

1. Дані моніторингу в реальному часі допомагають мінімізувати ризики для населення [6]. У випадку аварії на критичному підприємстві саме сенсори перші «помітять» наявність шкідливих речовин в повітрі. І це дозволить вчасно попередити населення про загрозу [7].

2. Дані моніторингу допомагають розраховувати збитки держави спричинені атаками на інфраструктуру та підприємства. Ці втрати, після війни можна буде стягнути з країни-агресора.

3. Нині додалися нові виклики - імовірність хімічного чи радіаційного забруднення. Тож завдяки станціям моніторингу, можна відслідковувати можливе застосування хімічної чи ядерної зброї.

Бібліографічний список:

1. Сайт державної установи (Латвія): <https://gmsd.riga.lv/main.php> (дата звернення: 02.05.2024)
2. Сайт державної установи (Латвія): <https://www.rigaairtext.lv/> (дата звернення: 03.05.2024)
3. Сайт державної науково-дослідницької установи (Латвія): <https://videscentrs.lv/gmc.lv/> (дата звернення: 03.05.2024)
4. Сайт компанії: <https://www.getambee.com/blogs/how-new-technologies-are-revolutionizing-the-way-we-measure-pm2-5> (дата звернення: 07.05.2024)
5. Сайт компанії: <https://www.aeronomie.be/en/encyclopedia/doas-method-used-measurement-atmospheric-gases> (дата звернення: 07.05.2024)
6. Сайт Верховної Ради України: <https://www.rada.gov.ua/> (дата звернення: 08.05.2024)
7. Артемов В., Бахчеван Е., Бочко О. Циркулярна економіка - виклик сучасності. *Економіка та суспільство*, (58). Одеса, 2023. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-58-17> (дата звернення: 08.05.2024)

МИХАЙЛЮК ВІКТОР, професор кафедри геодезії, землеустрою та земельного кадастру

Одеський державний аграрний університет, м. Одеса, Україна

ОСОБЛИВОСТІ РОЗПОДІЛУ ОРГАНІЧНОЇ РЕЧОВИНИ І ЕЛЕМЕНТІВ ЖИВЛЕННЯ ПРИ БОМБОВІЙ ЕРОЗІЇ ҐРУНТІВ

Ґрунти, які є ключовим середовищем наземних екосистем, зазнають суттєвої деградації у результаті бойових дій. За підрахунками Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України, завдані війною збитки через засмічення і забруднення ґрунтів становлять на кінець травня 2024 року 1,08 трлн гривень [1].

Одним із найсуттєвішим факторів деградації ґрунту є його ураження під час вибухів боєприпасів. Вибух міни чи снаряду, як фізико-хімічний процес, є раптовою реакцією, яка супроводжується значним виділенням енергії, вивільненням в навколишнє середовище великої кількості газу та твердих речовин. Згубна дія вибуху залежить від різних факторів, включаючи тип і потужність вибухового пристрою, глибину проникнення снаряду, склад ґрунту тощо. Основними негативними наслідками вибухів є:

- фізичні руйнування через великий тиск і ударні хвилі, які руйнують структуру ґрунту, ущільнюють ґрунтову масу, спричиняють викид ґрунту з утворенням кратерів і ям [2];
- зміна фізичних і хімічних властивостей, а також біологічної активності ґрунтів [2, 3];
- забруднення ґрунтів через вивільнення токсичних речовин [4, 5];
- засмічення ґрунтів потенційно небезпечними елементами [6].

Порушення ґрунту в результаті вибуху бойових засобів був названий бомботурбацією, яка

порушує ландшафт, оскільки зміщує горизонти ґрунту і призводить до значної трансформації рельєфу [7]. Однак наші дослідження виявили, що перемішування ґрунту є другорядним наслідком вибухів; основним є вибухове зрізання ґрунту з утворенням вирв та відповідного кавернозного рельєфу з переміщенням і розсіюванням ґрунтової маси.

Матеріали і методи дослідження. Ці тези доповіді включають матеріали опублікованої автором статті: «Вплив воєнних дій на вміст органічної речовини і елементів живлення в ґрунтах півдня України». Вісник ОНУ. Географічні та геологічні науки. 2024. 29(1(44)).

