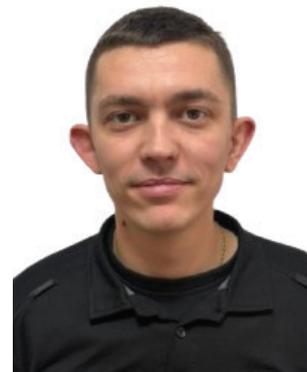


УДК 343.982:[623.454.38:623.746-519](477)
DOI 10.32782/2523-4269-2025-93-158-163

Свобода Євгенія Юріївна,
кандидат юридичних наук, доцент,
професор кафедри криміналістичного забезпечення та судових експертиз
(Національна академія внутрішніх справ, м. Київ)
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8639-8333>



Поліщук Віталій В'ячеславович,
старший викладач кафедри криміналістичного забезпечення та судових експертиз
(Національна академія внутрішніх справ, м. Київ)
ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-1632-0387>



ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПІД ЧАС ГУМАНІТАРНОГО РОЗМІНУВАННЯ: РОЛЬ БЕЗПЛОТНИХ СИСТЕМ В УКРАЇНІ

Стаття присвячена ролі інноваційних технологій, насамперед безпілотних систем (дронів), у процесі гуманітарного розмінування в Україні в умовах повномасштабної збройної агресії росії. Розкрито актуальність проблеми та окреслено ключові виклики, серед яких: складний рельєф і змішане забруднення; гострий дефіцит сертифікованих саперів; недостатнє матеріально-технічне забезпечення; погодні та логістичні обмеження; високі ризики для персоналу при традиційних методах роботи. Особливу увагу приділено впровадженню безпілотних систем як провідного інноваційного інструменту. Наведено огляд сучасних моделей дронів. Зроблено висновок про необхідність поєднання технологічних рішень, міжнародної підтримки та розвитку національної системи протимінної діяльності для прискорення відновлення територій, повернення земель у господарський обіг та зменшення ризиків для населення.

Ключові слова: інноваційні технології, гуманітарне розмінування, безпілотні системи, вибухонебезпечні предмети, високотехнологічні методи

Постановка проблеми. Повномасштабна збройна агресія російської федерації проти України спричинила безпрецедентне забруднення територій вибухонебезпечними предметами, мінами та нерозірваними боеприпасами. Україна сьогодні належить до найбільш замінованих країн світу: за даними Організації Об'єднаних Націй, потенційно небезпечними є понад 30 % площі держави. Це створює серйозні загрози для життя і здоров'я населення, перешкоджає поверненню людей у домівки, розвитку сільського господарства та відновленню критичної інфраструктури. У цих умовах гуманітарне розмінування виступає одним із ключових напрямів післявоєнного відновлення країни. Його мета полягає не лише у фізичному очищенні територій від мін і вибухонебезпечних залишків війни, а й у забезпеченні безпеки населення, поверненні земель у господарський обіг, підвищенні рівня обізнаності громадян про мінну небезпеку. Україна активно розвиває національну систему протимінної діяльності, удосконалює нормативно-правову базу

та розширює міжнародне співробітництво. Розвитку подальшого міжнародного співробітництва у сфері гуманітарного розмінування сприяє підписання 20 квітня 2023 року та набрання чинності з 14 грудня 2023 року Угоди між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, з іншої сторони, щодо участі України в Механізмі цивільного захисту Європейського Союзу. Водночас масштаб забруднення, дефіцит ресурсів і необхідність новітніх технологій визначають потребу у комплексному підході до вирішення проблеми. Саме тому дослідження стану, проблем і перспектив гуманітарного розмінування в Україні має надзвичайну актуальність для забезпечення безпеки громадян і сталого відновлення держави.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Висвітлення питань гуманітарного розмінування знайшло відображення у роботах як українських [1–11] так і зарубіжних [12–14] науковців. Зокрема, виклики та потреби під час розмінування – Кириленко В., Нероба В., Ворочич Б., Задорожний В., Файфура М.,

