

*С. Л. ЛІГЕЗІН, В. О. ВЕРЕЩАК, Л. О. ЯЩЕНКО, О. Ю. ФЕДОРЕНКО*

## ГУМАНІТАРНЕ РОЗМІНУВАННЯ: ПРОБЛЕМИ ТА ШЛЯХИ ВИРІШЕННЯ

Однією з величезних та складних проблем, яка постане перед українцями після завершення військових дій є наявність вибухонебезпечних залишків війни, що створюють загрозу для мирного населення та перешкоджають повноцінному соціально-економічному розвитку постраждалих територій. Особливого значення в цьому сенсі набуває гуманітарне розмінування, яке потребує ефективних, безпечних, технологічно простих та економічно доцільних рішень. Згідно законодавства України охорона земель – це система правових, організаційних, економічних, технологічних та інших заходів, спрямованих на раціональне використання земель, запобігання необґрунтованому вилученню земель сільськогосподарського призначення для несільськогосподарських потреб. Також до охорони земель відносять захист від шкідливого антропогенного впливу, відтворення і підвищення родючості ґрунтів, підвищення продуктивності земель лісового фонду, забезпечення особливого режиму використання земель природоохоронного, оздоровчого, рекреаційного та історико-культурного призначення. Війна в Україні привела до забруднення територій залишками військових дій, що унеможливило використання сільськогосподарських земель, призводить до зниження продовольчої безпеки, обмеження доступу до інфраструктури та відбудови населених пунктів. Тому, гуманітарне розмінування в Україні набуває сьогодні особливого значення. Для вирішення цього питання необхідно знайти ефективні діючі методи, які дозволять очистити територію країни від наслідків війни. В статті розглянуто досвід різних країн світу з питань розмінування територій, що зазнали забруднення вибухонебезпечними залишками війни. Проаналізовано шляхи гуманітарного розмінування, деякі з яких вже успішно випробувані в Україні на звільнених територіях і показали свою ефективність. Акцентовано увагу на тому, що гуманітарне розмінування – це комплексний процес, спрямований на виявлення, знешкодження та видалення вибухонебезпечних предметів, з метою забезпечення безпеки цивільного населення та відновлення соціально-економічної активності на постраждалих територіях. Показано, що відновлення України та повернення населення країни до повноцінного мирного життя можливо за умов ефективного очищення територій від боєприпасів, швидкої і безпечної утилізації залишків військових дій після завершення війни за удосконаленими технологіями розмінування на основі сучасних екологічно безпечних та економічно доцільних технічних рішень. Все це дасть можливість повернути до господарського обігу території землі, які зазнали небезпечного забруднення та втратили на тривалий час свою екологічну та економічну цінність.

**Ключові слова:** гуманітарне розмінування; мінна небезпека; вибухонебезпечні боєприпаси; технології розмінування; післявоєнне відновлення; сталий розвиток.

*S. L. LIGEZIN, V. O. VERESHCHAK, L. O. YASHCHENKO, O. Yu. FEDORENKO*

## HUMANITARIAN DEMINING: PROBLEMS AND SOLUTIONS

One of the huge and complex problems that Ukrainians will face after the end of hostilities is the presence of war explosive remnants, which pose a threat to the civilian population and impede the full socio-economic development of the affected territories. Humanitarian demining is of particular importance in this sense, which requires effective, safe, technologically simple and economically feasible solutions. According to the current legislation of Ukraine, land protection is a system of legal, organizational, economical, technological and other approaches aimed at the rational development of lands, preventing the uncultivated development of rural lands. Appropriate for non-silogospodarsky needs. Also, prior to the conservation of lands, it is necessary to protect against the fragile anthropogenic influx, create and increase the fertility of soils, increase the productivity of lands in the forest fund, ensure a special regime for the vigor of lands for environmental protection, health, recreational and historical and cultural significance. The war in Ukraine has led to territories contamination with military operations remnants, which makes it impossible to use agricultural land, leads to a food security decrease, limits access to infrastructure and the settlements reconstruction. Therefore, humanitarian demining in Ukraine is gaining special importance today. To resolve this issue, it is necessary to find effective methods that will allow country's territory clearing from the war consequences. The article reviews the different countries experience in demining territories contaminated with explosive war remnants. The humanitarian demining methods are analyzed, some of which have already been successfully tested in liberated Ukraine territories and have shown their effectiveness. It is emphasized that humanitarian demining is a complex process aimed at identifying, neutralizing and removing explosive objects in order to ensure the civilian population safety and restore socio-economic activity in the affected territories. It is shown that the Ukraine restoration and the country's population return to a full-fledged peaceful life is possible under the conditions of territories effective clearing from ammunition, rapid and safe disposal of military remnants after the war end using advanced demining technologies based on modern environmentally safe and economically feasible technical solutions. All this will make it possible to return to economic circulation territories that have been subjected to dangerous pollution and have long lost their ecological and economic value.

**Key words:** humanitarian demining; mine danger; explosive ammunition; demining technologies; post-war recover; sustainable development.

**Вступ.** Проблема післявоєнного гуманітарного розмінування територій без перебільшення вважається світовою. Гуманітарне розмінування є критично важливим завданням, спрямованим на врятування життів і відновлення безпеки в районах, які постраждали від забруднення вибухонебезпечними предметами, зокрема боєприпасами, що не розірвались. Для нашої держави сфера гуманітарного розмінування є надзвичайно важливою. В період інтенсивних бойових дій російська армія практично щоденно випускала по Україні понад 40-60 тис. артилерійських боєприпасів, частина з яких не вибухнула. За свідченням авторів [1], не спрацювають до 20% випущених боєприпасів.

Українські території набули забруднення мінами та боєприпасами, які не вибухнули.

Серед найбільш імовірних шляхів забруднення навколишнього середовища, зокрема вод і ґрунтів, слід назвати такі [2]:

- фізичне пошкодження поверхні ґрунтів та розповсюдження залишків вибухових речовин і часток металу внаслідок вибуху;
- корозія металів та полімерних матеріалів при потраплянні у води та ґрунти, розчинення та вивітрювання вибухових речовин;
- накопичення металів і хімічних речовин викликають підвищення локальної концентрації, що потенційно призводить до штучної деоксигенації

води, що становить серйозну загрозу для водних екосистем, оскільки зниження рівня кисню може призвести до загибелі водних організмів та порушення екологічної рівноваги.

Україна на сьогодні вважається однією з найбільш постраждалих за сумарною площею замінованих районів (понад 100 км<sup>2</sup>). За площею замінованих земель, згідно оцінки фахівців ООН, Україна входить до трійки найбільш постраждалих: масштаби мінування перевершують навіть країни, де військові конфлікти тривали десятиліттями [2]. Території, землі яких зазнали небезпечного забруднення, на тривалий час втрачають свою екологічну та економічну цінність і примусово вилучаються із господарського обігу. За кількістю жертв, які постраждали внаслідок підриву вибухонебезпечних предметів, ми посідаємо друге місце, при цьому 85 % усіх зареєстрованих людських втрат є цивільними особами, половина з яких – це діти.

Вибухонебезпечні залишки війни являють собою пряму небезпеку: вони калічать, вбивають, затримують повернення біженців та переміщених осіб, обмежують використання сільськогосподарських земель, перешкоджають виробництву, руйнують довкілля, що в цілому гальмують надії громадської спільноти на розвиток [3].

Слід також враховувати, що території сільськогосподарського призначення відіграють важливу роль у післявоєнні часи, оскільки мають забезпечувати населення країни продовольством. Такі землі потребують геохімічного обстеження, адже ґрунти можуть бути забруднені хімікатами, зокрема шкідливими для здоров'я людей важкими металами, що здатні мігрувати з ґрунту до рослин. За відсутності ефективного гуманітарного розмінування існує ризик, що через пошкодження агрономічної інфраструктури і, як наслідок, скорочення виробництва продуктів харчування, потерпілі регіони можуть перетворитись із районів виробництва продовольства на зони його дефіциту [4].

Отже роботи з очищення територій, що знаходились в зоні активних бойових дій або тих, які перебували в окупації, від боєприпасів, які не детонували, а також швидка і безпечна утилізація всіх залишків війни після завершення повномасштабних воєнних дій стануть обов'язковим та одним з пріоритетних етапів відновлення країни, як основної умови повернення населення країни до мирного життя. Усе вищезазначене визначає актуальність удосконалення технологій розмінування на основі ефективних, технологічно простих, екологічно безпечних та економічно доцільних технічних рішень, а також необхідність якнайскорішого впровадження відповідних розробок.

**Мета роботи.** Метою статті-огляду є узагальнення сучасного стану проблем гуманітарного розмінування територій, виявлення основних перешкод у його реалізації, аналіз наявних технологічних та організаційних підходів, а також

визначення перспективних шляхів їх вирішення для підвищення ефективності та безпеки цього процесу.

