

Анатолій В. Кучер*

ОЦІНКА ВПЛИВУ БОЙОВИХ ДІЙ НА ҐРУНТИ ТА ЗАХОДИ З ВІДНОВЛЕННЯ ЇХНЬОЇ РОДЮЧОСТІ

У статті представлено результати оцінювання впливу бойових дій, спричинених російською збройною агресією, на чорноземні ґрунти та основні заходи з відновлення їхньої родючості.

Сформовано бібліометричний ландшафт оцінювання впливу бойових дій на ґрунти з використанням дистанційних методів. Здійснений бібліометричний аналіз даних із бази Scopus за допомогою програми VOSviewer дав змогу побудувати бібліометричну карту найуживаніших термінів у публікаціях про оцінювання мілітарного впливу на ґрунти з використанням дистанційного зондування у світі, яка включає 34 ключових слова, що використано не менше трьох разів, об'єднаних у чотири кластери.

Розкрито основні результати дослідження за проєктом «Оцінювання впливу збройної агресії на стан чорноземів і розроблення заходів для прискореного відновлення родючості ґрунтів у контексті забезпечення продовольчої безпеки» (2022.01/0031) у рамках грантової підтримки Національного фонду досліджень України у межах конкурсу «Наука для відбудови України у воєнний та повоєнний періоди».

Реалізація основних завдань проєкту дозволила здобути такі результати: розроблена та апробована методологію оцінювання впливу бойових дій на чорноземні ґрунти; якісний стан чорноземних ґрунтів до початку збройної агресії і дистанційна оцінка впливу бойових дій; оцінка впливу бойових дій на якісний стан чорноземних ґрунтів, рослин і води на основі польового обстеження; економічна оцінка шкоди й збитки, завданих ґрунтам унаслідок збройної агресії; концептуальні засади та програма прискореного відновлення родючості та здоров'я чорноземних ґрунтів досліджуваної громади; пілотний проєкт першої української «живої» ґрунтової лабораторії на базі Чкаловської громади. Емпіричні результати оцінювання впливу бойових дій на ґрунти показано на прикладі впливу важкої техніки – самохідної артилерійської установки (САУ).

Результати оцінки фактичного стану ґрунтів і земель після деокупації та розмінування є основою для ухвалення громадами та аграрними підприємствами управлінських рішень щодо перспектив подальшого використання відповідних земельних ділянок з урахуванням необхідності й доцільності реалізації заходів післявоєнного відновлення родючості та здоров'я ґрунтів.

Ключові слова: мілітарна деградація ґрунтів, родючість ґрунтів, російсько-українська війна, воєнні конфлікти, післявоєнне відновлення родючості ґрунтів, здоров'я ґрунтів, продовольча безпека, екологічна безпека.

Рис. 3. Табл. 2. Літ. 22.

DOI: 10.32752/1993-6788-2024-1-280-220-233

Anatolii Kucher

ASSESSMENT OF THE IMPACT OF HOSTILITIES ON SOILS AND MEASURES TO RESTORE THEIR FERTILITY

The article presents the results of an assessment of the impact of hostilities caused by russian armed aggression on chernozem soils (black soils) and the main measures to restore their fertility.

The bibliometric landscape of assessing the impact of hostilities on soils using remote methods has been formed. The bibliometric analysis of data from the Scopus database using the VOSviewer

¹ National Scientific Center "Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O. N. Sokolovsky", Lviv Polytechnic National University, Ukraine.

software made it possible to build a bibliometric map of the most commonly used terms in publications on assessing the military impact on soils using remote sensing in the world, which includes 34 keywords used at least three times, grouped into four clusters.

The main results of the research under the project “Assessment of the impact of armed aggression on the state of black soil and development of measures to accelerate the restoration of soil fertility in the context of food security” (2022.01/0031) within the framework of grant support from the National Research Foundation of Ukraine within the framework of the competition “Science for the reconstruction of Ukraine in the war and post-war periods” are disclosed.

The implementation of the project’s main objectives allowed to obtain the following results: developed and tested methodology for assessing the impact of hostilities on black soils; the qualitative state of black soils before the start of armed aggression and remote assessment of the impact of hostilities; assessment of the impact of hostilities on the qualitative state of black soils, plants and water based on a field survey; economic assessment of the damage and losses caused to soils as a result of armed aggression; conceptual framework and programme for accelerated restoration of fertility and health of black soils in the community under study; pilot project of the first Ukrainian “living” soil laboratory based in the Chkalovsk community. The empirical results of the assessment of the impact of hostilities on soils are shown on the example of the impact of heavy equipment – self-propelled artillery systems (SAP).

The results of the assessment of the actual state of soils and land after de-occupation and demining are the basis for communities and agricultural enterprises to make management decisions on the prospects for further use of the relevant land plots, taking into account the need and feasibility of implementing post-war soil fertility and health restoration measures.

Keywords: military soil degradation, soil fertility, russian-Ukrainian war, military conflicts, post-war restoration of soil fertility, soil health, food security, environmental security.

Peer-reviewed, approved and placed: 11.10.2024.

Постановка проблеми. Проблема охорони ґрунтів і відтворення їхньої родючості належить до числа тих, яку вирішують на різних рівнях управління: від глобального до локального. У 2024-му році Всесвітній день ґрунту (World Soil Day 2024) та його кампанія «Турбота про ґрунти: вимірювання, моніторинг, управління» («Caring for Soils: Measure, Monitor, Manage») мають на меті поліпшити обізнаність про вирішальну роль ґрунтів для продовольчої безпеки, захисту клімату та сталого розвитку. Міжнародна кампанія цього року підкреслює важливість точних даних та інформації про ґрунти для кращого розуміння властивостей ґрунту та ухвалення обґрунтованих рішень щодо сталого управління ґрунтами для продовольчої безпеки.