Цегельник В. (2023); розмінування акваторій – Грицаєнко М. (2017), Блінцов В., Надточий А. (2024); питання організації, формування та реалізації гуманітарного розмінування – Бойко О., Гаман П., Павлов С. (2025); проблеми, труднощі, пріоритети, технології розмінування та виклики для робототехніки – Габіб М. (2008); гуманітарне розмінування та стале управління земельними ресурсами в постконфліктних умовах – Гунавардана Х. та ін. (2016); підходи до оцінювання черговості гуманітарного розмінування територій вивчалися Беспалько Р. та ін. (2023); економічні та правові аспекти – Устименко В. та ін. (2023); підготовки демінерів до гуманітарного розмінування в умовах радіаційного забруднення – Вальченко О., Степанчук С. та ін. (2025).

Метою даного дослідження є висвітлення питань використання дронів під час гуманітарного розмінування на території України.

Виклад основного матеріалу. Гуманітарне розмінування в Україні стало критичною необхідністю після повномасштабного вторгнення росії у 2022 році, коли значні території країни були забруднені мінами та вибухонебезпечними залишками війни, включаючи протипіхотні, протитанкові міни та нерозірвані снаряди.

Відповідно Закону України від 06.12.2018 № 2642-VIII «Про протимінну діяльність в Україні» розмінування (гуманітарне розмінування) – комплекс заходів, які проводяться операторами протимінної діяльності з метою ліквідації небезпек, пов'язаних із вибухонебезпечними предметами, включаючи нетехнічне та технічне обстеження територій, складення карт, виявлення, знешкодження та (або) знищення вибухонебезпечних предметів, маркування, підготовку документації після розмінування, надання громадам інформації щодо протимінної діяльності та передачу очищеної території [15].

Головною метою гуманітарного розмінування є безпека людей, щоб вони могли повернутися до своїх домів та розпочати нормальне життя. Гуманітарне розмінування стало одним із наймасштабніший викликів для держави. Його головна мета полягає

у забезпеченні безпеки людей, поверненні земель до використання, створенні умов для відновлення інфраструктури, аграрного виробництва та житлового фонду.

Навчання щодо мінної небезпеки залишається одним з актуальних питань в Україні, яке є основним компонентом гуманітарного розмінування. В цьому напрямку створюються належні умови в освітньому середовищі в багатьох закладах вищої освіти України. Восени 2025 році за підтримки міжнародних партнерів, а саме компанія «Тетра Тек» на базі Національної академії внутрішніх справ провела навчання із мінної безпеки та гуманітарного розмінування. Під час навчання учасники ознайомлюються з міжнародними стандартами мінної безпеки, сучасними підходами до гуманітарного розмінування, особливостями поведінки з вибухонебезпечними предметами та речовинами, а також із сучасними викликами, що постають у процесі розмінування територій. В результаті проходження курсу навчання претенденти отримують сертифікати з мінної безпеки для інструкторів.

Ми погоджуємося з думкою науковців Герасимчук Л., Пацева І., Валерко Р., які зазначають, що практика систематичного ретельного гуманітарного розмінування – необхідна передумова сталого управління навколишнім природним середовищем в подальшому на постконфліктних територіях, адже дозволить запобігти та мінімізувати деградацію ґрунтів, земельних ресурсів, біорізноманіття, забруднення цих компонентів, викиди забруднюючих речовин, які можуть навіть сприяти зміні клімату, а також сприяти збереженню природних ресурсів [8, с. 234]. Проте реалізація цього завдання супроводжується рядом серйозних проблем, які мають комплексний характер і взаємопов'язані між собою. На нашу думку це: масштабність та складність мінного забруднення; технічні та операційні труднощі; питання кадрового забезпечення та логістичного (матеріального-технічного) забезпечення (табл. 1). За результатами аналізу теоретичних та наукових розробок пропонуємо окреслити зазначені проблеми.