Польовий етап досліджень проведений у серпні 2023 року на правобережній частині Херсонської області поблизу села Правдине. Досліджені локації - вирви від розриву артилерійських снарядів калібру 122 чи 152 мм та протитанкових (ТМ-62) мін, що утворилися під час бойових дій в осінній період 2022 року (локація 8) і розмінування території шляхом підризу мін (локації 1, 3) у літній період 2023 року (табл. 1).

Зазначена територія знаходиться в межах сухостепової підзони темно-каштанових ґрунтів. Ці ґрунти є найпоширенішими у Херсонській області, де займають 31,6% від всієї площі орних земель [8]. Дослідження проведені також в межах гідроморфних ландшафтів – сухій балці Білозерка із каштаново-лучними ґрунтами (локація 3).

Зразки ґрунту в окремих місцях підризу міни чи артилерійського снаряду відбиралися в центрі вирви, а також на відстані 1 м, 2 м і 3,5 м від центру вирви. У зв'язку із великим діаметром однієї з вирв (локація 3), відбір у її межах здійснювався на відстані 1 м, 2 м і 5-5,5 м від центру. При цьому в центрі кожної вирви відбирався одиничний зразок із шару ґрунту 0-15 см, а інші зразки, що відбиралися в шарі 0-15, 15-30 і 30-45 см, складалися із 6-8 одиничних зразків; вони відбиралися по колу на відповідній відстані. Загалом у кожній вирві і навколо неї відбиралися 1 одиничний і 9 змішаних зразків. Окремо відбиралися зразки ґрунту на контрольних ділянках (1К-7К), що не зазнали впливу бойових засобів.

Вміст органічної речовини визначали відповідно ДСТУ 4289:2004, рухомих сполук фосфору і калію - за модифікованим методом Мачигіна (ДСТУ 4114-2002), нітрифікаційну здатність ґрунту - методом Кравкова (ДСТУ 7538:2014).

Таблиця 1

Характеристика локацій відбору зразків ґрунту

№ локації	UTM*: пн.ш. (N) сх.д. (E)	Розміри вирви (діаметр × глибина, м); вид боєприпасу; строк і місце відбору зразків	Назва ґрунту (шифр агрогруппи ґрунтів)	Характеристика території дослідження
1	46°44'38,41" 32°11'59,59"	2,5×0,35; ТМ-62; біля 1-2 місяців після підризу	Темно-каштановий залишково-солонцюватий важкосуглинковий ґрунт (107е)	Рівне слабостічне плато; необроблені поля (перелоги) в межах не функціонуючої зрошувальної системи
1К	46°44'36,99" 32°11'59,48"	Контрольна ділянка для локації 1		
8	46°45'03,13" 32°12'42,43"	3,5×1,1; артилерійський снаряд, калібру 122 чи 156 мм; біля 10 місяців після вибуху		
7-9К	46°45'04,34" 32°12'40,81"	Контрольна ділянка для локацій 7, 8, 9	Каштаново-лучний малогумусний важкосуглинковий (134е)	Днище U-подібної балки Білозерка; рілля, земельна ділянка після оранки
3	46°42'54,45" 32°24'27,30"	7×2; ТМ-62; біля 1-2 місяців після підризу		
3К	46°42'53,17" 32°24'25,80"	Контрольна ділянки для локації 3		

*координати місць відбору зразків ґрунту визначені в програмі Google Earth

Результати досліджень та їхній аналіз. Вміст органічної речовини у досліджуваних орних ґрунтах є типовим для території обстеження. Темно-каштанові важкосуглинкові ґрунти у поверхневому шарі містять 2,9-3,3 % органічної речовини, каштаново-лучні важкосуглинкові – 3,7-4,0 %.

У результаті підриву протитанкових мін і артилерійських снарядів формуються кратери, в яких відкривають глибші, менш гумусовані горизонти ґрунту. При цьому вміст органічної речовини на певній глибині по стінці кратера відповідає в цілому вмісту органічної речовини на цій же глибині природного профілю ґрунту (рис. 1). Дрібнозем з поверхневих горизонтів міститься на стінках кратера, у невисокому і з малим об'ємом ґрунтового матеріалу кільцевому валу, а також на певній відстані від кратера. Але видимий обсяг цього матеріалу зазвичай менший за об'єм вирви. Тобто, вміст органічної речовини, її розподіл у вирві і навколо неї пов'язані переважно із вибуховим зрізанням верхніх горизонтів ґрунту та вибуховим розкиданням дрібнозему далеко за межі вирви і, лише частково, із осипанням і перемішуванням ґрунту в вирві.