Україна належить до числа тих країн, які мають унікальний ґрунтовий покрив – більше 60 % її площі зайнято чорноземними ґрунтами, які характеризуються високим потенціалом родючості порівняно з іншими ґрунтами. Тривала повномасштабна війна, яку РФ неспровоковано розв’язала проти України, зумовила й продовжує спричиняти негативний вплив на ґрунти на значних площах у зоні бойових дій. Під впливом воєнних дій перебуває більше 15 млн га земель, де поширені процеси деградації ґрунтів, руйнації ґрунтового покриву. Постраждали майже всі типи ґрунтів, при цьому найбільш постраждалий тип ґрунтів – чорноземи. У зоні бойових дій у різний час опинилося понад 5 млн га чорноземів, що зумовило їх мілітарну деградацію різної інтенсивності та спрямованості – фізичну, фізико-хімічну, механічну, хімічну, біологічну [1–4]. Започатковані вченими Національного

наукового центру «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського» фундаментальні дослідження щодо оцінки впливу бойових дій на ґрунтовий покрив і земельні ресурси України [1–8] свідчать про те, що турбота про ґрунти в умовах війни вимагає удосконалення системи вимірювання, моніторингу й управління ними з урахуванням воєнних викликів і післявоєнної відбудови.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Оцінку впливу бойових дій на ґрунти може бути здійснено за допомогою дистанційних і/або контактних методів (польовий, лабораторний). У цьому дослідженні проаналізовано публікації щодо вказаної оцінки за допомогою дистанційних методів. Огляд літератури щодо оцінювання мілітарного впливу на ґрунти з використанням дистанційного зондування у світі здійснено на основі даних бази Scopus. Результати комбінованого пошуку показали, що загалом за 1995–2023 рр. у Scopus станом на 30.07.2024 р. проіндексовано 53 опублікованих документи, що містять терміни «remote sensing», «soil» і «war» у назві, анотації та/або ключових словах (TITLE-ABS-KEY). При цьому 56,6 % (30 документів) опубліковано протягом останніх 5 років (2019–2023 рр.). Не зважаючи на певне збільшення в останні роки кількості публікацій у світі щодо оцінювання мілітарного впливу на ґрунти з використанням дистанційного зондування, рівень публікаційної активності за цим напрямом низький. Учені зі США (15 робіт або 28,3 % від загального обсягу), Кувейту (8 робіт або 15,1 %) та України (5 робіт або 9,4 %) мали найбільшу кількість проіндексованих публікацій в аналізованій базі даних. Аналіз у розрізі організацій світу за кількістю проіндексованих у Scopus публікацій, які містять у назві, анотації та/або ключових словах терміни «remote sensing», «soil» і «war» свідчить, що представники п'ятох наукових організацій опублікували 17 робіт (32,1 % від загального обсягу). Лідером у дослідженні аналізованої проблеми, згідно з базою Scopus, є Kuwait Institute for Scientific Research (Kuwait), що має п'ять опублікованих робіт.

Установлено, що близько двох третин (64,2 %) робіт опубліковано у формі статей; 17,0 % – конференційні матеріали; 15,0 % – книги та розділи книг, решта – огляди. Питання оцінювання мілітарного впливу на ґрунти з використанням дистанційного зондування досліджують із позиції різних наук. Найбільше документів опубліковано за профілем наук про довкілля (23,2 %), наук про землю (17,9 %), аграрних і біологічних наук (13,7 %), дещо менше – у сфері соціальних наук (12,6 %) та інженерії (7,4 %). У цілому на вказані науки припадало 74,8 % від загальної кількості публікацій у світі. До числа лідерів рейтингу за кількістю публікацій із досліджуваного питання належать такі вчені: М. М. Abdullah, R. Albright, A.Y. Kwarteng, вони мають по три проіндексовані роботи.

Бібліометричний аналіз щодо оцінювання мілітарного впливу на ґрунти з використанням дистанційного зондування виконано на основі обробки метаданих 53 документів за допомогою програми VOSviewer (рис. 1).

Побудована бібліометрична карта найуживаніших термінів (критерієм обрано використання терміну не менше трьох разів) у сформованій вибірці публікацій включає 34 ключових слова, що об'єднані у чотири тематичні кластери.

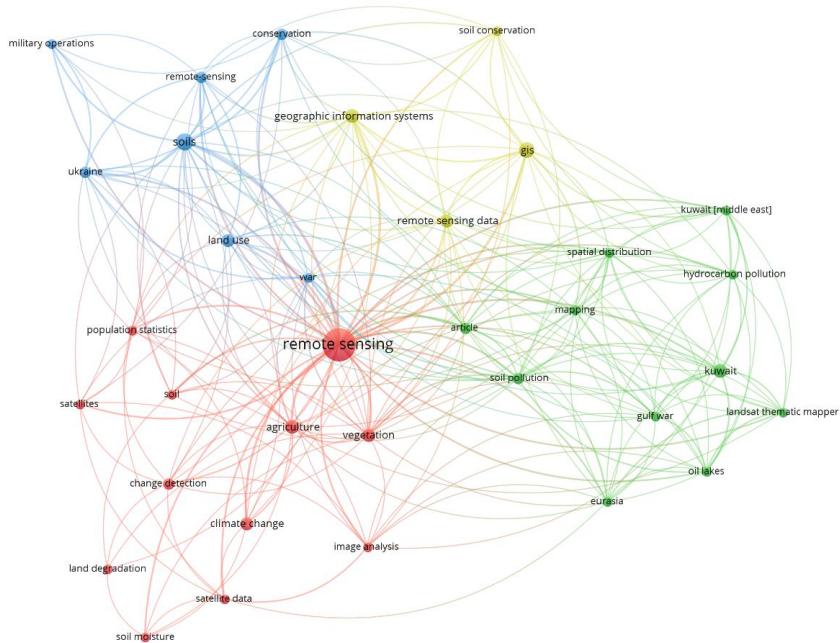


Рис. 1. Бібліометрична карта найуживаніших термінів у публікаціях про оцінювання мілітарного впливу на ґрунти з використанням дистанційного зондування у світі, 1995–2023 рр., розроблено на основі бази Scopus із використанням програми VOSviewer