Таблиця 1

Основні проблеми та характеристики мінного забруднення і гуманітарного розмінування територій України

Проблема	Характеристика
1	2
Масштабність та складність мінного забруднення	На звільнених територіях виявляють різноманітні типи мін – протипіхотні, протитанкові, касетні боєприпаси, розтяжки, а також нерозірвані снаряди та бомби. Ворожі війська активно застосовують сучасні міни з елементами самоналаштування, дистанційного мінування, мін-пасток. Дрони стикаються з обмеженнями: візуальні системи погано виявляють поховані міни. Забруднення має змішаний характер: воно охоплює міські території, сільськогосподарські угіддя, лісові масиви, береги водойм та навіть дно річок. У багатьох випадках мінні поля не марковані, карти мінування відсутні, що значно ускладнює роботу саперів. Потрібне картування небезпечних територій для проведення оцінки небезпек; системне очищення поселень і доріг від вибухонебезпечних предметів, а далі вже очищення і рекультивация.
Технічні та операційні труднощі	Більшість районів має щільне мінне забруднення, що робить ручне очищення надзвичайно повільним. Механізовані методи не завжди ефективні через складний рельєф або руйнування інфраструктури. На значних ділянках роботу ускладнюють зміни ґрунту, утворення кратерів, наявність уламків техніки, металевих предметів, які заважають роботі металодетекторів. Погода знижує точність, а обробка даних потребує потужних серверів; у підводних умовах каламутна вода та течії ускладнюють навігацію дронів.
Кадрове забезпечення	Існує, на жаль, гострий дефіцит кваліфікованих фахівців. Підготовка сапера – тривалий процес, що потребує спеціальних навчань, досвіду та сертифікації відповідно до міжнародних стандартів. Через масштаб проблеми навіть значне збільшення кількості операторів не забезпечує необхідного покриття всіх небезпечних територій.

1	2
Логістичне (матеріально-технічне) забезпечення	Бракує технічних засобів – роботизованих систем, спеціалізованих машин для механізованого розмінування, безпілотників із функцією дистанційного сканування, приладів глибинного пошуку. Значна частина техніки, наданої міжнародними партнерами, потребує ремонту, адаптації або навчання персоналу для ефективного використання. Обмежений час польоту дронів та залежність від ручної перевірки після дронів, зберігають ризики

З 2022 року Україна перетворилася на лідера у впровадженні високотехнологічних методів розмінування, перейшовши від ручних інструментів до дронів, роботизованих систем та штучного інтелекту (ШІ). Дрони використовуються на етапах нетехнічного обстеження для виявлення кратерів, залишків техніки та ознак бойових дій, а також для пріоритизації зон ризику.

У 2025 році, завдяки міжнародній підтримці від Організації Об'єднаних Націй (ООН), Організації Північноатлантичного договору (НАТО) та партнерів, таких як Канада, Франція та Нова Зеландія, було впроваджено як повітряні, так і підводні дрони, що дозволяють очищувати як сухопутні, так і акваторні території. Підрозділи підводного розмінування Державної служби України з надзвичайних ситуацій (ДСНС) у 2025 році отримали 16 дистанційно керованих дронів Deep Tracker Revolution. Це не лише прискорює процес, але й сприяє поверненню земель до економічного використання, зокрема в аграрному секторі, де забруднення спричиняє мільярдні втрати.

Від Франції отримано 6 сучасних безпілотних систем розмінування ROCUS загальною вартістю майже 15 мільйонів євро. Вони створені на основі наземної безпілотної платформи THeMIS і дообладнані інструментами для очищення маршрутів [9, с. 10].

В контексті досліджуваної проблематики заслуговує на увагу напрацювання науковців та практиків щодо класифікації безпілотних летальних апаратів (БПЛА). Виділяють наступні підстави класифікації БПЛА: за призначенням; за способом базування; за кількістю застосувань; за рівнем застосування та радіусом дії; за принципом створення піднімальної дії; за типом цільового споряддя тощо [16, с. 338–340].

Пропонуємо зробити огляд основних розробок (ключові моделі дронів) для розмінування.

