

АНАЛІЗ ПРОЯВУ ДЕГРАДАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ ҐРУНТОВОГО ПОКРИВУ КИЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ ЗА ВПЛИВУ ВОЄННИХ ДІЙ

Є.М. Бережняк

кандидат сільськогосподарських наук, доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України (м. Київ, Україна)

e-mail: beregniakem@nubip.edu.ua; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5945-1285>

В.І. Бондарь

кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник

Національний університет біоресурсів і природокористування України (м. Київ, Україна)

e-mail: v_bondar@nubip.edu.ua; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8737-3568>

О.І. Наумовська

кандидат сільськогосподарських наук, доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України (м. Київ, Україна)

e-mail: naumovska@nubip.edu.ua; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5938-8471>

О.О. Ракоїд

кандидат сільськогосподарських наук, доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України (м. Київ, Україна)

e-mail: orakoid@nubip.edu.ua; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1403-1946>

А.В. Клепко

доктор біологічних наук, старший науковий співробітник

Національний університет біоресурсів і природокористування України (м. Київ, Україна)

e-mail: klepko@nubip.edu.ua; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7061-453X>

М.М. Ладика

кандидат сільськогосподарських наук, доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України (м. Київ, Україна)

e-mail: mm.ladyka@nubip.edu.ua; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5164-7117>

М.М. Лазарєв

кандидат біологічних наук, доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України (м. Київ, Україна)

e-mail: laz_rev@i.ua; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6286-0063>

О.С. Дем'янюк

доктор сільськогосподарських наук, професор

Інститут агроєкології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)

e-mail: demolena@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4134-9853>

Робота присвячена оцінюванню наслідків впливу на ґрунт ведення бойових дій на території Київської області у березні 2022 р. Методологія досліджень полягала у використанні критеріїв, які враховуються при проявах механічної і фізичної деградації внаслідок порушень ґрунтового покриття. Виявлено механічні порушення морфологічної будови профілю дерново-слабопідзолистого супіщаного ґрунту на давньоолювіальних відкладах через його винесення та переміщення з утворенням глибокої вирви діаметром 400 см і глибиною 104 см, що свідчить про педотурбацію та порушення цілісності ландшафту. Вища щільність складення ґрунту на 25,4–28,2% у пробах, узятих із периферійної частини вирви на різних глибинах та її нижньої частини, порівняно із непорушеними ґрунтами, а також у ґрунті, узятому із колій, де рухалася військова техніка. Вважаємо, що в перші роки після завершення бойових дій кращими заходами щодо відновлення постраждалих екосистем можуть бути процеси їх самовідновлення, а також вирощування рослин, які сприяють оструктуруванню та розуцільнюванню ґрунтів і здатні до акумуляції органічної речовини.

Ключові слова: порушення ґрунтової екосистеми, фізична деградація, ущільнення ґрунту, вирва, сліди військової техніки.

ВСТУП

Повномасштабне вторгнення рф на територію України спричинило низку психологічних, економічних і соціальних проблем в українському суспільстві та світі, а також розвиток деградаційних процесів компонентів навколишнього природного середовища [1; 2]. Серед вітчизняних і зарубіжних учених з'явилася ціла низка системних досліджень щодо згубного впливу воєнних дій на екологічний стан навколишнього середовища та якісні зміни ґрунтового середовища, водних об'єктів, біорізноманіття тощо [3–6].

Крім виявлення та констатації екологічних злочинів унаслідок воєнної агресії рф, до переліку пріоритетних наукових тем слід віднести також ті, що пов'язані з розробленням методів, заходів і технологій відновлення екологічного стану природних ресурсів [7]. Відведення постійних та інтенсивних бойових дій значно погіршується ґрунтовий покрив територій: ґрунти втрачають буферну стійкість, фізично деградують, хімічно забруднюються та суттєво знижують здатність до самовідновлення [8–11]. Учені ННЦ “Інститут ґрунтознавства і агрохімії” НААН розробили критерії оцінювання нового воєнного (мілітарного) типу деградації ґрунтів, серед яких виділили такі види деградації: механічну, фізичну, хімічну, фізико-хімічну та біологічну [12]. Відповідно, актуальність проведення таких досліджень з оцінювання екологічного стану ґрунтового покриття та прогнозування його якісних змін у майбутньому не викликає сумніву.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Нині спостерігається суттєве навантаження на ґрунтові екосистеми територій, де ведуться постійні воєнні дії, що впливає не лише на стійкість ґрунту та гомеостаз в екосистемах, але й на продовольчу безпеку [13; 14]. Застосування новітніх систем озброєння, сучасної важкої військової техніки та різноманітних боеприпасів кардинально змінює ландшафти, обмежуючи їх здатність самовідновлюватися до початкового стану, а в агроландшафтах — знижуючи продуктивність оброблюваних ґрунтів [15].

Воєнні дії негативно позначаються на цілісності ландшафтів, оскільки діяльність артилерії та авіації під час військових конфліктів значно порушує їх літогенну основу [16]. Унаслідок цього утворюється мережа вирв від вибухів, що спричиняє фізичне руйнування та ущільнення ґрунтів [11; 17].

Відомо, що важка багатотонна техніка здійснює відчутний вплив на ґрунт, проїжджаючи по ньому на полі бою та під час виконання агресивних операцій. За дослідженнями

W. Voorhees [18], важка військова техніка з масою здебільшого понад 10 т істотно ущільнює верхній шар ґрунту, досягаючи глибини аж до 60 см, особливо танки, де маса кожного із них становить майже 40 т. Унаслідок цього ґрунти ущільнюються, що сприяє їхній фізичній деградації за структурою, а це своєю чергою впливає на зміну інтенсивності та спрямованості біологічних і фізико-хімічних процесів (кругообіг води, вилугування, гуміфікація тощо) [11; 19; 20]. Надмірне ущільнення ґрунтів у подальшому призводить до зниження водопроникності та повітромісткості, фізіологічного в'янення рослин і зменшення продуктивності агроценозів [21; 22].

Необхідно зазначити, що від вибухів і проїздів важкої військової техніки істотно змінюється природна рослинність, якої майже не залишається після багаторазового проходження по ґрунтовому покриттю танків, бронетранспортерів тощо. Будівництво підземних споруд, військових комунікацій та укриттів супроводжується переміщенням значної кількості ґрунтової маси, її розпилення, що з часом може викликати ерозійні процеси [23–25]. Також засмічення ґрунтів через їх мінування призводить не лише до руйнувань верхнього родючого шару ґрунту, а й до хімічного забруднення токсичними речовинами [21].

Особливо значних змін через використання різноманітної зброї масового ураження та важкої артилерійської техніки зазнають фізичні властивості ґрунтів. У результаті відбувається їх переущільнення, знеструктурування, руйнування пор і втрата аерації, а також можливе локальне підкислення ґрунту [26]. Негативними є і вібраційні коливання — імпульси через вибухи боеприпасів та застосування стрілецької вогнепальної зброї. Як наслідок, відбувається витискання води із порожнин ґрунту, його поверхневе просідання та ущільнення, що призводить до змін мікрорельєфу [27].

Мета роботи полягала в дослідженні та оцінюванні механічного та фізичного видів деградації ґрунтів, що проявилися у Київській області внаслідок активного ведення бойових дій, а також у розробленні можливих заходів їх відновлення.