Червоний кластер об'єднує 12 слів, серед яких найчастіше згадувалися: дистанційне зондування, сільське господарство, зміни клімату, деградація земель. Зелений кластер об'єднує 11 слів, серед яких найчастіше згадувалися: картографування, просторовий розподіл, забруднення ґрунтів. Блакитний кластер об'єднує 7 слів, серед яких найчастіше згадувалися: ґрунти, землекористування, картографування, дистанційне зондування, війна. Найменшим за кількістю термінів є жовтий кластер, який включає 4 фрази, зокрема геоінформаційні системи, дані дистанційного зондування, збереження ґрунтів. У результаті контекстного аналізу встановлено, що лише незначна кількість із наявних публікацій безпосередньо чи опосередковано стосуються певних аспектів оцінювання мілітарного впливу, спричиненого російсько-українською війною, на ґрунти з використанням дистанційного зондування [9–14].

Серед публікацій, присвячених питанню оцінювання впливу російсько-української війни на ґрунти, слід також відзначити роботи таких дослідників: D. Dent та ін. [15], Y. Dmytruk та ін. [16], A. Nasibov та ін. [17], V. Shebanin та ін. [18]. Питання зміни властивостей чорноземних ґрунтів під час управління ними, а також стратегічні підходи до відновлення їх родючості розкрито в роботі Baliuk та ін. [19]. Однак поза увагою вчених залишилося питання про системне й цілісне оцінювання впливу бойових дій на ґрунти. Ця робота є

логічним продовженням попередніх наших публікацій [1–7; 20] із порушеної проблематики.

Мета дослідження. Мета цієї статті полягає у висвітленні результатів дослідження щодо оцінювання впливу бойових дій, спричинених російською збройною агресією, на чорноземні ґрунти та основних заходів із відновлення їхньої родючості.

Основні результати дослідження. Протягом 2023–2024 рр. міждисциплінарна команда дослідників Національного наукового центру «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського» виконала дослідження «Оцінювання впливу збройної агресії на стан чорноземів і розроблення заходів для прискореного відновлення родючості ґрунтів у контексті забезпечення продовольчої безпеки» (2022.01/0031) у рамках грантової підтримки Національного фонду досліджень України у межах конкурсу «Наука для відбудови України у воєнний та повоєнний періоди». Метою і головним результатом проєкту є оцінювання впливу збройної агресії і воєнних дій на якісний стан чорноземів і розроблення наукового, інформаційного й технологічного супроводу прискореної реабілітації родючості та здоров'я ґрунтів для економічно ефективного й екологічно безпечного аграрного виробництва та вирішення питань продовольчої безпеки на прикладі Чкаловської селищної об'єднаної територіальної громади Чугуївського району Харківської області (рис. 2), як пілотного проєкту з ревіталізації земельного фонду України.

Реалізація основних завдань проєкту дозволили отримати такі результати:

1) розроблено методичні засади ідентифікації й оцінювання масштабів воєнної (мілітарної) деградації чорноземів і зниження їх продуктивної здатності;

2) оцінено вплив збройної агресії на якісний стан чорноземів, у т.ч. зрощуваних, на прикладі пілотної території на підставі моніторингу та даних дистанційного зондування Землі;

3) проведено польове обстеження й цифрове картографування земель громади для визначення шкодочинності бойових дій і різних видів воєнних впливів;

4) оцінено ступінь і масштаби деградації чорноземів унаслідок бойових дій;

5) оцінено шкоду й збитки, завдані ґрунтам унаслідок збройної агресії, оцінено ступінь порушення через бойові дії керівних принципів ФАО зі сталого управління ґрунтом;

6) розроблено заходи щодо прискореного відновлення родючості чорноземів і передано результати представникам громади для впровадження;

7) започатковано створення на землях громади пілотного проєкту першої української Living lab («жива» ґрунтова лабораторія) для відпрацювання й поширення досвіду впровадження технологій післявоєнної реабілітації ґрунтів.

У структурному плані результати щодо оцінювання впливу бойових дій на чорноземні ґрунти та основні заходи з відновлення їхньої родючості можна згрупувати в п'ять взаємопов'язаних змістових компонентів, які з позиції управління можна розглядати як певні етапи сталого управління ґрунтами та їх сталого післявоєнного відновлення (рис. 3).



Рис. 2. Розташування Чкаловської селищної територіальної громади та карта-версія впливу бойових дій на ґрунти цієї громади, укладено на основі джерел [21, 22]

На першому етапі на основі узагальнених даних еколого-агрохімічної паспортизації, ґрунтових обстежень, моніторингу ґрунтів, зокрема даних агроекологічного моніторингу, а також експериментальних досліджень ННЦ «ІГА мені О. Н. Соколовського» довоєнних років установлено, що ґрунти Чкаловської селищної територіальної громади за довоєнними даними характеризувалися переважно дуже добрим якісним станом. У результаті дистанційних досліджень впливу воєнних дій на якісний стан чорноземів громади визначено види (авіаційні та артилерійські кратери, військові дороги, спалення рослин, протитанкові рови, опорні пункти/траншеї) і типи (механічний, біологічний) впливу на ґрунтовий покрив та їхні масштаби (площі).

Проведене польове обстеження земель Чкаловської селищної територіальної громади на предмет виявлення впливу різних видів зброї на ґрунтовий покрив із урахуванням міжнародних норм відбору ґрунтових проб (ISO 18400) дало змогу визначити шкодочинність бойових дій. Так, наприклад, аналіз фрагменту результатів визначення вмісту обмінних катіонів та органічного вуглецю в зразках із орного шару (0–30 см) ґрунтів, що зазнали впливу бойових дій (табл. 1), свідчить про наявність певних відмінностей між середніми показниками за впливу важкої військової техніки порівняно з фоном.