Дрон «Змії» (повітряний дрон-розмінувач). Цей український безпілотник призначений для швидкого обстеження територій. Він може розмінувати до 80 гектарів на місяць, працюючи дистанційно через пульт, подібно до FPV-дронів. Вартість – 14–20 тис. дол. Дрон використовує сенсори для виявлення мін на поверхні та в ґрунті, прискорюючи процес у разі порівняно з ручним розмінуванням. Він вже пройшов випробування на фронті та в тилу, де допомагає очищати сільгоспугіддя [17].

Наземний дрон Buffalo. Новий український робот, створений у 2025 році, виконує кілька завдань: логістика, розвідка та розмінування. Buffalo оснащений ШІ для автономного виявлення мін, маніпуляторами для нейтралізації та гусеничними шасі для руху по складній місцевості. Він може обстежувати до 5 га на день, зменшуючи ризики для людей. Модель інтегрується з системами РЕБ для захисту від ворожих перешкод.

Дрон з ШІ від UADamage. Дрон з штучним інтелектом, що обстежує до 10 тис. м² на день (у 100 разів швидше, ніж один сапер, який проходить 100 м²). Використовує магнітометри та алгоритми ШІ для

виявлення мін на глибині. Технологія допомагає створювати цифрові карти забруднених зон, що прискорює планування операцій. Цей дрон вже тестується в реальних умовах.

Дрони з магнітометрами. У 2025 році Україна отримала та тестує 7 дронів з магнітометрами для виявлення металевих мін. Вони інтегруються з роботизованими комплексами для повного циклу розмінування.

Гібридні системи. Дрони поєднуються з наземними платформами (наприклад, на базі THeMIS від Milrem Robotics), що дозволяють розмінування в зонах з високою щільністю мін. У 2025 році акцент на ШІ для автономного прийняття рішень.

Підводні дрони, або безпілотні підводні системи (UUS), стали ключовими для очищення акваторій, таких як річки та озера, де забруднено близько 13 500 квадратних кілометрів. Дрони з навігаційними та іміджинговими системами для виявлення мін у каламутній воді. Ці дрони дистанційно керовані, що усуває ризики для дайверів, і інтегруються з супутниковими знімками та ШІ для комплексного аналізу.

Підводні ROV (remotely operated vehicles) від Deep Trekker, розгорнуті в 2025 році, оснащені сонарами, DVL (Doppler velocity logs) та камерами для інспекції підводних загроз. Ці дрони дозволяють розмінувати небезпечні об'єкти в річках, таких як Дніпро, без входження людей у воду. Вони працюють у складних умовах, таких як сильні течії чи каламутна вода, і доповнюють повітряні дрони для комплексного розмінування [17–18].

У гуманітарному розмінуванні в Україні дрони оснащуються мультисенсорними системами, зокрема високороздільними камерами, магнітними датчиками, тепловізорами та ШІ-алгоритмами для аналізу даних.

Компанія Safe Pro AI застосовує дрони для створення високороздільних аерофотознімків, які обробляються моделлю SpotlightAI, здатною розпізнавати понад 150 типів ERW із точністю 92% для поверхневих об'єктів. Дрони автономно пролітають над територіями, збираючи тисячі зображень (наприклад, 15 000 під час демонстрації ООН у 2023 році), які аналізуються на AWS-серверах для створення карт мінних полів. У 2025 році планується інтеграція теплових та геофізичних датчиків для виявлення похованих мін, а також 3D-картографування для оцінки щільності [17–19].