МАТЕРІАЛИ

ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

У своїй роботі ми намагалися охарактеризувати сучасний стан ґрунтів на предмет різних видів розвитку деградації мілітарного типу. Основою досліджень стали характеристики та величини ґрунту, представлені в *табл. 1*.

Види деградацій були виділені вченими ННЦ “Інститут ґрунтознавства і агрохімії ім.

Таблиця 1

Головні види деградації ґрунтів за воєнного (мілітарного) типу деградації

Механічна деградація	Фізична деградація
Активізація ерозійних процесів, зсувів	Погіршення фізичних властивостей
Механічні порушення морфологічної будови профілю ґрунту	Зміни гранулометричного складу
Перемішування генетичних горизонтів (педотурбація)	Зміни агрегатного складу (знеструктурування)
Поширення вирв, рвів, ям	Ущільнення

Джерело: [12].

О.Н. Соколовського” НААН. Місця відбору проб ґрунтів позначали мітками на скриншотах, виконаних за допомогою програми Google Earth, а самі проби ґрунту відбирали ріжучим кільцем за ДСТУ 4287:2004. Структурно-агрегатний склад ґрунту визначали методом просіювання ґрунту на ситах різного діаметру згідно з ДСТУ 4744:2007. Щільність складення ґрунту досліджували методом ріжучого кільця за ДСТУ ISO 11272-2001. Вологість ґрунту фіксували термостатно-ваговим методом за ДСТУ ISO 16586:2005. Гранулометричний склад ґрунту визначали за ДСТУ ISO 11277:2005. Вбирання води ґрунтом (водопроникність) спостерігали методом трубок за Качинським у шестиразовій повторності за ДСТУ 7456:2013. Статистичний аналіз даних проводили з використанням редактора формул у програмі Microsoft Excel шляхом знаходження середніх значень даних та їх довірчого інтервалу.

Польові експедиційні дослідження здійснювали у червні 2024 р. Місце відбору проб розташовувалося в правій частині заплави річки Ірпінь, неподалік залізничного мосту, де поширені алювіальні ґрунти на сучасних алювіальних відкладах, які у верхньому (0–10 см) шарі мають сіре забарвлення супіщаного гранулометричного складу з умістом фізичної глини 14,3%, зокрема мулу — 5,6%, і в яких домінує фракція середнього й дрібного піску.

Необхідно відзначити гідрофобність ґрунтової маси, зумовлену наявністю домішок тонкодисперсних торфових часточок. У шарі 20–30 см спостерігається збільшення вмісту фізичної глини до 18,4%, зокрема мулу — до 6,3%. Це спричинено вмістом гідроксидів заліза в цьому шарі, що вказує на гідроморфність ґрунтів цього ряду (рис. 1).

Варто зазначити, що наразі в заплаві зростає гідроморфна рослинність, переважаючими



HE шар 0–10 см — сіре забарвлення, супіщаного гранулометричного складу, із домінуванням піщаних фракцій, видимих при описі через лупу. Нестійкої структури, невисокої щільності.

E_i шар 20–30 см — червонуватого забарвлення, спричиненого вмістом півтораокислів заліза. Більш стійкої структури, ущільнений.

Рис. 1. Морфологічні та генетичні особливості верхньої частини досліджуваного ґрунту в заплаві р. Ірпінь

Джерело: фото та опис Є. Бережнюка.

видами якої є осока гостра *Carex acuta*, ро-
гіз вузьколистий *Typha angustifolia* L., ситник
бульбистий *Juncus bulbosus*.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

За даними С.А. Балюка та ін. [12], станом
на березень 2023 р. майже 50 тис. га ґрунтів у
Київській області зазнали воєнного впливу та
мають так званий мілітарний тип деградації.
Найбільший вплив на природні ресурси в Київ-
ській області від воєнних дій було здійснено в
Бучанській громаді, де особливо постраждали
міста та околиці Бучі, Ірпеня, Гостомеля, Бо-
родянки, а також території Чорнобильського
біосферного заповідника. Саме тому наші ек-
спедиційні виїзди були заплановані на окремо
визначені локації з цих міст. Зокрема, було
відібрано зразки ґрунтів із заплави р. Ірпінь
в однойменному місті неподалік залізничного
мосту. Місцезонаблюдення пробовідборів ґрунту
розташоване за координатами: 50°30'43,052"N і
30°15'38,827"E (рис. 2). За геоморфологічним осо-

бливостями ця територія переважно рівнина
із середньою висотою над рівнем моря 111 м.

У результаті проведення відповідних
маршрутних польових обстежень на предмет
механічної деградації щодо активізації ерозій-
них процесів і зсувних явищ по узбережжю
русла р. Ірпінь на заплавах землях поблизу
мосту видимих змін виявлено не було. Це, ймо-
вірно, пов'язано з щільним покривом лучних
трав'янистих видів злаків і видів рослин, для
яких оптимальними є підвищені умови зволо-
ження: осоки гострої *Carex acuta*, сусака зон-
тичного *Butomus umbellatus*, стрілолиста стрі-
лолистого *Sagittaria sagittifolia* та ін. Потужна
надземна біомаса рослин і густа сітка дрібних
коренів міцно утримують ґрунт від розмивання
та знесення вітром. Доказом доброго скріплення
ґрунту може бути корененасиченість (суха маса
та об'єм коренів) рослинного покриття природних
фітоценозів (табл. 2, рис. 3).

Аналіз представлених у табл. 2 резуль-
татів свідчить, що найпотужніша маса коренів
рослин у заплаві р. Ірпінь містилася у верхньо-



а



б

Рис. 2. Схема відбору проб ґрунту в заплаві р. Ірпінь (а) та околиць села Мощун (б)

Джерело: знімки Google Earth.

Таблиця 2

Загальна маса коренів у заплаві р. Ірпінь неподалік від мосту та їх об'єм
у шарах ґрунту 0–10, 10–20 і 20–30 см у перерахунку на площу 1 м²

Глибина ґрунту, см	Свіжа маса коренів, г	Суха маса коренів, г	Об'єм коренів, см ³
0–10	5377 ± 3022	1706 ± 1155	4069 ± 1171
10–20	177,5 ± 83,5	116,9 ± 56,6	346,3 ± 75,0
20–30	155,0 ± 76,3	107,5 ± 61,4	276,2 ± 68,4

Джерело: складено Є. Бережняком на основі власних досліджень.



Рис. 3. Відбір проб ґрунту та коренів рослин заплави р. Ірпінь (а) і відмиті корені по шарах ґрунту 0–10 см (б) і 10–20 см (в)

Джерело: авторські фото.

му (0–10 см) шарі ґрунту та становила в сирому вигляді 5377 ± 3022 г, у сухому — 1706 ± 1155 г, а об'єм коренів — 4069 ± 1171 см³. У шарі 10–20 см біомаса коренів та їх об'єм вже були значно меншими — $155,0 \pm 76,3$ г, $107,5 \pm 61,4$ і $276,2 \pm 68,4$ см³ відповідно. Щодо інших видів механічної деградації ґрунту (порушень морфологічної будови профілю ґрунту, явищ педотурбації, утворення ровів, ям тощо), їх у заплаві зафіксовано не було.