Якісний стан чорноземних ґрунтів до початку збройної агресії і дистанційна оцінка впливу бойових дій	• оцінювання й картографування якісного стану чорноземних ґрунтів за довоєнними даними • результати дистанційних досліджень впливу бойових дій на якісний стан чорноземних ґрунтів
Оцінювання впливу бойових дій на якісний стан чорноземних ґрунтів, рослин і води на основі польового обстеження	• результати польового та лабораторного дослідження • еколого-токсикологічний стан ґрунтів, сільськогосподарських культур і водних джерел • картографування впливу бойових дій на ґрунтовий покрив • економічна оцінка шкоди та збитків і ступеня порушення принципів ФАО зі сталого управління ґрунтами через бойові дії
Концептуальні засади прискореного відновлення родючості та здоров'я чорноземних ґрунтів	• наукові засади інформаційного забезпечення реабілітації чорноземних ґрунтів • районування ґрунтового покриття громади за мілітарною деградацією як основа диференціації заходів із відновлення родючості та здоров'я чорноземів
Програма прискореного відновлення родючості та здоров'я чорноземних ґрунтів пілотної громади	• технологічне забезпечення прискореної реабілітації родючості та здоров'я чорноземних ґрунтів • заходи з реабілітації зрушуваних чорноземних ґрунтів і пропозиції з відновлення меліоративних систем • мережа моніторингових ділянок для контролю за станом реабілітації родючості чорноземних ґрунтів і моніторингу їх нейтрального рівня деградації
Пілотний проект першої української «живої» ґрунтової лабораторії на базі Чкаловської громади	• передумови створення «живої» ґрунтової лабораторії • мета та завдання пілотного проєкту • потенційний склад «живої» ґрунтової лабораторії • організаційні заходи та перспективні напрями діяльності живої ґрунтової лабораторії

Рис. 3. Основні змістові компоненти результатів оцінювання впливу бойових дій на ґрунти та заходів із відновлення їхньої родючості на прикладі пілотної територіальної громади, розроблено на основі аналізу й синтезу результатів досліджень

Установлено збільшення суми обмінних катіонів (на 4,72 ммоль/100 г або на 14,9 %), у складі яких переважав кальцій. Зростання суми обмінних катіонів у ґрунті за впливу САУ може бути ознакою антропогенної хімізації, спричиненої: потрапляння уламків боєприпасів, металевих і вибухових речовин, підвищенням зольного залишку через пожежі / термічну дію, потраплянням побічних речовин. Також зафіксовано збільшення вмісту вуглецю органічної речовини ґрунту в середньому на 0,45 відсоткових пункти (в. п.) або на 14,5 %. Це може бути зумовлено такими причинами: потрапляння залишків вибухових речовин, нафтопродуктів і технічних матеріалів, що містять вуглецеві сполуки, які можуть накопичуватись у ґрунті як техногенний вуглець; акумуляція залишків біомаси унаслідок інтенсивного знищення рослинності; уповільнення мікробіологічного розкладу органіки; тимчасова концентрація органіки через перешкоди її виносу. У цьому випадку збільшення вмісту вуглецю органічної речовини ґрунту в зоні впливу САУ є скоріше не ознакою поліпшення якості ґрунту, а наслідком техногенного навантаження. Кількаразова перевищення розмаху варіації цього показника за впливу САУ порівняно з фоном певною мірою підтверджує зазначене

припущення. Водночас на момент дослідження не зафіксовано аномальних змін за показником рН сольовий орного шару ґрунтів.

Таблиця 1. Фрагмент результатів оцінювання впливу бойових дій на ґрунти на території Чкаловської селищної територіальної громади (на прикладі впливу важкої техніки – самохідної артилерійської установки (САУ); глибина відбору проб – 0–30 см), розраховано на основі аналізу й синтезу результатів лабораторних досліджень у ННЦ «ІГА мені О. Н. Соколовського»

Показник	Кількість еквівалентів обмінних катіонів, ммоль/100 г					Вуглець органічної речовини, %	рН сольовий
	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na	K	Σ		
Уламки САУ, глибина відбору проб – 30–60 см							
Середнє значення	30,97	3,87	0,33	1,15	36,32	3,56	6,83
Стандартна помилка	0,29	0,21	0,09	0,12	0,53	0,53	0,21
Медіана	30,74	3,81	0,29	1,06	37,32	3,23	7,03
Стандартне відхилення	0,51	0,37	0,15	0,21	0,92	1,29	0,52
Дисперсія вибірки	0,26	0,14	0,02	0,05	0,84	1,67	0,27
Асиметричність	1,62	0,68	1,04	1,53	-1,67	1,82	-1,28
Розмах варіації	0,93	0,73	0,29	0,40	1,67	3,48	1,35
Мінімум	30,62	3,53	0,20	0,99	35,82	2,55	5,92
Максимум	31,55	4,26	0,49	1,39	37,49	6,03	7,27
Фон для САУ, глибина відбору проб – 0–30 см							
Середнє значення	26,81	3,66	0,28	0,85	31,60	3,11	6,79
Стандартна помилка	0,68	0,22	0,10	0,29	0,54	0,22	0,10
Медіана	26,33	3,46	0,20	0,59	31,38	3,33	6,84
Стандартне відхилення	1,18	0,38	0,18	0,50	0,93	0,49	0,22
Дисперсія вибірки	1,38	0,15	0,03	0,25	0,87	0,24	0,05
Асиметричність	1,53	1,71	1,58	1,70	0,99	-0,65	-0,73
Розмах варіації	2,20	0,68	0,33	0,90	1,83	1,22	0,53
Мінімум	25,95	3,42	0,15	0,53	30,79	2,42	6,47
Максимум	28,15	4,10	0,48	1,43	32,62	3,64	7,00
Середні значення за впливу до фону: +,-	4,16	0,21	0,05	0,30	4,72	0,45	0,04
%	115,5	105,7	117,9	135,3	114,9	114,5	100,6

Дещо інші результати зафіксовано на глибині ґрунту 30–60 см (табл. 2).