Висновки. Підводячи підсумок, можна зазначити, що гуманітарне розмінування в Україні – це надзвичайно масштабний, тривалий і складний процес, що вимагає комплексного підходу. Масштабованість та доступність роблять дрони ідеальними для України. Дрони значно підвищують безпеку, усуваючи потребу в безпосередньому контакті з мінами: один дрон може обстежити 30 га на день, генеруючи 20 000 зображень, які ШІ обробляє за години, замість тижнів ручної роботи. У тесті 2023 року в Україні дрон

Safe Pro AI виявив 74 міни на 25 га, прискорюючи повернення земель фермерам і зменшуючи жертви серед цивільних (понад 4 700 загиблих чи поранених глобально у 2022 році, здебільшого в Україні). Основними проблемами залишаються: велика площа мінного забруднення, нестача фінансування, дефіцит кадрів і техніки, складність координації між

відомствами, а також соціальні, економічні та екологічні наслідки мінної небезпеки. Перспективним для гуманітарного розмінування в Україні залишається міжнародне співробітництво, зокрема з питань формування ринку гуманітарного розмінування, технічного оснащення відповідних підрозділів та підготовки фахівців.

Список використаних джерел

1. Кириленко В. А., Нероба В. Р. Глобальна проблема розмінування: стан та підходи до розв'язання. *Збірник наукових праць Центру воєнно-стратегічних досліджень Національного університету оборони України імені Івана Черняхівського*, 2019. № 2(66). С. 115–119. DOI: <https://doi.org/10.33099/2304-2745/2019-2-66/115-119>
2. Ворovich Б. О. Шляхи вирішення проблемних питань розмінування території України. *Збірник наукових праць центру воєнно-стратегічних досліджень Національного університету оборони України*. 2020. № 2(69). С. 143–149. DOI: <https://doi.org/10.33099/2304-2745/2020-2-69/143-149>
3. Bepalko R., Hutsul T., Kazimir I., Myronchuk K. Modern Approaches to Assessing the Priority of Humanitarian Demining. *Technical Sciences and Technologies*. 2023. № 1 (31). С. 146–157. DOI: [https://doi.org/10.25140/2411-5363-2023-1\(31\)-146-157](https://doi.org/10.25140/2411-5363-2023-1(31)-146-157).
4. Задорожний В. П., Файфура М. В., Цегельник В. В. Виклики і потреби України під час розмінування території, що постраждали від війни у 2022 році. *Молодий вчений*. 2023. № 1 (113). С. 10–13. DOI: <https://doi.org/10.32839/2304-5809/2023-1-113-3>
5. Hutsul T., Tkach V., Khobzei M. Humanitarian demining: How can UAVs and Internet of Things help? *SISIOT*. 2023. 1 (2). DOI: <https://doi.org/10.31861/sisiot2023.2.02004>
6. Ustylenko V., Rohozian Y., Trehub O., Liashenko P., Zablodska D. Economic and legal dimension of humanitarian demining of Ukraine: problem and research prospects. *Amazonia Investiga*. 2023. 12 (65). P. 287–295. DOI: <https://doi.org/10.34069/AI/2023.65.05.27>.
7. Hutsa O., Yelchanin D., Yanushkevych D., Tolkunov I., Ivanov L., Petrova R., Morozova A. Conceptualization of Intelligent Control System for Humanitarian Demining Robotic Complexes Based on Verbal Methods. *Science and Innovation*. 2024. 20 (3). P. 82–95. DOI: <https://doi.org/10.15407/scine20.03.082>.
8. Герасимчук Л.О., Пацева І.Г., Валерко Р.А. Гуманітарне розмінування України. *Аграрні інновації*. 2024. № 24. С. 232–238. DOI: <https://doi.org/10.32848/agra.innov.2024.24.33>.
9. Бойко О., Гаман П., Павлов С. Гуманітарне розмінування в Україні: державна політика та державне управління. *Державне управління та політика*. 2025. 5(9). DOI: <https://doi.org/10.70651/3041-2498/2025.5.13>
10. Вальченко О.І., Степанчук С.О., Стрілець В.В., Шевченко Р.І., Макаров Є.О.. Оцінка ефективності підготовки до гуманітарного розмінування радіаційно-забрудненої місцевості із застосуванням нормативів. *Комунальне господарство міст*. 2025. Том 1, вип. 189. С. 410–415. DOI: <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2025-1-189-410-415>
11. Блінцов В. С., Надточий А. В. Гуманітарне розмінування мілководних акваторій: технології та робототехнічне забезпечення. *Shipbuilding marine infrastructure*. 2024. №1 (18). С. 1–10. DOI: [https://doi.org/10.15589/smi2024.1\(18\).01](https://doi.org/10.15589/smi2024.1(18).01)
12. Camacho-Sanchez C., Yie-Pinedo R., Galindo G. Humanitarian demining for the clearance of landmine-affected areas. *Socio-Economic Planning Sciences*. 2023. № 88. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.seps.2023.101611>
13. Habib M.K. Humanitarian Demining. 2008. 394 p. DOI: <https://doi.org/10.5772/5407>.
14. Gunawardana H., Tantrigoda D., Kumara U. Humanitarian Demining and Sustainable Land Management in Post-Conflict Settings in Sri Lanka: Literature Review. *Journal of Management and Sustainability*. 2016. 6 (3). P. 79–90. DOI: <https://doi.org/10.5539/jms.v6n3p79>.
15. Про протимінну діяльність в Україні: Закон України від 06.12.2018 № 2642-VIII. Офіційний вебпортал Верховної ради України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2642-19#Text> (дата звернення: 20.11.25).
16. Кульчицький А.Б., Васікан О.О., Степанюк О.В., Бабенко В.П. Колендзян П.Ф. Безпілотні літальні апарати: поняття і класифікація під час проведення судових експертиз. *Криміналістика і судова експертиза*. 2024. Вип. 69. С. 337–346. DOI: <https://doi.org/10.33994/kndise.2024.69.32>.
17. Український дрон-розмінувач «Змії» пройшов випробування. URL: <https://texty.org.ua/fragments/113395/ukrayinskyj-dron-rozminovuvach-zmij-projshov-vuprobuvannya-yak-vin-pracyuye-foto-video/> (дата звернення 20.11.2025).
18. Україна отримала від Данії дрони для розмінування. URL: <https://militaryni.com/uk/news/ukrayina-otrymala-vid-daniyi-drony-dlya-rozminuvannya/> (дата звернення 20.11.2025).
19. Heuschmid D., Wacker O., Zimmermann Y., Penava P., Buettner R. Advancements in Landmine Detection: Deep Learning-Based Analysis With Thermal Drones. *IEEE Access*. 2025. 13. 3572196. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2025.3572196>

