

<https://doi.org/10.26565/1992-4224-2026-45-14>

УДК (UDC): 504.06:630.2:631.4

В. Л. БОРИСОВА¹, канд. с.-г. наук,

викладач кафедри лісівництва та мисливського господарства

e-mail: borisova.valentina@ukr.net ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6915-1681>

С. А. КРИШТОП¹, канд. с.-г. наук,

доцент кафедри екології та біотехнологій в рослинництві

e-mail: kafagroeco@ukr.net ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2868-3101>

В. В. НАЗАРЕНКО¹, канд. с.-г. наук,

доцент кафедри лісових культур, меліорацій та садово-паркового господарства

e-mail: 0997301084@btu.kharkiv.ua ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1043-1619>

¹Державний біотехнологічний університет,

вул. Алчевських, 44, Харків, 61002, Україна

ДЕГРАДАЦІЯ ЛІСОВИХ ЕКОСИСТЕМ ЛІВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ ТА ВПЛИВ НА АГРОЛАНДШАФТИ: DPSIR-ПІДХІД

Мета. Аналітичне узагальнення деградаційних процесів у лісових екосистемах Лівобережного Лісостепу України та їхній зв'язок із екологічним станом прилеглих агроландшафтів з використанням моделі DPSIR

Методи. Застосовано DPSIR-аналіз (ЕЕА, 1999) як концептуальну основу для структурування причинно-наслідкових зв'язків; метод систематизації та узагальнення біотичних чинників тиску на основі даних лісопатологічних обстежень; порівняльний аналіз наукових джерел.

Результати. Емпіричну основу становлять дані обстежень понад 5000 дерев ясеня звичайного (*Fraxinus excelsior* L.), проведених у різні роки в межах багаторічних досліджень (переважно у 2010-х роках) на 52 постійних і 125 тимчасових пробних площах у насадженнях семи лісогосподарських підприємств. Для обґрунтування управлінських заходів використано методичні підходи лісопатологічного моніторингу рівнинної частини України. Систематизовано основні біотичні чинники тиску, зокрема стовбурові шкідники, листогризуки комах, патогенні гриби та бактеріози, взаємодія яких має комплексний (синергетичний) характер. Обґрунтовано причинно-наслідковий ланцюг Тиск → Стан → Вплив. Зниження протієрозійної та водорегулювальної функцій деградованих лісових екосистем узгоджується з погіршенням властивостей ґрунтів і зниженням їх родючості; інтенсифікація ерозійних процесів у прилеглих агроландшафтах узгоджується з даними літературних джерел.

Висновки. Санітарний стан ясеневих деревостанів розглядається як інформативний інтегральний індикатор деградації лісових екосистем і ранній маркер екологічних ризиків для агроландшафтів. Наукова новизна полягає у формалізації та аналітичному обґрунтуванні причинно-наслідкових зв'язків між біотичними чинниками деградації ясеневих деревостанів і екологічними змінами агроландшафтів у межах DPSIR-підходу, а також у використанні санітарного стану як інтегрального індикатора цих процесів.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: *усихання ясеня, Fraxinus excelsior, санітарний стан деревостанів, ерозія ґрунтів, біотичний тиск, деградація лісів, DPSIR*

Як цитувати: Борисова В. Л., Криштоп С. А., Назаренко В. В. Деградація лісових екосистем Лівобережного Лісостепу України та вплив на агроландшафти: DPSIR-підхід. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2026. Вип. 45. С. 188–198. <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2026-45-14>

In cites: Borysova, V. L., Kryshtop, Y. A., & Nazarenko, V. V. (2026). Degradation of forest ecosystems in the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine and impact on agricultural landscapes: DPSIR approach. *Man and Environment. Issues of Neoeology*, (45), 188–198. <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2026-45-14> (in Ukrainian)

Вступ

Лісові екосистеми виконують ключові екологічні функції, зокрема захист ґрунтів від ерозії, регулювання водного балансу,

підтримання біорізноманіття та депонування вуглецю [1–3]. У Лівобережному Лісостепу України їх роль є визначальною для

© Борисова В. Л., Криштоп С. А., Назаренко В. В., 2026



This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0

стабілізації. Водночас упродовж останніх десятиліть спостерігається стійке погіршення санітарного стану деревостанів під впливом кліматичних змін, біотичних чинників і антропогенного навантаження, що супроводжується ослабленням їх протиерозійної та водорегулювальної функцій.