Вибухове зрізання ґрунту з утворенням відповідного кавернозного рельєфу з переміщенням і розсіюванням ґрунтової маси доцільно називати бомбовою ерозією ґрунту.

Найвиразніша бомбова ерозія виявлена при обстеженні відносно більш вологих і слабоущільнених каштаново-лучних ґрунтів на локації 3, де одночасний підрив декількох протитанкових мін ТМ-62 спричинило відслонення горизонтів, що містять органічної речовини на 2% менше, ніж у поверхневих горизонтах непорушеного ґрунту за межами вирви (на відстані 1,5-2 м від краю вирви і на контрольній ділянці). У меншій вирві, діаметром 2,5 м і глибиною 0,35 м, утвореній при підриві протитанкової міни ТМ-62 на сухій і твердій поверхні темно-каштанового ґрунту у липні 2023 року (локація 1), відслонюються горизонти із вмістом органічної речовини 2,2-2,3%, що на 0,8-1% менше порівняно з контрольною ділянкою.

Підрив артилерійських снарядів з утворенням середніх за розміром вирв (локація 8) створило умови для більш хаотичного перерозподілу ґрунтового матеріалу. Але, так само, у вирвах відслонюються менш гумусовані горизонти; у вирві № 8 поверхнева ґрунтова маса містить 1,7%, дрібнозем по краю вирви з незначною кількістю викинутого матеріалу – 2,6%, контрольні ділянки - 2,7-2,9% органічної речовини.

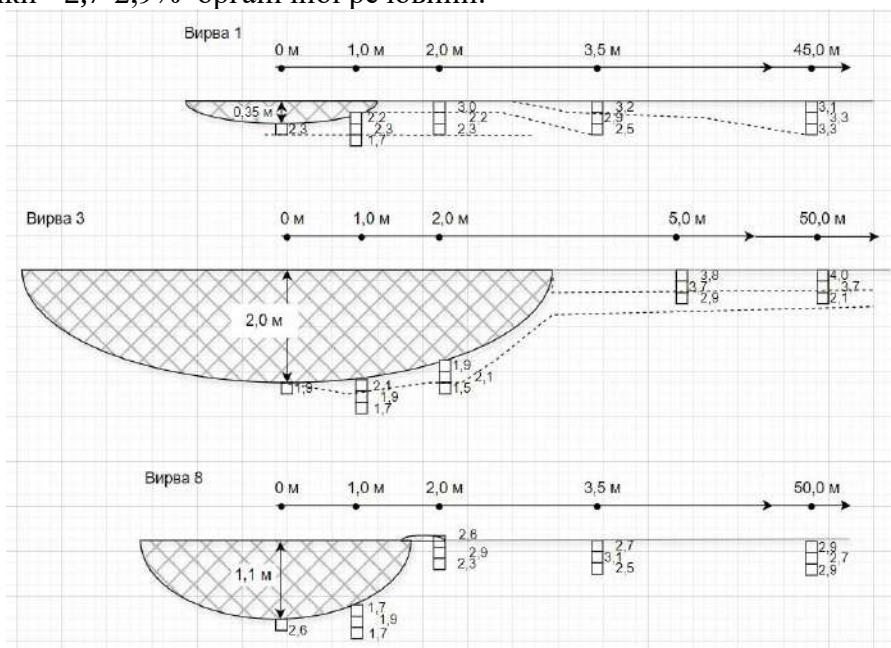


Рис. 1. Вміст органічної речовини (%) в центрі вирви і на відповідній відстані від центру в шарі ґрунту 0-15, 15-30, 30-45 см

Є виразні ознаки впливу бойових засобів на вміст рухомого фосфору у ґрунтах; його вміст зменшується по усіх шарах ґрунту у межах вирв, утворених підривом протитанкових мін і артилерійських снарядів. Так само, у вирвах відкриваються більш глибокі ґрунтові горизонти. Осипання і перемішування ґрунтової маси спостерігається, особливо у великих кратерах із пухким складенням ґрунту (локація 3 із каштаново-лучними ґрунтами), але в усіх досліджуваних вирвах дрібнозем у поверхневих шарах і кільцевому валі містить меншу кількість рухомого фосфору (рис. 2).