References

1. Kyrylenko, V., & Neroba, V. (2019). Globalna problema rozminuvanna stan ta pidhodi do rozv'azanna [The global problem of mine clearance: status and approaches to solving]. *Collection of the scientific papers of the Centre for Military and Strategis Studies of the National Defence University of Ukraine*, 2(66), 115–119. DOI: <https://doi.org/10.33099/2304-2745/2019-2-66/115-119>. [in Ukrainian].
2. Vorovich, B. (2020). Shljachy vyrishennja problemnych pytanj rozminuvannja teritotiji Ukrajinj [Ways to solve the problem of demining the territory of Ukraine]. *Collection of the scientific papers of the Centre for Military and Strategis Studies of the National Defence University of Ukraine*, 2(69), 143–149. DOI: <https://doi.org/10.33099/2304-2745/2020-2-69/143-149>. [in Ukrainian].
3. Bepalko, R., Hutsul, T., Kazimir, I., & Myronchuk, K. (2023). Modern Approaches to Assessing the Priority of Humanitarian Demining. *Technical Sciences and Technologies*, 1 (31), 146–157. DOI: [https://doi.org/10.25140/2411-5363-2023-1\(31\)-146-157](https://doi.org/10.25140/2411-5363-2023-1(31)-146-157) [in English].

