управління ризиками виникнення надзвичайних ситуацій техногенного характеру та пожеж: Наказ МВС України від 31.07.2023 № 627. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1397-23#Text (дата звернення: 09.05.2025).

8. Оперативна інформація ДСНС. URL: https://dsns.gov.ua/ (дата звернення: 09.05.2025).

9. Про затвердження плану основних заходів цивільного захисту України на 2025 рік: Розпорядження КМУ від 24 грудня 2024 р. № 1313-р. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1313-2024-%D1%80#Text (дата звернення: 09.05.2025).

10. Кодекс цивільного захисту України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17#Text (дата звернення: 09.05.2025).

11. Про затвердження Порядку класифікації надзвичайних ситуацій за їх рівнями: Постанова КМУ від 24 березня 2004 р. № 368. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/368-2004-%D0%BF#Text (дата звернення: 09.05.2025).

12. Про затвердження Державної стратегії регіонального розвитку на 2021–2027 роки: Постанова КМУ від 05 серпня 2020 р. № 695. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/695-2020-%D0%BF#Text (дата звернення: 11.05.2025).

13. Про затвердження Положення про Державну службу України з надзвичайних ситуацій: Постанова КМУ від 16 грудня 2015 р. № 1052. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1052-2015-%D0%BF#Text (дата звернення: 09.05.2025).

14. Савченко І. П. Принципи та моделі управління в надзвичайних ситуаціях. Київ: Наукова думка, 2020. 248 с.

15. Супрун С. Ю., Олійник В. А. Інноваційні технології в управлінні безпекою регіонів України. Львів: ЛДУБЖД, 2021. 276 с.

16. Гринько М. В., Даниленко А. О. Цивільний захист в умовах воєнного часу: проблеми й перспективи. Харків: ХНУВС, 2023. 192 с.

17. Мирошник О. М. Технологія експертного визначення рівня техногенної безпеки житла у будинках підвищеної поверховості // Вісник Черкаського державного технологічного університету. 2018. № 1. С. 136–141.

18. Шевченко В. М. Управління в кризових ситуаціях: досвід і рекомендації. Хмельницький: ХНУ, 2022. 204 с.

REFERENCE

1. Rashkevych N. V., Shevchenko R. I., Neshpor O. V. Formation of an algorithm for the information and technical method of preventing an emergency situation in territories affected by rocket and artillery strikes // Municipal Utilities. 2024. Vol. 3, No. 184. P. 223–228.

2. Proshchin I. V. Analysis of foreign experience in preventing and eliminating the consequences of natural emergencies // Emergencies: prevention and elimination: collection of scientific works of Cherkasy. Institute of Fire Safety named after Heroes of Chernobyl, National Center for Fire Protection of Ukraine. 2021. Vol. 5, No. 2. P. 95–100.

3. Berezyuk V. A., Tokarchuk M. M., Boyko V. V., Kolesnikov V. A. Methodological recommendations for the development of technological schemes for the passage of persons, vehicles and cargo across the state border // Collection of scientific works of the National Academician of the State Border Service of Ukraine. Series: Military and Technical Sciences. 2021. No. 4(86). P. 5–21.

4. Azarenko O. V., Gvozd V. M., Goncharenko Y. Y., Divizinyuk M. M., Myroshnyk O. M., Farrakhov O. V. Variant of assessing the reliability and effectiveness of using a mathematical model in ensuring the safety of a critical infrastructure facility // Proceedings of the 9th International Scientific and Practical Conference «Theory and Practice of Science: Key Aspects». Rome, Italy, 2024. P. 644–655.

5. Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015–2030. URL: https://www.undrr.org/publication/sendai-framework-disaster-risk-reduction-2015-2030 (дата звернення: 08.05.2025).

6. European Civil Protection Mechanism (EU Civil Protection Mechanism). URL: https://ec.europa.eu/echo/what/civil-protection (дата звернення: 08.05.2025).

