



DOI: <https://doi.org/10.15407/ugz2025.01.008>

Дідух Я. П.^{1,3}
 Град Ю. А.²

0000-0002-5661-3944
 0009-0002-5899-6798

Мойсієнко І. І.^{2,4}

0000-0002-0689-6392

¹ Інститут ботаніки імені М. Г. Холодного НАН України, Київ

² Херсонський державний університет, Херсон

³ Інститут еволюційної екології НАН України, Київ

⁴ Біосферний заповідник «Асканія-Нова» імені Ф. Е. Фальц-Фейна, Асканія-Нова

Методика оцінювання збитків, завданих лісовим екосистемам, у результаті створення окопів¹

УДК 168.5:504.122:355.423.1'424.1(477-07)(045)

Викладено методику оцінювання збитків від створення військових окопів шляхом розрахунку регулюючих та підтримуючих екосистемних послуг, в основі яких лежать показники енергії біомаси, мортмаси, ґрунту. Методика апробована на прикладі 70-літніх соснових та 120-літніх дубових лісів і включає оцінку прямих збитків від окопів у результаті знищення, а також опосередкованих у результаті пошкодження компонентів екосистем з урахуванням періоду відновлення до нативного стану. Монетарна оцінка збитків від окопів розміром 42 м² для соснових та дубових лісів становить 49,5 та 56,6 тис. у. о., відповідно, а опосередкованих разом із відвалами розміром 166,7 м² — 61,9 і 70,8 тис. у. о. відповідно. Методика може бути використана з метою репарації відшкодування збитків, завданих природним екосистемам.

Ключові слова: збитки довкілля, екосистемні послуги, наслідки воєнного впливу, лісові екосистеми.

Актуальність теми дослідження

Військові дії в Україні спричинили не тільки величезні руйнівні збитки суспільного укладу, а й природи. Таких збитків зазнали різні компоненти довкілля і відповідно до Постанови КМ України № 326 від 20 березня 2022 р. «Про затвердження Порядку визначення шкоди та збитків, завданих Україні внаслідок збройної агресії Російської Федерації» було розроблено та затверджено відповідні методики оцінювання цих збитків, але поза увагою залишилися власне оцінювання природних екосистем. Нами було розроблено та опубліковано відповідну методику [1], в основі якої лежать підходи FEMA-2022 оцінки екосистемних послуг [2]. Запропонована

нами методика не охоплює всієї сфери збитків (зокрема ресурсних та соціально-інформаційних), а відображає регулюючі та підтримуючі, які забезпечують функціонування та відтворення екосистем. Специфіка цього підходу полягає у тому, що збитки оцінюються за показниками енергії, яка за висловом Ю. Одума є «екологічною валютою» [3]. Це універсальні показники, які не залежать від рівня заробітної плати, економічного розвитку суспільства, тому можуть бути використані у випадку репарацій щодо відшкодування збитків.

Збитки екосистем нами трактуються як пошкодження, фактичні і можливі втрати (частини чи повної) компонентів, які виникають у

¹ Робота виконана у рамках конкурсної тематики НФД України «Наука для відбудови України у воєнний та повоєнний періоди» (Проект «Геоінформаційна система просторової оцінки деградації довкілля в Україні внаслідок російської агресії 2022.01/0221») і програмно-цільової та конкурсної тематики НАН України КПКВК 6541230 «Підтримка розвитку пріоритетних напрямів наукових досліджень» за підтримки МБО «Екологія-Право-Людина».

Цитування:

Дідух Я. П., Град Ю. А., Мойсієнко І. І. Методика оцінювання збитків, завданих лісовим екосистемам, у результаті створення окопів. *Український географічний журнал*. 2025. № 1 (129). С. 8–16. DOI: <https://doi.org/10.15407/ugz2025.01.008>

© Видавець ВД «Академперіодика» НАН України, 2025.



Стаття опублікована на умовах відкритого доступу за ліцензією CC BY-NC-ND
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

результати зовнішнього впливу, що призводить до порушення, зміни структури та функції екосистем, погіршення їхнього стану чи тотальної руйнації [1]. Виходячи з цього, такі втрати залежать як від типу та ступеню пошкоджень, так і стійкості, відповіді системи на ці пошкодження: опірності та швидкості відновлення. В основі такого оцінювання лежить автотрофний блок, який найбільш чутливо і візуально відображає ці зміни, тобто і виступає відповідним індикатором.

Враховуючи те, що одним із типів військових руйнувань є будівництво фортифікаційних споруд, які розміщені вздовж усієї лінії бойових дій, їх створення нанесло величезної шкоди довкіллю, то оцінка цих збитків є актуальною. Як модельний фортифікаційний об'єкт нами обрані окопи. Ці фортифікаційні об'єкти є досить поширеними, вони є відносно великими за площею та мають дуже схожі розміри, що дозволяє масштабувати дослідження. Це особливо важливо, оскільки окрім дослідження збитків ми також проводимо дослідження впливу будівництва фортифікаційних об'єктів на рослинний покрив. Результати цих досліджень будуть опубліковані згодом.