Установлено зменшення суми обмінних катіонів (на 9,43 ммоль/100 г або на 24,5 %), причому зафіксовано зменшення Ca²⁺ (на 23,8 %), Mg²⁺ (на 79,5 %) за одночасного незначного збільшення Na (на 4,2 %). Водночас зафіксовано аномальне збільшення вмісту вуглецю органічної речовини ґрунту – в середньому на 0,79 в. п. або на 38,2 %. Як і в орному шарі ґрунту, у шарі 0–60 см встановлено кількарізова перевищення розмаху варіації вмісту вуглецю органічної речовини за впливу САУ порівняно з фоном. При цьому не зафіксовано значних змін за показником рН сольовий.

Аналіз результатів лабораторних вимірювань ґрунтових зразків засвідчив зміни в ґрунтовому покриві місць ураження техніки щодо органічного вуглецю, обмінних катіонів, а також гранулометричного складу в місцях горіння техніки.

Таблиця 2. Фрагмент результатів оцінювання впливу бойових дій на ґрунти на території Чкаловської селищної територіальної громади (на прикладі впливу важкої техніки – САУ; глибина відбору проб – 30–60 см), розраховано на основі аналізу й синтезу результатів лабораторних досліджень у ННЦ «ІГА мені О. Н. Соколовського»

Показник	Кількість еквівалентів обмінних катіонів, ммоль/100 г					Вуглець органічної речовини, %	рН сольов ий
	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na	K	Σ		
Уламки САУ, глибина відбору проб – 0–30 см							
Середнє значення	24,79	3,45	0,26	0,50	29,00	2,86	6,70
Стандартна помилка	4,66	0,03	0,08	0,07	4,68	0,49	0,40
Медіана	24,79	3,45	0,26	0,50	28,99	2,72	7,28
Стандартне відхилення	6,59	0,04	0,11	0,09	6,62	1,19	0,98
Дисперсія вибірки	43,43	0,00	0,01	0,01	43,80	1,42	0,96
Асиметричність	-	-	-	-	-	0,75	-1,60
Розмах варіації	9,32	0,06	0,15	0,13	9,36	3,24	2,38
Мінімум	20,13	3,42	0,18	0,43	24,31	1,55	4,92
Максимум	29,45	3,48	0,33	0,56	33,67	4,79	7,30
Фон САУ, глибина відбору проб – 30–60 см							
Середнє значення	32,54	4,14	1,27	0,48	38,43	2,07	6,85
Стандартна помилка	4,91	0,37	0,92	0,06	6,21	0,36	0,24
Медіана	27,75	3,93	0,51	0,44	32,14	2,36	7,03
Стандартне відхилення	8,51	0,64	1,60	0,11	10,75	0,80	0,55
Дисперсія вибірки	72,34	0,41	2,55	0,01	115,57	0,64	0,30
Асиметричність	1,73	1,34	1,66	1,46	1,73	-0,34	-1,86
Розмах варіації	14,85	1,22	2,91	0,20	18,65	1,71	1,32
Мінімум	27,51	3,64	0,20	0,40	32,08	1,21	5,91
Максимум	42,36	4,86	3,11	0,60	50,73	2,92	7,23
Середні значення за впливу до фону: +,-	-7,75	-0,69	-1,01	0,02	-9,43	0,79	-0,15
%	76,2	83,3	20,5	104,2	75,5	138,2	97,8

Ураження ґрунту військовою технікою, а особливо в місцях її горіння, підвищує строкатість поля, що потрібно в майбутньому враховувати під час обробітку та застосування добрив. Повторні дослідження вказують на значне зниження вмісту вуглецю органічної речовини в епіцентрі вибуху та горіння. Саморегуляція його вмісту в чорноземі типовому відбулася трохи більше ніж за рік, імовірно за рахунок різкого збільшення мікробіоти в місці ураження. Системний аналіз еколого-токсикологічного стану ґрунтів за вмістом важких металів свідчить, що через рік-два після деокупації території громади вміст важких металів і мікроелементів не перевищує нормативів їхніх ГДК, а також не має істотних відмінностей від фонового вмісту. Це дає певні підстави для висновку про протікання процесів самовідновлення чорноземних ґрунтів, які зазвичай характеризуються високою буферністю щодо важких металів.

За результатами оцінювання впливу бойових дій на якісний стан чорноземних ґрунтів на основі дистанційного та польового обстеження здійснено картографування впливу бойових дій на ґрунтовий покрив.

Електронна карта впливу бойових дій на ґрунтовий покрив Чкаловської селищної територіальної громади доступна онлайн за посиланням: <https://www.arcgis.com/apps/instant/sidebar/index.html?appid=5c115c98348848758d600e20c38b1e2e¢er=36.9871;49.7274&level=10&locale=uk>.

Ураховуючи результати оцінювання впливу війни на чорноземні ґрунти, розроблено концептуальні засади прискореного відновлення родючості та здоров'я чорноземних ґрунтів, що включають наукові засади інформаційного забезпечення реабілітації чорноземних ґрунтів та районування ґрунтового покриття громади за мілітарною деградацією як основу диференціації заходів із відновлення родючості та здоров'я чорноземів. Інформаційний блок охоплює концептуальні положення інформаційного супроводу прискореної реабілітації родючості та здоров'я пошкоджених війною чорноземів, і комплекс карт, зокрема тематичні карти основних властивостей чорноземів пілотної території за впливу бойових дій і цифрову карту впливу бойових дій на чорноземи громади (масштаб 1 : 50000). Здійснено ґрунтово-екологічне районування території громади на сім районів за особливостями ґрунтового покриття та характером і масштабами мілітарної деградації ґрунтів і створено картографічні матеріали щодо стану ґрунтів громади за основними показниками за впливу воєнних дій.