Фізична деградація ґрунту виникає у випадках його знеструктурування, утворення високої брилястості чи надмірного вмісту пилу через постійний обробіток посушливих ґрунтів. Дослідження структурно-агрегатного складу ґрунту заплави р. Ірпінь пошарово показали, що вміст цінних агрегатів розміром 10–1,0 мм є незначним і загалом становить до 5%. Деяко краще оструктуреним був шар ґрунту 20–30 см, де

вміст агрегатів становив 5,2–7,5%, що зумовлено оструктурюючою дією півтораокислів заліза.

У досліджуваних зразках переважала фракція крупного піску, вміст якої становив від 16,3 до 25,8% залежно від глибини. Уміст середнього піску з агрегатами ґрунту розміром 0,5–0,25 мм коливався в межах 37,2–47,5%. Натомість уміст найдрібнішої фракції часток (розміром менше 0,25 мм) становив 18,7%, 11,8% і 12,8% відповідно (рис. 4).

Отже, результати досліджень свідчать про відсутність видимої фізичної деградації. Однак у зразках ґрунту, взятих із утвореної вирви, результати структурно-агрегатного складу були наступними: вміст агрономічно-цінних агрегатів у шарі 0–10 см — 71,2%, у шарі 10–20 см — 76,0 і в шарі 20–30 см — 75,9%, що вказує на незначний ступінь фізичної деградації.

Щільність складення відіграє важливу роль у забезпеченні повноцінної продуктивності рослинності лучних екосистем. Це динамічна та водночас інформативна величина, що дає уявлення про співвідношення твердої частини та порожнин у ґрунті. Зазвичай щільність складення ґрунту зростає з глибиною, що пов'язано з тиском вищерозміщеної товщі ґрунту на нижні шари [28]. Переуцільнення ґрунтів є доволі значною проблемою в Україні, що супроводжується несприятливими екологічними наслідками та економічними збитками [29]. Небажаною є підвищена щільність ґрунту не лише для сільськогосподарських видів рослин, а й для природних ценозів. Зокрема, надмірне ущільнення ґрунту викликає порушення нормального проходження процесів вегетації культур та їх стадій розвитку [30].

У результаті переуцільнення зменшується глибина кореневмісного шару, знижується польова вологоємність, діапазон активної

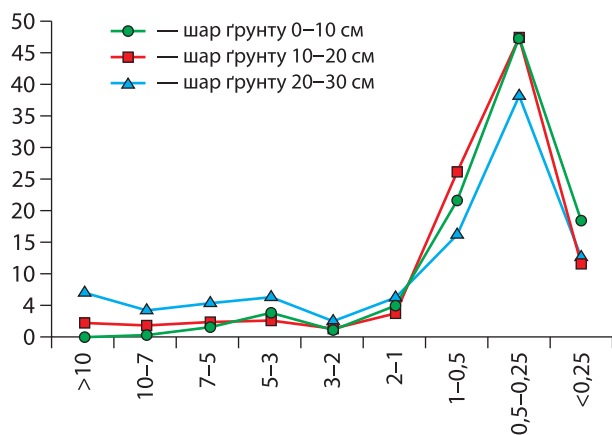


Рис. 4. Структурно-агрегатний склад ґрунту за шарами 0–10 см, 10–20 і 20–30 см у заплаві р. Ірпінь

Джерело: побудовано авторами на основі власних даних.

Таблиця 3

**Результати щільності складення
та вологозабезпеченості ґрунту
заплави р. Ірпінь**

Глибина ґрунту, см	Щільність складення ґрунту, г/см ³	Вологість ґрунту, %
0–10	1,17 ± 0,23	5,61 ± 2,81
10–20	1,34 ± 0,11	5,19 ± 1,11
20–30	1,45 ± 0,09	4,03 ± 1,72

Джерело: складено С. Бережняком на основі власних досліджень.

вологи та її доступність рослинам, рухомість елементів живлення культур [31]. Для верхніх шарів орних культурних ґрунтів здебільшого характерна щільність від 1,05 до 120 г/см³ [32]. Досліджено, що універсальним критерієм допустимої щільності складення є твердження, що в ґрунті повинно бути не менше 10–15% повітря. За інших значень цього показника відбувається зниження біологічної активності, нітрифікації та поглинання елементів живлення.

Серед фізичних показників ґрунту було визначено щільність складення в 0–30 см шарі, пошарово через кожні 10 см, його польову вологість та поверхнєве вбирання води. За результатами досліджень встановлено, що щільність складення 0–10 см шару ґрунту на цей період становила $1,17 \pm 0,23$ г/см³ і за градацією В.В. Медведева [32] є оптимальною для вирощування більшості сільськогосподарських культур та отримання якісної продуктивності біомаси лучного травостою (табл. 3). Натомість підвищеною була щільність складення у шарі 20–30 см — $1,45 \pm 0,09$ г/см³, що вказує на незначний рівень прояву деградації ґрунту.

Польова вологість ґрунту у відібраних зразках була невисокою — від $5,61 \pm 2,81\%$ у шарі 0–10 см до $4,03 \pm 1,72\%$ у шарі ґрунту 20–30 см. Дослідження вбирання води у верхньому (0–10 см) шарі ґрунту показало відносно швидке її проникнення в закладених трубках висотою 70 мм. Повне поглинання води в трубках коливалось від 100 до 168 секунд і в середньому становило 118 секунд (рис. 5), що вказує на надмірне вбирання води верхнім (0–10 см) шаром ґрунту та пояснюється супіщаним гранулометричним складом і невисокою щільністю складення.

До населених пунктів Київської області, природні ресурси яких зазнали значного впливу

бойових дій, належить селище Мощун Бучанського району, на території якого протягом двох тижнів у березні 2022 р. відбувалися запеклі бої. Саме цей населений пункт був стратегічно важливою позицією для загарбників, тому на його захоплення було спрямовано висококваліфікованих бійців рф, значну кількість техніки та сучасні види озброєння (ствольну і реактивну артилерію, міномети, авіацію). У селі було знищено або ж покинуто понад 30 одиниць військової та інженерної техніки країни-агресора [33].

На околицях села Мощун була зафіксована вирва глибиною 104 см і діаметром 400 см (координати: $50^{\circ}36'46,245''N$ і $30^{\circ}16'14,190''E$). Ймовірно, це наслідки потрапляння потужного артилерійського снаряду. На відстані важко візуально виявити цю вирву, оскільки станом на червень 2024 р. на ній вже з'явилася рослинність, зокрема полинь звичайна *Artemisia vulgaris* (рис. 6). Водночас на знімку Google Earth (рис. 2а) вирва добре ідентифікується.

Нами було проаналізовано рослинність у вирві. Встановлено, що в ній зростало 19 стебел полину висотою від 52 до 94 см, а також 25 сте-



а



б

Рис. 5. Вбирання води ґрунтом методом трубок у заплаві р. Ірпінь (а)
та результати польового експерименту (б)

Джерело: виконано авторами на основі власних досліджень.



Рис. 6. Сукцесійні процеси на порушеному артилерійськими снарядами ґрунтовому покритті (вирві) під природним травостоєм

Джерело: авторські фото.

бел сухостою (відмерлих рослин) цього ж виду. Цей приклад демонструє здатність фітоценозів на узліссях і закрайках полів до сукцесійних процесів, незважаючи на видимі геоморфологічні порушення, часткову зміну властивостей ґрунтів або їх забруднення.