Актуальність проблеми зумовлена високим рівнем ерозійної небезпеки: понад 40 % ґрунтів України зазнають ерозійних процесів різної інтенсивності, а близько 30–32 % орних земель піддаються водній ерозії [4, 5]. За умов інтенсифікації землекористування та змін клімату це призводить до зростання екологічних ризиків для агроландшафтів.

Деградація лісових екосистем активно досліджується як на національному, так і на міжнародному рівнях [6–9]. Встановлено, що біотичні чинники, зокрема комахи та патогенні гриби, відіграють ключову роль у процесах ослаблення деревостанів [10–12]. У цьому контексті доцільним є застосування концептуальної рамки DPSIR (Driving forces – Pressure – State – Impact – Response) [13].

Особливе значення має всихання ясена, пов'язане з патогеном *Hymenoscyphus fraxineus*. Із початку 1990-х років всихання ясена поширилося в більшості країн Європи, включаючи Україну [14–20]. Міжнародні дослідження підтверджують ключову роль *H. fraxineus* у розвитку всихання ясена та узагальнюють підходи до управління цими процесами [17–20]. Деградація ясеневих насад-

Об'єкти та методи дослідження

Об'єкт дослідження – лісові екосистеми Лівобережного Лісостепу України з домінуванням ясена звичайного (*Fraxinus excelsior* L.) у складі деревостанів, а також прилеглі агроландшафти.

Предмет дослідження – причинно-наслідкові зв'язки між біотичними чинниками ослаблення ясеневих деревостанів і деградацією агроландшафтів.

Емпіричну основу дослідження становлять дані лісопатологічних обстежень понад 5000 дерев ясена звичайного, проведених у різні роки в межах багаторічних досліджень (переважно у 2010-х роках) на 52 постійних і 125 тимчасових пробних площах у насадженнях семи лісогосподарських підприємств Лівобережного Лісостепу України, узагальнені в монографії [16]. Обстеження виконано відповідно до чинних методичних підходів лісопатологічного моніторингу рівнинної частини України [15] із використанням стандартних таксаційних і діагностичних ознак оцінювання санітар-

жень може зумовлювати зниження екосистемних послуг лісових компонентів агроландшафтів, зокрема їхніх регулювальних і захисних функцій [21, 22].

Водночас дослідження ерозійних процесів в агроландшафтах переважно здійснюються окремо від аналізу стану лісових екосистем, що зумовлює фрагментарність сучасних уявлень про взаємодію цих систем. Попри наявність значного обсягу наукових праць, відсутній узгоджений методичний підхід до інтегрованого аналізу причинно-наслідкових зв'язків між біотичними чинниками ослаблення лісових екосистем і деградацією прилеглих агроландшафтів. Зокрема, бракує інструментів, що дозволяють системно пов'язати конкретні агенти біотичного тиску з екологічними наслідками в межах єдиної аналітичної моделі.

Метою статті є узагальнення деградаційних процесів у лісових екосистемах Лівобережного Лісостепу України та оцінка їхнього зв'язку з екологічним станом прилеглих агроландшафтів на основі DPSIR-підходу з виокремленням біотичних чинників як ключових елементів тиску та використанням ясена звичайного (*Fraxinus excelsior* L.) як індикаторного виду.

Запропонований підхід має аналітико-узагальнювальний характер і спрямований на формалізацію причинно-наслідкових зв'язків, що формує основу для подальшої кількісної оцінки цих процесів.

ного стану деревостанів. У роботі використано систематизовані дані цих обстежень.

Додатково використано літературні джерела, що відображають сучасні оцінки масштабів і інтенсивності ерозійних процесів в агроландшафтах України [4, 5], а також міжнародні дослідження, присвячені деградації лісових екосистем та екосистемним послугам [10, 21].

