



ДІДУХ

Яків Петрович —
академік НАН України,
завідувач відділу геоботаніки та
екології Інституту ботаніки
ім. М.Г. Холодного НАН України

ЕКОСИСТЕМНИЙ ПІДХІД ДО ОЦІНКИ ЗБИТКІВ, ЗАВДАНИХ ВОЄННИМИ ДІЯМИ

У статті висвітлено екологічні аспекти оцінки збитків, завданих довкіллю внаслідок повномасштабного вторгнення РФ в Україну. Запропоновано оцінювати збитки в балах за трьома критеріями: ступінь пошкодження, стійкість та вразливість на прикладі урбоекосистем. Автор наголошує, що звернення з вирішенням екологічних проблем у найближчому майбутньому може призвести до значно більших екологічних та економічних наслідків, ніж ми уявляємо на початковому етапі. Ключове завдання для екологів полягає в тому, щоб передбачити «каскадні процеси», оцінити їх можливий негативний вплив на довкілля і запропонувати ефективні заходи протидії. Підкреслено, що заходи з відновлення довкілля потребують розроблення комплексних програм, залучення наукових, людських і технічних ресурсів, пошуку джерел фінансування, зокрема відшкодування збитків за рахунок коштів агресора.

Ключові слова: шкода довкіллю, воєнні дії, бальна оцінка, збитки, урбо-екосистема, біотопи, Україна.

У XXI ст. війни стали серйозною загрозою довкіллю, настільки серйозною, що їх наслідком може бути руйнування біосфери. Воєнна агресія Російської Федерації проти України, розпочата 24 лютого 2022 р., вже спричинила величезні збитки в різних сферах суспільного життя, зокрема й руйнацію природи України. Безумовно, оцінка цих збитків та розроблення планів щодо відновлення потребуватимуть глибоких комплексних наукових обґрунтувань та залучення фахівців різних спеціальностей, але вже сьогодні на основі аналізу поточної ситуації можна зробити певні попередні висновки.

У світовій літературі проблемі впливу воєнних дій на довкілля приділено велику увагу [1–8]. Комісія міжнародного права ООН розробила проєкт юридичних принципів, спрямованих на захист довкілля до, під час і після збройних конфліктів, але цей документ, на жаль, не набув чинності [9]. У Європі вплив воєнних дій на довкілля розглядався в аспекті конфлікту на Балканах [10, 11], а в Україні про зумовлені війною загрози для природи згадували лише побіжно [12]. Уперше такі збитки та їх наслідки почали фіксувати після окупації Криму та частини Донбасу [13–15].

Однак ті події ніяк не можна порівняти з широкомасштабним руйнівним характером війни 2022 р., коли було порушено всі можливі угоди і принципи ведення бойових дій. Уже через місяць від початку війни благодійна організація «Екодія» зафіксувала 111 екологічних злочинів, пов'язаних з пошкодженням та знищенням промислових об'єктів, житлових масивів, інфраструктури, обладнання, масштабними пожежами, викидами токсичних відходів, розливом нафтопродуктів, розривами ракет, снарядів, мін, залишками військової техніки, відпрацьованої зброї різних типів. Усе це значною мірою забруднює ґрунт, підземні, річкові та морські води, нівечить рослинний покрив [16, 17]. Найбільшої руйнації зазнали міста і села. Бойові дії в них супроводжувалися величезними людськими жертвами, що спричинило потужні міграційні потоки, великі соціально-економічні та екологічні збитки, психологічні травми, наслідки яких важко оцінити.

У період з 28 лютого по 3 березня 2022 р. в Найробі (Кенія) відбулася п'ята сесія Асамблеї ООН з навколишнього середовища — керівного органу Програми ООН з навколишнього середовища (ЮНЕП), на якій у зв'язку з війною в Україні було зроблено відповідну заяву та прийнято спеціальну програму з метою негайного початку робіт з виявлення та моніторингу екологічних збитків, очищення та відновлення довкілля, а також створення механізмів для їх фінансування.

Після закінчення війни неодмінно постане питання щодо відновлення зруйнованої інфраструктури та компенсації збитків, що потребуватиме їх всебічної оцінки, а відтак, розроблення відповідних методичних підходів. Зрозуміло, це завдання компетентних органів, але ми можемо привернути увагу фахівців до аспектів, які стосуються оцінки збитків, завданих довкіллю та умовам проживання людини, а також поділитися своїми напрацюваннями та підходами, які, можливо, стануть у пригоді.