Стан вивчення питання, основні праці

Під час Конференції у Фінляндії з обговорення пункту 8 «Екологічна безпека» української «формули миру» прем'єр-міністр України Д. Шмигаль зазначив, що збитки екосистем становлять 65 млрд дол. США, від військових дій постраждало майже 30 % лісів та 20 % природоохоронних об'єктів [4]. Згодом на Конференції ООН з питань зміни клімату (COP29) в Азербайджані міністр С. Гринчук озвучила цифру збитків 71 млрд дол. США [5]. Тобто точних даних дати ніхто не може, але вони величезні та будуть зростати.

Сьогодні проводиться відомча оцінка збитків відповідно до Постанови КМ № 326 внаслідок підриву греблі Каховської ГЕС, пожеж, пошкодження лісосмуг, заповідних об'єктів тощо на основі відповідних затверджених відомствами методик. Розрахована оцінка збитків лісових запасів на основі ресурсної оцінки деревини та значимості інших компонентів [6–7]. Акцент робиться на масштабні об'єкти (лісові ресурси, Каховське водосховище). Проте поза увагою все ще залишається оцінка збитків, завданих різни-

ми типами руйнувань природним екосистемам. Нами розробляються відповідні методики та розпочато дослідження пошкоджень екосистем та їхніх збитків [1, 8–10].

Мета і методи дослідження

У цій статті ми поставили за мету оцінити втрати лісових екосистем через створення окопів, де розміщувалася важка військова техніка російської федерації. Це зумовлено тим, що у більшості випадків такі окопи будувалися саме в лісових масивах, які краще захищені від зовнішнього спостереження та ураження. Водночас у північно-східній Україні на підступах до Києва їх побудована величезна кількість (кілька десятків тисяч), що спричинило значну шкоду лісовим екосистемам. Сьогодні неможливо оцінити масштаби цієї шкоди, оскільки багато територій є недоступними для дослідження, тому акцент робиться на методиці оцінювання на прикладі конкретних окопів, розміри яких, як виявилось, є досить стандартними.

Роботу було розпочато з вимірювання розмірів окопів (довжини, ширини, глибини), що являють собою вириті ями, в яких розміщувалася важка військова техніка. Із тильного боку вони заглиблені, а з протилежного — покаті. З трьох сторін вони оточені відвалами, для яких теж вимірювали довжину, ширину та висоту. Крім того, визначали потужність гумусово-елювіального горизонту ґрунту.

Інший аспект для оцінювання збитків складають дані щодо лісових насаджень (висоти деревостану, діаметру стовбурів, запасів стовбурної деревини та віку), які брали із останніх таксаційних матеріалів датованих 2014 р. Оскільки вік соснових лісів перевищує 70 років, а дубових — вище 120 років, то у такому зрілому віці приріст висоти деревостанів фактично не відбувається, показники є досить стабільними, тому для обчислень використовувалися наведені дані. Натомість відомо, що річний радіальний приріст стовбура дуба становить близько 3 мм, сосни — 1,5 мм [11–12]. Ми використали ці відомі показники з урахуванням збільшення віку деревостану на 10 років. Крім того, для модельних дерев ми проводили обміри окружності стовбура на рівні 1,3 м для подальших конкретних розрахунків. Як модельні ми обирали дерева, висота яких знаходилася на рівні загального деревостану, більш-менш середнього діаметру і

в місці розташування інших дерев на відстанях, які в цілому характерні для даного типу лісу, уникаючи ситуації, коли дерева ростуть на межі відкритого простору, а також загущені посадки. З метою оцінювання зростання кількості дерев на окопах, розраховували площу їхньої умовної «крони». Хоча між кронами дерева є просвіти, але відомо, що основна конкуренція за поживні речовини відбувається у ґрунті, де щільність і розміри кореневої системи більші, тому таку площу впливу кожного дерева, яке має приблизно однакові вік та висоту, розраховували наступним чином. Від модельних дерев обраховували віддаль до тих сусідніх, які межують із короною даного дерева, вимірювали окружність їхнього стовбура для подальшого розрахунку діаметра стовбура та запасів біомаси, а також радіус крони (радіус стовбура та половина віддалі до сусіднього дерева) та площу «крони». Виходячи, з одного боку, з площі окопів та відвалів, а з іншого, — середньої площі крони дерева, розраховували можливу кількість знищених дерев, які могли розміщуватися в межах площі окопа та пошкоджених на відвалах, оскільки коренева система зростаючих там дерев обрубана.

Відповідно до середніх показників діаметра, висоти та віку дерев, розраховували запаси наземної біомаси [13–14], яку переводили в МДж/м², а також показники поглинання CO₂, продукування кисню, транспірації, тобто показники, які описують кліматорегулюючі функції. Оцінювали опад, показники підстилки, що мають ґрунтотворне значення, а також витрати в трофічних ланцюгах на живлення консументів [1].

Важливою складовою екосистеми є наземний покрив, який, особливо у дубових лісах, досить багатий. Для його характеристики використали отримані нами раніше дані на прикладі аналогічних асоціацій заказника «Лісники» Голосіївського НПП [8]. Крім того, обраховували об'єм та площі вийнятого ґрунту, а на основі вмісту у ньому гумусу — втрату його енергетичних запасів. Усі ці дані переводили в монетарні показники, які характеризують вартість втрат [1].