Що стосується проявів механічного виду деградації, то помітного розвитку чи активізації ерозійних процесів (зсувів) зафіксовано не було. Натомість можна констатувати факти механічного порушення морфологічної будови профілю ґрунту внаслідок його винесення та утворенням глибокої вирви (рис. 6). Водночас

навколо зафіксовано ще декілька менших вирв від розривів снарядів, що призвело до певного перемішування генетичних горизонтів. Це вказує на деякі педотурбації з ґрунтом і порушення цілісності його морфолого-генетичних горизонтів.

ґрунти, які поширені на місцях утворених вирв, є дерново-середньо- та слаболізолистими, зверху переважно сірого та ясно-сірого забарвлення супіщаного гранулометричного складу. Морфологічний опис цього ґрунту виконано за зразками, відібраними на різних глибинах (рис. 7).



НЕ шар 0–10 см — гумусо-елювіальний, сірого забарвлення, супіщаного гранулометричного складу, нестійкої грудкувато-пилуватої структури, ущільнений, перехід до наступного горизонту помітний.

Рі шар 50–60 см — порода слабкоілювійована, білесуватого забарвлення, викликаною великим умістом піщаної фракції, нестійкої структури, щільна.

Рис. 7. Морфологічні та генетичні особливості дерново-слаболізолистого супіщаного ґрунту на давньоелювіальних відкладах околиць села Мошун

Джерело: фото та опис Є. Бережняка.

Щодо структурно-агрегатного складу, то виявлено дещо підвищену брилястість ґрунту: 11,8% — на глибині 0–10 см та 9,9% — на глибині 50–60 см. Також зафіксовано вміст пилюватої фракції розміром менше 0,25 мм: 17,1% — у верхньому (0–10 см) шарі, 14,1% — у шарі 50–60 см та 21,7% — у шарі 100–110 см (рис. 8). Це вказує на певне знеструктурування ґрунту, що буде більш небажаним саме для сільськогосподарських культур, ніж для природних угідь [34].

Дослідження щільності складення ґрунту у вирві проводили на поверхні ґрунту (шар 0–10 см), у середній частині (шар 50–60 см) та у нижній частині на дні (шар 100–110 см). Отримані дані свідчать про поширення на цій території фізичного виду деградації ґрунту, оскільки його поверхня була сильно переосушена та в багатьох місцях утворилася кірка з діаметром отворів розтріскування від 0,6 до 3,5 мм. Зокрема, у верхньому шарі (0–10 см) щільність складення становила $1,50 \pm 0,04$ г/см³ (табл. 4).

У середній частині вирви було помітно ущільнення ґрунту ($1,68 \pm 0,01$ г/см³), що свідчить про компресійне ущільнення ґрунту, а на дні вирви величина щільності в середньому сягала $1,59 \pm 0,09$ г/см³. Натомість сильно ущільненим був ґрунт, взятий із поверхні накатаних колій від важкої військової техніки — у середньому $1,81$ г/см³. Якщо порівнювати результати досліджень зі звичайними заплавленими ґрунтами, які не зазнали впливу військової техніки та руйнувань від вибухів, то фіксується істотне ущільнення ґрунту. При цьому його вологість була помітно нижчою, ніж у заплаві р. Ірпінь, а саме від $1,53 \pm 0,13\%$ на поверхні утвореної вирви до $3,01 \pm 0,09\%$ на її дні. Незважаючи на низький вміст польової вологості, відбувається часткове відновлення рослинності на порушених вибухами та військовою техні-

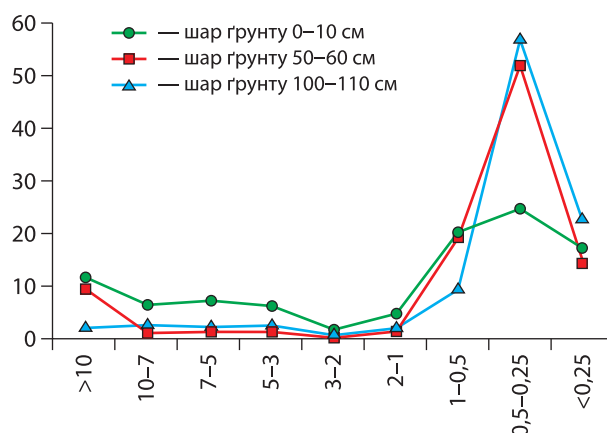


Рис. 8. Структурно-агрегатний склад у відібраних зразках ґрунту за шарами 0–10 см, 50–60 і 100–110 см утвореної вирви біля селища Мощун

Джерело: побудовано авторами на основі власних даних.

кою ґрунтах, свідченням чого стали виявлені рослини виду *Artemisia vulgaris* (рис. 6), а навколо вирви спостерігали такі лучні види трав, як: щавель горобиний *Rumex acetosella* L., злинка однорічна *Erigeron strigosus*, осока піщана *Carex arenaria*, енотера дрібнокріткова *Oenothera parviflora* L., звіробій продірявлений *Hypericum perforatum*.

Варто зазначити, що неподалік від досліджуваної вирви (за 150 м) були помічені виражені накатані колії (сліди) від руху важкої військової техніки. Ця територія позначена голубим маркером на доданому знімку Google Earth (рис. 26). Як показали дослідження, щільність складення на поверхні ґрунту досягала до $1,89 \pm 0,02$ г/см³, що свідчить про його істотне ущільнення та явно виражену фізичну деградацію. Однак, незважаючи на дуже високу

Таблиця 4

Вплив воєнних дій на щільність складення та вологозабезпеченість ґрунту на околицях с. Мощун під природними фітоценозами

Глибина відбору проб ґрунту, см	Щільність складення ґрунту, г/см ³	Щільність складення на не порушеному ґрунті, г/см ³	Вологість ґрунту, %	Вологість ґрунту під травостоєм, %
<i>Вирва внаслідок розриву снаряду</i>				
0–10	$1,50 \pm 0,04$	$1,44 \pm 0,02$	$1,53 \pm 0,13$	$1,72 \pm 0,09$
50–60	$1,68 \pm 0,01$	$1,59 \pm 0,03$	$1,07 \pm 0,40$	$1,24 \pm 0,17$
100–110	$1,59 \pm 0,09$	$1,61 \pm 0,04$	$3,01 \pm 0,09$	$2,93 \pm 0,07$
<i>Колія від важкої військової техніки</i>				
0–10	$1,81 \pm 0,02$	$1,44 \pm 0,02$	$0,66 \pm 0,25$	$1,72 \pm 0,09$

Джерело: складено С. Бережняком на основі власних досліджень.

щільність складення ґрунту, обабіч утворених колій за 3–5 м зростають типові польові види бур'янів зони Лісостепу України — гірчак шорсткий *Persicaria lapathifolia* L., лобода біла *Chenopodium album*, щириця звичайна *Amaranthus retroflexus*, берізка польова *Convolvulus arvensis*. Також фрагментарно траплялися рослини амброзії полиноистої *Ambrosia artemisiifolia* L., що підтверджує факт поступового відновлення видового різноманіття рослин.