Збитки (втрати) внаслідок воєнних дій охоплюють різні сфери — руйнація інфраструктури, погіршення умов життєдіяльності, втрата майна, людських ресурсів, забруднення довкілля,

знищення природних багатств та історичних пам'яток, економічні, соціальні, психологічні проблеми тощо. З цього переліку ми зупинимося лише на тих аспектах, які прямо чи опосередковано стосуються екологічної сфери. Такі збитки оцінюють за трьома показниками: 1) ступінь пошкодження; 2) стійкість до впливу загроз; 3) вразливість [18–20]. Пошкодження та руйнації залежать від типу зовнішньої загрози та внутрішньої структури об'єкта (системи), на яку діє зовнішня загроза, а також від того, відносно чого/кого проводиться оцінка.

Стійкість розглядають як спроможність протидіяти змінам зовнішнього середовища, здатність до самоорганізації, збереження своєї структури і характеру функціонування та можливість повернення до вихідного стану. Її оцінюють за опірністю системи до впливу загрози та відновлюваністю (лабільністю) [21–25]. Вразливість трактують як імовірність збільшення збитків чи руйнацій під дією зовнішніх факторів. Її можна оцінювати за ступенем порушеності структури, функцій системи під дією зовнішнього впливу, здатністю адаптуватися до відповідних умов, проте слід визнати, що кількісне вираження вразливості є доволі проблематичним [26–28]. Насамперед потрібно визначитися з компонентом, відносно якого визначається вразливість: чи то зовнішня форма (об'єкт — інфраструктура, житлові приміщення, школа, лікарня, дитсадок тощо), чи то її наповнення (суб'єкт — щільність, склад, вікова структура населення тощо). Вважається, що дослідження цієї проблеми, розроблення методів оцінки стійкості, вразливості є важливим у соціально-екологічних дисциплінах. Отже, стійкість і вразливість визначають реакцію системи та її здатність до адаптації до зовнішнього впливу, тому ці поняття є ключовими при оцінюванні впливу загроз та збитків [27].

Оцінка загроз, стійкості, вразливості, ризиків втрат залежить від типу і структури екосистем, які трактують як біотопи. Для кожного типу біотопів є свої загрози та небезпеки, вони мають різну вразливість і стійкість, що й зумовлює різні наслідки та ризики втрат. Одні й ті самі загрози спричинюють в одних випад-

ках руйнівний, а в інших — непомітний вплив. Розроблена екологами оцінка впливу загроз, збитків, втрат ґрунтується на класифікації екосистем (біотопів). За європейською класифікацією EUNIS усе різноманіття екосистем розподіляється на 10 типів: А — морські; В — прибережні; С — водні; D — прибережно-болотні; Е — трав'яні; F — чагарникові; G — лісові; Н — наскельні; I — сільськогосподарські, що постачають ресурси для задоволення потреб людини (від харчування до естетичної насолоди); J — технічні, що забезпечують проживання та існування (інфраструктура) [29, 30].

Кожен населений пункт можна трактувати як комплексну урбоекосистему, для якої характерне закономірне поєднання різних типів біотопів, що охоплюють як суцільну забудову та інфраструктуру, тобто технотопи, так і території, зайняті природною рослинністю, що задовольняють потреби людини і функціонують як цілісна система. За розмірами це може бути мегакомплекс (великі міста, мегаполіси зі складною інфраструктурою, фабриками, заводами, культовими спорудами), макрокомплекси (менші міста і містечка, в яких зазначені компоненти частково відсутні), мезокомплекси (сільські населені пункти). Хоча основою урбоекосистеми є технотопи, в них включають ділянки природних екосистем, що мають особливу цінність, оскільки не лише зберігають характерні природні риси, забезпечують відтворення біотичного різноманіття, задовольняють соціально-естетичні потреби населення, а й відіграють роль еталонів, відносно яких можна оцінювати зміни та стан урбоекосистем, їх вплив на довкілля, розробляти певні рекомендації прикладного характеру. Вони є важливими об'єктами для дослідження багатьох природних процесів, їх моделювання. Тому під час розрахунку збитків ми маємо не лише оцінювати вартість споруд, комунікацій, а й розглядати завдані воєнними діями збитки набагато ширше і глобальніше, ніж прямі наслідки боїв, оскільки вони спричиняють цілий комплекс інших загроз. Серед таких загроз — знищення природних біотопів та втрата їх окремих компонентів, пошкодження структури, зниження

