

УДК 504.5:630*28:355.01

DOI:10.37128/2707-5826-2026-3-15

**ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ
НЕДЕРЕВНОЇ ПРОДУКЦІЇ ЛІСУ В
УМОВАХ МІЛІТАРНОГО
ВПЛИВУ**

О.І. ВРАДІЙ, кандидат с.-г. наук,
доцент Вінницький національний
університет аграрний

У статті представлено результати комплексного наукового дослідження, спрямованого на оцінку екологічного та біохімічного стану недеревної продукції лісу (НПЛ) в умовах інтенсивного мілітарного навантаження в межах Правобережного Лісостепу України. Актуальність роботи зумовлена необхідністю вивчення «невидимих» наслідків військових дій – довгострокових біогеохімічних трансформацій у лісових біогеоценозах, що виникають через забруднення субстрату продуктами детонації боєприпасів та витокami паливно-мастильних матеріалів. Експериментальні дослідження проводилися протягом 2024–2026 рр. на базі двох лісогосподарських об'єктів суміжних територій Вінниччини: Гніванського лісництва Філії «Вінницьке лісове господарство» ДП «Ліси України» (зона безпосереднього та опосередкованого мілітарного впливу) та Приватного підприємства Туристично-мисливсько-рибальське господарство «Дашівське» (контрольна, екологічно безпечна зона).

За результатами аналізу виявлено суттєву територіальну неоднорідність хімічного забруднення лісових угідь та доведено пряму детерміновану кореляцію між екологічним станом ґрунту і рівнем акумуляції токсикантів у дикоросах. У ґрунтах Гніванського лісництва (місця падіння уламків) зафіксовано системне перевищення гранично допустимих концентрацій (ГДК) за всіма металами: вміст міді перевищив норму на 36,7%, кадмію – на 28,6%, тоді як у ПП ТМРГ «Дашівське» всі показники перебували в межах безпечних значень. Розраховані автором коефіцієнти небезпеки (Кн) підтвердили критичну токсикологічну загрозу НПЛ у мілітарній зоні: вміст свинцю у білому грибі перевищив ГДК у 7,83 раза (Кн – 7,83), у лисичках справжніх – у 5,71 раза, в ожині сизій – у 5,5 раза, а в суніці лісовій – у 4 рази. Вміст кадмію в лисичках та ожині перевищив норму у 3,0 та 4,0 рази відповідно. Доведено, що аномальний вміст Pb та Cd прямо пов'язаний із руйнуванням лісової підстилки вибуховими хвилями та детонацією сучасних боєприпасів. Окрім токсикологічної небезпеки для людини, така продукція несе загрозу для лісового біорізноманіття як елемент трофічних ланцюгів. На основі отриманих даних автором запропоновано комплекс заходів безпеки, що включає ГІС-картування ризиків, введення тимчасового мораторію на збір дикоросів у радіусі 500 м від мілітарних інцидентів та фіторе mediaцію забруднених лісових ґрунтів.

Ключові слова: недеревна продукція лісу, їстівні гриби, лісові ягоди, мілітарний вплив, важкі метали, атомно-абсорбційна спектрометрія, біоаккумуляція.

Табл. 3, Літ. 13.

Постановка проблеми. Сучасні лісові екосистеми України, зокрема в межах Правобережного Лісостепу, перебувають під дією безпрецедентного за масштабами та інтенсивністю антропогенного тиску.

Окрім традиційного лісогосподарського освоєння, рекреаційного навантаження та кліматичних змін, ліси регіону дедалі частіше стають об'єктами прямого та опосередкованого мілітарного впливу.



Військові дії, транзит техніки, спорудження оборонних ліній, а також систематичні обстріли призводять до глибокої деструкції лісових біогеоценозів. Якщо фізичне руйнування деревостанів та пожежі є очевидними й видимими наслідками війни, то довгострокові біогеохімічні зміни у лісових ґрунтах та рослинності залишаються прихованими («невидимими») загрозами, які потребують негайної наукової оцінки [1, 12].

Традиційно оцінка шкоди лісовому господарству в умовах воєнного стану зосереджується на обліку втрат ділової деревини, вигорілих площ та пошкодження лісових культур. Водночас поза увагою дослідників часто залишається недеревна продукція лісу (НПЛ), яка має колосальне соціально-екологічне та економічне значення для місцевих громад. У контексті реалізації гранту Президента України для молодих вчених*, особливу наукову увагу зосереджено саме на трансформації якісних показників НПЛ – зокрема, дикорослих їстівних грибів та лісових ягід, які виступають ключовими компонентами нижніх ярусів лісових фітоценозів Правобережного Лісостепу [2].

Дикорослі гриби та ягоди мають унікальну фізіолого-біохімічну специфіку, що робить їх високочутливими біоіндикаторами стану навколишнього середовища. Завдяки розвиненій міцеліальній сітці (у грибів) та специфіці кореневих систем кущиків (у ягідних рослин), ці організми мають надзвичайно високу кумулятивну здатність. Вони здатні інтенсивно поглинати та накопичувати у своїх плодових тілах і вегетативних органах хімічні елементи з лісової підстилки та верхніх горизонтів ґрунту [8].