Виклад основного матеріалу з обґрунтуванням наукових результатів

Полігоном досліджень нами було обрано Клавдієвське лісництво Державного підприємства «Клавдієвська лісова науково-дослідна станція»,

де розміщено велику кількість окопів у типових для регіону соснових та дубових лісах. Дослідження передбачали вимірювання розмірів окопів, руйнацію ґрунту та підґрунтових відкладів, знищення та пошкодження деревного, трав'яного ярусу, а також опосередкований вплив, пов'язаний із розчисткою під'їздів та пошкодженням прилеглих територій.

Об'єктами дослідження були окопи, що знаходяться у Клавдієвському лісництві. Це соснові насадження (квартал 30, виділ 8, площа 8,1 га) і (квартал 30, виділ 9, площа 7 га). За даними лісовпорядкування 2014 р. це штучні насадження сосни 63- та 64-річного віку, висотою 23,6 та 22,6 м, діаметром стовбурів 29,0 та 28,2 см, запасом стовбурної деревини 295 та 307 м³/га відповідно.

Дубові ліси (квартал 20, виділи 9 та 10) на час лісовпорядкування мали вік 113 років (тепер 123 роки), висоту деревостану — 26,2 м, діаметр стовбурів — 36,4 см, запас — 447 м³/га. Це віковий дубовий ліс ас. *Betunico-Quercetum* (*Quercion roboris*), який характеризується високим флористичним різноманіттям (у геоботанічному описі понад 50 видів), зокрема наявністю низки видів судинних рослин, що охороняються: *Agrimonia pilosa* Ledeb. та *Iris aphylla* L. (Резолюція № 6 Бернської конвенції), *Lilium martagon* L., *Cephalanthera longifolia* (L.) Fritsch, *Digitalis grandiflora* Mill. [15–16]. З метою збереження вікового дубового лісу планується створення лісового заказника.

Соснові насадження одновікові (74 роки), розташовуються чіткими рядами, що свідчить про їх штучне походження. Їх можна ідентифікувати як ас. *Vaccinio-Pinetum* (*Pinion sylvestris*, *Vaccinio-Pinetea*). Видовий склад відносно бідний, але наявні типові бореальні елементи. Зокрема в складі соснових насаджень зростають два види судинних рослин, що підлягають охороні на регіональному рівні: *Lycopodium clavatum* L. та *Digitalis grandiflora* [16].

Для розрахунку фітомаси і запасу стовбурної деревини нами було здійснено корекцію діаметрів домінуючих деревних видів, наведених за результатами таксації 2014 р. Відомо, що радіальний приріст стовбура для сосни наростає на 1,5 мм за рік, а для дуба — 2,1–3,5 мм (3,2 мм) [11–12, 17–19]. Отже, від часу таксації (10 років тому) діаметр стовбурів дерев збільшився на 15 та 30 мм відповідно.



Рис. 1. Окопи в сосновому лісі: а — загальний вигляд, б — пошкоджений ґрунтовий покрив, в — пошкоджені корені (фото І. І. Мойсієнка).

У сосновому і дубовому лісах було досліджено по 10 окопів. Усі вони практично однакового розміру: середня довжина становить $10,2 \pm 1,4$ м, ширина — $4,0 \pm 0,7$ м, а площа — $42,0 \pm 7,9$ м², глибина біля тильного боку сягає $138,0 \pm 25,6$ см. Із трьох боків вони оточені насипами ґрунту та піску, середня довжина яких становить $14,5 \pm 0,6$ м, ширина — $11,5 \pm 0,5$ м, висота досить істотно коливається, але у середньому $1,2 \pm 0,2$ м. Їхня площа разом із окопами становить $166,7$ м², тобто, площа власне насипів утричі більша, ніж окопів. Відповідно до розрахунків об'єм вилученого субстрату при будівництві окопів становить біля $10,4$ м³, а дерново-підзолистих ґрунтів, які мають середню потужність елювіально-гумусового горизонту 26 см — $3,64$ м³ (рис. 1, 2).

Відстань між деревами в штучних соснових насадженнях становила $2,84 \pm 0,7$ м, дуба — $5,07 \pm 1,6$ м. Отже площа умовної «крони» складає для сосни $7,74$ м², а для дуба — 26 м². На основі цих показників за методикою П. І. Лакиди

Таблиця 1. Показники фітомаси соснових і дубових лісів Клавдієвського лісництва в місцях розташування окопів¹

| Характеристика фітомаси | Сосновий ліс | Дубовий ліс |
|--|--------------|------------------|
| Висота деревостану, м | 22,6–23,6 | 26,6 |
| Діаметр стовбурів, см | 30,0 (29,2) | 40,0–42,0 (42,2) |
| Вік дерев, роки | 74 | 124 |
| Запас стовбурної деревини, кг | 350 (307) | 700 |
| Кора, кг | 18 | 100 |
| Листя (хвоя), кг | 7,1 | 14,0 |
| Гілки, кг | 17 | 97 |
| Крона, кг | 24 | 110 |
| Площа крони та кореневої системи, м ² | 7,75 | 26,0 |
| Надземна фітомаса, кг | 390 | 910 |
| Підземна фітомаса, кг | 78 | 182 |
| Сумарний запас фітомаси деревного ярусу, кг | 468 | 1092 |
| Приріст фітомаси, кг | 14,84 | 32,76 |
| Підріст, чагарниковий ярус, кг | 1,2 | 4,5 |
| Наземний моховий та трав'яний покрив, кг | 2,5 | 5,5 |
| Підстилка, кг | 32,0 | 58,2 |
| Опад, кг | 14,8 | 32,8 |

¹ У дужках наведено дані за таксаційними матеріалами лісоупорядкування.