У дослідженні застосовано методи:

- DPSIR-підхід (EEA, 1999) [13] як базову систему екологічних індикаторів для структуризації причинно-наслідкових зв'язків між біотичним тиском, станом лісових екосистем та їх екологічними наслідками;
- узагальнення методичних підходів до оцінювання санітарного стану деревостанів відповідно до [15];
- метод систематизації біотичних чинників – для класифікації та узагальнення основних агентів тиску (комахи, патогенні гриби, бактеріози) на основі даних лісопатологічних обстежень;

- порівняльний аналіз наукових джерел – для оцінювання узгодженості отриманих результатів із сучасними уявленнями щодо деградації лісів і ерозійних процесів;
- метод нормування та аналітичного узагальнення показників – для інтегральної оцінки компонентів деградації лісових екосистем на основі шкали 0–1 та формалізації взаємозв'язків між компонентами DPSIR [13].

Результати досліджень

Лісові насадження Лівобережного Лісостепу характеризуються значною участю дубово-ясеневих деревостанів, у яких ясен звичайний (*Fraxinus excelsior* L.) разом із дубом звичайним формує перший ярус. Аналіз структури ясеневих насаджень показує їхню низьку збереженість із віком: до VIII класу віку (віку стиглості) зберігається від 0,7 % до 40,2 % насаджень залежно від лісогосподарського підприємства [16].

З метою систематизації основних біотичних чинників тиску на ясеневі деревостани їх структуру узагальнено та подано на схемі (рис. 1), де виокремлено чотири групи агентів – стовбурові шкідники, листогризучі комахи, патогенні гриби та бактеріози – які формують компонент Pressure (P) у DPSIR-рамці.

Біотичні чинники ослаблення деревостанів. *Стовбурові шкідники.* У стовбу-

рмах і гілках дерев виявлено комплекс короїдів: великий ясеневий лубоїд (*Hylesinus crenatus*), строкатий ясеневий лубоїд (*H. fraxini*) та оливковий ясеневий лубоїд (*H. toranio*). Заселеність короїдами вища у дерев із нижчим санітарним станом [8, 16]. Додаткову загрозу становлять деревоточці – червиця в'їдлива (*Zeuzera pyrina*) та червиця пахуча (*Cossus cossus*), що спричиняють механічні пошкодження стовбурів.

Листогризучі комахи. У періоди масового розмноження (2001–2003, 2010–2012 рр.) листя ясена пошкоджували зимовий п'ядун (*Operophtera brumata*), глодова листовійка (*Archips crataegana*), чорний ясеневий пильщик (*Tomostethus nigratus*) та білокрапковий ясеневий пильщик (*Macrophya punctum-album*). Найвища інтенсивність дефоліації зафіксована у міських насадженнях, освітлених лісах і полезахисних лісосмугах [8, 16].



Рис. 1 – Структура біотичних чинників тиску (компонент P) на насадження ясена звичайного (*Fraxinus excelsior* L.) у Лівобережному Лісостепу України

Fig. 1 – Structure of biotic pressure factors (component P) on the planting of common ash (*Fraxinus excelsior* L.) in the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine

Патогенні гриби та некрози. Халаровий некроз, спричинений грибом *Hymenochaeta fraxineus*, фіксується в насадженнях ясен з початку 2010-х років [7, 14, 17]. Окоренкові гнилі (*Armillaria spp.*) та стовбурові гнилі (*Fomes fomentarius*, *Ganoderma applanatum*, *Laetiporus sulphureus*) поширені в ясеневих деревостанах [16, 17].

Бактеріоз. Туберкульоз ясен (*Pseudomonas syringae pv. savastanoi*) виявлено в середньому на 18 % дерев (максимально – 86 %). Бактеріальна водянка (*Enterobacter nimipresuralis*) спричиняє додаткове погіршення стану дерев. Збудники проникають через морозобоїни, механічні пошкодження та природні отвори рослин [16, 17].