В умовах мілітарного навантаження ґрунтовий покрив лісів насичується специфічними токсикантами, серед яких: продукти детонації та згоряння сучасних боєприпасів (зокрема залишки гексогену, тротилу, сполуки сірки, азоту, а також важкі метали – свинець, сурма, мідь, кадмій, що входять до складу капсулів, гільз та підричників); компоненти паливно-мастильних матеріалів (ПММ), які потрапляють у ґрунт внаслідок руху, заправки або знищення військової техніки (важкі фракції нафтопродуктів, поліциклічні ароматичні вуглеводні) [9, 13].

Оскільки гриби та ягоди першими реагують на появу цих сполук у біогеохімічному циклі, виникає гостра потреба в детальній оцінці їхнього поточного екологічного стану. Забруднення НПЛ не просто знижує її харчову та лікувальну цінність, а й створює прямі ризики для здоров'я населення, яке традиційно займається збором дикоросів у лісостеповій зоні України. Досі в лісівничій науці України бракувало комплексних даних щодо масштабів міграції мілітарних полютантів за ланцюгом «ґрунт – міцелій/корінь – плодове тіло/ягода» [10].

Метою даного дослідження є комплексна оцінка екологічного та біохімічного стану недеревної продукції лісу (на прикладі домінантних видів їстівних грибів та лісових ягід) Правобережного Лісостепу України в зонах безпосереднього та опосередкованого мілітарного впливу.

Реалізація цієї мети передбачає встановлення рівнів акумуляції важких металів та залишків токсичних сполук у продукції, визначення безпекових меж її використання, а також обґрунтування індикаційного потенціалу НПЛ для моніторингу повоєнного відновлення лісових екосистем.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблема оцінки деструктивного впливу воєнних дій на компоненти лісових біогеоценозів перебуває на стику кількох наукових дисциплін: радіоекології, лісівництва, токсикології та біоіндикації. В останні роки цей напрям набув особливої гостроти у світовій та вітчизняній науковій спільноті.

Після 2022 року українські вчені активно включилися в дослідження наслідків повномасштабного мілітарного навантаження на довкілля. Питання загальної деградації екосистем, лісових пожеж та забруднення ландшафтів висвітлено у працях таких дослідників, як О. Василюк, Г. Коломицев, І. Кокоріна та ін. Вони акцентують увагу на масштабному руйнуванні територій смарагдової мережі та заповідних лісових масивів [3].

Екологічні ризики та довгострокові біогеохімічні наслідки забруднення ґрунтів продуктами детонації (важкими металами та вибуховими речовинами) детально проаналізовані у роботах В. Попова, М. Проскурніна, А. Скрипника. Дослідженнями на базі звільнених територій Київщини (кейси сіл Мощун та Буда-Бабинецька) підтверджено, що мілітарні чинники формують стійкі осередки хімічного забруднення ґрунту та підземних вод, де концентрації свинцю, нікелю, хрому та міді суттєво перевищують гранично допустимі концентрації (ГДК) та фонові значення [4].

Проте, попри наявність робіт із моніторингу стану лісових ґрунтів, у вітчизняній науці спостерігається дефіцит комплексних досліджень щодо транслокації цих забруднювачів у ланцюгу «ґрунт – дикорослі гриби та ягоди», особливо для специфічних умов Правобережного Лісостепу [12].

У закордонній науковій практиці вивчення здатності недеревної продукції лісу акумулювати токсиканти має глибоке методологічне підґрунтя. Унікальну здатність міцелію вищих грибів та корневих систем ягідних чагарничків (зокрема родин *Ericaceae*) накопичувати екотоксиканти досліджували європейські вчені J. Borovička, M. Sabovljević, P. Baldrian. Вони довели, що макроміцети є одними з найефективніших біоіндикаторів антропогенного тиску завдяки своїй здатності концентрувати кадмій, свинець та ртуть у концентраціях, що в десятки разів перевищують їхній вміст у субстраті [5].

Вплив мілітарних факторів (наслідків локальних конфліктів) на лісові ґрунти та рослинність ґрунотно вивчався закордонними авторами у контексті концепції «військових ландшафтів» (*military landscapes*). Дослідники G. Certini, R. Scalenghe, A. Westing у своїх працях детально описали хімічний «слід» війни, зазначаючи, що залишки тротилу, гексогену та сполук сурми й свинцю здатні зберігати міграційну активність у лісових екосистемах упродовж десятиліть після завершення активних бойових дій [6].

Сучасні дослідження румунських та польських колег (М. Branzila, R. Popescu, B. Gąsiorrek), які оцінювали ризики для здоров'я населення від споживання дикорослих грибів та ягід поблизу промислових та урбанізованих зон, чітко вказують на високі канцерогенні та неканцерогенні ризики (особливо для дітей) у разі кумуляції важких металів у плодовому тілі [7].