Розроблено програму прискореного відновлення родючості та здоров'я чорноземів території громади, що перебувала в зоні бойових дій і тимчасової окупації, як пілотного проєкту з ревіталізації земельного фонду України, для ефективного рестарту аграрного виробництва й нівелювання екологічних ризиків для життя і здоров'я населення. Запропонована програма включає: технологічне забезпечення прискореної реабілітації родючості та здоров'я чорноземних ґрунтів (загальні рекомендації щодо зменшення навантаження на ґрунтовий покрив і зменшення токсичного впливу; набір технологічних прийомів і диференційованих заходів для прискореної реабілітації родючості та здоров'я чорноземів; рекомендації щодо відновлення родючості та здоров'я земель громади); комплексні заходи з реабілітації зрошуваних чорноземних ґрунтів і пропозиції з відновлення розвитку меліоративних систем; мережу моніторингових ділянок для контролю за станом реабілітації родючості чорноземних ґрунтів і моніторингу їхнього нейтрального рівня деградації.

Розроблено пілотний проєкт першої української живої ґрунтової лабораторії (як партнера Європейської мережі Living labs) для відпрацювання та поширення досвіду впровадження технологій повоєнної реабілітації ґрунтів і подальшого моніторингу стану їхнього здоров'я. Створення та подальша імплементація пілотного проєкту першої української живої ґрунтової лабораторії на базі Чкаловської громади в партнерстві з ННЦ «ІГА імені О. Н. Соколовського» сприятиме відпрацюванню й трансферу досвіду впровадження технологій повоєнної реабілітації ґрунтів і налагодженню дієвої кооперації з європейськими та світовими експертами й організаціями для розв'язання проблем відновлення здоров'я ґрунтів країни та подальшого моніторингу їхнього стану.

Для поширення, популяризації та трансферу результатів проєкту створено окрему інтернет-сторінку проєкту на сайті інституту

(<https://issar.com.ua/grant-nfdu-2022-01-0031>), на якій представлено інформацію про проєкт і його основні результати. ННЦ «ІГА імені О. Н. Соколовського» готовий надавати послуги сільськогосподарським товаровиробникам і територіальним громадам щодо оцінювання впливу бойових дій на стан ґрунтів і розроблення заходів щодо післявоєнного відновлення їхньої родючості.

Висновки. У результаті дослідження здійснено оцінювання впливу збройної агресії і воєнних дій на якісний стан чорноземів і розроблення наукового, інформаційного й технологічного супроводу прискореної реабілітації родючості та здоров'я ґрунтів для економічно ефективного й екологічно безпечного аграрного виробництва та вирішення питань продовольчої безпеки на прикладі Чкаловської селищної об'єднаної територіальної громади Чугуївського району Харківської області, як пілотного проєкту з ревіталізації ґрунтових ресурсів України. Реалізація основних завдань проєкту дозволила здобути такі результати: 1) розроблено та апробовано методологію оцінювання впливу бойових дій на чорноземні ґрунти; 2) оцінено вплив збройної агресії на якісний стан чорноземів, у т.ч. зрошуваних, на прикладі пілотної території на підставі моніторингу та даних дистанційного зондування Землі; 3) проведено польове обстеження й цифрове картографування земель громади для визначення шкодочинності бойових дій і різних видів воєнних впливів; 4) оцінено ступінь і масштаби деградації чорноземних ґрунтів унаслідок бойових дій; 5) оцінено шкоду й збитки, завдані ґрунтам унаслідок збройної агресії, оцінено ступінь порушення через бойові дії керівних принципів ФАО зі сталого управління ґрунтом; 6) розроблено програму прискореного відновлення родючості чорноземів і передано результати представникам громади для впровадження; 7) започатковано створення на землях громади пілотного проєкту першої української «живої» ґрунтової лабораторії для відпрацювання й поширення досвіду впровадження технологій післявоєнної реабілітації родючості ґрунтів.

Результати оцінки фактичного стану ґрунтів і земель після деокупації та розмінування є основою для ухвалення громадами та аграріями управлінських рішень щодо перспектив подальшого використання відповідних земельних ділянок з урахуванням необхідності й доцільності реалізації заходів післявоєнного відновлення родючості та здоров'я ґрунтів. Водночас здобуті результати свідчать про необхідність проведення подальших досліджень і моніторингу для контролю за станом реабілітації родючості чорноземних ґрунтів і моніторингу їх нейтрального рівня деградації.

***Присвята.** Цю статтю автор присвячує увічненню подій Революції гідності та вшануванню подвигу Героя України — Героя Небесної Сотні — Юрія Поправки.*

***Подяка.** Публікація містить результати дослідження, одержані в процесі виконання проєкту «Оцінювання впливу збройної агресії на стан чорноземів і розроблення заходів для прискореного відновлення родючості ґрунтів у контексті забезпечення продовольчої безпеки» № 2022.01/0031 конкурсу «Наука для відбудови України в воєнний та повоєнний періоди» за грантової підтримки Національного фонду досліджень України.*