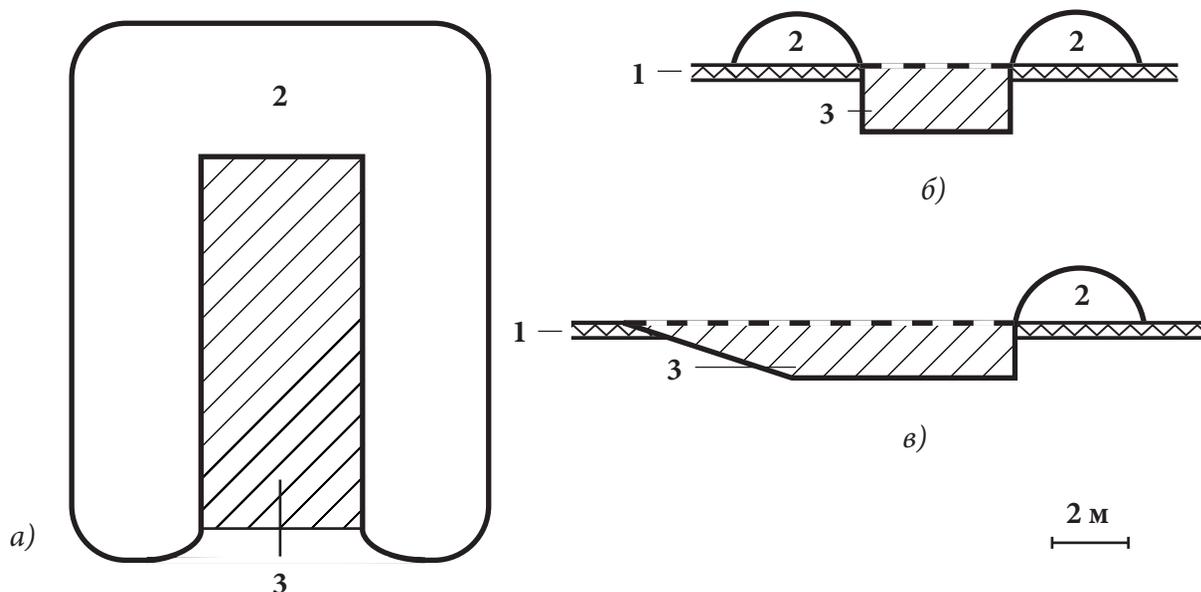


Рис. 2. Типова конструкція окопів: а — вигляд згори, б — поперечний переріз через центр, в — повздовжній переріз через центр; 1 — ґрунтовий покрив, 2 — насип, 3 — окоп (автор Н. В. Черемних).

Таблиця 2. Показники енергії (МДж) у межах крони сосни і дуба в місцях розташування окопів (Клавдієвське лісництво)

| Показники енергії та вартості ¹ | Сосновий ліс | Дубовий ліс |
|---|--------------|-------------|
| Фітомаса деревостану, МДж | 8 452 | 19 722 |
| Підріст, чагарниковий, наземний ярус (трав'яний, моховий покрив), МДж | 66,8 | 180,6 |
| Підстилка та опад, МДж | 845,2 | 1643,5 |
| CO ₂ , МДж | 183,5 | 405,6 |
| O ₂ , МДж | 372,6 | 823,6 |
| Живлення, дихання консументів, редуцентів, МДж | 936,4 | 2154,6 |
| Ґрунт, МДж | 362,6 | 1216,6 |
| Сумарні запаси та витрати енергії, МДж | 9 230,4 | 26 168,5 |
| Збитки біомаси, у. о. | 116,3 | 271,5 |
| Вартість затрат на фотосинтез, дихання, живлення консументів, редуцентів, у. о. | 18,8 | 42,6 |
| Збитки ґрунту, у. о. | 4,6 | 15,3 |
| Сумарні збитки, у. о. | 139,7 | 320,4 |
| Збитки від окопів, у. о. | 754,4 | 527,0 |

¹ 1 у. о. = 1 долар США.

[13, 20] нами розраховано запаси різних компонентів деревостану (стовбурної деревини, кори, листя (хвої), гілок) тобто надземної біомаси, що складає біля 80 % від загальної, а решта — припадає на кореневу систему та пні. Оскільки подальші розрахунки проводяться на основі процентних відношень, то ми використали показники лише середніх значень. Було розраховано середні запаси фітомаси підросту та чагарникового ярусу (1,2 та 4,5 кг), наземного мохово-трав'яного покриву (2,5 і 5,5 кг) та багаторічної підстилки й однорічного опад (46,8 та 91 кг). На основі таких даних ми розрахували відповідні енергетичні показники, які відображають функціональні та підтримуючі екосистемні послуги, із урахуванням того, що еквівалент 1 кг сухої ваги біомаси у середньому становить 18,06 МДж. Підрахунки показали, що фітомаса *Pinus sylvestris* відповідає 8,452 МДж, а *Quercus robur* — 19,722 МДж. Складові, що формуються під наметом крони (підріст, чагарниковий, моховий, трав'яний ярус, опад, підстилка) сумарно мають вагу в соснових лісах 50,5 кг, а під дубом — 101,0 кг, що має 912,0