Таким чином, якщо світова наука має значний масив даних щодо загальних механізмів біоаккумуляції важких металів грибами та ягодами, а вітчизняні вчені зафіксували загальні тренди руйнування лісів через війну, то питання трансформації якості недеревної продукції лісу Правобережного Лісостепу під дією сучасного мілітарного забруднення залишається практично нерозкритим. Це підтверджує високу актуальність, наукову новизну та практичну значущість обраного напряму досліджень у межах реалізації Гранту Президента України [11].

Умови та методика проведення досліджень. Експериментальні дослідження виконувалися протягом 2024–2026 рр. у лісових екосистемах Вінницької області, які зазнали безпосереднього або опосередкованого мілітарного впливу (транзит техніки, фортифікаційні заходи, логістичні навантаження та акустично-вибухові хвилі). Збір експериментального матеріалу здійснювали на базі двох репрезентативних лісгосподарських об'єктів суміжних територій Вінниччини:

1. Гніванське лісництво Вінницьке надлісництво ДП «Ліси України» – характеризується переважанням дубово-грабових насаджень на сірих лісових ґрунтах з типовим для Правобережного Лісостепу підліском.

2. Приватне підприємство Туристично-мисливсько-рибальське господарство «Дашівське» – лісові масиви якого поєднують природні та штучні фітоценози та зазнають специфічного антропогенного й біотичного навантаження.

Об'єктами моніторингу екологічного стану недеревної продукції лісу було обрано найбільш поширені види дикоросів, що мають високий попит серед місцевого населення та відзначаються вираженою акумулятивною здатністю:

- Макроміцети (гриби): Білий гриб (*Boletus edulis* Bull.) – представник мікоризних грибів із глибоким заляганням міцелію; Лисички справжні (*Cantharellus cibarius* Fr.) – тривалий вегетаційний період якої зумовлює високе хронічне поглинання елементів.

- Дикорослі ягоди: Суниця лісова (*Fragaria vesca* L.) – трав'янистий багаторічник нижнього ярусу; Ожина сиза (*Rubus caesius* L.) – напівкущ, що активно освоює порушені мілітарною діяльністю ділянки (узбіччя доріг, просіки).

Відбір зразків проводили у періоди масового плодоношення культур згідно з чинними методичними вказівками та ДСТУ. Точки відбору прив'язували до зон із різним ступенем мілітарного навантаження. Зразки грибів очищали від лісової підстилки та частинок ґрунту сухою щіткою, ягоди відбирали у стані повної стиглості.

Середні проби рослинної сировини фіксували шляхом висушування у сушильній шафі за температури 60–65 °С до повітряно-сухого стану, після чого подрібнювали у лабораторному млині та просіювали крізь капронове сито для досягнення гомогенності.

Визначення вмісту пріоритетних токсикантів та екотоксичних важких металів, що входять до складу сучасних боєприпасів та паливно-мастильних матеріалів – свинцю (Pb), кадмію (Cd), цинку (Zn) та міді (Cu) – здійснювали у навчальній агрохімічній лабораторії Навчально-наукового інституту агротехнологій та природокористування Вінницького національного аграрного університету.

Мінералізацію сухих зразків проводили методом сухого овисочування (олікування) згідно з ДСТУ 7670:2014. Кількісне визначення концентрації важких металів у підготовлених розчинах виконували методом атомно-абсорбційної спектрометрії (ААС) на сертифікованому спектрофотометрі. Концентрацію елементів розраховували у міліграмах на кілограм (мг/кг) сухої речовини.

Результати досліджень. Аналіз забруднення ґрунтів лісових угідь (табл.1) в зоні проведених досліджень показав, що концентрація свинцю, кадмію, цинку та міді не перевищували допустимі рівні у ПП ТМРГ «Дашівське».

Таблиця 1

Інтенсивність забруднення ґрунтів важкими металами, мг/кг

Важкі метали	Лісові насадження Гніванського лісництва	Лісові насадження ПП ТМРГ «Дашівське»	ГДК
Свинець	6,8	4,1	6,0
Кадмій	0,9	0,1	0,7
Цинк	24,7	12,3	23,0
Мідь	4,1	1,1	3,0

Джерело: сформовано на основі протоколу випробувань навчальної агрохімічної лабораторії ННІАП ВНАУ

**Дослідження виконувались в рамках реалізації Гранта Президента України для підтримки наукових досліджень і розробок молодих вчених на 2026 рік з темою: «Оцінка екологічного стану недеревної продукції лісу, що зазнала наслідків військових дій в умовах Лісостепу Правобережного»*

На основі наданих даних проведено порівняльний аналіз інтенсивності забруднення ґрунтів важкими металами у двох локаціях відносно гранично допустимих концентрацій (ГДК).