7. On approval of the Procedure for managing the risks of man-made emergencies and fires: Order of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine dated 07/31/2023 No. 627. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1397-23#Text (дата звернення: 09.05.2025).

8. Operational information of the State Emergency Service of Ukraine. URL: https://dsns.gov.ua/ (дата звернення: 09.05.2025).

9. On approval of the plan of main measures of civil protection of Ukraine for 2025: Order of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated December 24, 2024 No. 1313-r. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1313-2024-%D1%80#Text (дата звернення: 09.05.2025).

10. Civil Protection Code of Ukraine. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17#Text (дата звернення: 09.05.2025).

11. On approval of the Procedure for classifying emergency situations by their levels: Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated March 24, 2004 No. 368. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/368-2004-%D0%BF#Text (дата звернення: 09.05.2025).

12. On approval of the State Strategy for Regional Development for 2021–2027: Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated August 5, 2020 No. 695. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/695-2020-%D0%BF#Text (дата звернення: 11.05.2025).

13. On approval of the Regulations on the State Emergency Service of Ukraine: Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated December 16, 2015 No. 1052. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1052-2015-%D0%BF#Text (дата звернення: 09.05.2025).

14. Savchenko I. P. Principles and models of management in emergency situations. Kyiv: Naukova Dumka, 2020. 248 c.

15. Suprun S. Yu., Oliynyk V. A. Innovative technologies in security management of regions of Ukraine. Lviv: LDUBZHD, 2021. 276 p.

16. Hrynko M. V., Danylenko A. O. Civil protection in wartime conditions: problems and prospects. Kharkiv: KhNUVS, 2023. 192 p.

17. Myroshnyk O. M. Technology of expert determination of the level of technogenic safety of housing in high-rise buildings // Bulletin of the Cherkasy State Technological University. 2018. No. 1. P. 136–141.

18. Shevchenko V. M. Management in crisis situations: experience and recommendations. Khmelnytskyi: KhNU, 2022. 204 p.

***Oleh MYROSHNYK**, Doctor of technical sciences, professor*
***Oleh ZEMLIANSKYI**, Doctor of technical sciences, professor*
***Vladyslav DENDARENKO**, Candidate of technical science, docent*
***Vitalii ZAZHOMA**, Candidate of technical science, docent*

ASSESSMENT OF THE EFFECTIVENESS OF THE CIVIL DEFENSE SYSTEM FOR PREVENTION AND ELIMINATION OF THE CONSEQUENCES OF EMERGENCIES IN THE BORDER AREAS OF UKRAINE

The article provides a comprehensive assessment of the effectiveness of the civil protection system for the prevention and elimination of the consequences of emergencies (ES) in the border regions of Ukraine. The relevance of the study is due to the increase in the number and complexity of emergencies in the region, which have both natural and man-made, social and military origins.. Particular attention is paid to the specifics of border areas, which are an area of increased risk due to cross-border threats, the complexity of coordinating actions, and the low level of resource provision.

The paper analyzes the theoretical foundations of the classification of emergencies, the regulatory and legal field, and international experience, which allowed us to highlight the peculiarities of the functioning of the civil protection system in border areas. Mathematical models have been developed to quantify response efficiency, taking into account the arrival time of rescue units, the level of resource provision, coordination between services, and public awareness.

The proposed mathematical models allow predicting possible losses, identifying bottlenecks in the response system, and optimizing resource allocation.

The conducted experimental study confirmed the feasibility and effectiveness of the proposed mathematical models in the context of preventing and eliminating emergencies in border regions. Analysis of simulated scenarios demonstrated a significant reduction in response time, increased efficiency of evacuation measures, and a reduction in the number of casualties. Digital solutions, prior training of personnel, and coordinated interagency cooperation played a significant role in this. The results of the study confirm the need to strengthen interagency cooperation, modernize the material and technical base, and implement modern monitoring and alerting technologies.

Key words*:* *civil protection, border areas, emergencies.*