і 1824,1 МДж відповідно. Тобто цей компонент становить 10,8 % і 9,2 % від фітомаси деревостану. На основі цих даних нами були оцінені інші показники енергетичних витрат: приріст та щорічний відпад біомаси, що у даному зрілому віці деревостану збалансовані і становлять 3 % від загальних запасів (255,6 і 597,1 МДж), а також енергетичні затрати на споживання редуцентів та консументів (10 % від всієї живої та мертвої біомаси) [2]. Показники приросту деревостану, підросту, чагарникового, трав'яного та мохового ярусів (15,63 та 34,55 кг) слугують основою для розрахунків поглинання CO₂, (65 %), що в енергетичному еквіваленті становить 183,48 та 405,58 МДж і продукування кисню — 372,6 і 823,6 МДж.

Таким чином, на основі проведених досліджень нами було підраховано функціональні та підтримуючі екосистемні послуги кліматорегулюючого, ґрунтоутворюючого характеру та забезпечення функціонування гетеротрофного блоку для соснових та дубових лісів, що становить 10 856,5 та 24 929,9 МДж відповідно.

Для цілісної картини були розраховані відповідні енергетичні показники ґрунту. Ґрунт на дослідженій території дерново-підзолистий піщаний, у якому гумусово-елювіальний горизонт (HE) у середньому становив 26 см. Відповідно його питома енергоємність становить 310–508 ГДж/га [21]. На основі цих даних нами розраховано енергетичні втрати ґрунту у межах крони дерева соснових 362,6 МДж та дубових 1216,6 МДж лісів. Для оцінки збитків ці показники переводяться у гігаджоулі (1 ГДж = 10³ МДж) і, залежно від ціни умовного палива (1 ГДж, вартість якого на даний момент становила 12,6 у. о.), екосистемні послуги відповідають 139,7 та 320,4 у. о. у межах крони дерев сосни звичаної та дуба звичаного, а у межах окопа 754,4 та 527,0 у. о., відповідно. Отже, щорічні втрати на одному окопі соснових лісів, де кількість дерев становить 5,4, вищі, ніж дубових лісів, де кількість дерев становить лише 1,6.

Проте збитки, на відміну від екосистемних послуг, розраховуються з урахуванням часу відновлення [1]. При цьому процеси фотосинтезу та дихання досягають свого максимуму уже у 30 років, а для відновлення гумусу в ґрунті необхідно формування сталої екосистеми, тобто майже 100 років. З урахуванням цього, збитки для 70-річного соснового лісу становлять

49,49 тис. у. о., а 120 річних дубових — 56,62 тис. у. о., тобто для вікових дубових лісів вони вищі за рахунок більшого періоду відновлення, що можна використовуватися при оцінці збитків природних лісових екосистем.

На площі, яку займає окоп разом із площею відвалів, може зростати 21,5 дерев сосни та 6,4 дуба, а власне на відвалах 16,2 сосен та 4,9 дубів, коріння яких у тій чи іншій мірі пошкоджене. Формування відвалів також суттєво впливає на стан та цілісність екосистем: у межах відвалів відбувається знищення мохово-лишайникового та трав'яного ярусу, а також молодого підросту дерев та чагарників, поховання ґрунтів, підстилки і опаду, суттєве пошкодження кореневої системи дерев тощо. Втрати з урахуванням зазначених пошкоджень в межах насипів відвалів, які опосередковано впливають на функціонування екосистем, ми оцінюємо в 25 % від збитків окопів. Відтак, враховуючи більшу площу території, зайнятих насипами, збитки від спорудження окопів можуть становити для соснових лісів 61,9 у. о. та 70,8 тис. у. о. — для дубових. Оцінені нами збитки відображають регулюючі та підтримуючі екосистемні послуги, але не враховують ресурсних та інформаційно-культурних. За оцінкою співвідношення між показниками різних типів екосистемних послуг, узагальнених на рівні біомів помірних лісів, регуляційні складають 15,64, а підтримуючі — 28,6 %, тобто сукупно 44,24 % [22–23]. Відтак загальні прямі і опосередковані збитки від окопа можуть становити 140–160 тис. у. о., тобто за сьогоднішнім курсом біля від 5,6 до 6,4 млн грн. Однак потрібно предметніше підійти до їх оцінки, враховуючи технічні затрати на відновлення ґрунтового покриву, вирощування та догляд за саджанцями дерев, розмінування територій, які у багатьох місцях небезпечні для проведення технічних заходів та відвідування лісу.

Апробована нами на прикладі Клавдієвського лісництва методика, яку ми запропонували раніше [1, 9], з урахуванням наявних лісотаксаційних даних, може бути масштабована на інші типи лісів в межах усієї території враженої війною. А у випадку автоматичного програмування розрахунків, вона стане досить простою у використанні. Враховуючи, що ця методика базується на досягненнях світової екологічної науки, можна пропонувати її для затвердження її для розрахунку збитків завданих росій-

ською військовою агресією з метою отримання репарацій. Масштабність і глибина порушень природних екосистем трактується нами як екологічний злочин, збитки яких потребують відшкодування [10].