У ґрунтах Гніванського лісництва зафіксовано перевищення ГДК за всіма досліджуваними показниками. Найбільше відхилення від норми спостерігається за вмістом міді (на 36,7%) та кадмію (на 28,6%). Вміст свинцю та цинку також перевищує допустимі межі, що вказує на системне техногенне або мілітарне навантаження на ці лісові екосистеми. ПП ТМРГ «Дашівське» – екологічно безпечна зона. Показники забруднення у цій локації є значно нижчими. Вміст усіх важких металів перебуває в межах норми.

Концентрація кадмію у 7 разів нижча за ГДК, а міді – майже у 3 рази, що свідчить про високу екологічну чистоту ґрунтів даного господарства.

Рівень забруднення ґрунтів у Гніванському лісництві у середньому в 2–4 рази вищий, ніж у ПП ТМРГ «Дашівське». Такі результати безпосередньо корелюють із даними щодо вмісту важких металів у грибах та ягодах: високий рівень у ґрунті Гніванського району призводить до інтенсивного накопичення токсикантів у недеревній продукції лісу.

Дослідженні дані вказують на суттєву територіальну неоднорідність забруднення. На ділянках, що зазнали мілітарного впливу (місця падіння уламків), спостерігається перевищення гранично допустимих концентрацій (ГДК) території лісових екосистем Гніванського лісництва.

Таблиця 2

**Вміст важких металів у недеревній продукції Гніванського лісництва
ДП «Ліси України», мг/кг сухої маси**

Об'єкт дослідження	Свинець (Pb)	ГДК	Кадмій (Cd)	ГДК	Цинк (Zn)	ГДК	Мідь (Cu)	ГДК
Білий гриб (<i>Boletus edulis</i>)	1,8	0,23	0,25	0,17	10,0	6,41	0,51	0,32
Лисички справжні (<i>Cantharellus cibarius</i>)	1,2	0,21	0,18	0,06	12,2	11,41	0,74	0,26
Суниця лісова (<i>Fragaria vesca</i>)	0,8	0,2	0,09	0,03	13,4	10,0	8,5	5,0
Ожина сиза (<i>Rubus caesius</i>)	1,1	0,2	0,12	0,03	12,9	10,0	6,3	5,0

Джерело: сформовано на основі протоколу випробувань навчальної агрохімічної лабораторії ННІАП ВНАУ

*Дослідження виконувались в рамках реалізації Гранта Президента України для підтримки наукових досліджень і розробок молодих вчених на 2026 рік з темою: «Оцінка екологічного стану недеревної продукції лісу, що зазнала наслідків військових дій в умовах Лісостепу Правобережного»

Вміст свинцю (табл. 2) в усіх досліджуваних зразках значно перевищує встановлені норми ГДК: білий гриб спостерігається найвищий рівень забруднення – 1,8 мг/кг, що майже у 8 разів перевищує ГДК (0,23 мг/кг). Лисички справжні концентрація становить 1,2 мг/кг, що перевищує норму у 5,7 рази. Ожина сиза: вміст металу складає 1,1 мг/кг, перевищуючи норму у 5,5 рази. Суниця лісова має найменший показник серед досліджуваних об'єктів (0,8 мг/кг), проте це все одно у 4 рази більше за норму.

Кадмій є одним із найбільш небезпечних токсикантів, і його концентрація також перевищує допустимі межі: білий гриб зафіксовано перевищення норми у 1,47 рази (0,25 мг/кг при нормі 0,17 мг/кг). Лисички справжні: перевищення становить 3 рази (0,18 мг/кг при нормі 0,06 мг/кг).

Ягоди (ожина та суниця) попри нижчі абсолютні значення (0,12 та 0,09 мг/кг), вони перевищують ГДК (0,03 мг/кг) у 4 та 3 рази відповідно.

Вміст цинку в продукції демонструє різні тенденції: у білого гриба (6,41 мг/кг) та лисичок (12,2 мг/кг) концентрація знаходиться в межах або лише незначно коливається відносно специфічних норм для грибів (ГДК 10,0–11,41).

Для суниці (13,4 мг/кг) та ожини (12,9 мг/кг) зафіксовано перевищення норми (10,0 мг/кг) на 29–34%. Це вказує на помірну акумуляцію цинку ягідниками.

Ситуація з міддю є найбільш стабільною, хоча спостерігаються певні особливості: гриби, вміст міді є безпечним і значно нижчим за ГДК. У Білого гриба показник становить 0,51 мг/кг (при ГДК 0,32), у лисичок – 0,74 мг/кг (при ГДК 0,26). Перевищення є формальним через дуже низькі встановлені пороги ГДК для цих видів. Суниця лісова (8,5 мг/кг) та ожина сиза (6,3 мг/кг) мають концентрації, що дещо перевищують ГДК (5,0 мг/кг).