### **Сутність гуманітарного розмінування.**

Гуманітарне розмінування – це комплексний процес, спрямований на виявлення, знешкодження та видалення ВВП, таких як міни, саморобні вибухові пристрої та нерозірвані боєприпаси, з метою забезпечення безпеки цивільного населення та відновлення соціально-економічної активності на постраждалих територіях. На відміну від військових операцій, які мають тактичний характер, гуманітарне розмінування фокусується на довгостроковому захисті громад, поверненні земель до сільськогосподарського чи інфраструктурного використання та зниженні ризиків для мирних жителів. За даними Женевського міжнародного центру гуманітарного розмінування (GICHD), цей процес охоплює не лише технічне очищення територій, а й просвітницькі програми, спрямовані на підвищення обізнаності населення щодо небезпек ВВП [5]. Наприклад, у Камбоджі такі програми допомогли зменшити кількість інцидентів серед цивільних на 60% за період 2000–2020 років завдяки навчанню місцевих громад розпізнавати та уникати небезпечних об'єктів [6].

Військове розмінування виконується для забезпечення оперативних потреб збройних сил, таких як створення безпечних шляхів для просування військ, захисту стратегічних об'єктів або швидкого очищення ключових зон під час бойових дій. Воно має тимчасовий характер, часто обмежується мінімальними вимогами безпеки для військових операцій і не передбачає повного очищення території від ВВП. Наприклад, у зонах активних конфліктів військові можуть залишати міни на територіях, які не становлять негайної тактичної цінності [7]. На противагу цьому, гуманітарне розмінування керується Міжнародними стандартами протимінної діяльності (IMAS), які вимагають повного очищення забруднених територій, включаючи сільськогосподарські угіддя, житлові зони та інфраструктурні об'єкти [8]. У Хорватії, наприклад, після війни 1991–1995 років гуманітарне розмінування дозволило повернути в обіг 1,5 тис. км<sup>2</sup> земель, що сприяло відновленню економіки регіону [9]. Технічна складність гуманітарного розмінування полягає у необхідності використання різноманітних методів, таких як ручне очищення, механічні системи та дистанційні технології, для забезпечення 100% безпеки.

Конвенція про заборону протипіхотних мін (також відома як Оттавська конвенція, 1997) і Конвенція про касетні боєприпаси (також відома як Конвенція Осло, 2008) встановлюють повну заборону на використання, накопичення, виробництво та передачу протипіхотних мін та касетних боєприпасів. Вони також встановлюють термінові зобов'язання щодо знищення запасів та очищення забруднених територій. Подальші зобов'язання стосуються навчання ризиків, допомоги жертвам і міжнародного

співробітництва та взаємодії [10]. Ця угода є видатним досягненням, оскільки це перший випадок, коли країни через міжнародне гуманітарне право погодилися повністю заборонити зброю, яка вже широко використовується. На 2023 рік до конвенції приєдналися 164 країни, що сприяло зниженню використання протипіхотних мін у глобальному масштабі, хоча такі країни, як США, Росія та Китай, залишаються поза угодою, що обмежує її універсальність [11]. Наприклад, у Мозамбіку виконання Оттавського договору дозволило оголосити країну вільною від мін у 2015 році після десятиліть розмінування [12]. Додатково, Конвенція про певні види звичайної зброї 1980 року (CCW), зокрема її Протокол V, регулює знешкодження нерозірваних боеприпасів і встановлює вимоги до маркування та документації небезпечних зон [13]. Ці міжнародні акти формують правову основу для координації зусиль, забезпечуючи співпрацю між урядами, міжнародними організаціями, такими як ООН, та неурядовими організаціями, такими як HALO Trust, у реалізації програм гуманітарного розмінування.

**Проблеми гуманітарного розмінування.** Мінна небезпека є однією з найсерйозніших загроз у постконфліктних регіонах, де величезні території забруднені ВВП. За даними Міжнародної кампанії за заборону наземних мін (ICBL), у 2022 році понад 60 країн залишалися забрудненими мінами та нерозірваними боеприпасами, що охоплюють тисячі квадратних кілометрів [14]. Наприклад, у таких країнах, як Україна, Афганістан і Камбоджа, масштаби забруднення ускладнюють доступ до сільськогосподарських земель і житлових зон, створюючи довгострокові гуманітарні виклики [15].

Діяльність із розмінування зазвичай включає три ключові етапи. Перший етап — це нетехнічне обстеження, яке охоплює в середньому до 85% територій, що перебувають під ризиком. Воно передбачає обстеження організаціями з розмінування зон, забруднених ВВП, які потребують більш ретельних, часо- та ресурсоемних заходів. Решта території, приблизно 10% у середньому, підлягає так званому технічному обстеженню. Цей етап спрямований на визначення ділянок, які потребують прямого очищення від мін, снарядів та іншого небезпечного сміття. Нарешті, приблизно 5% початково визначеної забрудненої зони мають бути очищені спеціально обладнаними командами, відповідальними за вилучення та знешкодження ВВП.

Гуманітарне розмінування є надзвичайно дорогим і ресурсоемним процесом. Згідно з оцінками Женевського міжнародного центру гуманітарного розмінування (GICHD), середня вартість очищення одного квадратного кілометра може сягати від \$0,5 до \$2 мільйонів залежно від типу місцевості та застосованих технологій [16]. Витрати включають закупівлю спеціалізованого обладнання, навчання саперів і логістику. Обмежене фінансування часто змушує країни поклатися на міжнародну допомогу,

яка не завжди є стабільною [20]. За останніми оцінками Київської школи економіки (KSE) [17] та Світового банку [18], вартість нетехнічного обстеження може становити близько \$6 за гектар, технічного обстеження — \$3050 за гектар, а робіт із очищення — \$29 400 за гектар.

Діяльність із розмінування потребує значних коштів, часу та кваліфікованої робочої сили. Поточна операційна спроможність Державної служби України з надзвичайних ситуацій (ДСНС) щодо розмінування становить приблизно 160 гектарів на день [19-20]. Це означає, що за наявних ресурсів очищення тільки земель фермерів, що охоплюють 130 000 гектарів, потребуватиме понад 2 роки.

Сучасні технічні засоби, такі як металошукачі чи наземні радари, мають обмеження у виявленні мін, виготовлених із неметалевих матеріалів, або саморобних вибухових пристроїв (СВП). Дослідження показують, що навіть передові технології, як дрони з тепловізорами, втрачають ефективність у лісних або урбанізованих районах [21]. Крім того, висока вартість таких систем ускладнює масштабування операцій [22].

Робота саперів пов'язана з високим ризиком для життя. За даними ООН, у 2021 р. у всьому світі під час розмінування загинуло або отримало поранення понад 150 гуманітарних працівників [23]. Через обмеженість автоматизованих систем поширено використовується ручне розмінування, що підвищує ймовірність нещасних випадків [24].

Однією з найбільших проблем є брак точних карт замінованих територій. У багатьох конфліктних зонах, таких як Сирія чи Україна, інформація про розташування мін є фрагментарною через хаотичне встановлення вибухівки або втрату даних [25]. Це ускладнює планування операцій і підвищує ризики для саперів. Наприклад, звіт HALO Trust зазначає, що до 70% замінованих територій у деяких регіонах України залишаються некартованими [26].

Забруднення територій ВВП перешкоджає економічному відновленню та соціальному розвитку. Неможливість використання сільськогосподарських земель призводить до зниження продовольчої безпеки, а обмеження доступу до інфраструктури гальмує відбудову населених пунктів [27]. Наприклад, у Камбоджі заміновані території протягом десятиліть перешкождали розвитку сільських регіонів, що призвело до міграції населення та економічних втрат [22]. Крім того, психологічний вплив на громади, які живуть поруч із небезпечними зонами, посилює соціальну напруженість.

**Сучасні підходи та технології розмінування.** Існує низка методів для виявлення ВВП і наземних мін (табл. 1) [28].

Однак більшість із них мають обмеження через недостатню чутливість або складнощі в експлуатації, спричинені особливостями місцевості, кліматичними умовами та наявністю у ґрунті перешкод, таких як металеві уламки чи рештки, що генерують численні хибні сигнали та значно знижують швидкість

виявлення до неприйняттого рівня. Багато нових методів є перспективними, але лише окремі з них відповідають вимогам щодо чутливості, розміру, ваги, технологічності та вартості, необхідних для ефективного гуманітарного розмінування.