Висновки

Відповідно до завдань, викладених у Постанові КМУ № 326 від 20 березня 2022 р., оцінювання втрат природних екосистем проводиться не повною мірою, а існуючі методики оцінювання збитків недосконалі. Одним із типів військових руйнувань є будівництво фортифікаційних споруд, окопів, створення яких нанесло величезної шкоди довкіллю, тому оцінка цих збитків є актуальною.

В основі запропонованої методики лежить оцінювання функціональних і підтримуючих екосистемних послуг на основі показників енергії фітомаси та інших компонентів, що відображають кліматорегулюючу, ґрунтоутворюючу та забезпечення функціонування й відновлення екосистеми до нативного стану. Запропоновану методику було апробовано на прикладі штучних соснових (*Vaccinio-Pinetum*, *Pinion sylvestris*) насаджень (74 роки) та дубових (*Betonic-Quercetum*, *Quercion roboris*) природних лісів (124 роки) Клавдієвського лісництва. Показники енергозапасів становлять для сосни в середньому 10 856,5, а дуба — 24 929,9 МДж. Завдані збитки було розраховано з урахуванням втрат біомаси, порушення ґрунту та часу відновлення лісових насаджень,

а енергетичні характеристики було переведено в монетарні показники. З урахуванням цього, збитки для соснового насадження становлять 49,49 тис., а дубового — 56,62 тис. у.о. На площі, яку займає типовий окоп, може зростати 5,4 дерев сосни та 1,6 дуба, а власне на відвалах 16,2 сосен та 4,9 дубів, коріння яких тією чи іншою мірою пошкоджено. Втрати з урахуванням зазначених пошкоджень у межах насипів відвалів, які опосередковано впливають на функціонування екосистем, ми оцінюємо в 25 % від збитків, завданих побудовою окопів. Враховуючи збитки на ділянках, зайнятих насипами і механічні пошкодження кореневих систем, стовбурів дерев, збитки від спорудження окопів можуть становити для соснових лісів 61,9 тис., а для дубових лісів 70,8 тис. у.о. відповідно.

Подяки

Автори статті висловлюють щире вдячність дирекції державного підприємства «Клавдієвська лісова науково-дослідна станція», зокрема: заступнику директора С. Грамушняку за надану інформацію; старшому майстру лісу М. Перевознику за логістику на місцевості, колегам Л. Зав'яловій, О. Кучер, О. Міської (Інститут ботаніки імені М. Г. Холодного), В. Шаповалу (Біосферний заповідник Асканія-Нова імені Ф. Е. Фальц-Фейна), О. Ходосовцеву (Херсонський державний університет), Н. Диренко (Херсонське відділення УБТ) за насичені експедиційні будні.

Література [References]

1. Didukh, Ya. P., Sokolenko, U. M., Rasevych, V. V., & Gavrylov, S. O. (2024). Methodology for calculating environmental damage to natural ecosystems and their components: a manual. [Edited by O.V. Kravchenko]. Lviv-Kyiv: Manuscript Company Publishing House, 2024. 68 p. [In Ukrainian] [Д і д у х Я. П., Соколенко У. М., Р а с е в и ч В. В., Г а в р и л о в С. О. (2024). Методика розрахунку екологічних збитків природних екосистем та їхніх компонентів : посібник. [за заг. ред. та упор. О. В. Кравченко]. Львів-Київ : вид-во «Компанія „Манускрипт“», 2024. 68 с.]
2. FEMA Ecosystem Service Value Updates. 2022. 195 p. URL: https://www.fema.gov/sites/default/files/documents/fema_ecosystem-service-value-updates_2022.pdf (29.11.2024).
3. Odum Yu. (1986). Ecology. Moscow: Mir. T.1. 328 p. [О д у м Ю. (1986). Экология. М.: Мир, 1986. Т.1. 328 с.]
4. Padiriakova O. (2024). Ukrainian Prime Minister: Damages to Ukrainian ecosystems as a result of the war amounted to \$65 billion. ZMINA. URL: <https://zmina.info/news/zbytky-ukrayinskym-ekosystemam-vnaslidok-vijny-sklaly-65-milyardiv-dolariv-premyer-ukrayiny> (Date of application: 27.11.2024). [П а д і р я к о в а О. Збитки українським екосистемам внаслідок війни склали 65 мільярдів доларів — прем'єр України. ZMINA. URL: <https://zmina.info/news/zbytky-ukrayinskym-ekosystemam-vnaslidok-vijny-sklaly-65-milyardiv-dolariv-premyer-ukrayiny> (дата звернення: 27.11.2024)].
5. Kinsha D. (2024). Over 1000 days of war, environmental damage in Ukraine amounted to more than \$70 billion — Ministry of Environment. Suspilne Novyny. URL: <https://suspilne.media/883713-za-1000-dniv-vijni-zbitki-dovkillu-ukraini-sklalopnad-70-mlrd-dolariv-mindovkilla> (Date of application: 27.11.2024). [In Ukrainian]

[Кінша Д. За 1000 днів війни збитки докілью України склали понад 70 млрд доларів — Міндовкілля. Суспільне Новини. URL: <https://susplne.media/883713-za-1000-dniv-vijni-zbitki-dovkillu-ukraini-sklali-ponad-70-mlrd-dolariv-mindovkilla> (дата звернення: 27.11.2024).]