рівня екосистемних послуг, зміна сукцесій, вплив на конкурентні спроможності, адвентивація, порушення ґрунту, зміна гідрорежиму, радіаційного фону, механічні пошкодження, пожежі тощо. При цьому одна й та сама загроза має різний вплив на різні типи екосистем. Воєнні дії так чи інакше позначаються на всіх типах екосистем, хоча збитки від них істотно різняться. Найбільші проблеми пов'язані з пошкодженням чи руйнацією екосистем, створених людською цивілізацією, що не лише задовольняють потреби, а й забезпечують існування людей як біологічної популяції. Це зменшення чисельності населення, каліцтво, втрата працездатності, вимушене переселення людей, тобто зміна структури популяції, а також зміна умов її існування. Відтак, на першому етапі для категорій I та J необхідно скласти перелік і розробити типізацію всіх видів порушення структури людських популяцій та пошкоджень і руйнувань (збитків) соціально-економічних умов їх існування. Наступний етап — оцінка розмірів (величини та структури) збитків. Третій етап — оцінка економічних, ресурсних втрат (будівлі, врожаї агрокультур, інфраструктура, комунікації, інші технічні споруди), втрат соціальних, культурних, історичних, рекреаційних, сакральних цінностей та людських жертв з урахуванням часу та витрат на їх відновлення. Хоча людські жертви є найбільш тяжкими і непоправними втратами, що не піддаються оцінці, однак про них обов'язково слід говорити, оскільки вони нагадуватимуть про себе протягом кількох поколінь.

Розрахунки збитків досить складні, потребують багато часу і високої кваліфікації виконавців, особливо якщо стосуються окремо кожного об'єкта. Тому на першому етапі доцільно використати спрощені підходи, зокрема бальні оцінки, що дає можливість зробити певні узагальнення та порівняння, на основі яких можна проводити подальші операції, зокрема оцінку екосистемних послуг та фінансових витрат. Науковці широко використовують бальні оцінки, які ґрунтуються на думках експертів, а потім узагальнюють їх без детальних розрахунків.

Бальна оцінка збитків урбоєкосистем унаслідок воєнних дій

Характеристики збитків	Бальна оцінка			
	4	3	2	1
Можливість відновлення урбоєкосистем	Інфраструктура знищена повністю і не підлягає відновленню	Відновлення інфраструктури можливе	Необхідний капітальний ремонт об'єктів	Необхідний технічний ремонт
Масштабність руйнування	Великий регіон або населений пункт державного значення	Населений пункт обласного значення та прилеглі території	Окремі частини населеного пункту	Локальні пошкодження
Значущість найцінніших пошкоджених об'єктів	Цінний, унікальний для України	Цінний, унікальний для регіону (області)	Цінний для населеного пункту	Типова структура
Оцінка збитків інфраструктури	Знищено всю інфраструктуру населеного пункту	Знищено частину об'єкта і прилеглу (обслуговуючу) інфраструктуру	Знищено функції цільового об'єкта	Порушено функції цільового об'єкта
Оцінка втрат населення	Масові людські жертви	Жертви серед мешканців	Тотальна міграція населення, поодинокі випадки жертв	Міграція населення
Оцінка фінансових потреб на відновлення зруйнованої інфраструктури	Потребує масштабного зовнішнього фінансування	Потребує державного фінансування та залучення окремих спонсорів	Потребує обласного фінансування	Можливе відновлення за рахунок місцевого фінансування
Різноманітність збитків	Повне знищення різних типів інфраструктури	Обмежена зона знищення технотопів (житлових масивів та інших типів інфраструктури)	Знищення цільового об'єкта та прилеглої інфраструктури	Знищення чи пошкодження цільового об'єкта одного типу
Оцінка втрат у тваринництві, птахівництві	Повне знищення ферм, комплексів, тварин / птахів	Часткове знищення поголів'я худоби чи птахів	Втрата худоби чи птахів у приватному секторі	Окремі випадки втрати худоби чи птахів
Оцінка втрат рослинної сільськогосподарської продукції	Руйнація с/г угідь та втрата врожаю, що не підлягає відновленню протягом року	Втрата річного запасу с/г продукції населеного пункту	Втрата с/г продукції мешканців населеного пункту, яка може бути відновлена протягом сезону	Втрата запасів с/г продукції окремих фермерів
Прогнозний час відновлення	Відновленню не підлягає	5–10 років	2–5 років	Протягом року
Наявність заражених чи забруднених територій	Територія небезпечна для перебування	Територія непридатна для проживання	Територія потребує очищення	Окремі ділянки потребують очищення
Наявність замінених територій чи об'єктів	Значні площі замінених ділянок, що спричинило людські жертви	Заміновані ділянки, що спричинило руйнування чи пошкодження інфраструктури	Території, окремі об'єкти, які потребують розмінування	Території та об'єкти потребують огляду

Для природних і екосистем, де збитки оцінюються за негативним впливом антропогенних факторів на зміну біотопів (природного середовища і біоти), розроблено методику оцінки IUCN [30, 31] та методику для окремих країн. В Україні розроблено бальні, кількісні критерії таких оцінок на основі масштабів впливу, науково-соціологічної цінності, можливості відновлення, а також категоризації цінності біотопів [32]. Однак у ній поза увагою залишилися штучні екосистеми (І–J), створені людиною для забезпечення своїх потреб, — їх оцінку слід проводити за іншими критеріями.