Таблиця 1. Сучасні методи виявлення наземних мін

Методи виявлення мін	Різновиди методів виявлення наземних мін
Біологічні	<ul style="list-style-type: none"> <li>• тварини: собаки, свині, гризуни, тощо</li> <li>• комахи: мурахі, бджоли тощо</li> <li>• рослини: салат, цукровий буряк,</li> <li>• бактерії</li> </ul>
Електромагнітні	<ul style="list-style-type: none"> <li>• металодетектори,</li> <li>• георадари,</li> <li>• мікрохвильова радіометрія,</li> <li>• електроімпедансна томографія,</li> <li>• інфрачервоне випромінювання (ІЧ)</li> </ul>
Оптичні	<ul style="list-style-type: none"> <li>• видиме випромінювання</li> <li>• LiDAR (<i>Light Identification, Detection and Ranging</i>)</li> </ul>
Хімічні	<ul style="list-style-type: none"> <li>• мас-спектрометрія,</li> <li>• ІЧ абсорбційна спектроскопія,</li> <li>• оптоакустична спектроскопія,</li> <li>• комбінаційне розсіювання,</li> <li>• імунохімічні сенсори,</li> <li>• електронний ніс</li> </ul>
Ядерні	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ядерний квадрупольний резонанс (ЯКР)</li> <li>• на основі нейтронів</li> </ul>
Акустичні	<ul style="list-style-type: none"> <li>• звук та ультразвук,</li> <li>• перехід з акустичних даних до сейсмічних</li> </ul>
Механічні	<ul style="list-style-type: none"> <li>• інструментальні прохідники,</li> <li>• очисні машини,</li> </ul>
Штучний інтелект	<ul style="list-style-type: none"> <li>• машинне навчання,</li> <li>• експертні системи,</li> <li>• обчислювальний інтелект,</li> <li>• розподілений штучний інтелект,</li> <li>• розумні інтерфейси</li> </ul>
Геоінформаційні методи	<ul style="list-style-type: none"> <li>• картометричні операції,</li> <li>• операції вибору,</li> <li>• декласифікація,</li> <li>• картографічна алгебра,</li> <li>• статистичний аналіз,</li> <li>• просторовий аналіз,</li> <li>• оверлейний аналіз,</li> <li>• мережний аналіз,</li> <li>• геостатистичне моделювання,</li> <li>• просторова інтерполяція.</li> </ul>

Механічні методи розмінування передбачають використання спеціалізованого обладнання, призначеного для безпечного виявлення, детонації або видалення ВНП. Розмінувальні трали, ціпові жатки та броньовані системи та інші машини дозволяють розмінувати великі площі території, зменшуючи ризики для людського життя. Наприклад, машина, розроблена компанією MineWolf Systems, використовує ротаційну ціпову жатку для спусування ґрунту та детонації мін на глибині до 30 см. Вона

активно застосовується в гуманітарних операціях, в т.ч. в Україні, де, за даними HALO Trust, вже допомогла очистити понад 10 млн м<sup>2</sup> [26]. Інший приклад – хорватська броньована машина DOK-ING MV-4, яка поєднує ціпову жатку і маніпулятор для точного видалення мін. У 2025 році UNDP передала Україні шість таких радіокерованих машин, що дозволило прискорити очищення сільськогосподарських земель у Харківській області [29]. Однак, попри високу ефективність на рівних поверхнях, ці системи мають обмеження в гірських або зарослих районах, де рельєф ускладнює маневрування, а вартість експлуатації може перевищувати \$500 тисяч на рік.

Основним елементом гуманітарного розмінування залишаються саперні підрозділи, поєднуючи ручні методи з високотехнологічними інструментами для точного виявлення та знешкодження мін. Собаки-міношукачі відіграють ключову роль завдяки своїй здатності виявляти вибухові речовини за запахом, навіть у неметалевих мінах чи саморобних вибухових пристроях. Дослідження показують, що одна добре навчена собака може замінити роботу 6-7 саперів, підвищуючи продуктивність на 80% порівняно з традиційними металощукачами. Наприклад, бельгійські вівчарки (малінуа) Гамільтон і Рамбо, використовуються в міжнародних командах у Боснії та Герцеговині для виявлення мін у постконфліктних зонах. В Україні Державна служба з надзвичайних ситуацій (ДСНС) отримала мінно-розшукових собак від Норвегії в 2024 році, які допомагають у виявленні вибухівки в Донецькій області, де забруднення сягає тисяч квадратних кілометрів. Собака з виявлення мін – це дуєт людини та собаки, який тренується та працює разом, щоб розпізнати та виявити можливу наявність вибухівки в підозрілих ландшафтах. Навчання собак триває від 6 місяців до року і включає симуляцію реальних сценаріїв, але процес є дорогим — вартість підготовки однієї собаки може сягати \$20 тисяч. Ризики для саперів і собак залишаються високими, тому їх роботу часто комбінують з роботами роботизованих систем для попереднього сканування [30].

Технології дистанційного зондування, які включають дрони з тепловізорами, лазерними системами (LIDAR) та магнітометрами, призвели до «технічної революції» у гуманітарному розмінуванні. Ці технології дозволяють проводити попереднє картування та виявлення мін без прямого контакту. Дрони з тепловізійними камерами можуть фіксувати теплові аномалії від ВНП, а LIDAR створює 3D-мапи території для точного планування операцій [31]. Наприклад, програмне забезпечення SpotlightAI від компанії Safe Pro надає можливості комп'ютерного зору, які дозволяють швидко та автоматизовано обробляти аерофотознімки майже в режимі реального часу для виявлення ВНП на рівні поверхні, включаючи наземні міни та боєприпаси, що не розірвалися. Завдяки цьому можливо виявлення

понад 150 типів загроз. В Україні ця технологія значно прискорила очищення території в Київській області. Інший приклад - проект MinesEye від фонду "Postup", у якому AI-платформа на базі дронів пройшла успішні тести в реальних умовах. Для роботи системи на безпілотник встановлюють чотири сенсори: RGB та інфрачервону камеру, магнітометр та георадар. Дані з усіх приладів комбінуються і утворюють детальну карту замінованої території. Модель розпізнає до 90% мін в різних умовах - під землею, в траві або в багнюці. Магнітні дані обробляються за допомогою штучного інтелекту, що підвищує точність виявлення. Дрон здатний розпізнавати міни на глибині до 0,5 м, а боеприпаси - до 3 м. [32]. У Боснії та Герцеговині дрони застосовувалися для моделювання переміщених мін після зсувів ґрунту, що допомогло очистити ризиковані зони. Ці технології також часто інтегруються з GIS-системами для глобального моніторингу, наприклад у проектах JMU. Проект Odyssey 2025 від Humanity & Inclusion у співпраці з Mobility Robotics представив інноваційні методи, включаючи тепловізійне зображення та картографування з високою роздільною здатністю, які довели свою ефективність на різних місцевостях. Уроки, отримані з мінних полів у Чаді, тепер застосовуються до нових зон конфлікту в Україні [46]. Однак, ефективність дронів значно знижується в умовах густої рослинності, дощу чи сильного вітру, а вартість обладнання може перевищувати \$50 тисяч [31].

Новітні розробки в розмінуванні поєднують біотехнології з штучним інтелектом для підвищення точності та безпеки. Так, наприклад, біосенсори, на основі генетично модифікованих бактерій, виявляють сліди вибухових речовин у ґрунті з високою чутливістю, реагуючи на концентрації нижче 1 м.ч. [33]. Біосенсори виявляють високу чутливість для вибухових речовин, завдяки біологічним або біомітаційним компонентам розпізнавання, так як антитіла, аптамери та молекулярно імпринтовані полімери. Застосування у якості біосенсорів біологічних рецепторних компонентів, в т.ч. біоінженерні клітини, антитіла, аптамери, пептиди, молекулярно-імпринтовані полімери (MIPs), нюхові рецептори (OR), білки, що зв'язують одорант (OBPs), нюхові сенсорні нейрони (OSNs), дозволяє значно покращити селективність та чутливість для вибухових речовин. Вузким місцем у реалізації біологічних рецепторних елементів є підтримання їх стабільності при з'єднанні з електронними елементами. Втім прикладом зрушень в цьому напрямку стала технологія, відома як «електронний ніс». Її основні компоненти – хімічна сенсорна решітка і штучна нейронна мережа здатні ідентифікувати сліди вибухонебезпечних сполук за цільовим ароматом.

Робототехніка в гуманітарному розмінуванні використовується для заміни людей у небезпечних, важких та утомливих роботах, автоматизуючи процеси виявлення, обстеження та знешкодження

ВНП. Роботизовані системи, включаючи дрони та наземні платформи, дозволяють проводити розмінування з меншим ризиком для життя саперів та підвищують ефективність цієї роботи. Використання робототехніки в гуманітарному розмінуванні все частіше включає методи комп'ютерного зору для покращення можливостей виявлення наземних мін. У 2024 році науковці з Корнельського університету представили MineInsight - мультисенсорний набір даних для робототехніки гуманітарного розмінування в умовах бездоріжжя. Набір даних містить 35 різних цілей (15 наземних мін і 20 часто зустрічаються об'єктів). Це перший набір даних, який інтегрує сканування датчиків подвійного огляду (від безпілотного наземного транспортного засобу і від його роботизованої руки). Роботизовані комплекси, такі як автономні платформи, дозволяють автоматизувати виявлення та знешкодження мін. Наприклад, робот Spot від Boston Dynamics адаптований для розмінування в експериментальних проектах, де він використовує камери та сенсори для навігації в небезпечних зонах. Дансько-український стартап Dropla Tech Aps розробляє передову робототехніку та технології дронів для прискорення операцій з розмінування в Україні. Використовуючи робототехніку та штучний інтелект розмінування стає швидшим, дешевшим та безпечнішим. Вартість на розмінування одного квадратного метра може скласти менш ніж 10 центів [34]. Аналогічні проекти із застосуванням робототехніки існують і у військових структурах - проект «Demining Robots» від НАТО [35]. Ці технології перспективні, але вимагають значних інвестицій - розробка одного комплексу може коштувати мільйони доларів. Майбутні розробки, такі як AI-інтеграція, обіцяють масове масштабування, як у проектах Carnegie Mellon University.