6. Zahvoyska, L. (2014). Theoretical approaches to determining economic value of forest ecosystems services: benefits of pure stands transformation into mixed stands. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*. 12. 201–209. [In Ukrainian] [Загвойська, Л. Д. Теоретичні підходи до визначення економічної вартості послуг лісових екосистем: вигоди перетворення чистих деревостанів у мішані. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*. 2014. 12. 201–209.]
7. Tkach, V. P., Vysotska, N. Yu., Torosov, A. S., Buksha, I. F., Pasternak, V. P., Los, S. A., Kobets, O. V., Tarnopilka, O. M., Tarnopilskiy, P. B., Kalashnikov, A. O., Zhezhkun, I. M., Koval, I. M., Sydorenko, S. H., Sydorenko, S. V., Bondarenko, V. V., & Bondar, O. B. (2023). Economic evaluation of ecosystem services of Ukrainian forests: Scientific publication. Kharkiv. URIFFM. 28. [In Ukrainian] [Ткач В. П., Висоцька Н. Ю., Торосов А. С., Букша І. Ф., Пастернак В. П., Лось С. А., Кобець О. В., Тарнопільська О. М., Тарнопільський П. Б., Калашніков А. О., Жежкун І. М., Коваль І. М., Сидоренко С. Г., Сидоренко С. В., Бондаренко В. В., Бондар О. Б. Економічна оцінка екосистемних послуг лісів України: наукове видання. Харків. УкрНДІЛГА. 2023. 28. ISBN 978-617-8195-57-1]
8. Didukh, Ya. P., & Aloskhina, U. M. (2012). Ecotope Classification of Kyiv. Kyiv: NaUKMA, Agrar Media Group. 163 p. [In Ukrainian] [Дідух Я. П., Альошкіна У. М. Біотопи міста Києва. К.: НаУКМА, Аграр Медіа Груп, 2012. 163 с.]
9. Didukh, Ya. P. (1922) Ecosystem approach to assessing the impact of threats and losses caused by military actions. *Visnik Natsionalnoi Akademii Nauk Ukraini*. 6., 16–25. [In Ukrainian] [Дідух Я. П. Екосистемний підхід до оцінки збитків, завданих військовими діями. *Вісник Національної академії наук України*. 2022. 6. 16–25.] DOI: <https://doi.org/10.15407/vsn2022.06.016>
10. Didukh, Y., Maruniak, Ye., Lisovskyi, S. & Kuzemko, A. (2024). Methodological aspects of classification of environmental impacts caused by russian aggression in Ukraine. *Ukrainian Geographical Journal*. 2 (126). 3–12. DOI: <https://doi.org/10.15407/ugz2024.02.003>. [In Ukrainian] [Дідух Я. П., Маруняк Є. О., Лісовський С. А., Куземко А. А., Чехній В. М. Методологічні аспекти типізації впливів на довкілля, спричинених російською агресією в Україні. *Український географічний журнал*. 2024. 2 (126). 3–12.]
11. Koval, I. M. (2007). Climate influence on the dynamics of radial growth of *Pinus sylvestris* L. in the forest and forest-steppe zones of Ukraine. *Forestry and Forest Melioration*. 116. 51–58. [In Ukrainian] [Коваль І. М. (2007). Вплив клімату на динаміку радіального приросту *Pinus sylvestris* L. у лісовій і лісостеповій зонах України. *Лісівництво і агролісомеліорація: зб. наук. праць*. Х.: Вид-во УкрНДІЛГА. 2007. Вип. 116, 51–58.]
12. Zborovska, O. V., Krasnov, V. P., Landin, V. P., & Zakharchuk, V. A. (2018). Radial growth of a pine forest on moraine deposits of Zhytomyr Polissya. *Agroecological Journal*. 1. 7–13. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2018.159233> [In Ukrainian] [Зборовська О. В., Краснов В. П., Ландін В. П., & Захарчук В. А. (2018). Радіальний приріст сосни звичайної на моренних відкладах Житомирського Полісся. *Агроекологічний журнал* (1), 7–13.] DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2018.159233>
13. Lakyda, P. I., Vasylyshyn, R. D., Lashchenko, A. G., & Terentiev, A. Y. (2011). Standards for estimation of aboveground phytomass components of trees of the main forest-forming species of Ukraine. Kyiv: Eco-inform Publishing House, 2011. 192 p. [In Ukrainian] [Лакида П. І., Василюшин Р. Д., Лашченко А. Г., Терент'єв А. Ю. Нормативи оцінки компонентів надземної фітомаси дерев головних лісотвірних порід України. К.: ВД «Еко-інформ», 2011. 192 с.]
14. Lakyda, P. I., Bala, O. P., Matushevych, L. M., Lakyda, I. P. & Ivanyuk, I. D. (2018). Forestry and ecological potential of the oak forests of Polissya of Ukraine. Monograph. Korsun-Shevchenkivskiy: FOP Maydachenko I.V. 206 p. [In Ukrainian] [Лакида П. І., Бала О. П., Матушевич Л. М., Лакида І. П., Іванюк І. Д. Лісівничо-екологічний потенціал дібров Полісся України : монографія. КорсуньШевченківський : ФОП Майдаченко І. В., 2018. 206 с.]
15. Didukh, Y. P. (ed.). (2009). Red Data Book of Ukraine. Vegetation kingdom. Kyiv: Globalconsulting Publishing House. 900 p. [In Ukrainian] [Дідух Я. П. (ред.). Червона книга України. Рослинний світ. К.: Вид-во Глобалколсалтинг, 2009. 912 с.]
16. Solomakha, V. A. (ed.) (2016). Vascular plants of the Emerald Network of Ukraine under protection of the Bern Convention. Kyiv: FOP Yevenok O. O., 2016. 152. [In Ukrainian] [Судинні рослини Смарагдової мережі України під охороною Бернської конвенції. Колектив авторів під ред. В. А. Соломахи. К.: ФОП Євенко О. О., 2016. 152 с.]
17. Prokopuk, Y. (2017). Carbon sequestration ability of *Quercus robur* L. plantation in Feofania Park, Kyiv. *Chornomorski Botanical Journal*. 13(3). 258–265. DOI: <https://doi.org/10.14255/2308-9628/17.133/116> [In Ukrainian] [Прокопук Ю. С. Вуглецедепонувальна здатність насадження *Quercus robur* L. парку «Феофанія», м. Київ. *Чорноморський ботанічний журнал*. 2017. 13(3). 258–265. DOI: <https://doi.org/10.14255/2308-9628/17.133/1>]
18. Bronisz, A., Bijak, S., Bronisz, K., & Zasada, M. (2012). Climate influence on radial increment of oak (*Quercus sp.*) in central Poland. *Geochronometria*. 39. 276–284.