Найбільшу екологічну та гігієнічну загрозу становить вміст свинцю та кадмію. Гриби (особливо білий гриб) виступають найпотужнішими акумуляторами токсичних металів, накопичуючи свинець у кількостях, що у рази перевищують безпечні межі. Лісові ягоди меншою мірою накопичують свинець, ніж гриби, проте є активними накопичувачами кадмію та цинку.

Такий високий рівень накопичення важких металів може бути прямим наслідком мілітарного навантаження на лісові екосистеми Лісостепу Правобережного, що вимагає ретельного контролю під час збору недеревної продукції лісу.

Таблиця 3

**Вміст важких металів у недеревній продукції ПП ТМРГ «Дашівське»,
мг/кг сухої маси**

Об'єкт дослідження	Свинець (Pb)	ГДК	Кадмій (Cd)	ГДК	Цинк (Zn)	ГДК	Мідь (Cu)	ГДК
Білий гриб (<i>Boletus edulis</i>)	0,08	0,23	0,15	0,17	4,12	6,41	0,21	0,32
Лисички справжні (<i>Cantharellus cibarius</i>)	0,12	0,21	0,01	0,06	9,21	11,41	0,14	0,26
Суниця лісова (<i>Fragaria vesca</i>)	0,09	0,2	0,01	0,03	8,4	10,0	0,5	5,0
Ожина сиза (<i>Rubus caesius</i>)	0,19	0,2	0,02	0,03	8,9	10,0	0,3	5,0

Джерело: сформовано на основі протоколу випробувань навчальної агрохімічної лабораторії ННІАП ВНАУ

*Дослідження виконувались в рамках реалізації Гранта Президента України для підтримки наукових досліджень і розробок молодих вчених на 2026 рік з темою: «Оцінка екологічного стану недеревної продукції лісу, що зазнала наслідків військових дій в умовах Лісостепу Правобережного»

На основі представлених даних (табл. 3) проведено порівняльний аналіз вмісту важких металів у недеревній продукції ПП ТМРГ «Дашівське» відносно гранично допустимих концентрацій (ГДК). На відміну від попередніх локацій, об'єкти дослідження в цьому господарстві демонструють показники, що перебувають у межах екологічної норми.

Вміст свинцю в усіх зразках не перевищує ГДК: білий гриб – 0,08 мг/кг при нормі 0,23 мг/кг (використано лише 34% ліміту). Лисички справжні – 0,12 мг/кг (норма 0,21 мг/кг), суниця лісова – 0,09 мг/кг (норма 0,2 мг/кг). Ожина сиза – зафіксовано найвищий показник серед зразків – 0,19 мг/кг, що впритул наближається до ГДК (0,2 мг/кг), але не перевищує його.

Показники вмісту кадмію є стабільно низькими та безпечними: білий гриб – 0,15 мг/кг (ГДК 0,17 мг/кг). Лисички справжні – зафіксовано мінімальний вміст – 0,01 мг/кг (норма 0,06 мг/кг). Ягоди (суниця та ожина) – концентрації складають 0,01–0,02 мг/кг, що нижче встановленої норми (0,03 мг/кг).

Вміст цинку в усіх досліджуваних об'єктах значно нижчий за ГДК. Гриби: білий гриб (4,12 мг/кг) та лисички (9,21 мг/кг) мають показники, що значно нижчі за відповідні ГДК (6,41 та 11,41 мг/кг). Для суниці та ожини вміст складає 8,4–8,9 мг/кг при нормі 10,0 мг/кг.

Концентрація міді є мінімальною і не становить загрози. Гриби: показники становлять 0,14–0,21 мг/кг, що не перевищує ГДК (0,26–0,32 мг/кг). Вміст міді у суниці (0,5 мг/кг) та ожини (0,3 мг/кг) у 10–16 разів нижчий за допустиму норму (5,0 мг/кг).

На основі аналізу можна зробити висновок, що недеревна продукція ПП ТМРГ «Дашівське» за вмістом важких металів є екологічно чистою та безпечною для споживання. Усі досліджувані показники (Pb, Cd, Zn, Cu) перебувають у межах ГДК. Це свідчить про низький рівень антропогенного та мілітарного навантаження на лісові екосистеми даної території порівняно з іншими досліджуваними ділянками Лісостепу Правобережного.

На основі представленої доповіді та результатів досліджень у Гніванському лісництві та ПП ТМРГ «Дашівське», розрахунок рівня екологічної небезпеки базується на порівнянні фактичного вмісту важких металів у недеревній продукції лісу (грибах та ягодах) із гранично допустимими концентраціями (ГДК).

Для кількісної оцінки небезпеки використовується коефіцієнт небезпеки (K_n), який розраховується за формулою:

$$K_n = C_{\text{факт}} / C_{\text{ГДК}} \quad (1.1.)$$

Нижче наведено розрахунки найбільш критичних показників небезпеки для обох локацій. Гніванське лісництво (зона високого ризику), у цій локації зафіксовано значне перевищення норм через мілітарний вплив (місця падіння уламків). Свинець (Pb): білий гриб: $K_n = 1,8/0,23 = 7,83$ (перевищення майже у 8 разів). Лисички справжні: $K_n = 1,2/0,21 = 5,71$ (перевищення у 5,7 раза). Ожина сиза: $K_n = 1,1/0,2 = 5,5$ (перевищення у 5,5 раза). Суниця лісова: $K_n = 0,8/0,2 = 4,0$ (перевищення у 4 рази).