**Міжнародний досвід у гуманітарному розмінуванні.** Гуманітарне розмінування досягло значних успіхів у кількох країнах, які зіткнулися з проблемою забруднення ВНП. Наприклад, у Камбоджі, де після десятиліть конфліктів залишилося значне мінне забруднення. Програми розмінування, зокрема за участі Cambodian Mine Action Centre (CMAC), очистили понад 2000 км<sup>2</sup> земель до 2020 року, повернувши їх до сільськогосподарського та соціального використання [36]. У Хорватії після війни 1991–1995 років успішна програма розмінування, підтримана урядом та міжнародними донорами, дозволила до 2018 року оголосити країну майже повністю вільною від мін [37]. У грудні 2009 р. на Картахенському саміті Албанія офіційно оголосила, що вона досягла статусу вільної від мін країни. Загальна площа землі, звільненої для місцевого використання в результаті цих дій, становила 16,6 км<sup>2</sup>. П'ятнадцятирічна громадянська війна в Мозамбіку забрала мільйон життів. Близько 5 млн людей залишили свої домівки, а територія стала однією з найзамінованиших країн світу. Протягом двадцяти двох років у HALO Trust працювало понад

1600 чоловіків і жінок з усіх провінцій Мозамбіку. Використовуючи як ручне, так і механічне розмінування, було знешкоджено понад 171 тис. одиниць ВВП. Ці приклади демонструють важливість довгострокового планування, залучення місцевих громад та міжнародного фінансування для досягнення результатів [22].

Міжнародні організації відіграють ключову роль у координації та фінансуванні гуманітарного розмінування. Заснована у 1997 році, Служба Організації Об'єднаних Націй з протимінної діяльності (UNMAS) очолює, координує та впроваджує проекти та програми, спрямовані на пом'якшення загроз, спричинених ВВП. UNMAS впроваджує розробку стандартів, політику та норми, а також здійснює управління операціями зі знешкодження наземних мін та ВВП [38]. Організація діє відповідно до законодавчих мандатів Генеральної Асамблеї, так і Ради Безпеки ООН, які визнають UNMAS як невід'ємний компонент миротворчих операцій ООН, включно з миротворчими операціями та спеціальними політичними місіями.

Міжнародні стандарти для програм гуманітарного розмінування вперше запропоновані робочими групами на міжнародній технічній конференції в Данії в липні 1996 р., де були визначені критерії для всіх аспектів розмінування, рекомендовані стандарти та розширено сферу їх застосування для включення різних компонентів протимінної діяльності та відображення змін в оперативних процедурах, практиках і нормах. Як Міжнародні стандарти протимінної діяльності (IMAS) ці документи були опубліковані в жовтні 2001 р. [21].

Національні стандарти протимінної діяльності (NMAS) створюються національним органом протимінної діяльності. Вони забезпечують безпечну, скоординовану та ефективну роботу з управління та здійснення проектів протимінної діяльності. NMAS відображають національну ситуацію, пов'язану з ризиками, що походять від наземних мін та ВВП як на суші, так і під водою. Вони також враховують їх екологічний вплив, становище тих, хто вижив і жертв, а також законодавство, яке забезпечує стратегічний підхід до вирішення цих проблем і залишкового забруднення, що виходить від них.

Некомерційна організація HALO Trust, яка працює в 28 країнах, очистила мільйони квадратних метрів земель від мін і ВВП, застосовуючи різні методи розмінування [22]. Окрім знешкодження вибухівки, ця організація займається знищенням зброї та навчанням громади безпечному поведінню.

**Співпраця України з міжнародними партнерами.** У вересні 2013 року Указом Президента України було створено Національний орган з питань протимінної діяльності (НОПМД). Департамент екологічної безпеки та протимінної діяльності Міністерства оборони отримав завдання координувати програму протимінної діяльності в Україні, виконуючи функції секретаріату НОПМД [39]. На той час основна увага приділялася знищенню

залишків вибухонебезпечних об'єктів, що залишилися після Першої та Другої світових воєн.

Після початку конфлікту в 2014 році масштаби проблеми значно зросли, і до розмінування долучилися численні суб'єкти, зокрема державні органи, міжнародні та неурядові організації, а також приватний сектор. Хоча Міністерство оборони залишалось фактичним координатором гуманітарного розмінування, воно не мало достатніх повноважень для управління іншими міністерствами та державними установами, які брали участь у протимінній діяльності. Наприклад, інформування про мінну небезпеку переважно координувалося підкласстером протимінної діяльності Програми розвитку ООН, але з певними недоліками [38]. Через відсутність національних стандартів у вересні 2016 року Україна тимчасово прийняла Міжнародні стандарти протимінної діяльності до моменту розробки власних Національних стандартів протимінної діяльності (НСПМД). З 2016 року, за підтримки міжнародних партнерів, Міністерство оборони розпочало розробку НСПМД.

Новий закон «Про протимінну діяльність в Україні» встановлює правові та організаційні основи протимінної діяльності, а також регулює особливості державного управління в цій сфері. Закон визначає правові засади, цілі, принципи, національні інтереси України у сфері протимінної діяльності, перелік об'єктів і суб'єктів цієї діяльності, порядок їх створення, організаційно-процедурні аспекти, вимоги до фахівців із розмінування, їхню відповідальність, джерела фінансування, порядок реєстрації суб'єктів протимінної діяльності, надання допомоги постраждалим від вибухів, визначення статусу територій для розмінування тощо [39].

Останнім часом Україна активно співпрацює з міжнародними партнерами для подолання мінного забруднення, спричиненого російською агресією. Завдяки діяльності HALO Trust в Україні, починаючи з 2016 р., очищено від мін і ВОП понад 4,2 млн м<sup>2</sup> територій. У 2022 році Міністерство з питань реінтеграції тимчасово окупованих територій України підписало Меморандум про співробітництво з HALO Trust, який передбачає розширення можливостей для ручного і механізованого розмінування, а також просвітницької кампанії серед населення. Прикладом технологічної підтримки є надання урядом США роботизованої системи Boston Dynamics для розмінування Київщини [22]. Програми ООН, зокрема UNDP, також сприяють спроможності українських громад у стратегічному плануванні та управлінні проектами розмінування [38]. Ця співпраця є критично важливою для прискорення очищення територій та відновлення безпеки.

**Шляхи вирішення проблем гуманітарного розмінування.** Ефективне гуманітарне розмінування вимагає створення централізованої національної системи координації, яка об'єднує зусилля уряду, неурядових організацій та міжнародних партнерів. Така система забезпечує чітке планування, розподіл

ресурсів і моніторинг прогресу. Наприклад, у Хорватії після війни 1991–1995 років створено Хорватський центр розмінування (CROMAC), який координує операції, стандартизує процедури та інтегрує дані про заміновані території [64]. В Україні з 2022 року діє Національний орган з питань протиміної діяльності, який співпрацює з UNDP та іншими організаціями для координації очищення сільськогосподарських земель, що дозволило повернути в обіг 30% забруднених територій у Харківській області до 2025 року [15, 21]. Однак брак єдиних стандартів між регіонами та недостатня інтеграція з міжнародними стандартами IMAS залишаються викликами.

Підготовка кваліфікованих саперів є критично важливою для безпечного та ефективного розмінування. Сучасні програми навчання включають не лише технічні навички, а й роботу з передовими технологіями, такими як дрони та роботизовані системи. Наприклад, GICHD розробив навчальні модулі, які охоплюють використання ШІ для аналізу даних про заміновані території, що застосовуються в Камбоджі та Колумбії [36]. В Україні ДСНС за підтримки Норвегії та Швейцарії у 2024 році організувала тренінги для 200 саперів, які включали роботу з тепловізорами та собаками-міношукачами. Дослідження показують, що підвищення кваліфікації знижує рівень нещасних випадків на 40%. Проте дефіцит інструкторів і висока вартість навчання (до \$10,000 на одного сапера) обмежують масштабування програм [21].

Інвестиції в наукові дослідження сприяють розробці нових технологій, таких як біосенсори, роботизовані платформи та системи штучного інтелекту. Наприклад, проєкт MineInsight, запущений у 2025 році, створив мультисенсорний датасет для тренування ШІ, який підвищує точність виявлення мін до 95% у складних умовах. У США університет Карнегі-Меллона розробляє автономні роботи для розмінування, які можуть працювати в небезпечних зонах без участі людини [24]. У 2024 році стартап Dgorla Tech в Україні представив дрони, які знижують вартість розмінування одного квадратного метра до 1–3 євро, що на 50% дешевше за традиційні методи. Проте брак фінансування для масштабування таких технологій у країнах із низьким доходом залишається проблемою, оскільки розробка одного робота може коштувати до \$2 мільйонів [34].