Вплив деградації лісів на прилеглі агроландшафти. Ослаблення протиерозійної функції лісів, за даними літератури, проявляється у зменшенні щільності крон, загибелі дерев і зрідженні насаджень. У прилеглих агроландшафтах спостерігається інтенсифікація водної та вітрової ерозії, а також погіршення властивостей ґрунтів і зниження їх родючості [4, 5]. Це узгоджується з результатами досліджень щодо ролі рослинного покриву у запобіганні ерозії [21].

Ослаблені полезахисні лісосмуги характеризуються зниженням ефективності вітрозахисної функції, що підвищує ризик дефляційних процесів у прилеглих територіях. Порушення водорегулювальної функції лісів проявляється у зміні гідрологічного режиму, що може супроводжуватися збільшенням поверхневого стоку та змивом родючого шару [21]. Деградація лісових екосистем супроводжується змінами біорізноманіття, мікрокліматичних умов і зменшенням депонування вуглецю [22].

DPSIR як аналітична модель. Показники санітарного стану ясеневих насаджень використано як емпіричну основу для оцінювання компонента State у DPSIR-рамці. Інтерпретація екологічних наслідків здійснюється з урахуванням підходів до класифікації екосистемних послуг та оцінювання їх змін [23, 24]. Представлено причинно-наслідковий ланцюг:

D (Driving forces) – кліматичні зміни, антропогенне навантаження, інвазія патогенів [7, 18, 20].

P (Pressure) – біотичні чинники: шкідники, листогризучі комахи, патогенні гриби та бактеріоз [8, 14, 16].

S (State) – відсутність здорових дерев; 50,6 % сильно ослаблених; дефоліація; поши-

рення гнилей; індекс санітарного стану 2,0–2,6; збереженість насаджень 0,7–40,2 % [16].

I (Impact) – зниження протиерозійної та водорегулювальної функцій лісів; підвищена інтенсивність ерозійних процесів [4, 5]; зміни мікроклімату.

R (Response) – санітарні рубки, моніторинг, контроль шкідників, відновлення лісосмуг [15, 21, 25].

Узагальнення результатів подано у вигляді DPSIR-таблиці (табл. 1) та схеми причинно-наслідкового ланцюга P → S → I (рис. 2).

Аналітична оцінка рівня деградації лісових екосистем. З метою узагальнення отриманих результатів та формалізації причинно-наслідкових зв'язків у межах DPSIR-підходу запропоновано інтегральну аналітичну оцінку рівня деградації лісових екосистем. Інтегральний показник деградації (ID) розглядається як узагальнена функція взаємодії компонентів DPSIR:

$$ID = f(P, S, I), ID \in [0; 1],$$

де: P (Pressure) – інтенсивність біотичного тиску (поширеність шкідників, патогенів, бактеріозів);

S (State) – стан деревостанів (частка ослаблених дерев, дефоліація, санітарний стан, збереженість насаджень);

I (Impact) – екологічні наслідки (зниження протиерозійної та водорегулювальної функцій, інтенсифікація ерозійних процесів, погіршення властивостей ґрунтів).

Значення ID, наближені до 1, відповідають високому рівню деградації, тоді як значення, наближені до 0, характеризують мінімальний прояв деградаційних процесів.

Показник використовується для інтерпретації взаємозв'язків між компонентами DPSIR; його формалізація у вигляді конкретної функції може бути предметом подальших досліджень. Аналіз узагальнених емпіричних даних свідчить, що зростання інтенсивності біотичного тиску (P) та погіршення стану деревостанів (S) відповідає підвищенню рівня деградації (ID → max), що узгоджується з посиленням ерозійних процесів і зниженням стійкості прилеглих агроландшафтів.

Запропонований підхід дозволяє інтегрувати різномірні показники у єдину узагальнену оцінку, що може бути використана як основа для подальшого кількісного моделювання.