Подібна закономірність спостерігається також щодо вмісту обмінного калію у ґрунтах, що зазнали бомбової ерозії. Вміст калію виразно зменшується у великих вирвах у зв'язку із значним викиданням ґрунтового матеріалу.

Певні закономірності є також щодо нітрифікаційної здатності ґрунтів, яка залежить від якісного та кількісного складу ґрунтової біоти, кількості органічної речовини, реакції ґрунтового середовища і характеризує, таким чином, потенційну біологічну активність ґрунту.

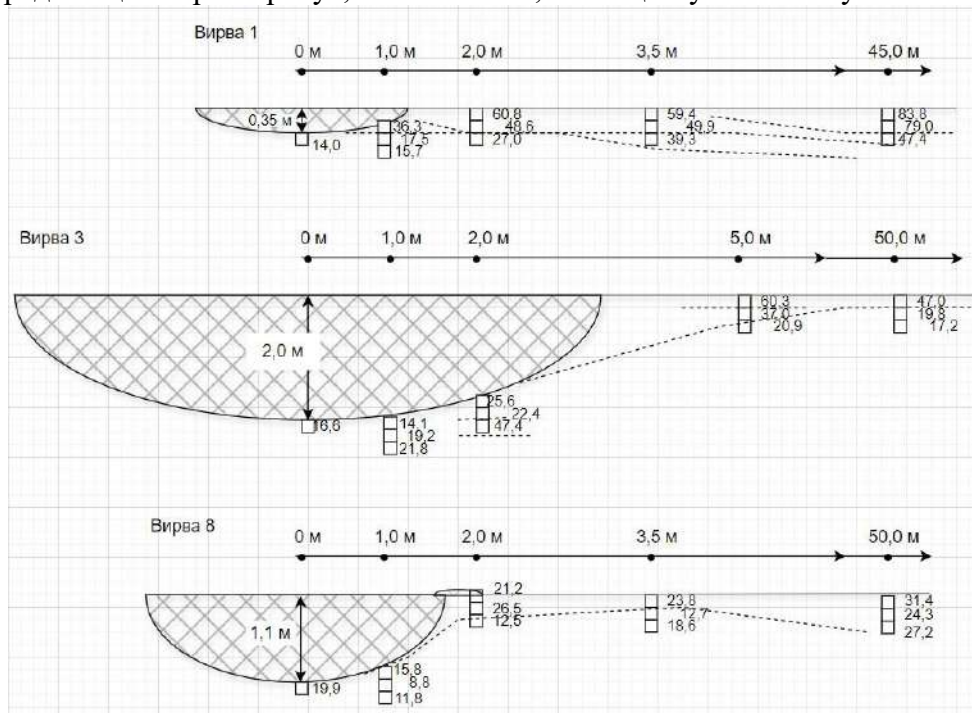


Рис. 2. Вміст рухомого фосфору (мг/кг ґрунту) в центрі вирви і на відповідній відстані від центру в шарі ґрунту 0-15, 15-30, 30-45 см

У досліджуваних ґрунтах контрольних ділянок нітрифікаційна здатність виразно відображає ґрунтові умови. У короткопрофільних каштанових ґрунтах вона закономірно змінюється вниз по профілю від підвищеної-високої до низької. У каштаново-лучних ґрунтах гідроморфних ландшафтів (локація 3) такої закономірності немає; більш того, в їхніх нижніх горизонтах нітрифікаційна здатність часто вища, ніж у поверхневих.

Бомбова ерозія ґрунтів та трансформація їхніх фізичних, хімічних та фізико-хімічних властивостей змінюють біологічну активність ґрунтів. На фоні видимої неоднорідності цієї ознаки за межами вирв, нітрифікаційна здатність виразно менша у ґрунтових зразках, відібраних у межах усіх вирв, у тому числі в поверхневих горизонтах з ознаками осипання і перемішування ґрунтової маси, а також у викинутому ґрунтовому матеріалі кільцевого валу вирв (рис. 3).