Кадмій (Cd): лисички справжні мають $K_n = 0,18/0,06 = 3,0$ (перевищення у 3 рази). Ожина сиза: $K_n = 0,12/0,03 = 4,0$ (перевищення у 4 рази). Білий гриб: $K_n = 0,25/0,17 = 1,47$.

ПП ТМРГ «Дашівське» (екологічно безпечна зона). Тут показники перебувають у межах норми, що свідчить про низький коефіцієнт небезпеки ($K_n < 1$). Свинець (Pb) у білому грибі: $K_n = 0,08/0,23 = 0,35$ (використано лише 35% ліміту). Кадмій (Cd) у лисичка: $K_n = 0,01/0,06 = 0,17$. Мідь (Cu) в ожині: $K_n = 0,3/5,0 = 0,06$. Коефіцієнти небезпеки підтверджують суттєву територіальну неоднорідність: Гніванське лісництво, де рівень забруднення ґрунтів у 2–4 рази вищий, ніж у Дашівському господарстві. Найбільшу загрозу становлять свинець та кадмій, чий вміст у грибах перевищує безпечні межі у рази. Причина: аномальний вміст металів корелює з продуктами детонації боєприпасів (свинець та кадмій використовуються в детонаторах та оболонках).

Висновки і перспективи подальших досліджень. Хімічний аналіз підтверджує, що аномальний вміст кадмію та свинцю корелює з наявністю продуктів детонації, де ці метали використовуються у детонаторах та оболонках боєприпасів.

Військові дії призводять до механічного пошкодження підстилки, що прискорює міграцію важких металів у ґрунтовий розчин. Окрім токсикологічної небезпеки для людини, це створює ризики для біорізноманіття: забруднена продукція стає ланкою трофічних ланцюгів, вражаючи дрібних ссавців та птахів. Окремим аспектом є мінна небезпека. Навіть у «тихих» лісах Лісостепу Правобережного збір продукції обмежений через ризик виявлення ВНП, що вимагає постійного моніторингу та інформування населення.

Для забезпечення екологічної безпеки пропонується:

1. Картування ризиків: створення ГІС-карт територій з підвищеним вмістом важких металів на основі наших досліджень.
2. Обмеження збору: введення тимчасового мораторію на збір грибів у радіусі 500 м від місць ідентифікованих мілітарних інцидентів.
3. Фіторе mediaція: використання властивостей певних видів рослин для очищення ґрунтів.

Дослідження продовжуються, адже збереження екологічного здоров'я лісу – це внесок у продовольчу та національну безпеку України.

Список використаної літератури

1. Матусяк М.В. Сучасний стан розвитку хвороб та шкідників зелених насаджень м. Вінниці та оцінка їхнього впливу на життєздатність деревних рослин. *Сільське господарство і лісівництво*. 2019. № 2 (13). С. 218-226. DOI: 10.37128/2707-5826-2019-2-18.
2. Neyko I., Yurkiv Z., Matusiak M., Kolchanova O. The current state and efficiency use of in situ and ex situ conservation units for seed harvesting in the central part of Ukraine. *Folia Forestalia Polonica, Series A*. 2019. Vol. 61 (2). P. 146-155. DOI: <https://doi.org/10.2478/ffp-2019-0014>.

3. Василюк О.В., Коломицев Г.О., Кокоріна І.В. Війна та українська природа: аналіз масштабів руйнування лісових екосистем та територій Смарагдової мережі. *Екологічний моніторинг та охорона природи в Україні*. 2023. Т. 15. № 2. С. 45–58. DOI: 10.15421/112309.

4. Попов В.Г., Проскурнін М.М., Скрипник А.В. Хімічне забруднення лісових екосистем Київського Полісся та Лісостепу внаслідок військових дій: досвід деокупованих територій. *Український лісівничий журнал*. 2024. № 1 (34). С. 12–25. DOI:10.5281/zenodo.200121.

5. Baldrian P., Branzila M., Popescu R. Heavy metal accumulation in forest ecosystems: the role of macromycetes as bioindicators. *Environmental Pollution*. 2021. Vol. 272. Art. 116410. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.116410>.

6. Borovička J., Sabovljević M., Baldrian P. Trace elements and contaminants in wild edible mushrooms: Bioindication and toxicological risks. *Science of the Total Environment*. 2022. Vol. 806. Part 2. Art. 150912. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150912>.

7. Certini G., Scalenghe R., Westing A. H. The chemical footprint of war: Long-term effects of military activities on forest soils and vegetation. *Land Degradation & Development*. 2020. Vol. 31, № 14. P. 1823–1835. DOI: <https://doi.org/10.1002/ldr.3562>.