На нашу думку, ймовірніше, у перші роки закінчення активних воєнних дій і порушень ґрунтів відбуватимуться поступові процеси самовідновлення природної лучної рослинності з домінуванням тих видів, які є найстійкішими до описаних видів деградації та добре пристосованими до ґрунтово-кліматичних умов території. У подальшому серед потенційних заходів із відновлення ґрунтів можна назвати вирощування культур, які створюють певну розущільнювальну дію в кореневмісній верхній частині ґрунту. Такі культури є ефективними меліорантами (сидератами) та акумуляторами органічної речовини, що також сприятиме стабілізації вмісту та запасів органічної речовини ґрунту для підвищення продуктивності лучних фітоценозів.

ВИСНОВКИ

У роботі розглянуто приклад поширення мілітарного типу деградації, спричиненої бойовими діями, на алювіальних ґрунтах поблизу околиць селища Мощун Київської області. Встановлено, що серед видів механічної деградації має місце порушення морфологічної будови профілю ґрунту, його винесення, переміщення та перевідкладення з утворенням глибокої вирви діаметром понад 4 м і глибиною понад 105 см. Водночас із порушенням поверхні рельєфу території та профілю ґрунту спостерігали перемішування генетичних горизонтів (явища педотурбації), спричинене розривами снарядів від артилерійської військової техніки.

Фізична деградація проявляється в ущільненні ґрунту в утворених вибухами вирвах, особливо в середній частині (шар 50–60 см), де щільність складення в середньому сягала 1,68 г/см³. Помітне ущільнення ґрунту до 1,81 г/см³ виявлено в накатаних коліях від важкої військової техніки, що свідчить про розвиток фізичної деградації. Незважаючи на ці порушення, спричинені воєнними діями, видове різноманіття польових бур'янів і природного різотрав'я почало активно відновлюватися на суміжних до вирви та накатаної колії територіях.

ЛІТЕРАТУРА

1. Сплодитель А., Голубцов О., Чумаченко С., Сорокіна Л. Забруднення земель внаслідок агресії Росії проти України. Київ: ГО “Центр екологічних ініціатив “Екодія”, 2023. 154 с. URL: <https://ecoaction.org.ua/wp-content/uploads/2023/03/zabrudnennia-zemel-vid-rosii.pdf> (дата звернення: 03.09.2024).
2. Солоха М.О., Коньшин Р.В., Дегтярьов В.В. Ідентифікатори впливу воєнних дій на ґрунтовий покрив за супутниковими даними. *Таврійський науковий вісник*. 2024. № 137. С. 235–244. DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.137.29>
3. Bennett M.M., Van Den Hoek J., Zhao B., Prishchepov A.V. Improving satellite monitoring of armed conflicts. *Earth's Future*. 2022. No. 10 (9). DOI: <https://doi.org/10.1029/2022EF002904>
4. Harada K.H., Soleman S.R., Ang J.S.M., Trzcinski A.P. Conflict-related environmental damages on health: lessons learned from the past wars and ongoing Russian invasion of Ukraine. *Environmental Health and Preventive Medicine*. 2022. Vol. 27. P. 35. DOI: <https://doi.org/10.1265/ehpm.22-00122>
5. 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*. 2022. No. 15 (3). P. 36–53. DOI: <https://doi.org/10.2478/jlecol-2022-0017>
6. Solokha M., Pereira P., Symochko L. et al. Russian-Ukrainian war impacts on the environment. Evidences from the field and remote sensing. *Science of the Total Environment*. 2023. Vol. 902. 166122. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.166122>
7. Корсун С.Г., Болоховська В.А., Болоховський В.В. та ін. Агроекологічне обґрунтування меліоративних чинників для відновлення ґрунтів, порушених воєнними діями. *Агроекологічний журнал*. 2024. № 2. С. 100–112. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2024.305663>
8. 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 Kyivska territorial hromada). *Journal of Geology Geography and Geoecology*. 2023. Vol. 32, No. 3. P. 474–487. DOI: <https://doi.org/10.15421/112342>
9. Строкаль В.П., Бережняк Є.М., Наумовська О.І. та ін. Вплив російської агресії на стан природних ресурсів України: монографія / За заг. ред. В.П. Строкаль. К.: Вид. центр НУБіП України, 2023. 218 с.
10. Дмитренко О.В., Дем'янюк О.С., Погоріла Л.П. та ін. Екотоксикологічна оцінка дерново-підзолистого ґрунту за впливу бойових дій. *Агроекологічний журнал*. 2023. № 4. С. 89–96. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2023.293758>
11. Solokha M., Demyanyuk O., Symochko L. et al. Soil Degradation and Contamination Due to Armed Conflict in Ukraine. *Land*. 2024. Vol. 13, No. 10. 1614. DOI: <https://doi.org/10.3390/land13101614>
12. Балюк С.А., Кучер А.В., Солоха М.О., Соловей В. Б. Оцінювання впливу збройної агресії РФ на ґрунтовий покрив України. *Укр. геогр. журнал*. 2024. № 1. С. 7–18. DOI: <https://doi.org/10.15407/ugz2024.01.007>
13. Макаренко Н.А., Строкаль В.П., Бережняк Є.М. та ін. Вплив російської воєнної агресії на природні