Ми не вважаємо себе фахівцями з оцінювання збитків техногенних екосистем, але для прикладу пропонуємо таку схему, прийнятну, на нашу думку, для порівняльного аналізу.

У таблиці наведено перелік ознак, що характеризують збитки урбоекосистем, а також їх стійкість та вразливість, які оцінюються за шкалою від 1 до 4 балів. При цьому залежно від типу урбоекосистеми (місто чи село) цей перелік можна змінювати, окремі позиції (ознаки) вилучати чи додавати і проводити розрахунки за наявними збитками. За вихідну позицію — точку відліку — взято відсутність порушень, позначену балом «0».

Отже, з огляду на масштаби, розміри, ступені втрат, а також можливість відновлення, всі урбоекосистеми розподіляють на такі п'ять категорій:

А (понад 80 % балів) — ремонту не підлягають і потребують формування нової інфраструктури;

Б (60–79 %) — потребують значного додаткового (зовнішнього) фінансування;

В (40–59 %) — ремонтні та відновлювальні роботи потребують додаткової фінансової та матеріальної допомоги;

Г (20–39 %) — збитки незначні, ліквідація наслідків можлива за рахунок власних резервів на рівні ОТГ;

Д (до 20 %) — територія фактично не зазнала пошкоджень.

Такий попередній аналіз є підґрунтям для більш глибокої й конкретної оцінки на основі даних щодо втрат і збитків, зафіксованих меш-



Руйнація траси Київ–Чернігів та пошкодження прилеглих територій



Приклад повної руйнації урбоекосистеми на території Броварського району Київської області

канцями в кожному населеному пункті. Крім оцінки втрат особистого характеру, важливою є оцінка втрат чи зниження рівня екосистемних послуг для кожної урбоекосистеми. Під екосистемними послугами розуміють вигоду для суспільства, що передбачає не лише вартісну економічну цінність (оцінка споруд для очищення вод, повітря, виготовлення продукції, екологічне страхування, кредитування, екологічна освіта, ліцензування природоохоронної діяльності, оцінка земельних ресурсів, деревини тощо). Їх потрібно розглядати у значно ширшому контексті з позицій оцінки впливу



Приклад руйнувань різних типів біотопів сільської урбоекосистеми на території Броварського району Київської області

на навколишнє середовище, соціально-наукової, рекреаційної цінності з урахуванням ступеня пошкодження екосистеми чи її окремих компонентів, що потребує відповідних розрахунків [33–35]. Хоча розрахунки таких послуг доволі складні, провести розподіл та аналіз за певними критеріями чи характеристиками досить просто.

Оцінюючи втрати природних типів екосистем (біотопів), слід мати на увазі, що крім їх прямого механічного пошкодження чи знищення, важливо враховувати також і наслідки, які можуть проявлятися впродовж тривалого часу і виявитися ще більш руйнівними. Як зазначають О. Омельчук та С. Садогурська [36], під час детонації ракет та артилерійських снарядів утворюється низка хімічних сполук, які потрапляють в атмосферу, ґрунти, водне середовище, впливають на зміну клімату, можуть

спричинити кислотні дощі, які змінюють рН ґрунту і викликають опіки у рослин, негативно впливають на організм тварин та людини. Металеві уламки снарядів містять у своєму складі речовини, що проникають у ґрунт і можуть мігрувати до ґрунтових вод і потрапляти до харчових ланцюгів. У ґрунтах, просочених паливно-мастильними матеріалами, погіршуються водний і повітряний режими, колообіг поживних речовин, порушується кореневе живлення рослин, гальмується їх ріст та розвиток.

Діяльність морського флоту спричинює забруднення вод і поширення отруйних речовин, які негативно впливають на морські біоценози, фізико-хімічні та гідрологічні умови, зумовлюють загибель риби, морських птахів і мікроорганізмів. Вуглеводневі сполуки палива здатні розчиняти низку інших забруднюючих речовин, таких як пестициди, важкі метали, внаслідок чого вони ще більше отруюють морські води. Пошкодження каналізаційних систем призводить до потрапляння органіки у річкові басейни, що може збільшити масштаби «цвітіння» води у водоймах.