Міжнародна співпраця є ключовою для поліпшення фінансування проєктів з гуманітарного розмінування. На програму UNMAS з розмінування в 15 країнах ООН у 2023 р. виділено \$500 мільйонів на розмінування; Японією та Канадою профінансовано очищення 5 млн м<sup>2</sup> територій у Камбоджі; Європейський Союз у 2025 р. виділив Україні €100 мільйонів на закупівлю розмінувального обладнання, роботизованих систем [1, 19]. Міжнародна співпраця також включає обмін досвідом: наприклад, HALO Trust передає технології розмінування з Боснії до України [40]. Освітні кампанії також відіграють важливу роль у зниженні ризиків для населення, яке

проживає поблизу замінованих територій. Програми з мінної безпеки навчають місцевих жителів розпізнавати небезпечні об'єкти та уникати їх. В Україні у 2024 році UNDP запустила кампанію для школярів у прифронтових регіонах, яка охопила 50,000 дітей, навчаючи їх правил безпеки. Дослідження показують, що такі програми знижують кількість інцидентів на 30% [41].

**Висновки.** Сфера гуманітарного розмінування є для нашої держави надзвичайно важливою. Роботи з очищення величезних територій від мін та вибухонебезпечних об'єктів, які наразі проводяться, а після завершення війни досягнуть всеосяжних масштабів, потребують постійного удосконалення технологій розмінування та їхнього впровадження у життя. Гуманітарне розмінування має не лише технічний, а й соціально-гуманітарний вимір, адже від його ефективності залежить відновлення безпечного життя населення та повернення земель до господарського використання.

Гуманітарне розмінування залишається однією з найскладніших та найдорожчих складових післявоєнного відновлення. Серед ключових проблем – значні масштаби мінного забруднення, нестача сучасної техніки та кваліфікованих кадрів, високі ризики для життя саперів, недостатнє фінансування, а також обмежена інформація про реальні масштаби мінування. Ці фактори істотно уповільнюють темпи робіт та обмежують безпечне використання територій.

У найближчій перспективі вирішальну роль відіграватиме впровадження новітніх технологій: роботизованих систем, безпілотних літальних апаратів, біосенсорів, сучасних методів дистанційного зондування. Важливим є посилення міжнародної співпраці, залучення фінансування та обмін досвідом із країнами, що вже мають успішні практики розмінування. Поступовий розвиток національної системи управління цим процесом створює умови для більшої ефективності та безпеки. Невід'ємну частину розвитку сфери гуманітарного розмінування становитимуть розробка сучасних та ефективних технічних рішень детектування та знешкодження ВВП, системна підготовка фахівців та розвиток навчальних центрів для саперів, а також поглиблення інформаційно-просвітницької роботи серед населення для зниження ризиків.

#### Список літератури

1. Мірошніченко Б. Десятки років та мільярди доларів. Коли розмінують українські поля та міста? Електронний ресурс «Економічна правда». 07.03.2023 URL: [www.epravda.com.ua/publications/2023/03/7/697737](http://www.epravda.com.ua/publications/2023/03/7/697737).
2. Guide to Explosive Ordnance Pollution of the Environment / ed. by T. Temple, M. Ladyman, R. Evans. Geneva: GICHD, 2021. 92 p. [https://www.gichd.org/fileadmin/uploads/gichd/Publications/EO\\_Pollution\\_of\\_the\\_Environment\\_v17\\_web\\_01.pdf](https://www.gichd.org/fileadmin/uploads/gichd/Publications/EO_Pollution_of_the_Environment_v17_web_01.pdf)
3. Гуцул Т. В., Ткач В. О., Хобзей М. М. Класифікація та особливості методів гуманітарного розмінування територій на сучасному етапі : монографія. Чернівці : Чернівець. нац. ун-т імені Ю. Федьковича, 2024. 240 с. [https://www.researchgate.net/publication/383915273\\_Klasifikaci\\_a\\_ta\\_osoblivosti\\_metodiv\\_gumanitarnogo\\_rozminuvanna\\_teritorij\\_na\\_s](https://www.researchgate.net/publication/383915273_Klasifikaci_a_ta_osoblivosti_metodiv_gumanitarnogo_rozminuvanna_teritorij_na_s)

[ucasnomu\\_etapi](#)