1. Балюк С., Кучер А. Національне багатство України — чорноземи — під загрозою знищення. Як війна впливає на ґрунти й продовольчу безпеку. *Голос України*. 2022. № 245 (7995). С. 6–7. URL: <http://www.golos.com.ua/article/366511>
2. Кучер А. Методика оцінювання збитків, завданих збройною агресією земельному фонду та ґрунтам: проблеми та напрями вдосконалення. *Journal of Innovations and Sustainability*. 2022. Vol. 6. No. 2. 10. <https://doi.org/10.51599/is.2022.06.02.10>
3. Балюк С. А., Кучер А. В., Солоха М. О., Соловей В. Б., Смірнова К. Б., Момот Г. Ф., Левін А. Я. Вплив збройної агресії та воєнних дій на сучасний стан ґрунтового покриву, оцінка шкоди та збитків, заходи з відновлення: наук. доп. Харків: ФОП Бровін О. В., 2022. 102 с. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.15740.41608>
4. Стан і завдання наукового забезпечення управління ґрунтовими ресурсами на етапі збройної агресії та післявоєнного відновлення: моногр.; за ред. С. А. Балюка, А. В. Кучера. Київ: Аграрна наука, 2023. 168 с. <https://doi.org/10.31073/978-966-540-590-0>
5. Ґрунтовий покрив України в умовах воєнних дій: стан, виклики, заходи з відновлення: моногр.; за ред. С. А. Балюка, А. В. Кучера, М. І. Ромашенка. Київ: Аграрна наука, 2024. 340 с. <https://doi.org/10.31073/978-966-540-612-9>
6. Концептуальні підходи до відновлення ґрунтів, що постраждали від збройної агресії: моногр.; за ред. С. А. Балюка, А. В. Кучера, І. В. Пліско. Київ: Аграрна наука, 2024. 216 с. <https://doi.org/10.31073/978-966-540-604-4>
7. 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. <https://doi.org/10.15407/ugz2024.01.007>
8. Солоха М. О., Коньшин Р. В., Дегтярьов В. В. Ідентифікатори впливу воєнних дій на ґрунтовий покрив за супутниковими даними. *Таврійський науковий вісник. Серія: сільськогосподарські науки*. 2024. № 137. С. 235–244. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.137.29>
9. Bonchkovskiy O., Ostapenko P., Shvaiko V., Bonchkovskiy A. A comprehensive methodological approach to assessing war-induced soil disturbances in the Kharkiv region, Ukraine. 17th International Conference Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment, Monitoring 2023. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2023520068>
10. Bonchkovskiy O. S., Ostapenko P. O., Shvaiko V. M., Bonchkovskiy A. S. Remote sensing as a key tool for assessing war-induced damage to soil cover in Ukraine (the case study of Kyinska territorial hromada). *Journal of Geology Geography and Geoecology*. 2023. Vol. 32(3). Pp. 474–487. <https://doi.org/10.15421/112342>
11. Shevchuk S. A., Vyshnevskiy V. I., Bilous, O. P. The use of remote sensing data for investigation of environmental consequences of Russia-Ukraine war. *Journal of Landscape Ecology (Czech Republic)*, 2022. Vol. 15(3). Pp. 36–53. <https://doi.org/10.2478/jlecol-2022-0017>
12. Solokha M., Pereira P., Symochko L., Vynokurova N., Demyanyuk O., Sementsova K., Inacio M., Barcelo D. Russian-Ukrainian war impacts on the environment. Evidence from the field on soil properties and remote sensing. *Science of the Total Environment*. 2023. Vol. 902. 166122. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.166122>
13. Trofymchuk O., Vishnyakov V., Sheviakina N., Klymenko V., Zahorodnia S. Analysis of impacts of war on ecosystems of protected areas Ukraine. International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM. 2023. Vol. 23(3.2). Pp. 289–296. <https://doi.org/10.5593/sgem2023V/3.2/s14.36>
14. Trofymchuk O., Vishnyakov V., Sheviakina N., Klymenko V., Zahorodnia S. Detection of surface soil disturbance areas as a result of military actions in Ukraine by remote sensing methods. International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM. 2023. Vol. 23(2.1). Pp. 153–161. <https://doi.org/10.5593/sgem2023V/3.2/s14.36>
15. Dent D., Boincean B., Dmytruk Y., Bai Z. A candle in the wind. *International Journal of Environmental Studies*. 2022. Vol. 79(4). Pp. 587–596. <https://doi.org/10.1080/00207233.2022.2085454>
16. Dmytruk Y., Cherlinka V., Cherlinka L., Dent D. Soils in war and peace. *International Journal of Environmental Studies*. 2023. Vol. 80(2). Pp. 380–393. <https://doi.org/10.1080/00207233.2022.2152254>
17. Nasibov A., Shebanina O., Kormyshkin I., Gamayunova V., Chernova A. The impact of war on the fields of Ukraine. *International Journal of Environmental Studies*. 2024. Vol. 81(1). Pp. 159–168. <https://doi.org/10.1080/00207233.2024.2314889>

18. Shebanin V., Gamayunova V., Karpenko M., Babych O. Restoration of war-damaged soil fertility to ensure sustainable agricultural production, food security and global recognition of Ukraine. *Scientific Horizons*. 2024. Vol. 27(6). Pp. 129–140. <https://doi.org/10.48077/scihor6.2024.129>
19. Baliuk S., Vorotyntseva L., Zakharova M., Panarin R., Kuts O., Mykhailyn V. Changes in the properties of Chernozem soils under management and strategic approaches to restore their fertility. *International Journal of Environmental Studies*. 2024. Vol. 81(1). Pp. 374–381. <https://doi.org/10.1080/00207233.2023.2271339>
20. Кучер А. В. Методологічні засади оцінювання впливу бойових дій на ґрунти в контексті продовольчої безпеки. Актуальні проблеми економіки. 2024. № 9. С. 245–262. <https://doi.org/10.32752/1993-6788-2024-1-279-245-262>
21. Веб-сайт Візіком. URL: <https://maps.visicom.ua/c/29.42139,48.75619,6/f/OTGUA5GML?lang=uk>
22. 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. <https://doi.org/10.15407/ugz2024.01.007>