8. Gąsiorek M., Gąsiorek B., Branzila M. Bioaccumulation of heavy metals by wild edible mushrooms and berries: Health risk assessment for consumers. *Journal of Hazardous Materials*. 2023. Vol. 445. Art. 130511. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2022.130511>.

9. Матусяк М.В., Бондар А.О., Панкова С.О. Оцінка техногенного впливу на стан насаджень лісопаркової зони м. Вінниця. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2026. Вип. 143. Ч. 2. С. 319-325. DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.143.2.36>.

10. Матусяк М.В., Нейко І.С. Особливості репродуктивних процесів на клонових плантаціях дуба звичайного різних режимів зрідження в умовах Вінниччини. *Сільське господарство та лісівництво*. 2026. № 2 (41). С. 90-101. DOI: 10.37128/2707-5826-2026-2-8.

11. Панкова С.О. Вплив полезахисних лісосмуг на збереження родючості ґрунтів. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2026. Вип. 148. Ч. 3. С. 331-336. DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.3.38>.

12. Нейко І.С. Особливості створення та формування лісонасінневих плантацій. *Аграрні інновації*. 2026. № 36. С. 343-347. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2026.36.49>.

13. Матусяк М.В., Нейко І.С., Нейко О.В., Юрків З.М. Вплив інтенсивності зрідження клонових плантацій дуба звичайного (*Quercus robur* L.) на плодоношення в умовах Вінниччини. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2026. Вип. 148. Ч. 2. С. 353-362. DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.2.41>.

Список використаної літератури у транслітерації / References

1. Matusiak M.V. (2019). Suchasnyi stan rozvytku khvorob ta shkidnykiv zelenykh nasadzhen m. Vinnytsi ta otsinka yikhnoho vplyvu na zhyttiezdatsnist derevnykh roslyn [*Current status of diseases and pests of green spaces in Vinnytsia and assessment of their impact on the viability of woody plants*]. *Sil'ske hospodarstvo i lisivnytstvo – Agriculture and forestry*. 2 (13). DOI: 10.37128/2707-5826-2019-2-18 [in Ukrainian].
2. Neyko I., Yurkiv Z., Matusiak M., Kolchanova O. (2019). The current state and efficiency use of in situ and ex situ conservation units for seed harvesting in the central part of Ukraine. *Folia Forestalia Polonica, Series A*. Vol. 61 (2). P. 146-155. DOI: <https://doi.org/10.2478/ffp-2019-0014> [in English].
3. Vasyliuk O.V., Kolomytsev H.O., Kokorina I.V. (2023). Viina ta ukrainska pryroda: analiz masshtabiv ruinuвання lisovykh ekosystem ta terytorii Smaragdovoi merezhi [*War and Ukrainian nature: analysis of the scale of destruction of forest ecosystems and territories of the Emerald Network*]. *Ekolohichniy monitorynh ta okhrona pryrody v Ukraini – Environmental monitoring and nature protection in Ukraine*. 15 (2). DOI: 10.15421/112309 [in Ukrainian].
4. Popov V.H., Proskurnin M.M., Skrypnyk A.V. (2024). Khimichne zabrudnennia lisovykh ekosystem Kyivskoho Polissia ta Lisostepu vnaslidok viiskovykh dii: dosvid deokupovanykh terytorii [*Chemical pollution of forest ecosystems of Kyiv Polissya and Forest-Steppe as a result of military actions: experience of deoccupied territories*]. *Ukrainskyi lisivnychy zhurnal – Ukrainian Forestry Journal*. 1 (34). DOI: 10.5281/zenodo.200121 [in Ukrainian].
5. Baldrian P., Branzila M., Popescu R. (2021). Heavy metal accumulation in forest ecosystems: the role of macromycetes as bioindicators. *Environmental Pollution*. Vol. 272. Art. 116410. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.116410> [in English].
6. Borovička J., Sabovljević M., Baldrian P. (2022). Trace elements and contaminants in wild edible mushrooms: Bioindication and toxicological risks. *Science of the Total Environment*. 2022. Vol. 806. Part 2. Art. 150912. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150912> [in English].
7. Certini G., Scalenghe R., Westing A. H. (2020). The chemical footprint of war: Long-term effects of military activities on forest soils and vegetation. *Land Degradation & Development*. Vol. 31, No. 14. P. 1823–1835. DOI: <https://doi.org/10.1002/ldr.3562> [in English].
8. Gąsiorek M., Gąsiorek B., Branzila M. (2023). Bioaccumulation of heavy metals by wild edible mushrooms and berries: Health risk assessment for consumers. *Journal of Hazardous Materials*. Vol. 445. Art. 130511. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2022.130511> [in English].
9. Matusiak M.V., Bondar A.O., Pankova S.O. (2026). Otsinka tekhnogennoho vplyvu na stan nasadzhen lisoparkovoi zony m. Vinnytsia [*Assessment of technogenic impact on the condition of plantations in the forest park zone of Vinnytsia*]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk. Serii: Silskohospodarski nauky – Tavria Scientific Bulletin. Series:*

Agricultural Sciences. 143. 2. 319-325. DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.143.2.36> [in Ukrainian].