- ресурси України: аналіз ситуації, методологія оцінювання. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2022. Вип. 4 (98). С. 1–31. DOI: <http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2022.04.003>
14. Строкаль В.П., Бережнюк С.М., Наумовська О.І. та ін. Природні ресурси України: наслідки та ризики російської агресії. *Біологічні системи: теорія та інновації*. 2024. № 15 (1). С. 37–60. DOI: [https://doi.org/10.31548/biologiya15\(1\).2024.004](https://doi.org/10.31548/biologiya15(1).2024.004)
 15. Hupy J. The Environmental Footprint of War. *Environment and History*. 2008. Vol. 14, No. 3. P. 405–421. DOI: <https://doi.org/10.3197/096734008X333581>
 16. Семеряга О.П. Природно-історична спадщина бєлігеративних ландшафтів Дніпропетровської області. *Фізична географія та геоморфологія*. 2013. Вип. 1 (69). С. 103–112.
 17. Rawtani D., Gupta G., Khatri N., Rao P.K., Hussain C.M. Environmental damages due to war in Ukraine: A perspective. *Science of The Total Environment*. 2022. 850. 157932. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157932>
 18. Voorhees W.B. The effect of soil compaction on crop yield. *SAE Transactions*. 1986. P. 1078–1084. URL: <http://www.jstor.org/stable/44725467> (accessed: 04.09.2024).
 19. Медведєв В.В., Плїско І.В., Крилач С.І. та ін. Фізична деградація орних ґрунтів України (оцінювання, профілактика, призупинення). Харків: ФОП Бровін О.В., 2020. 110 с.
 20. Плїско І.В., Романчук К.Ю., Крилач С.І. Механічна та фізична деградація орних ґрунтів унаслідок ведення воєнних дій в Україні. *Вісник аграрної науки*. 2023. № 10 (847). С. 5–12. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202310-01>
 21. Балюк С.А., Кучер А.В., Солоха М.О. та ін. Вплив збройної агресії та воєнних дій на сучасний стан ґрунтового покриття, оцінка шкоди та збитків, заходи з відновлення: наук. доп. Харків: ФОП Бровін О.В., 2022. 102 с.
 22. Плїско І.В., Уваренко К.Ю., Крилач С.І., Накїсько С.Х. Закономірності прояву фізичної деградації в орних ґрунтах України та регіони підвищеного її ризику. *Вісник аграрної науки*. 2021. № 10. С. 5–13. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202110-01>
 23. Одосій Л.І., Стаднічук О.М., Свідерок С.М., Надала О.С., Гичко О.С. Вплив техногенного навантаження військової діяльності на стан ґрунтово-водного середовища. *Військово-технічний збірник*. 2015. № 12. С. 91–96. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vtzb_2015_12_19 (дата звернення: 03.09.2024).
 24. Olson K., Speidel D. Review and analysis: successful use of soil tunnels in medieval and modern warfare and smuggling. *Open J. of Soil Science*. 2020. Vol. 10, No. 5. P. 194–215. DOI: <https://doi.org/10.4236/ojss.2020.105010>
 25. Macharia H.M. The impact of military exercises and operations on local environment. *J. of language, technology & entrepreneurship in Africa*. 2016. No. 7 (2). P. 140–152. URL: <https://www.semanticscholar.org/paper/The-Impact-of-Military-Exercises-and-Operations-on-Macharia/6284c26717bf28d5ff83280b3798ela6e534431> (accessed: 19.09.2024).
 26. Балюк С.А., Медведєв В.В., Воротинцева Л., Шимель В. Сучасні проблеми деградації ґрунтів і заходи щодо досягнення нейтрального її рівня. *Вісник аграрної науки*. 2017. № 8. С. 5–11. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201708-01>
 27. Голубцов О., Сорокіна Л., Сплідитель А., Чумаченко С. Вплив війни росії проти України на стан українських ґрунтів. Результати аналізу. 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: 21.09.2024).
 28. Чорний С.Г. Оцінка якості ґрунтів: навчальний посібник. Миколаїв: МНАУ. 2018. 233 с.
 29. Балюк С.А., Медведєв В.В., Мірошніченко М.М. та ін. Екологічний стан ґрунтів України. *Укр. геогр. журн.* 2012. № 2. С. 38–42. URL: https://ukrgeojournal.org.ua/sites/default/files/UGJ-2012-2-38_0.pdf (дата звернення: 03.09.2024).
 30. Плїско І.В., Романчук К.Ю., Куцова К.М. Вплив просторової неоднорідності агрофізичних властивостей ґрунтів на врожайність сільськогосподарських культур. *Вісник Уманського Національного університету садівництва*. 2024. № 1. С. 31–39. DOI: <https://doi.org/10.32782/2310-0478-2024-1-31-39>
 31. Бережнюк С.М., Наумовська О.І., Бережнюк М.Ф. Деградаційні процеси в ґрунтах України та їх негативні наслідки для довкілля. *Біологічні системи: теорія та інновації*. 2022. № 3–4, Т. 12. URL: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Biologiya/article/view/16698> (дата звернення: 10.10.2024).
 32. Медведєв В.В., Бігун О.М. Антропогенне переушільнення кореневмісного шару чорноземних ґрунтів. *Вісник аграрної науки*. 2014. № 10. С. 55–60. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vaan_2012_12_18 (дата звернення: 01.09.2024).
 33. Радіо Свобода встановило імена близько сотні бійців елітних підрозділів армії РФ, які загинули у боях за Мوشун. Радіо Свобода. 25 лютого 2023. Архів оригіналу за 25 лютого 2023. URL: <https://www.radiosvoboda.org/a/news-viyna-moshchun-rozsliduvannya-radio-svoboda/32287997.html> (дата звернення: 15.08.2024).
 34. Полупан М.І., Соловей В.Б., Величко В.А. Класифікація ґрунтів України / За ред. М.І. Полупана. К.: Аграрна наука, 2005. 300 с.

ANALYSIS OF THE MANIFESTATION OF SOIL COVER DEGRADATION PROCESSES OF THE KYIV REGION UNDER THE MILITARY OPERATIONS INFLUENCE

Berezhniak Ye.

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (Kyiv, Ukraine)
e-mail: beregnyakem@nubip.edu.ua; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5945-1285>

Bondar V.

Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (Kyiv, Ukraine)
e-mail: v_bondar@nubip.edu.ua; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8737-3568>

Naumovska O.

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (Kyiv, Ukraine)
e-mail: naumovska@nubip.edu.ua; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5938-8471>

Rakoid O.

Candidate of Agricultural Sciences
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (Kyiv, Ukraine)
e-mail: orakoid@nubip.edu.ua; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1403-1946>

Klepko A.

Doctor of Biological Sciences, Senior Researcher
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (Kyiv, Ukraine)
e-mail: klepko@nubip.edu.ua; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7061-453X>

Ladyka M.

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (Kyiv, Ukraine)
e-mail: mm.ladyka@nubip.edu.ua; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5164-7117>

Lazariev M.

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (Kyiv, Ukraine)
e-mail: laz_rev@i.ua; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6286-0063>

Demyanyuk O.

Doctor of Agricultural Sciences, Professor
Institute of Agroecology and Environmental Management of the NAAS (Kyiv, Ukraine)
e-mail: demolena@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4134-9853>

The study is devoted to the assessment of the consequences of the impact of hostilities on the soil in the Kyiv region in March 2022. The research methodology was based on the use of criteria that are taken into account when manifestations of mechanical and physical degradation due to soil cover disturbance occur. Mechanical disturbances of the morphological structure of sod-slightly podzolic sandy loam soil profile on ancient alluvial deposits due to its removal and displacement with the formation of a deep sinkhole 400 cm in diameter and 104 cm deep were revealed, which indicates pedoturbation and violation of the integrity of the landscape. The density of the soil composition is higher by 25.4–28.2% in samples taken from the peripheral part of the sinkhole at different depths and its bottom compared to undisturbed soils, as well as in soil taken from the tracks where military vehicles were moving. We believe that in the first years of the end of hostilities, the best measures to restore the affected ecosystems may be their self-healing processes, as well as the cultivation of plants that help to structure and loosen the soils and are capable of accumulating organic matter.

Keywords: soil ecosystem disruption, physical degradation, soil compaction, sinkhole, traces of military equipment.

REFERENCES

1. Splodytel, A., Holubtsov, O., Chumachenko, S., & Sorokina, L. (2023). *Zabrudnennia zemel vnaslidok ahresii Rosii proty Ukrainy [Land contamination as a result of Russia's aggression against Ukraine]*. Kyiv: NGO "Center for Environmental Initiatives 'Ecoaction'". URL: <https://ecoaction.org.ua/wp-content/uploads/2023/03/zabrudnennia-zemel-vid-rosii.pdf> [in Ukrainian].
2. Solokha, M.O., Konshyn, R.V., & Dehtiarov, V.V. (2024). Identyfikatory vplyvu voiennykh dii na gruntovyi pokryv za suputnykovyimi danymi [Identifiers of the influence of military actions on the ground cover according to satellite data]. *Tavriiskyi naukovi visnyk — Taurian Scientific Bulletin*, 137, 235–244. DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.137.29> [in Ukrainian].
3. Bennett, M.M., Van Den Hoek, J., Zhao, B., & Prishchepov, A.V. (2022). Improving satellite monitoring of armed conflicts. *Earth's Future*, 10 (9). DOI: <https://doi.org/10.1029/2022EF002904> [in English].
4. Harada, K.H., Soleman, S.R., Ang, J.S.M., & Trzcinski, A.P. (2022). Conflict-related environmental damages on health: lessons learned from the past wars and ongoing Russian invasion of Ukraine. *Environmental Health and Preventive Medicine*, 27, 35. DOI: <https://doi.org/10.1265/ehpm.22-00122> [in English].
5. 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*, 15 (3), 36–53. DOI: <https://doi.org/10.2478/jlecol-2022-0017> [in English].
6. Solokha, M., Pereira P., Symochko, L., Vynokurova, N., Demyanyuk, O., Sementsova, K., Inacio, M., & Barcelo, D. (2023). Russian-Ukrainian war impacts on the environment. Evidences from the field and remote sensing. *Science of the Total Environment*, 902, 166122. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.166122> [in English].
7. Korsun, S.H., Bolokhovska, V.A., Bolokhovskiy, V.V. et al. (2024). Ahroekolohichne obgruntuvannya melioratyvnykh chynnykiv dlia vidnovlennia gruntiv, porushenykh voiennymi diiamy [Agroecological substantiation of meliorative