1. Baliuk, S., & Kucher, A. (2022). Ukraine's national treasure – black soil – is under threat of destruction. How the war affects soils and food security. *Voice of Ukraine*, 245(7995), 6–7. Available at: <http://www.golos.com.ua/article/366511>
2. Kucher, A. (2022). Methodology for assessing damages and losses caused by the armed aggression to the land fund and soils: problems and directions of improvement. *Journal of Innovations and Sustainability*, 6(2), 10. <https://doi.org/10.51599/is.2022.06.02.10>
3. Baliuk, S. A., Kucher, A. V., Solokha, M. O., Solovei, V. B., Smirnova, K. B., Momot, H. F., & Levin, A. Ya. (2022). Impact of armed aggression and hostilities on the current state of the soil cover, assessment of damage and losses, restoration measures: scientific report. Kharkiv, Brovin. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.15740.41608>
4. Baliuk, S. A., & Kucher, A. V. (Ed.) (2023). State and tasks of scientific support for soil resource management at the stage of armed aggression and post-war reconstruction: monograph. Kyiv, Agrarna nauka. <https://doi.org/10.31073/978-966-540-590-0>
5. Baliuk, S. A., Kucher, A. V., & Romashchenko, M. I. (Ed.) (2024). Soil cover of Ukraine in the conditions of hostilities: state, challenges, activities for soil restoration: monograph. Kyiv, Agrarna nauka. <https://doi.org/10.31073/978-966-540-612-9>
6. Baliuk, S. A., Kucher, A. V. & Plisko, I. V. (Ed.) (2024). Conceptual approaches to the restoration of soils damaged by the armed aggression: monograph. Kyiv, Agrarna nauka. <https://doi.org/10.31073/978-966-540-604-4>
7. Baliuk, S. A., Kucher, A. V., Solokha, M. O., & Solovei, V. B. (2024). Assessment of the impact of armed aggression of the rf on the soil cover of Ukraine. *Ukrainian Geographical Journal*, 1, 7–18. <https://doi.org/10.15407/ugz2024.01.007>
8. Solokha, M. O., Konshyn, R. V., & Dehtiarov, V. V. (2024). Identifiers of the influence of military actions on land cover according to satellite data. *Taurida Scientific Herald. Series: Rural Sciences*, 137, 235–244. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.137.29>
9. Bonchkovskiy, O., Ostapenko, P., Shvaiko, V., & Bonchkovskiy, A. (2023). A comprehensive methodological approach to assessing war-induced soil disturbances in the Kharkiv region, Ukraine. 17th International Conference Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment, Monitoring 2023. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2023520068>
10. Bonchkovskiy, O. S., Ostapenko, P. O., Shvaiko, V. M., & Bonchkovskiy, A. S. (2023). Remote sensing as a key tool for assessing war-induced damage to soil cover in Ukraine (the case study of Kyinska territorial hromada). *Journal of Geology Geography and Geocology*, 32(3), 474–487. <https://doi.org/10.15421/112342>
11. Shevchuk, S. A., Vyshnevskiy, V. I., & Bilous, O. P. (2022). The use of remote sensing data for investigation of environmental consequences of Russia-Ukraine war. *Journal of Landscape Ecology (Czech Republic)*, 15(3), 36–53. <https://doi.org/10.2478/jlecol-2022-0017>
12. Solokha, M., Pereira, P., Symochko, L., Vynokurova, N., Demyanyuk, O., Sementsova, K., Inacio, M., & Barcelo, D. (2023). Russian-Ukrainian war impacts on the environment. Evidence from the field on soil properties and remote sensing. *Science of the Total Environment*, 902, 166122. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.166122>

13. Trofymchuk, O., Vishnyakov, V., Sheviakina, N., Klymenko, V., & Zahorodnia, S. (2023). Analysis of impacts of war on ecosystems of protected areas Ukraine. *International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM*, 23(3.2), 289–296. <https://doi.org/10.5593/sgem2023V/3.2/s14.36>
14. Trofymchuk, O., Vishnyakov, V., Sheviakina, N., Klymenko, V., & Zahorodnia, S. (2023). Detection of surface soil disturbance areas as a result of military actions in Ukraine by remote sensing methods. *International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM*, 23(2.1), 153–161. <https://doi.org/10.5593/sgem2023V/3.2/s14.36>
15. Dent, D., Boincean, B., Dmytruk, Y., & Bai, Z. (2022). A candle in the wind. *International Journal of Environmental Studies*, 79(4), 587–596. <https://doi.org/10.1080/00207233.2022.2085454>
16. Dmytruk, Y., Cherlinka, V., Cherlinka, L., & Dent, D. (2023). Soils in war and peace. *International Journal of Environmental Studies*, 80(2), 380–393. <https://doi.org/10.1080/00207233.2022.2152254>
17. Nasibov, A., Shebanina, O., Kormyshkin, I., Gamayunova, V., Chernova, A. (2024). The impact of war on the fields of Ukraine. *International Journal of Environmental Studies*, 81(1), 159–168. <https://doi.org/10.1080/00207233.2024.2314889>
18. Shebanin, V., Gamayunova, V., Karpenko, M., & Babych, O. (2024). Restoration of war-damaged soil fertility to ensure sustainable agricultural production, food security and global recognition of Ukraine. *Scientific Horizons*, 27(6), 129–140. <https://doi.org/10.48077/scihor6.2024.129>
19. Baliuk, S., Vorotyntseva, L., Zakharova, M., Panarin, R., Kuts, O., & Mykhailyn, V. (2024). Changes in the properties of Chernozem soils under management and strategic approaches to restore their fertility. *International Journal of Environmental Studies*, 81(1), 374–381. <https://doi.org/10.1080/00207233.2023.2271339>
20. Kucher, A. (2024). Methodological basis for assessing the impact of hostilities on soils in the context of food security. *Actual Problems of Economics*, 9, 245–262. <https://doi.org/10.32752/1993-6788-2024-1-279-245-262>
21. Website Visicom. Available at: <https://maps.visicom.ua/c/29.42139,48.75619,6/f/OTGUA5GML?lang=uk>
22. Baliuk, S. A., Kucher, A. V., Solokha, M. O., & Solovei, V. B. (2024). Assessment of the impact of armed aggression of the rf on the soil cover of Ukraine. *Ukrainian Geographical Journal*, 1, 7–18. <https://doi.org/10.15407/ugz2024.01.007>