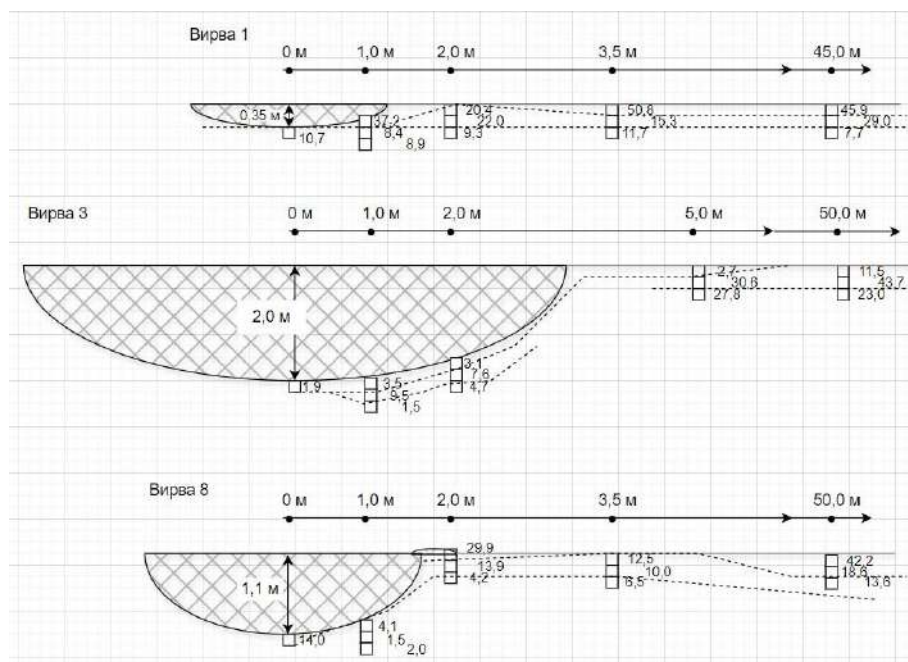


Рис. 3. Нітрифікаційна здатність ґрунту ($N-NO_3$, мг/кг ґрунту) в центрі вирви і на відповідній відстані від центру в шарі ґрунту 0-15, 15-30, 30-45 см

Висновки. Підриви протитанкових мін при розмінуванні території, а також артилерійських снарядів під час бойових дій спричиняють утворення вирв з вибуховим зрізанням верхніх горизонтів ґрунту і розкиданням та розсіюванням ґрунту далеко за межі вирви. У вирвах відслонюються більш глибокі ґрунтові горизонти із меншим вмістом органічної речовини при незначному перемішуванні ґрунтової маси через зсуви і осипання ґрунту в вирві. Також у межах вирв ґрунтова маса містить меншу кількість рухомого фосфору і обмінного калію. Виразно зменшується нітрифікаційна здатність ґрунтової маси вирв. Таке явище (деструктивний процес) доцільно характеризувати як бомбова ерозія ґрунту – вибухове зрізання ґрунту з утворенням відповідного кавернозного рельєфу з переміщенням і розсіюванням ґрунтової маси.

Особливості прояву бомбової ерозії ґрунту залежать від типу бойового засобу і властивостей самого ґрунту; при розмінуванні території способом підриву мін найменше пошкоджуються сухі ґрунти в літній період, що мають більшу щільність і твердість.

Бібліографічний список:

1. Офіційний ресурс Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України. URL : <https://ecoagroza.gov.ua/damage/shove> (дата звернення: 28.05.2024).
2. Certini, Giacomo & Scalenghe, Riccardo & Woods, William. The impact of warfare on the soil environment. *Earth-Science Reviews*, 2013. 127. 1-15. URL : <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2013.08.009> (дата звернення: 18.05.2024)
3. Балюк С. А., Кучер А. В., Солоха М. О., Соловей В. Б. Оцінювання впливу збройної агресії РФ на ґрунтовий покрив України. *Український географічний журнал*. 2024. № 1. С. 7-18. URL : <https://doi.org/10.15407/ugz2024.01.007> (дата звернення: 09.05.2024)
4. Gębka, K., Bełdowski, J. & Bełdowska, M. The impact of military activities on the concentration of mercury in soils of military training grounds and marine sediments. *Environmental Science and Pollution Research* 23 , 23103–23113 (2016). URL : <https://doi.org/10.1007/s11356-016-7436-0> (дата звернення: 09.05.2024)
5. Вплив війни Росії проти України на стан українських ґрунтів. Результати аналізу / О. Голубцов, Л. Сорокіна, А. Сплодитель, С. Чумаченко. Київ: ГО “Центр екологічних ініціатив