19. Cufar, K., Grabner, M., Morgós, A., Martínez del Castillo, E., Merela, M., & De Luis, M. (2014). Common climatic signals affecting oak tree-ring growth in SE Central Europe. *Trees*. 28. 1267–1277.
20. Vasylyshyn R. D., Yurchuk Yu. M., Lakyda I. P., & Bondarchuk R. P. (1921). Energy content in woody biomass of Zhytomyr Polissia's forests. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*. Vol. 12. No. 1. 25–33. [In Ukrainian] [Василишин Р., Юрчук Ю., Лакида І., Бондарчук Р. Енергоємність деревної біомаси лісів Житомирського Полісся. *Український журнал лісівництва та деревинознавства*. 2021. Т. 12, № 1. 25–33.]
21. Tarariko, Yu. O., Nesmasna, O. Yu., & Lychuk, G. I. (2007). Estimation and Adjusting of Energy Capacity of Soils of Ukraine. *Ukrainian Phytosociological Collection*. Iss. C, V. 25. 41–47. [In Ukrainian] [Тараріко Ю. О., Несмашна О. Ю., Личук, Г. І. (2007). Оцінка та регулювання енергоємності ґрунтів України. *Український фітоценологічний збірник*. Сер. С, вип. 25. С. 41–47.]
22. De Groot, R., Brander, L., Van Der Ploeg, S., Costanza, R., Bernard, F., Braat, L. & Van Beukering, P. (2012). Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units. *Ecosystem services*. 1(1). 50–61.
23. De Groot, R., Brander, L., & Solomonides, S. (2020). Update of Global Eco-System Service Valuation Database. Final report (June 2020). 58 p.

Стаття надійшла до редакції 21.02.2025

Didukh, Ya. P.^{1,3}

 0000-0002-5661-3944

Moysiyenko, I. I.^{2,4}

 0000-0002-0689-6392

Hrad, Yu. A.²

 0009-0002-5899-6798

¹ M. G. Kholodny Institute of Botany of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv

² Kherson State University, Kherson

³ Institute for evolutionary ecology of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv

⁴ Friedrich Falz-Fein Biosphere Reserve "Askania Nova," Askania Nova

Methodology for Assessing Damage to Forest Ecosystems as a Result of the Creation of Trenches

UDC 168.5:504.122:355.423.1'424.1(477-07)(045)

The article presents a methodology for assessing the damage caused by the creation of military caponaries. It calculates the regulating and supporting ecosystem services based on biomass, mortar and soil energy. The methodology was tested on a 70-year-old pine forest and a 120-year-old oak forest. It provides for the assessment of direct losses caused by military trenches as a result of destruction and indirect losses as a result of damage to different ecosystem components, taking into account the time needed for recovery to the native state. The monetary value of the losses due to trenches of 42 m² for pine and oak forests is 49.5 and 56.6 thousand USD, respectively, and the indirect losses due to dumps of 166.7 m² are 61.9 and 70.8 thousand USD, respectively. The methodology can be used for the purpose of compensation of the damage caused to the natural ecosystems.

Keywords: *environmental damage, ecosystem services, results of military impact, forest ecosystems.*

For citation:

Didukh, Ya. P., Hrad, Yu. A., & Moysiyenko, I. I. (2025). Methodology for Assessing Damage to Forest Ecosystems as a Result of the Creation of Trenches. *Ukrainian Geographical Journal*. No. 1(129): 8–16. [In Ukrainian] DOI: <https://doi.org/10.15407/ugz2025.01.008>

Copyright © 2025 Publishing House *Akadempyodyka* of the National Academy of Sciences of Ukraine.



The article is published under the open access license CC BY-NC-ND license

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>