4. Zadorozhnyi, V., Faifura, M., & Tsegelnyk, V. (2023). Vykylyky i potreby Ukrainy pid chas rozminuvannya terytorii, shcho postrazhdaly vid viiny u 2022 rotsi [Challenges and needs of Ukraine during demining of territories affected by the war in 2022]. *Molody vchenyi [Young Scientist]*, 1 (113), 10–13. DOI: <https://doi.org/10.32839/2304-5809/2023-1-113-3> [in Ukrainian].
5. Hutsul, T., Tkach, V., & Khobzei, M. (2023). Humanitarian demining: How can UAVs and Internet of Things help? *SIS-IOT*, 1 (2). DOI: <https://doi.org/10.31861/sisiot2023.2.02004> [in English].
6. Ustymenko, V., Rohozian, Y., Trehub, O., Liashenko, P., & Zablodska, D. (2023). Economic and legal dimension of humanitarian demining of Ukraine: problem and research prospects. *Amazonia Investiga*, 12 (65), 287–295. DOI: <https://doi.org/10.34069/AI/2023.65.05.27> [in English].
7. Hutsa, O., Yelchaninov, D., Yanushkevych, D., Tolkunov, I., Ivanov, L., Petrova, R., & Morozova, A. (2024). Conceptualization of Intelligent Control System for Humanitarian Demining Robotic Complexes Based on Verbal Methods. *Science and Innovation*, 20 (3), 82–95. DOI:10.15407/scine20.03.082 [in English].
8. Herasymchuk, L.O., Patseva, I.H., & Valerko, R.A. (2024). Humanitarne rozminuvannya Ukrainy [Humanitarian demining of Ukraine]. *Ahrarni innovatsiyi*, 24, 232–238. DOI: <https://doi.org/10.32848/ahrar.innov.2024.24.33>. [in Ukrainian].
9. Boyko, O., Haman, P., & Pavlov, S. (2025). Humanitarne rozminuvannya v ukrajini: derzhavna polityka ta derzhavne upravlinnya [Humanitarian aid in Ukraine: state policy and state administration]. *Derzhavne upravlinnya ta polityka*, 5(9). DOI: <https://doi.org/10.70651/3041-2498/2025.5.13> [in Ukrainian].
10. Valchenko, O., Stepanchuk, S., Strelec, V., Shevchenko, R., & Makarov, Y. (2025). Otsinka efektyvnosti pidgotovky do humanitarnoho rozminuvannya radiatsiyno-zabrudnenoyi mistsevosti iz zastosuvannam normatyviv [Evaluation of training effectiveness for humanitarian demining of radiation-contaminated areas with the application of standard]. *Komunal'ne hospodarstvo mist [Municipal Utilities]*, volume 1, issue 189, 410–415. DOI: <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2025-1-189-410-415> [in Ukrainian].
11. Blintsov, V. S., & Nadtochy, A. V. (2024). Humanitarne rozminuvannya milkovodnykh akvatori: tekhnolohiyi ta robototekhnichne zabezpechennya [Humanitarian demining of shallow water areas: technologies and robotic support]. *Shipbuilding marine infrastructure*, 1 (18), 1–10. DOI: [https://doi.org/10.15589/smi2024.1\(18\).01](https://doi.org/10.15589/smi2024.1(18).01) [in Ukrainian].
12. Camacho-Sanchez, C., Yie-Pinedo, R., & Galindo, G. (2023). Humanitarian demining for the clearance of landmine-affected areas. *Socio-Economic Planning Sciences*, № 88. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.seps.2023.101611> [in English].
13. Habib, M.K. (2008). Humanitarian Demining: the Problem, Difficulties, Priorities, Demining Technology and the Challenge for Robotics. 394 p. DOI: <https://doi.org/10.5772/5407> [in English].
14. Gunawardana, H., Tantrigoda, D., & Kumara, U. (2016). Humanitarian Demining and Sustainable Land Management in Post-Conflict Settings in Sri Lanka: Literature Review. *Journal of Management and Sustainability*, 6 (3), 79–90. DOI: <https://doi.org/10.5539/jms.v6n3p79> [in English].
15. Pro protyminnu dijalnist' v Ukraini (2018) Zakon Ukrainy vid 6 grudnya 2018 roku No 2642-VIII [About mine action in Ukraine]. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2642-19#Text> (accessed 20 November 2025).
16. Kulchytskyi, A., Vysikan, O., Stepaniuk, O., Kolendsian, P., & Babenko, V. (2024). Bezpilotni lital'ni aparaty: ponyattya i klasyfikatsiya pid chas provedennya sudovykh ekspertyz [Unmanned aerial vehicles: concept and classification during forensic examination]. *Criminalistics and Forensics*, 69, 337–349. DOI: <https://doi.org/10.33994/kndise.2024.69.32>. [in Ukrainian].
17. Ukrayins'kyy dron-rozminovuvach «Zmij» proyshov vyprovuvannya [Ukrainian drone-mine-clearing device «Zmij» has passed the test]. Retrieved from: <https://texty.org.ua/fragments/113395/ukrayinskyj-dron-rozminovuvach-zmij-projshov-vyprovuvannya-yak-vin-pracyuye-foto-video/>. [in Ukrainian].
18. Ukrayina otrymala vid Daniyi drony dlya rozminuvannya [Ukraine received drones for mine clearance from Denmark]. Retrieved from: <https://military.com/uk/news/ukrayina-otrymala-vid-daniyi-drony-dlya-rozminuvannya/> [in Ukrainian].
19. Heuschmid, D., Wacker, O., Zimmermann, Y., Penava, P., & Buettner, R. (2025). Advancements in Landmine Detection: Deep Learning-Based Analysis With Thermal Drones. *IEEE Access*, 13, 3572196. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2025.3572196> [in English].