4. Unruha J., Heynen N., Hossler P. The political ecology of recovery from armed conflict: The case of landmines in Mozambique. *Political Geography*, 2003, No. 22, P. 841–861. URL: [https://www.researchgate.net/publication/223349172\\_The\\_political\\_ecology\\_of\\_recovery\\_from\\_armed\\_conflict\\_The\\_case\\_of\\_landmines\\_in\\_Mozambique](https://www.researchgate.net/publication/223349172_The_political_ecology_of_recovery_from_armed_conflict_The_case_of_landmines_in_Mozambique)
5. Field Trials of the SMART System and Technical Survey Dogs in Cambodia : Final Report / GICHD ; leaders S. Damjanovic. Geneva, 2021. 60 p. URL: [https://www.gichd.org/fileadmin/uploads/gichd/Publications/SMART\\_Cambodia\\_v13\\_1\\_01.pdf](https://www.gichd.org/fileadmin/uploads/gichd/Publications/SMART_Cambodia_v13_1_01.pdf)
6. HALO Trust Mine Clearance Project Phase 1 (2020-2022) : Final Evaluation Report / Institute for Social and Environmental Transitions (ISET), leaders C. McGinn, M. Chung. Geneva, 2022. 12 p. URL: <https://www.aramis.admin.ch/Default?DocumentID=69881&Load=true>
7. Perseverance. Partnership. Progress : The UNMAS Annual Report 2021 / Outreach Unit of UNMAS in New York, leaders J. L. Ortega Moreno, N. Bonetti. New York, 2021. 139 p. URL: [https://www.unmas.org/sites/default/files/publications/annual\\_report\\_lo\\_w\\_res.pdf](https://www.unmas.org/sites/default/files/publications/annual_report_lo_w_res.pdf)
8. IMAS 01.10 Second edition 1 January 2003 Amendment 12, 16 May 2025. Guide for the application and development of International Mine Action Standards (IMAS). United Nations Mine Action Service (UNMAS) 1 United Nations Plaza New York, NY 10017 USA, 2025. 37 p. URL: [https://www.mineactionstandards.org/fileadmin/uploads/imas/Standards/English/IMAS\\_01.10\\_Ed.2\\_Am.12.pdf](https://www.mineactionstandards.org/fileadmin/uploads/imas/Standards/English/IMAS_01.10_Ed.2_Am.12.pdf)
9. GICHD and "National Capacities and Residual Contamination (Croatia)" (2019). Global CWD Repository. Geneva International Centre for Humanitarian Demining (GICHD) Croatian Mine Action Centre (CROMAC). Geneva, 2019. 27 p. URL: <https://commons.lib.jmu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2244&context=cisr-globalcwd>
10. Convention on the Prohibition of the Use, Stockpiling, Production and Transfer of Anti-Personnel Mines and on Their Destruction. Ottawa Treaty, 1997. URL: [https://www.icrc.org/sites/default/files/external/doc/en/assets/files/other/1997\\_ap\\_mines.pdf](https://www.icrc.org/sites/default/files/external/doc/en/assets/files/other/1997_ap_mines.pdf)
11. International Campaign to Ban Landmines, Landmine Monitor 2023. Geneva: ICBL-CMC, November 2023). 124 p. URL: [https://icblcmc.org/assets/reports/Landmine-Monitors/LMM2023/Downloads/Landmine-Monitor-2023\\_web.pdf](https://icblcmc.org/assets/reports/Landmine-Monitors/LMM2023/Downloads/Landmine-Monitor-2023_web.pdf)
12. Mozambique was declared mine free. Infographic shows The HALO Trust's contribution to the country's mine clearance, spanning 22 years. The HALO Trust, 2026. URL: <https://www.halotrust.org/news/mine-free-mozambique/>
13. 1980 Convention on Certain Conventional Weapons. Geneva, 2014. 3 p. URL: [https://www.icrc.org/sites/default/files/document/file\\_list/1980-convention-on-certain-conventional-weapons-icrc-eng.pdf](https://www.icrc.org/sites/default/files/document/file_list/1980-convention-on-certain-conventional-weapons-icrc-eng.pdf)
14. International Campaign to Ban Landmines, Landmine Monitor 2022. ICBL-CMC: November 2022. 131 p. URL: [https://icblcmc.org/assets/reports/Landmine-Monitors/LMM2022/Chapter-Images/Downloads/2022\\_Landmine\\_Monitor\\_web.pdf](https://icblcmc.org/assets/reports/Landmine-Monitors/LMM2022/Chapter-Images/Downloads/2022_Landmine_Monitor_web.pdf)
15. Ukraine: Mine Action 2023 Monitoring - 5W Situation Report (As of 05 May 2023). Overview. Informing humanitarians worldwide 24/7 – a service provided by OCHA, 2023. URL: <https://reliefweb.int/report/ukraine/ukraine-mine-action-2023-monitoring-5w-situation-report-05-may-2023>
16. Geneva International Centre for Humanitarian Demining (GICHD). Twenty years of supporting mine action, GICHD. Geneva, 2018. 88 p. URL: [https://www.gichd.org/fileadmin/uploads/gichd/Publications/GICHD\\_20\\_y\\_book-Dec2018.pdf](https://www.gichd.org/fileadmin/uploads/gichd/Publications/GICHD_20_y_book-Dec2018.pdf)
17. Anisimova A. Humanitarian Demining and Ukraine's Recovery: Lessons Yet to Learn. Free network Policy brief series. November 2025. URL: <https://freepolicybriefs.org/wp-content/uploads/2025/12/20251201.pdf>
18. Karvatsky V. Humanitarian Demining Poses a Business Opportunity for Ukraine's Allies and a New Direction for Development Aid. A blog of the Kennan Institute. June 12, 2024. URL: <https://www.wilsoncenter.org/blog-post/humanitarian-demining-poses-business-opportunity-ukraines-allies-and-new-direction>
19. Понад 136 тисяч кв. м українських земель потребують розмінування: найгірша ситуація на Харківщині – ДСНС. Creative Commons Attribution 4.0 International license. Портал Державної ІТ-компанії «ІНФОТЕХ» 14.11.2025. URL: <https://dp.dsns.gov.ua/news/ostanni-novini/ponad-136-tisiac-kv-m-ukrayinskix-zemel-potrebuut-rozminuvannia-naigirsa-situaciia-na-xarkivshhini-dsns>
20. Порядок проведення органами та підрозділами цивільного захисту очищення (розмінування) територій, забруднених вибухонебезпечними предметами, ручним способом. Стандартна операційна процедура 09.10/ДСНС / Окреме доручення Голови ДСНС від 07.05.2021 № В-130. 78 с. URL: <https://dsns.gov.ua/upload/2/6/8/9/6/4/w8U1FRIA8jtuJP1ay8pcIxPRJlwwhOM75TYtsxSJ.pdf>
21. Mine Action cannot wait : The UNMAS Annual Report 2023 / Produced by: Policy, Advocacy, Donor Relations and Outreach Section of UNMAS New York, leaders Guterres A., Cohn I. New York, 2023. 66 p. URL: <https://www.unmas.org/sites/default/files/final.pdf>
22. HALO Trust Mine Clearance Project Phase 1 (2020-2022) : Final Evaluation Report / Institute for Social and Environmental Transitions (ISET), leaders McGinn C., Chung M. Geneva, 2022. 50p. URL: <https://www.aramis.admin.ch/Default?DocumentID=69881&Load=true>
23. Daniels D. J. A review of GPR for landmine detection. *Journal of Mine Action*, 2019, no 23(2). P. 45–52. URL: [https://www.researchgate.net/publication/225662626\\_A\\_review\\_of\\_GPR\\_for\\_landmine\\_detection](https://www.researchgate.net/publication/225662626_A_review_of_GPR_for_landmine_detection)
24. Habib M. Humanitarian Demining: Reality and the Challenge of Technology - The State of the Arts. *International Journal of Advanced Robotic Systems*, 2007, no 4(2). P. 151–172. URL: [https://www.researchgate.net/publication/221786178\\_Humanitarian\\_Demining\\_Reality\\_and\\_the\\_Challenge\\_of\\_Technology\\_-\\_The\\_State\\_of\\_the\\_Arts](https://www.researchgate.net/publication/221786178_Humanitarian_Demining_Reality_and_the_Challenge_of_Technology_-_The_State_of_the_Arts)
25. Foreword from the Secretary-General : UNMAS Annual Report 2021 / Informing humanitarians worldwide 24/7. OCHA, 2021. URL: <https://reliefweb.int/report/world/unmas-annual-report-2021>
26. GICHD Performance Report. Geneva International Centre for Humanitarian Demining (GICHD). Geneva, 2020. 77 p. URL: <https://epubs.gichd.org/view/742932872/>
27. International Campaign to Ban Landmines, Landmine Monitor 2023 (Geneva: ICBL-CMC, November 2023). Landmine and Cluster Munition Monitor provides research and monitoring for the International Campaign to Ban Landmines (ICBL) and the Cluster Munition Coalition (CMC). Marijn van Broekhoven, 2023. 133 p. URL: [https://icblcmc.org/assets/reports/Landmine-Monitors/LMM2023/Downloads/Landmine-Monitor-2023\\_web.pdf](https://icblcmc.org/assets/reports/Landmine-Monitors/LMM2023/Downloads/Landmine-Monitor-2023_web.pdf)
28. Hutsul T., Khobzei M., Tkach V., Krulikovsky O., Moisiuk O., Ivashko V., Samila A. Review of approaches to the use of unmanned aerial vehicles, remote sensing and geographic information systems in humanitarian demining: Ukrainian case. *Heliyon*. Volume 10, Issue 7. 2024. 15 April. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844024051739>
29. Fedorenko G., Fesenko H., Kharchenko V. Analysis of methods and development of the concept of guaranteed detection and recognition of explosive objects. *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, No. 4 (22). 2023. P. 20–31. URL: <https://journals.uran.ua/itssi/article/view/271062>
30. Evans R. A brief history of Mine Detection Dogs. *The journal of conventional weapons destruction*, 2022. ISSUE 26.1 and 26.2. P. 50–59. URL: <https://commons.lib.jmu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2985&context=cisr-journal>
31. Meier P. Hezegovina. Drones in Humanitarian Action Case Study No.4: Natural Disasters. Acute Emergency. Mapping. Deploying Agency. Belgian Royal Military Academy Piloting Agency. Belgian First Aid and Support Team (B-FAST) Dates of Deployment. Geneva, May and June 2014. 6 p. URL: <https://zoinet.org/wp-content/uploads/2018/01/4Case-Study-Balkans.14April2016.pdf>
32. AI-powered drone and geosensor mine detector: Ministry of Defence participates in demonstration of state-of-the-art demining equipment. Ministry of Defence of Ukraine. Kyiv, 17 July, 2025. URL: <https://mod.gov.ua/en/news/ai-powered-drone-and-geosensor-mine-detector-ministry-of-defence-participates-in-demonstration-of-state-of-the-art-demining-equipment>

33. Войцеховський В.Г., Міщенко В.А. Розмінування території з використанням мікроорганізмів-біорепортерів. Перспективи та інновації науки. Серія «Медицина». 2024. №1 (35), с. 848-858. URL: [https://doi.org/10.52058/2786-4952-2024-1\(35\)-848-858](https://doi.org/10.52058/2786-4952-2024-1(35)-848-858)

34. McNabb M. Danish-Ukrainian Startup Leverages Robotics and Drones to Accelerate Demining in Ukraine. DronLife. August 16, 2024. URL: <https://dronelife.com/2024/08/16/danish-ukrainian-startup-leverages-robotics-and-drones-to-accelerate-demining-in-ukraine/>

35. Multi-Sensor Cooperative Robots for Shallow Buried Explosive Threat Detection - DEMINING ROBOTS. Science for Peace and Security (SPS) Programme. NATO OTAN. Emerging Security Challenges Division. Brussels – Belgium, 2020. 2 p. URL: <https://www.nato.int/content/dam/nato/webready/documents/sps/sps-activities/2020-sps-demining-robots.pdf>

36. Cambodia. Clearing the mines 2020. Key developments. 2020. 14 p. URL: [https://www.mineactionreview.org/assets/downloads/907\\_NPA\\_Clearing\\_the\\_Mines\\_2020\\_Cambodia.pdf](https://www.mineactionreview.org/assets/downloads/907_NPA_Clearing_the_Mines_2020_Cambodia.pdf)

37. Modrušan Z. Republic of Croatia. 2 nd REQUEST for an extension of the deadline for completing the destruction of antipersonnel mines in mined areas in accordance with Article 5, paragraph 1 of the Convention on the Prohibition of the Use, Stockpiling, Production, and

Transfer of Anti-Personnel Mines and on Their Destruction. Croatian Mine Action Centre. Geneva, 29 March 2018. 67 p. URL: <https://www.apminebanconvention.org/fileadmin/APMBC-DOCUMENTS/Meetings/2018/17MSP-Croatia-Extension-Request.pdf>

38. Ukraine Community Recovery Fund Report 2024. Publication. United Nations Ukraine, 22 May 2025. URL: <https://ukraine.un.org/en/294804-ukraine-community-recovery-fund-report-2024>

39. Про утворення Національного органу з питань протимінної діяльності : Постанова Кабінету міністрів України від 10 листопада 2021 р. № 1207 : станом на 06.03.2026 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1207-2021-%D0%BF#Text>

40. The HALO Trust : Annual report and financial statements Company number 2228587 Charity registration numbers 1001813 and SC037870 31 / The HALO Trust ; Chief Executive Major General (Retired) James Cowan CBE DSO. Edinburgh, March 2023. 61 p. URL: <https://www.halotrust.org/media/w2qdsoc/the-halo-trust-annual-report-31-march-2023.pdf>

41. Ukraine: The demining dog helping children stay safe in the world's most heavily mined country. Informing humanitarians worldwide 24/7 – a service provided by OCHA, 2026. URL: <https://reliefweb.int/report/ukraine/ukraine-demining-dog-helping-children-stay-safe-worlds-most-heavily-mined-country>

#### References (transliterated)

1. Miroshnychenko B. Desiatky rokov ta miliardy dolariv. Koly rozminuiut ukraïnski polia ta mista? Elektronnyi resurs «Ekonomiczna pravda». 07.03.2023 URL: [www.epravda.com.ua/publications/2023/03/7/697737](http://www.epravda.com.ua/publications/2023/03/7/697737).