- factors for the restoration of soils disturbed by military actions]. *Ahroekolohichniy zhurnal — Agroecological journal*, 2, 100–112. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2024.305663> [in Ukrainian].
8. 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 Kyivska territorial hromada). *Journal of Geology Geography and Geoecology*, 32 (3), 474–487. DOI: <https://doi.org/10.15421/112342> [in English].
 9. Stokhal, V.P. (Ed.), Berezhniak, Ye.M., Naumovska, O.I. et al. *Vplyv rosiiskoi ahresii na stan pryrodnykh resursiv Ukrainy: monohrafiia [The impact of Russian aggression on the state of Ukraine's natural resources: monograph]*. Kyiv: Publishing centre of NULES of Ukraine [in Ukrainian].
 10. Dmytrenko, O.V., Demyanyuk, O.S., Pohorila, L.P. et al. (2023). Ekotoksikolohichna otsinka dernovo-pidzolistoho ґрунту za vplyvu boiovykh dii [Ecotoxicological assessment of turf-podzolic soil under the influence of hostilities]. *Ahroekolohichniy zhurnal — Agroecological journal*, 4, 89–96. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2023.293758> [in Ukrainian].
 11. Solokha, M., Demyanyuk, O., Symochko, L., Mazur, S., Vynokurova, N., Sementsova, K., & Mariychuk, R. (2024). Soil Degradation and Contamination Due to Armed Conflict in Ukraine. *Land*, 13 (10), 1614. DOI: <https://doi.org/10.3390/land13101614> [in English].
 12. Baliuk, S.A., Kucher, A.V., Solokha, M.O., & Solovei, V.B. (2024). Otsiniuvannia vplyvu zbroinoi ahresii rf na ґруntovyi pokryv Ukrainy [Assessment of the impact of the armed aggression of the Russian Federation on the soil cover of Ukraine]. *Ukr. heohr. Zhurnal — Ukrainian geographical journal*, 1, 7–18. DOI: <https://doi.org/10.15407/ugz2024.01.007> [in Ukrainian].
 13. Makarenko, N.A., Stokhal, V.P., Berezhniak, Ye.M. et al. (2022). Vplyv rosiiskoi voiennoi ahresii na pryrodni resursy Ukrainy: analiz sytuatsii, metodolohiia otsiniuvannia [The impact of Russian military aggression on the natural resources of Ukraine: analysis of the situation, evaluation methodology]. *Naukovi dopovidi NUBiP Ukrainy — Scientific Reports of NULES of Ukraine*, 4 (98), 1–31. DOI: <http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2022.04.003> [in Ukrainian].
 14. Stokhal, V.P., Berezhniak, Ye.M., Naumovska, O.I. et al. (2024). Pryrodni resursy Ukrainy: naslidky ta ryzyky rosiiskoi ahresii [Natural resources of Ukraine: consequences and risk of Russian aggression]. *Biologichni systemy: teoriia ta innovatsii — Biological systems: theory and innovation*, 15 (1), 37–60. DOI: [https://doi.org/10.31548/biologiya15\(1\).2024.004](https://doi.org/10.31548/biologiya15(1).2024.004) [in Ukrainian].
 15. Hupy, J. (2008). The environmental footprint of war. *Environment and History*, 14 (3), 405–421. DOI: <https://doi.org/10.3197/096734008X333581> [in English].
 16. Semeriaha, O.P. (2013). Pryrodno-istorychna spadshchyna belihieratyvnykh landshaftiv Dnipropetrovskoi oblasti [Natural and historical heritage of belligerent landscapes of Dnipropetrovsk region]. *Fizychna heohrafiia ta heomorfolohiia — Physical geography and geomorphology*, 1 (69), 103–112 [in Ukrainian].
 17. Rawtani, D., Gupta, G., Khatri, N., Rao, P.K., & Hussain, C.M. (2022). Environmental damages due to war in Ukraine: A perspective. *Science of the Total Environment*, 850, 157932. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157932> [in English].
 18. Voorhees, W.B. (1986). The effect of soil compaction on crop yield. *SAE Transactions*, 1078–1084. URL: <http://www.jstor.org/stable/44725467> [in English].
 19. Medvediev, V.V., Plisko, I.V., Krylach, S.I. et al. (2020). *Fizychna dehradatsiia ornykh ґруntiv Ukrainy (otsiniuvannia, profilaktyka, pryzupynennia) [Physical degradation of arable soils of Ukraine (assessment, prevention, suspension)]*. Kharkiv: FOP Brovin O.V. [in Ukrainian].
 20. Plisko, I.V., Romanchuk, K.Yu., & Krylach, S.I. (2023). Mekhanichna ta fizychna dehradatsiia ornykh ґруntiv unaslidok vedennia voiennykh dii v Ukraini [Mechanical and physical degradation of arable soils as a result of military operations in Ukraine]. *Visnyk ahrarnoi nauky — Herald of Agrarian Science*, 10 (847), 5–12. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202310-01> [in Ukrainian].
 21. Baliuk, S.A., Kucher, A.V., Solokha, M.O. et al. (2022). *Vplyv zbroinoi ahresii ta voiennykh dii na suchasnyi stan ґруntovoho pokryvu, otsinka shkody ta zbytkiv, zakhody z vidnovlennia: nauk. dop. [The influence of armed aggression and military operations on the current state of the soil cover, assessment of damage and losses, restoration measures: scientific report]*. Kharkiv: FOP Brovin O.V. [in Ukrainian].
 22. Plisko, I.V., Uvarenko, K.Yu., Krylach, S.I., & Nakisko, S.Kh. (2021). Zakonomirnosti proiavu fizychnoi dehradatsii v ornykh ґруntakh Ukrainy ta rehiony pidvyshchenoho yii ryzyku [Regularities of manifestation of physical degradation in arable soils of Ukraine and regions of its increased risk]. *Visnyk ahrarnoi nauky — Herald of Agrarian Science*, 10, 5–13. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202110-01> [in Ukrainian].
 23. Odosii, L.I., Stadnichuk, O.M., Sviderok, S.M., Nadala, O.S., & Hychko, O.S. (2015). Vplyv tekhnohennoho navantazhennia viiskovoi diialnosti na stan ґруntovo-vodnoho seredovyshcha [The influence of the man-made load of military activity on the state of the soil-water environment]. *Viiskovo-tekhnichnyi zbirnyk — Military and technical collection*, 12, 91–96. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vtzb_2015_12_19 [in Ukrainian].
 24. Olson, K.R., & Speidel, D.R. (2020). Review and analysis: successful use of soil tunnels in medieval and modern warfare and smuggling. *Open Journal of Soil Science*, 10 (5), 194–215. DOI: <https://doi.org/10.4236/ojss.2020.105010> [in English].
 25. Macharia, H.M. (2016). The impact of military exercises and operations on local environment. *Journal of Language, Technology & Entrepreneurship in Africa*, 7 (2), 140–152. URL: <https://www.semanticscholar.org/paper/The-Impact-of-Military-Exercises-and-Operations-on-Macharia/6284c26717bf28d5ff83280b3798e1aa6e534431> [in English].
 26. Baliuk, S.A., Medvediev, V.V., Vorotyntseva, L., & Shymel, V. (2017). Suchasni problemy dehradatsii ґруntiv i zakhody shchodo dosiahnennia neitralnoho yii rinvia [Modern problems of soil degradation and measures to achieve a neutral soil level]. *Visnyk ahrarnoi nauky — Herald of Agrarian Science*, 95 (8), 5–11. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201708-01> [in Ukrainian].
 27. Holubtsov, O., Sorokina, L., Splodytel, A., & Chumachenko, S. (2023). *Vplyv viiny rosii proty Ukrainy na stan ukrainskykh ґруntiv. Rezultaty analizu [The impact of Russian's war against Ukraine on the state of Ukrainian soils. Analysis results]*. Kyiv: NGO “Center for Environmental Initiatives ‘Ecoaction’”. URL: <https://ecoaction.org.ua/wp-content/>