Обстріли об'єктів промисловості та інфраструктури призводять до пожеж, які спричиняють додаткове забруднення повітря, ґрунту і вод, пошкодження комунікацій підприємств та інших об'єктів підвищеної екологічної небезпеки. За відсутності контролю та неможливості ліквідації негативних наслідків ці явища потенційно збільшують масштаби негативного впливу на довкілля. Наземні міни та снаряди залишають тривалий слід у навколишньому середовищі і є серйозною загрозою для довкілля навіть через десятиліття після використання [1, 8, 37, 38].

Усе це свідчить про необхідність розроблення компенсаторних, запобіжних заходів, а згадані вище аспекти мають велике значення для прийняття оптимальних рішень і визначення пріоритетів на перспективу.

Сьогодні ще передчасно та й неможливо оцінити всі негативні наслідки воєнних дій, однак уже можна визначити такі з них, як:

1) прямі механічні руйнування та пошкодження;

2) збитки від пожеж у населених пунктах та природних екосистемах (ліси, торф'яники), відновлення яких потребує тривалого часу, а в деяких випадках є неможливим;

3) порушення наземної поверхні та ґрунтів унаслідок скидання бомб, снарядів, мінування територій, що залишають у ландшафтах сліди у вигляді вирв, осколків, забруднення і тим самим руйнують екосистеми. Ліквідація таких наслідків потребує рекультивації земель, вжиття протиерозійних заходів, протидії процесам спустелювання. До того ж хімічні речовини, які протягом тривалого часу зберігаються в ґрунті, можуть зумовлювати руйнівні та токсичні ефекти і по трофічних ланцюгах потрапляти у продукти харчування [1, 5, 37, 39];

4) забруднення акваторії моря, внутрішніх водойм, підземних та поверхневих вод нафтопродуктами, порушення гідрорежиму внаслідок пошкодження дамб, берегів, русел річок, руйнування каналізаційних трубопроводів, підтоплення шахтними водами в Донбаському регіоні, що спричиняє багато негативних процесів, зокрема засолення, забруднення токсичними речовинами, евтрофікацію, призводить до нестачі чистої води, особливо у південних регіонах, що може викликати поширення інфекційних захворювань [8];

5) вплив на атмосферу та клімат унаслідок пожеж на нафтосховищах, військових складах, заводах і фабриках тощо, утворення шкідливих речовин від розривів боєголовок, снарядів, ракет, мін тощо. Мешканці постраждалих районів можуть зазнавати тривалого впливу пилу та інших небезпечних речовин, які потрапляють в організм при вдиханні. Пошкодження екологічної інфраструктури в містах може призвести до формування інших шляхів та джерел забруднення. Виникає ризик невиконання Україною вже поставлених кліматичних цілей, адже значні викиди парникових газів в атмосферу негативно впливають на клімат;

6) підвищення радіаційного фону в зоні Чорнобильської АЕС та з інших джерел, як вдома, мають довготривалі наслідки [40];

7) порушення, зниження рівня та втрата екосистемних послуг різних типів екосистем унаслідок їх трансформації чи руйнації [34, 35];

8) недотримання заповідного режиму, порушення функціонування заповідних об'єктів, втрата їх наукової, рекреаційної цінності, неможливість проведення моніторингових досліджень. У зоні бойових дій опинилися степові заповідники – Луганський, Український степовий, Асканія-Нова, Чорноморський, Михайлівська цілина з цінними еталонними степовими ділянками, а також Азово-Сиваський, Меотида, Джарилгацький, Тузлівські лимани, Деснянсько-Старогутський та ін. Під загрозою знищення перебувають близько 200 територій Смарагдової мережі площею 2,9 млн га [36];

9) розселення адвентивних видів, поширення шкідників, патогенних організмів і водночас вимирання найбільш вразливих природних видів унаслідок порушення природної рівноваги, ценотичних зв'язків, трофічних ланцюгів та конкурентних стосунків. У результаті це посилило скорочення біорізноманіття, трансформацію природної структури ценозів, біотопів та прискорить процеси спустелювання.

Заходи, необхідні для відновлення біотопів, передбачають розроблення відповідних юридичних документів, соціально-економічних проектів, комплексних наукових програм, залучення людських і технічних ресурсів і мають перебувати у фокусі уваги під час вироблення державою політики та економічної стратегії розвитку, пошуку спонсорів, надання допомоги чи відшкодування за рахунок коштів агресора.