2. Guide to Explosive Ordnance Pollution of the Environment / ed. by T. Temple, M. Ladyman, R. Evans. Geneva: GICHD, 2021. 92 p. [https://www.gichd.org/fileadmin/uploads/gichd/Publications/EO\\_Pollution\\_of\\_the\\_Environment\\_v17\\_web\\_01.pdf](https://www.gichd.org/fileadmin/uploads/gichd/Publications/EO_Pollution_of_the_Environment_v17_web_01.pdf)

3. Hutsul T. V., Tkach V. O., Khobzei M. M. Klyasifikatsiia ta osoblyvosti metodiv humanitarnoho rozminuvannia terytorii na suchasnomu etapi : monohrafiia. Chernivtsi : Chernivets. nats. un-t imeni Yu. Fedkovycha, 2024. 240 s. URL: [https://www.researchgate.net/publication/383915273\\_Klasifikatsiia\\_ta\\_osoblyvosti\\_metodiv\\_gumanitarnogo\\_rozminuvanna\\_teritorij\\_na\\_suchasnomu\\_etapi](https://www.researchgate.net/publication/383915273_Klasifikatsiia_ta_osoblyvosti_metodiv_gumanitarnogo_rozminuvanna_teritorij_na_suchasnomu_etapi)

4. Unruha J., Heynen N., Hossler P. The political ecology of recovery from armed conflict: The case of landmines in Mozambique. Political Geography. 2003. No. 22. P. 841–861. URL: [https://www.researchgate.net/publication/223349172\\_The\\_political\\_ecology\\_of\\_recovery\\_from\\_armed\\_conflict\\_The\\_case\\_of\\_landmines\\_in\\_Mozambique](https://www.researchgate.net/publication/223349172_The_political_ecology_of_recovery_from_armed_conflict_The_case_of_landmines_in_Mozambique)

5. Field Trials of the SMART System and Technical Survey Dogs in Cambodia : Final Report / GICHD ; leaders S. Damjanovic. Geneva, 2021. 60 p. URL: [https://www.gichd.org/fileadmin/uploads/gichd/Publications/SMART\\_Cambodia\\_v13\\_1\\_01.pdf](https://www.gichd.org/fileadmin/uploads/gichd/Publications/SMART_Cambodia_v13_1_01.pdf)

6. HALO Trust Mine Clearance Project Phase 1 (2020-2022): Final Evaluation Report / Institute for Social and Environmental Transitions (ISET), leaders C. McGinn, M. Chung. Geneva, 2022. 12 p. URL: <https://www.aramis.admin.ch/Default?DocumentID=69881&Load=true>

7. Perseverance. Partnership. Progress : The UNMAS Annual Report 2021 / Outreach Unit of UNMAS in New York, leaders J. L. Ortega Moreno, N. Bonetti. New York, 2021. 139 p. URL: [https://www.unmas.org/sites/default/files/publications/annual\\_report\\_lo\\_w\\_res.pdf](https://www.unmas.org/sites/default/files/publications/annual_report_lo_w_res.pdf)

8. IMAS 01.10 Second edition 1 January 2003 Amendment 12, 16 May 2025. Guide for the application and development of International Mine Action Standards (IMAS). United Nations Mine Action Service (UNMAS) 1 United Nations Plaza New York, NY 10017 USA, 2025. 37 p. URL: [https://www.mineactionstandards.org/fileadmin/uploads/imas/Standards/English/IMAS\\_01.10\\_Ed.2\\_Am.12.pdf](https://www.mineactionstandards.org/fileadmin/uploads/imas/Standards/English/IMAS_01.10_Ed.2_Am.12.pdf)

9. GICHD and , "National Capacities and Residual Contamination (Croatia)" (2019). Global CWD Repository. Geneva International Centre

for Humanitarian Demining (GICHD) Croatian Mine Action Centre (CROMAC). Geneva, 2019. 27 p. URL: <https://commons.lib.jmu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2244&context=cisr-globalcwd>

10. Convention on the Prohibition of the Use, Stockpiling, Production and Transfer of Anti-Personnel Mines and on Their Destruction. Ottawa Treaty, 1997. URL: [https://www.icrc.org/sites/default/files/external/doc/en/assets/files/other/1997\\_ap\\_mines.pdf](https://www.icrc.org/sites/default/files/external/doc/en/assets/files/other/1997_ap_mines.pdf)

11. International Campaign to Ban Landmines, Landmine Monitor 2023. Geneva: ICBL-CMC, November 2023). 124 p. URL: [https://icblcmc.org/assets/reports/Landmine-Monitors/LMM2023/Downloads/Landmine-Monitor-2023\\_web.pdf](https://icblcmc.org/assets/reports/Landmine-Monitors/LMM2023/Downloads/Landmine-Monitor-2023_web.pdf)

12. Mozambique was declared mine free. Infographic shows The HALO Trusts contribution to the countrys mine clearance, spanning 22 years. The HALO Trust, 2026. URL: <https://www.halotrust.org/news/mine-free-mozambique/>

13. 1980 Convention on Certain Conventional Weapons. Geneva, 2014. 3 p. URL: [https://www.icrc.org/sites/default/files/document/file\\_list/1980-convention-on-certain-conventional-weapons-icrc-eng.pdf](https://www.icrc.org/sites/default/files/document/file_list/1980-convention-on-certain-conventional-weapons-icrc-eng.pdf)

14. International Campaign to Ban Landmines, Landmine Monitor 2022. ICBL-CMC: November 2022. 131 p. URL: [https://icblcmc.org/assets/reports/Landmine-Monitors/LMM2022/Chapter-Images/Downloads/2022\\_Landmine\\_Monitor\\_web.pdf](https://icblcmc.org/assets/reports/Landmine-Monitors/LMM2022/Chapter-Images/Downloads/2022_Landmine_Monitor_web.pdf)

15. Ukraine: Mine Action 2023 Monitoring - 5W Situation Report (As of 05 May 2023). Overview. Informing humanitarians worldwide 24/7 – a service provided by OCHA, 2023. URL: <https://reliefweb.int/report/ukraine/ukraine-mine-action-2023-monitoring-5w-situation-report-05-may-2023>

16. Geneva International Centre for Humanitarian Demining (GICHD). Twenty years of supporting mine action, GICHD. Geneva, 2018. 88 p. URL: [https://www.gichd.org/fileadmin/uploads/gichd/Publications/GICHD\\_20y\\_book-Dec2018.pdf](https://www.gichd.org/fileadmin/uploads/gichd/Publications/GICHD_20y_book-Dec2018.pdf)

17. Anisimova A. Humanitarian Demining and Ukraines Recovery: Lessons Yet to Learn. Free network Policy brief series. November 2025. URL: <https://freepolicybriefs.org/wp-content/uploads/2025/12/20251201.pdf>

18. Karvatsky V. umanitarian Demining Poses a Business Opportunity for Ukraines Allies and a New Direction for Development Aid. A blog of the Kennan Institute. June 12, 2024. URL: <https://www.wilsoncenter.org/blog-post/humanitarian-demining-poses-business-opportunity-ukraines-allies-and-new-direction>

19. Ponad 136 tysiach kv. m ukraïnskikh zemel potrebuti rozminuvannia: naihrsha sytuatsiia na Kharkivshchyni – DSNS. Holovne Upravlinnia DSNS Ukrainy u Dnipropetrovskii oblasti. Creative Commons Attribution 4.0 International license Rozrobnyk portalu Derzhavna IT-kompaniia «INFOTEKH» 14.11.2025. URL: <https://dp.dsns.gov.ua/news/ostanni-novini/ponad-136-tisiac-kv-m-ukraïnskikh-zemel-potrebuti-rozminuvannia-naigirsa-situaciia-na-xarkivshhyni-dsns>

20. Poriadok provedennia orhanamy ta pidrozdilamy tsyvilnoho zakhystu ochyshchennia (rozminuvannia) terytorii, zabrudnenykh vybukhonebezpechnymy predmetamy, ruchnym sposobom. Standartna operatsiina protsedura 09.10/DSNS / Okreyme doruchennia Holovy DSNS vid 07.05.2021 № V-130. 78 s. URL: <https://dsns.gov.ua/upload/2/6/8/9/6/4/w8U1FRIA8jtuJP1ay8pcIXPRJIwwhOM75TYtsxSJ.pdf>