- uploads/2023/03/zabrudnennia-zemel-vid-rosii-summary.pdf [in Ukrainian].
28. Chorny, S.H. (2018). *Otsinka yakosti gruntiv: navchalnyi posibnyk [Soil quality assessment: study guide]*. Mykolaiv: MNAU [in Ukrainian].
 29. Baliuk, S.A., Medvediev, V.V., Miroshnichenko, M.M. et al. (2012). Ekologichnyi stan gruntiv Ukrainy [Ecological condition of the soils of Ukraine]. *Ukr. heohr. zhurn — Ukrainian geographical journal*, 2, 38–42. URL: https://ukrgeojournal.org.ua/sites/default/files/UGJ-2012-2-38_0.pdf [in Ukrainian].
 30. Plisko, I.V. Romanchuk, K.Yu., & Kutsova, K.M. (2024). Vplyv prostorovoi neodnorodnosti ahrofizychnykh vlastyvoستي gruntiv na vrozhaunist silskohospodarskykh kultur [The influence of spatial heterogeneity of agrophysical soil properties on the yield of agricultural crops]. *Visnyk Umanskoho Natsionalnoho universytetu sadivnytstva — Bulletin of the Uman National University of Horticulture*, 1, 31–39. DOI: <https://doi.org/10.32782/2310-0478-2024-1-31-39> [in Ukrainian].
 31. Berezhniak, Ye.M., Naumovska, O.I., & Berezhniak, M.F. (2022). Dehradatsiini protsesy v gruntakh Ukrainy ta yikh nehatyvni naslidky dlia dovkillia. Biologichni systemy: teoriia ta innovatsii [Degradation processes in the soils of Ukraine and their negative consequences for the environment]. *Biologichni systemy: teoriia ta innovatsii — Biological systems: theory and innovation*, 3–4 (12). URL: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Biologiya/article/view/16698> [in Ukrainian].
 32. Medvediev, V.V., & Bihun, O.M. (2014). Antropohenne pereushchilnennia korenevymisnogo sharu chornozemnykh gruntiv [Anthropogenic compaction of the root-containing layer of chernozem soils]. *Visnyk aharnoi nauky — Herald of Agrarian Science*, 10, 55–60. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vaan_2012_12_18 [in Ukrainian].
 33. Radio Svoboda vstanovylo imena blyzko sotni biitsiv elitnykh pidrozdiliv armii rf, yaki zahynuly u boiakh za Moshchun [Radio Svoboda has established the names of about a hundred fighters of the elite units of the Russian army who died in the battles for Moshchun]. (2023). Radio Svoboda — Radio Freedom. URL: <https://www.radiosvoboda.org/a/news-viyna-moshchun-rozsliduvannya-radio-svoboda/32287997.html> [in Ukrainian].
 34. Polupan, M.I. (Ed.), Solovei, V.B., & Velychko, V.A. (2005). *Klasyfikatsiia gruntiv Ukrainy [Classification of soils of Ukraine]*. Kyiv: Aharna nauka [in Ukrainian].

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

БЕРЕЖНІЯК Євген Михайлович, кандидат сільськогосподарських наук, доцент, доцент кафедри екології агросфери та екологічного контролю, Національний університет біоресурсів і природокористування України (вул. Героїв Оборони, 13, м. Київ, Україна, 03041; e-mail: beregnyakem@nubip.edu.ua; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5945-1285>).

БОНДАРЬ Валерія Іванівна, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, доцент кафедри загальної екології, радіобіології та безпеки життєдіяльності, Національний університет біоресурсів і природокористування України (вул. Героїв Оборони, 13, м. Київ, Україна, 03041; e-mail: v_bondar@nubip.edu.ua; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8737-3568>).

НАУМОВСЬКА Олена Іванівна, кандидат сільськогосподарських наук, доцент, завідувач кафедри екології агросфери та екологічного контролю, Національний університет біоресурсів і природокористування України (вул. Героїв Оборони, 13, м. Київ, Україна, 03041; e-mail: naumovska@nubip.edu.ua; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5938-8471>).

РАКОЇД Олена Олександрівна, кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри загальної екології, радіобіології та безпеки життєдіяльності, Національний університет біоресурсів і природокористування України (вул. Героїв Оборони, 13, м. Київ, Україна, 03041; e-mail: orakoid@nubip.edu.ua; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1403-1946>).

КЛЕПКО Алла Володимирівна, доктор біологічних наук, старший науковий співробітник, завідувач кафедри загальної екології, радіобіології та безпеки життєдіяльності, Національний університет біоресурсів і природокористування України (вул. Героїв Оборони, 13, м. Київ, Україна, 03041; e-mail: klepko@nubip.edu.ua; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7061-453X>).

ЛАДИКА Марина Миколаївна, кандидат сільськогосподарських наук, доцент, доцент кафедри екології агросфери та екологічного контролю, Національний університет біоресурсів і природокористування України (вул. Героїв Оборони, 13, м. Київ, Україна, 03041; e-mail: mm.ladyka@nubip.edu.ua; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5164-7117>).

ЛАЗАРЄВ Микола Михайлович, кандидат біологічних наук, доцент, доцент кафедри загальної екології, радіобіології та безпеки життєдіяльності, Національний університет біоресурсів і природокористування України (вул. Героїв Оборони, 13, м. Київ, Україна, 03041; e-mail: laz_rev@i.ua; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6286-0063>).

ДЕМ'ЯНЮК Олена Сергіївна, доктор сільськогосподарських наук, професор, заступник директора з наукової роботи, Інститут агроєкології і природокористування НААН (вул. Метрологічна, 12, м. Київ, Україна, 03143; e-mail: demolena@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4134-9853>).