Для розроблення комплексної програми відновлення регіонів України потрібно оцінити масштаби руйнувань, екологічні ризики та заподіяну довкіллю шкоду. Після закінчення війни необхідно подбати про ефективну систему моніторингу стану довкілля, яка б дозволила зафіксувати реальні обсяги завданої навколишньому середовищу шкоди та вжити ефективних заходів, щоб уникнути подальшого погіршення ситуації, наслідків «каскадного ефекту», коли одна зміна фактора спричинює кілька інших, відновити екосистеми до без-

печного стану — і для людини, і для дикої природи. Відбудова країни потребуватиме значної кількості ресурсів. Зволікання з вирішенням екологічних проблем у найближчому майбутньому може призвести до значно серйозніших екологічних та економічних наслідків, ніж ми уявляємо на початковому етапі. Ключове завдання для екологів полягає в тому, щоб передбачити «каскадні процеси», оцінити їх можливий негативний вплив на довкілля і запропонувати ефективні заходи протидії.

Висновки. Запропонований підхід — лише один з можливих варіантів способу оцінки збитків від воєнних дій на рівні урбоекосистем, він не стосується оцінки збитків конкретних об'єктів чи мешканців, які необхідно

фіксувати та документувати. Цей підхід ґрунтується на візуальній оцінці без докладного аналізу фактичного матеріалу, якого сьогодні недостатньо, тому в подальшому потребуватиме відповідного коригування. Ми не ставили собі за мету розробити механізм розрахунку вартості збитків, оскільки це належить до компетенції фахівців фінансово-економічної сфери. З іншого боку, є загроза, що поза увагою залишиться оцінка екологічних втрат природних екосистем [32], а для глибшого аналізу потрібна відповідна інформація. Тому запропонований підхід може стати складовим елементом комплексної оцінки збитків і втрат, завданих війною, а також стимулювати подальші дослідження в цьому напрямі.

REFERENCES

[СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ]

1. Westing A.H. *Warfare in a fragile world: military impact on the human environment*. London: Taylor and Francis, 1980. <https://doi.org/10.4324/9781003152200>
2. Gangwar A. Impact of war and landmines on environment. In: *Landmines - Challenges to Humanity and Environment: Forum Proceedings*. Srinagar, 2003.
3. Dudley J.P., Ginsberg J.R., Plumptre A.J., Hart J.A., Campos L.C. Effects of war and civil strife on wildlife and habitats. *Cons. Biol.* 2002. **16**(2): 319–329. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.2002.00306.x>
4. Dubey A., Shreni P.D. War and environment: an overview. *J. Environ. Res. Dev.* 2008. **4**: 968–976.
5. Hupy J.P. The environmental footprint of war. *Environ. Hist.* 2008. **14**(3): 405–421. <https://doi.org/10.3197/096734008X333581>
6. Francis R.A. The impacts of modern warfare on freshwater ecosystems. *Environ. Manag.* 2011. **48**(5): 985–999. <https://doi.org/10.1007/s00267-011-9746-9>
7. Hanson T., Brooks T.M., Da Fonseca G.A., Hoffmann M., Lamoreux J.F., Machlis G., Pilgrim J.D. Warfare in biodiversity hotspots. *Conserv. Biol.* 2009. **23**(3): 578–587. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2009.01166.x>
8. Lawrence M.J., Stemberger H.L.J., Zolderdo A.J., Struthers D.P., Cooke S.J. The effects of modern war and military activities on biodiversity and the environment. *Environmental Reviews*. 2015. **23**(4): 443–460. <https://doi.org/10.1139/er-2015-0039>
9. Mrema E., Bruch C.E., Diamond J. Protecting the environment during armed conflict: an inventory and analysis of international law. UNEP/Earthprint. 2009. <https://digitallibrary.un.org/record/694398?ln=ru>
10. Haavisto P. et al. *The Kosovo conflict: consequences for the environment and human settlements*. UN Environment Programme. Nairobi, KE, 1999. P. 57. <https://www.unep.org/resources/assessment/kosovo-conflict-consequences-environment-and-human-settlements>
11. Assessment of the Environmental Impact of Military Activities during the Yugoslavia Conflict. Preliminary Findings, 1999. P. 41. <https://reliefweb.int/report/albania/assessment-environmental-impact-military-activities-during-yugoslavia-conflict>
12. Dudkin O.V., Yena A.V., Korzhnev M.M., Kryzhanivsky V.I. et al. *Otsinka ta napriamky zmenshennia zahroz bioriznomanittiu* (Assessment and ways to reduce threats to biodiversity). Kyiv: Himgest, 2003. [Дудкін О.В., Єна А.В., Коржнев М.М., Крижанівський В.І. та ін. *Оцінка та напрямки зменшення загроз біорізноманіттю*. Київ: Хімджест, 2003.]
13. Limansky S.V. The hostilities in “Melovaya Flora” reserve. *Steppe Bulletin*. 2014. **42**: 34. [Лиманский С.В. Военные действия на территории заповедника «Меловая флора». *Степной бюллетень*. 2014. № 42. С. 34.]