21. Mine Action cannot wait : The UNMAS Annual Report 2023 / Produced by: Policy, Advocacy, Donor Relations and Outreach Section of UNMAS New York, leaders Guterres A., Cohn I. New York, 2023. 66 p. URL: <https://www.unmas.org/sites/default/files/final.pdf>

22. HALO Trust Mine Clearance Project Phase 1 (2020-2022) : Final Evaluation Report / Institute for Social and Environmental Transitions (ISET), leaders McGinn C., Chung M. Geneva, 2022. 50p. URL: <https://www.aramis.admin.ch/Default?DocumentID=69881&Load=true>

23. Daniels D. J. A review of GPR for landmine detection. Journal of Mine Action. 2019. no 23(2). P. 45–52. URL: [https://www.researchgate.net/publication/225662626\\_A\\_review\\_of\\_GPR\\_for\\_landmine\\_detection](https://www.researchgate.net/publication/225662626_A_review_of_GPR_for_landmine_detection)

24. Habib M. Humanitarian Demining: Reality and the Challenge of Technology - The State of the Arts. International Journal of Advanced Robotic Systems. 2007. no 4(2). P. 151–172. URL: [https://www.researchgate.net/publication/221786178\\_Humanitarian\\_Demining\\_Reality\\_and\\_the\\_Challenge\\_of\\_Technology\\_-\\_The\\_State\\_of\\_the\\_Arts](https://www.researchgate.net/publication/221786178_Humanitarian_Demining_Reality_and_the_Challenge_of_Technology_-_The_State_of_the_Arts)

25. Foreword from the Secretary-General : UNMAS Annual Report 2021 / Informing humanitarians worldwide 24/7. OCHA, 2021. URL: <https://reliefweb.int/report/world/unmas-annual-report-2021>

26. GICHD Performance Report. Geneva International Centre for Humanitarian Demining (GICHD). Geneva, 2020. 77 p. URL: <https://epubs.gichd.org/view/742932872/>

27. International Campaign to Ban Landmines, Landmine Monitor 2023 (Geneva: ICBL-CMC, November 2023). Landmine and Cluster Munition Monitor provides research and monitoring for the International Campaign to Ban Landmines (ICBL) and the Cluster Munition Coalition (CMC). Marijn van Broekhoven, 2023. 133 p. URL: [https://icblcmc.org/assets/reports/Landmine-Monitors/LMM2023/Downloads/Landmine-Monitor-2023\\_web.pdf](https://icblcmc.org/assets/reports/Landmine-Monitors/LMM2023/Downloads/Landmine-Monitor-2023_web.pdf)

28. Hutsul T., Khobzei M., Tkach V., Krulikovskiy O., Moisiuk O., Ivashko V., Samila A. Review of approaches to the use of unmanned aerial vehicles, remote sensing and geographic information systems in humanitarian demining: Ukrainian case. Heliyon. Volume 10, Issue 7. 2024. 15 April. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844024051739>

29. Fedorenko G., Fesenko H., Kharchenko V. Analysis of methods and development of the concept of guaranteed detection and recognition of explosive objects. Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries, No. 4 (22). 2023. P. 20–31. URL: <https://journals.uran.ua/itssi/article/view/271062>

30. Evans R. A brief history of Mine Detection Dogs. The journal of conventional weapons destruction. 2022. ISSUE 26.1 , 26.2. P.50–59.

#### **Відомості про авторів /About authors**

**Лізеїн Станіслав Леонідович (Lihezín Stanislav)** – доктор філософії, молодший науковий співробітник кафедри технології кераміки, вогнетривів, скла та емалей, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна; Тел. +38(063)521-46-11, <https://orcid.org/0000-0002-1097-1594>; e-mail: [nik.cobold@gmail.com](mailto:nik.cobold@gmail.com)

**Верещак Владислав Олександрович (Vereshchak Vladyslav)** – молодший науковий співробітник, Державна наукова установа «Науково-технологічний комплекс «Інститут монокристалів» Національної академії наук України», Інститут хімії функціональних матеріалів, відділ органічної та біоорганічної хімії, м. Харків, Україна; Тел. +38(098)567-51-09, <https://orcid.org/0009-0007-2329-9411>; e-mail: [vladver02@gmail.com](mailto:vladver02@gmail.com)

**Яценко Лариса Олександрівна (Yashchenko Larysa)** – кандидат технічних наук, старший викладач кафедри Безпеки праці та навколишнього середовища, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна; Тел. +38(050)605-73-26, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4939-1244>; e-mail: [m1a72@ukr.net](mailto:m1a72@ukr.net)

**Федоренко Олена Юрїївна (Fedorenko Olena)** – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри технології кераміки, вогнетривів, скла та емалей, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна; Тел. +38(050)713-03-35, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0831-3485>; e-mail: [fedorenko\\_e@ukr.net](mailto:fedorenko_e@ukr.net)

Дата надходження статті: 10.02.26 р.

Дата прийняття до друку: 20.03.26 р

URL: <https://commons.lib.jmu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2985&context=cisr-journal>

31. Meier P. Hezegovina. Drones in Humanitarian Action Case Study No.4: Natural Disasters. Acute Emergency. Mapping. Deploying Agency. Belgian Royal Military Academy Piloting Agency. Belgian First Aid and Support Team (B-FAST) Dates of Deployment. Geneva, May and June 2014. 6 p. URL: <https://zoinet.org/wp-content/uploads/2018/01/4Case-Study-Balkans.14April2016.pdf>

32. AI-powered drone and geosensor mine detector: Ministry of Defence participates in demonstration of state-of-the-art demining equipment. Ministry of Defence of Ukraine. Kyiv, 17 July, 2025. URL: <https://mod.gov.ua/en/news/ai-powered-drone-and-geosensor-mine-detector-ministry-of-defence-participates-in-demonstration-of-state-of-the-art-demining-equipment>

33. Voitsekhovskiy V.H., Mishchenko V.A. Rozminuvannia terytorii z vykorystanniam mikroorhanizmiv-bioreporteriv. Perspektyvy ta innovatsii nauky. Seriia «Medytsyna». 2024. №1 (35), s. 848-858. URL: [https://doi.org/10.52058/2786-4952-2024-1\(35\)-848-858](https://doi.org/10.52058/2786-4952-2024-1(35)-848-858)

34. McNabb M. Danish-Ukrainian Startup Leverages Robotics and Drones to Accelerate Demining in Ukraine. DronLife. August 16, 2024. URL: <https://dronelife.com/2024/08/16/danish-ukrainian-startup-leverages-robotics-and-drones-to-accelerate-demining-in-ukraine/>

35. Multi-Sensor Cooperative Robots for Shallow Buried Explosive Threat Detection - DEMINING ROBOTS. Science for Peace and Security (SPS) Programme, NATO OTAN. Emerging Security Challenges Division. Brussels – Belgium, 2020. 2 p.

URL: <https://www.nato.int/content/dam/nato/webready/documents/sps/sps-activities/2020-sps-demining-robots.pdf>

36. Cambodia. Clearing the mines 2020. Key developments.

2020. 14 p.

URL: [https://www.mineactionreview.org/assets/downloads/907\\_NPA\\_Clearing\\_the\\_Mines\\_2020\\_Cambodia.pdf](https://www.mineactionreview.org/assets/downloads/907_NPA_Clearing_the_Mines_2020_Cambodia.pdf)

37. Modrušan Z. Republic of Croatia. 2 nd REQUEST for an extension of the deadline for completing the destruction of antipersonnel mines in mined areas in accordance with Article 5, paragraph 1 of the Convention on the Prohibition of the Use, Stockpiling, Production, and Transfer of Anti-Personnel Mines and on Their Destruction. Croatian Mine Action Centre. Geneva, 29 March 2018. 67 p. URL: <https://www.apminebanconvention.org/fileadmin/APMBC-DOCUMENTS/Meetings/2018/17MSP-Croatia-Extension-Request.pdf>

38. Ukraine Community Recovery Fund Report 2024. Publication. United Nations Ukraine, 22 May 2025. URL: <https://ukraine.un.org/en/294804-ukraine-community-recovery-fund-report-2024>

39. Pro utvorennia Natsionalnoho orhanu z pytan protymynnoi diialnosti : Postanova Kabinetu ministriv Ukrainy vid 10 lystopada 2021 r. № 1207 : stanom na 06.03.2026 r. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1207-2021-%D0%BF#Text>

40. The HALO Trust : Annual report and financial statements Company number 2228587 Charity registration numbers 1001813 and SC037870 31 / The HALO Trust ; Chief Executive Major General (Retired) James Cowan CBE DSO. Edinburgh, March 2023. 61 p. URL: <https://www.halotrust.org/media/w2qdsoc/the-halo-trust-annual-report-31-march-2023.pdf>

41. Ukraine: The demining dog helping children stay safe in the worlds most heavily mined country. Informing humanitarians worldwide 24/7 – a service provided by OCHA, 2026. URL: <https://reliefweb.int/report/ukraine/ukraine-demining-dog-helping-children-stay-safe-worlds-most-heavily-mined-country>