«Екодія», 2023. 32 с. URL : <https://ecoaction.org.ua/wp-content/uploads/2023/03/zabrudnennia-zemel-vid-rosii-summary.pdf> (дата звернення: 18.05.2024)

6. Broomandi P, et al. Soil contamination in areas impacted by military activities: a critical review. Sustainability 2020;12 (21):9002. URL: <https://doi.org/10.3390/su12219002> (дата звернення: 08.05.2024)

7. Hupy, Joseph & Schaetzl, Randall. Introducing "Bombturbation," A Singular Type of Soil Disturbance and Mixing. Soil Science, 2006. 171. 823-836. URL : <https://doi.org/10.1097/01.ss.0000228053.08087.19> (дата звернення: 08.05.2024)

8. Заїченко А.А., Шукайло С.П., Рибін Р.М. Агрохімічний стан ґрунтів Херсонської області. Зрошуване землеробство. Збірник наукових праць. 2014. Вип. 61. С. 120-122. URL : <http://www.izpr.ks.ua/archive/2014/61/43.pdf> (дата звернення: 19.05.2024)

БЕСПАЛЬКО Руслан, директор ННІ біології, хімії та біоресурсів, професор, д.т.н., професор

КАЗІМІР Іван, завідувач кафедри геоматики, землеустрою та агроменеджменту, к.б.н., доцент

ГУЦУЛ Тарас, доцент кафедри геоматики, землеустрою та агроменеджменту, к.т.н., доцент

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, м. Чернівці, Україна

ПРОБЛЕМИ ОЦІНКИ ПОШКОДЖЕНЬ ҐРУНТОВОГО ПОКРИВУ ТЕРИТОРІЙ ГРОМАД ЗАСОБАМИ ГІС ТА ДЗЗ

Створення територіальних громад під час реформи децентралізації в Україні передбачало досягнення їх спроможності у найближчому майбутньому. Під спроможністю розумілася наявність певної ресурсної бази, яка б дозволяла органам місцевого самоврядування забезпечити якісне та своєчасне виконання власних та делегованих державою повноважень. Відповідно до Методики формування спроможних громад [1], один з п'яти критеріїв попередньої оцінки рівня спроможності включає площу території громади.

В Україні середній показник площі громади на 25 жовтня 2020 р. становив 385 км² [2]. Практично у всіх постраждалих від бойових дій областях цей показник значно вищий (Донецька – 380,77 км²; Запорізька – 405,67 км²; Київська – 396,68 км²; Луганська – 709,27 км²; Миколаївська – 455,90 км²; Сумська – 462,44 км²; Чернігівська – 559,00 км²; Херсонська – 559,12 км²).

В структурі земельного фонду майже усіх громад України переважають землі сільськогосподарського призначення, частка яких становить близько 70%. Українські ґрунти відзначаються високим рівнем родючості, що закономірно обумовлює розвиток аграрного виробництва на них та протягом останніх 15 років робить цю продукцію одним із ключових експортних елементів. Найродючіші ґрунти в Україні розташовано в південній та центральній частині. Основним фактором впливу війни на український агросектор стало скорочення посівних площ (на 20% порівняно з 2021 р.). Продовження бойових дій та забруднення вже ≈ 40% території [3] мінами та вибухонебезпечними пережитками війни значно ускладнюють можливості повоєнного відновлення територій громад.

Забруднені та порушені землі відповідно до Закону «Про охорону земель» підпадають під визначення деградованих земель. Деградація ґрунтів призводить до економічних та екологічних втрат. Найбільші ризики у пошкодженні земель представники громад вбачають у втраті заробітку та можливості проживати в громаді, в той час як найменше громад турбує