14. Borovik L. Consequences of military conflict for Lugansky nature reserve. *Steppe Bulletin*. 2014. **42**: 35.
[Боровик Л. Последствия военного конфликта для Луганского природного заповедника. *Степной бюллетень*. 2014. № 42. С. 35.]
15. Bushchenko A.P. (ed.) *Na mezhi vyzhyvannia: znyshchennia dovkillia pid chas zbroinoho konfliktu na shkodi Ukrainy (On the verge of survival: destruction of the environment during the armed conflict in eastern Ukraine)*. Kyiv: KIT, 2017.
<https://helsinki.org.ua/publications/na-mezhi-vyzhyvannya-znyshchennya-dovkillya-pid-chas-zbrojnoho-konfliktu-na-shodi-ukrajiny/>
[Блага А.Б., Загороднюк І.В. та ін. *На межі виживання: знищення довкілля під час збройного конфлікту на сході України*. За заг. ред. А.П. Буценка. Українська Гельсінська спілка з прав людини. Київ: КИТ, 2017.]
16. Kravchenko O. (ed.) *Vplyv viiskovoi diialnosti na pryrodu Ukrainy (The impact of military activity on the nature of Ukraine)*. Lviv, 2019.
[Василюк О., Норенко К. *Вплив військової діяльності на природу України*: посібник. За заг. ред. О. Кравченко. Львів: Манускрипт, 2019.]
17. Weir D., Darbyshire E. Ukraine invasion: rapid overview of environmental issues. *Conflict and Environment Observatory*. 2022. <https://ceobs.org/ukraine-invasion-rapid-overview-of-environmental-issues/>
18. Gao Y., Wang H., Liu G.M., Sun X.Y., Fei X.Y., Wang P.T., Lv T.T., Xue Z.S., He Y.W. Risk assessment of tropical storm surges for coastal regions of China. *J. Geophys. Res. Atmos.* 2014. **119**: 5364–5374. <https://doi.org/10.1002/2013JD021268>
19. Grinsted A., Moore J.C., Jevrejeva S. Projected Atlantic hurricane surge threat from rising temperatures. *PNAS*. 2013. **110**(14): 5369–5373. <https://doi.org/10.1073/pnas.1209980110>
20. Hatzikyriakou A., Lin N. Assessing the vulnerability of structures and residential communities to storm surge: an analysis of flood impact during hurricane Sandy. *Front. Built Environ.* 2018. **4**. <https://doi.org/10.3389/fbuil.2018.00004>
21. Holling C.S. Resilience and stability of ecological systems. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 1973. **4**: 1–23. <https://doi.org/10.1146/annurev.es.04.110173.000245>
22. Starr C., Rudman R., Whipple C. The philosophical basis for risk analysis. *Annual Review of Energy*. 1976. **1**: 629–662. <https://doi.org/10.1146/annurev.eg.01.110176.003213>
23. Chan J.C.L., Kepert J.D. *Global Perspectives on Tropical Cyclones: From Science to Mitigation*. World Scientific, 2010. <https://doi.org/10.1142/7597>
24. Ayyub B.M. Systems resilience for multihazard environments: definition, metrics, and valuation for decision making. *Risk Anal.* 2014. **34**(2): 340–355. <https://doi.org/10.1111/risa.12093>
25. Ayyub B.M. Disaster Resilience and Sustainability of Infrastructures: Relationships and Quantification Methods. In: *Gulf Conference on Sustainable Built Environment*. Springer, 2020. P. 289–308. https://doi.org/10.1007/978-3-030-39734-0_18
26. McCarthy J.J., Canziani O.F., Leary N.A., Dokken D.J., White K.S. (Eds.) *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Cambridge: Cambridge University Press, 2001. <https://doi.org/10.1002/joc.775>
27. Adger W.N. Vulnerability. *Global Environmental Change*. 2006. **16**(3): 268–281. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.02.006>
28. Fekete A., Hufschmidt G., Kruse S. Benefits and challenges of resilience and vulnerability for disaster risk management. *Int. J. Disaster Risk Sci.* 2014. **5**: 3–20. <https://doi.org/10.1007/s13753-014-0008-3>
29. Davies C.E., Moss D., Hill M.O. EUNIS Habitat Classification Revised. Report to the European Environment Agency, European Topic Centre on Nature Protection and Biodiversity. Paris, 2004.
30. Janssen J.A.M., Rodwell J.S., Criado M.G., Gubbay S., Haynes T. et al. European Red List of Habitats. Part 2. Terrestrial and freshwater habitats. European Commission, 2016. <https://doi.org/10.2779/091372>
31. Keith D.A., Rodríguez J.P., Rodríguez-Clark K.M. et al. Scientific Foundations for an IUCN Red List of Ecosystems. *PLoS ONE*. 2013. **8**(5): e62111. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0062111>
32. Didukh Ya.P. A novel approach to the assessment of the stability and the risks of losses in ecosystems. *Dopov. Nac. Akad. Nauk Ukr.* 2014. (8): 149–155. <https://doi.org/10.15407/dopovidi2014.08.149>
[Дідух Я.П. Новий підхід до оцінки стійкості та ризиків втрати екосистем. *Доповіді НАН України*. 2014. № 8. С. 149–155.]
33. Costanz R., d'Arge R., de Groot R. et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*. 1997. **387**: 253–260. <https://doi.org/10.1038/387253a0>
34. Ecosystems and Human Well-being: A Framework for Assessment. Millennium Ecosystem Assessment (MEA). Washington, D.C.: Island Press, 2005. <https://www.unep.org/resources/report/ecosystem-and-human-well-being-framework-assessment>