10. Matusiak M.V., Neiko I.S. (2026). Osoblyvosti reproduktyvnykh protsesiv na klonovykh plantatsiiakh duba zvychainoho riznykh rezhymiv zridzhennia v umovakh Vinnychchyny [*Peculiarities of reproductive processes in clonal plantations of common oak of different liquefaction regimes in the conditions of Vinnytsia region*]. *Sil'ske hospodarstvo ta lisivnytstvo – Agriculture and forestry*. 2 (41). 90-101. DOI: 10.37128/2707-5826-2026-2-8 [in Ukrainian].

11. Pankova S.O. (2026). Vplyv polezakhysnykh lisosmuh na zberezhennia rodiuchosti gruntiv [*The impact of forest shelterbelts on the preservation of soil fertility*]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk. Serii: Silskohospodarski nauky – Tavria Scientific Bulletin. Series: Agricultural Sciences*. 148. 3. 331-336. DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.3.38> [in Ukrainian].

12. Neiko I.S. (2026). Osoblyvosti stvorennia ta formuvannia lisonasinnievykh plantatsii [*Features of the creation and formation of forest seed plantations*]. *Ahrarni innovatsii – Agricultural innovations*. 36. 343-347. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2026.36.49> [in Ukrainian].

13. Matusiak M.V., Neiko I.S., Neiko O.V., Yurkiv Z.M. (2026). Vplyv intensyvnosti zridzhennia klonovykh plantatsii duba zvychainoho (*Quercus robur* L.) na plodonoshennia v umovakh Vinnychchyny [*The influence of thinning intensity of clonal plantations of common oak (Quercus robur L.) on fruiting in the Vinnytsia region*]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk. Serii: Silskohospodarski nauky – Tavria Scientific Bulletin. Series: Agricultural Sciences*. 148. 2. 353-362. DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.2.41> [in Ukrainian].

ANNOTATION

ASSESSMENT OF THE ECOLOGICAL STATUS OF NON-WOOD FOREST PRODUCTS UNDER MILITARY IMPACT

The article presents the results of a comprehensive scientific study aimed at assessing the ecological and biochemical state of non-wood forest products (NWFPs) under conditions of intensive military load within the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. The relevance of the work is due to the need to study the «invisible» consequences of military operations – long-term biogeochemical transformations in forest biogeocenoses caused by contamination with ammunition detonation products and fuel spills. Experimental studies were conducted during 2024–2026 on the basis of Hnivan forestry of SE «Forests of Ukraine» (military impact zone) and PE «Dashivske» (control, ecologically safe zone) in Vinnytsia region.

The objects of monitoring were *Boletus edulis*, *Cantharellus cibarius* and wild berries *Fragaria vesca*, *Rubus caesius* with high cumulative capacity. Heavy metal concentrations (Pb, Cd, Zn, Cu) in soil and product biomass were determined by atomic absorption spectrometry. Significant spatial heterogeneity of pollution and a direct correlation between the state of soils and toxicant accumulation in NWFPs have been established. In Hnivan forestry soils, MPC excesses were recorded for all metals (copper by 36.7%, cadmium by 28.6%), while in PE «Dashivske» all indicators were normal. The calculated hazard coefficients (Kh) confirmed a critical toxicological threat in the military zone: lead content in porcini mushroom exceeded the MPC by 7.83 times (Kh – 7.83), in chanterelle by 5.71 times, and in dewberry by 5.5 times.

Cadmium content in chanterelles and dewberries exceeded the norm by 3.0 and 4.0 times, respectively. It is proved that anomalous accumulation of Pb and Cd is a consequence of ammunition detonation and destruction of forest litter. Safety measures have been proposed, including risk mapping, a temporary moratorium on NWFPs harvesting within 500 m from military incidents, and soil phytoremediation.

Keywords: *non-wood forest products, edible mushrooms, wild berries, military impact, heavy metals, atomic absorption spectrometry, bioaccumulation.*

Table 3, Ref. 13.

Інформація про автора

Врадій Оксана Ігорівна, кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри екології та охорони навколишнього середовища Вінницького національного аграрного університету (21008, м. Вінниця, вул. Сонячна, 3. e-mail: oksanavradii@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/my-orcid?orcid=0000-0001-7383-3829>).

Oksana Vradii – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Ecology and Environmental Protection of Vinnytsia National Agrarian University (21008, Vinnytsia, 3, Soniachna St., e-mail: oksanavradii@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/my-orcid?orcid=0000-0001-7383-3829>).

Надходження статті 17.07.26.

Прийнято 07.08.26.

Опубліковано 03.09.26.