Svoboda Eugenia

Candidate of Law, Associate Professor,
 Professor at the Department of Forensic Support and Forensic Examinations
 of the Educational and Scientific Forensic Institute
 (National Academy of Internal Affairs, Kyiv)
 ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8639-8333>

Vitalii Polishchuk

Senior Lecturer at the Department of Forensic Support and Forensic Examinations
 of the Educational and Scientific Forensic Institute
 (National Academy of Internal Affairs, Kyiv)
 ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-1632-0387>

EMERGING TECHNOLOGIES IN HUMANITARIAN DEMINING: UNMANNED SYSTEMS AND THEIR APPLICATION IN UKRAINE

This article provides an in-depth examination of innovative technologies deployed in humanitarian demining in Ukraine under conditions of large-scale mine contamination resulting from the full-scale armed aggression of the Russian Federation. The study outlines the significance of modern technological solutions in addressing the unprecedented

extent of explosive ordnance contamination, which affects agricultural areas, urban zones, forests, and water bodies. Attention is focused on the structural challenges of mine action, including the diversity of explosive devices, the absence of reliable minefield mapping, the operational limitations of manual clearance, and the shortage of qualified personnel and specialized equipment. Particular emphasis is placed on the rapid development and integration of unmanned systems—airborne, ground, and underwater—equipped with multisensor platforms such as magnetometers, thermal imagers, high-resolution optical cameras, and artificial intelligence algorithms for automated identification of explosive remnants of war. The article reviews key Ukrainian technological developments, including the “Zmiy” aerial demining drone, the multifunctional ground robot Bufalo, and AI-driven systems for digital mapping of hazardous zones. It also examines international technological contributions, such as remotely operated underwater vehicles, hybrid robotic demining platforms, and sensor-integrated systems used for large-area surveys. These technologies significantly accelerate data collection, improve accuracy in risk assessment, reduce direct exposure of personnel to danger, and enhance the overall efficiency of mine-clearance operations. The study concludes that the strategic combination of technological innovation, international assistance, and institutional modernization of Ukraine’s national mine-action framework is essential for restoring safe living conditions, enabling the return of contaminated land to economic circulation, and supporting long-term post-war recovery.

Key words: humanitarian demining, unmanned systems, artificial intelligence, multisensor technologies, explosive ordnance detection, Ukraine.



Дата першого надходження статті до видання: 28.11.2025
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 23.12.2025
Дата публікації (оприлюднення) статті: 31.12.2025