35. TEEB. The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Mainstreaming the Economics of Nature. A synthesis of the approach, conclusions and recommendations of TEEB. 2010.
36. Omelchuk O., Sadohurska S. Pryroda ta viina: yak viiskove vtorhnennia Rosii vplyvaie na dovkillia Ukrainy. *Dzerkalo tyzhnia*. 27.03.2022 (in Ukrainian). <https://zn.ua/ukr/ECOLOGY/priroda-stohne-vid-vijni.html> [Омельчук О., Садогурська С. Природа та війна: як військове вторгнення Росії впливає на довкілля України. *Дзеркало тижня*. 27 березня 2022.]
37. Troll K. The impact of anti-personnel landmines on the environment. United Nations Institute for Disarmament Research. Geneva, 2000.
38. Berhe A.A. The contribution of landmines to land degradation. *Land Degrad. Dev.* 2007. **18**(1): 1–15. <https://doi.org/10.1002/ldr.754>
39. Certini G., Scalenghe R., Woods W.I. The impact of warfare on the soil environment. *Earth Sci. Rev.* 2013. **127**: 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2013.08.009>
40. Grodzynsky D.M., Dembnovetsky O.F., Levchuk O.M., Patsiuk E.N. Radiobiological and Radioecological Investigations of the Consequences of the Chernobyl Catastrophe by Scientists of the National Academy of Sciences of Ukraine. *Visn. Nac. Akad. Nauk Ukr.* 2012. (6): 30–40. <https://doi.org/10.15407/visn2012.06.030> [Гродзинський Д.М., Дембновецький О.М., Левчук О.М., Пацюк Ф.Н. Радиобіологічні та радіоекологічні дослідження Чорнобильської катастрофи вченими НАН України. *Вісник НАН України*. 2012. № 6. С. 30–40.]

Yakiv P. Didukh

Kholodny Institute of Botany
of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7619-0283>

ECOSYSTEM APPROACH TO ASSESSING THE IMPACT OF THREATS AND LOSSES CAUSED BY MILITARY ACTIONS

The ecological aspects of the assessment of damage to the environment and living conditions caused by destructions due to the full-scale military invasion of Ukraine by the Russian Federation in 2022, related to various spheres of public life and the nature of Ukraine, are covered in the article. It is proposed to estimate losses in points according to three criteria: damage (destruction), resilience, and vulnerability of ecosystems. The urban ecosystem, which includes a complex of buildings and infrastructure (technotopes) and natural vegetation areas, is taken as a basis. It is proposed to rate on a four-point scale the features that characterize the damage to the urban ecosystem, its resilience, and vulnerability. The possibilities of the restoration of all urban ecosystems are divided into five categories depending on the scales and sizes, and degree of losses. This separation is the basis for a more detailed assessment of the loss of ecosystem services, size, mechanisms, and sources of compensation. Problems of direct destruction and damage to natural types of ecosystems (biotopes) and possible consequences that may be even more destructive and manifest over a long period of time are analyzed. Among such consequences are the damage from fires; the impact on the atmosphere and climate; the increase in background radiation level; the pollution of the sea and inland waters; the disturbance of soils and land surface; the loss of function and transformation of ecosystems, reduction of ecosystem services; the devastation of protected areas and loss of their value; the spread of alien species, pests, pathogens and extinction of the most vulnerable natural species, i.e. reduction of biodiversity. Overcoming the consequences requires the development of comprehensive programs, involvement of scientific, human and technical resources, which requires finding sponsors, the sources of assistance and compensation at the expense of the aggressor.

Keywords: military actions, scoring, losses, urban ecosystems, biotopes, Ukraine.