Нормування показників здійснювалося за принципом градації інтенсивності

деградаційних ознак у межах шкали 0–1, де значення, наближені до 0, відповідають мінімальному прояву негативних змін, а значення, наближені до 1, – високому рівню деградації. Інтервали шкали сформовано на основі узагальнення емпіричних даних лісопатологічних обстежень та експертної інтерпретації показників санітарного стану деревостанів. Діапазон 0,8–1,0 відповідає високому або критичному рівню degradaційних

процесів, тоді як 0,7–0,9 – високому рівню прояву екологічних наслідків, пов'язаних із інтенсифікацією ерозійних процесів і погіршенням ґрунтових характеристик прилеглих агроландшафтів. Запропонований підхід має експертно-узагальнювальний характер і спрямований насамперед на порівняльну інтерпретацію компонентів DPSIR, а не на формування строгої кількісної моделі деградації.

Таблиця 1

Узагальнення DPSIR-аналізу деградації лісових екосистем (на прикладі ясеневих деревостанів) та впливу на прилеглі агроландшафти Лівобережного Лісостепу

Table 1

Summary of DPSIR analysis of forest ecosystem degradation (using the example of ash stands) and the impact on adjacent agrolandscapes of the Left Bank Forest-Steppe

Компонент DPSIR /Component DPSIR	Ясеневі деревостани / Ash stands (<i>Fraxinus excelsior</i> L.)	Вплив на агроландшафт Impact on agrolandscape
D – Рушійні сили	Кліматичні зміни; антропогенне навантаження; інвазія <i>H. fraxineus</i> [7, 18, 20] / Climate change; anthropogenic load; invasion of <i>H. fraxineus</i> [7, 18, 20]	Порушення водного режиму; підвищення аридності; нестабільність продуктивності [10] / Violation of the water regime; increased aridity; instability of productivity [10]
P – Тиск	Стовбурові шкідники (<i>Hylesinus</i> spp.); листогризучі комахи; халаровий некроз; гнилі (<i>Armillaria</i> , <i>Fomes</i>); бактеріози [8, 14, 16, 17] / Stem pests (<i>Hylesinus</i> spp.); leaf-eating insects; halary necrosis; rots (<i>Armillaria</i> , <i>Fomes</i>); bacteriosis [8, 14, 16, 17]	Ослаблення лісосмуг; зниження вітрозахисної та водорегулювальної функцій [21] / Weakening of forest belts; reduction of wind protection and water regulation functions [21]
S – Стан	Відсутність здорових дерев; 50,6 % сильно ослаблених; дефоліація; поширення гнилей; індекс санітарного стану 2,0–2,6; збереженість 0,7–40,2 % [16] / Lack of healthy trees; 50.6% severely weakened; defoliation; spread of rots; sanitary condition index 2.0–2.6; preservation 0.7–40.2% [16]	Порушення захисних функцій лісів; зниження стійкості агроландшафтів до ерозійних процесів [4, 5] / Violation of protective functions of forests; reduction of resistance of agrolandscapes to erosion processes [4, 5]
I – Вплив	Зниження протиерозійної та водорегулювальної функцій; порушення структури біоценозів; зменшення біорізноманіття [21, 22] / Reduction in anti-erosion and water-regulating functions; disruption of the structure of biocenoses; reduction in biodiversity [21, 22]	Інтенсифікація ерозії (за оцінками літератури – до 30–40 % території); зменшення родючості ґрунтів [4, 5]; погіршення мікроклімату / Intensification of erosion (according to literature estimates - up to 30–40% of the territory); reduction of soil fertility [4, 5]; deterioration of microclimate
R – Відгук	Санітарні рубки; оптимізація складу; моніторинг [15]; контроль шкідників; селекція стійких форм [25]; відновлення лісосмуг / Sanitary felling; optimization of composition; monitoring [15]; pest control; selection of resistant forms [25]; restoration of forest belts	Зниження ерозії; стабілізація ґрунтів; підвищення стійкості агроландшафтів [21] / Reduction of erosion; stabilization of soils; increase of resistance of agrolandscapes [21]



Рис. 2 – Причинно-наслідковий ланцюг P → S → I (DPSIR): відображення зв’язку між біотичним тиском, станом деревостанів та екологічними змінами

Fig. 2 – Causal chain P → S → I (DPSIR): reflecting the relationship between biotic pressure, stand condition and ecological changes

Інтервальна аналітична оцінка компонентів деградації лісових екосистем (нормована шкала 0–1)

Нормовані оцінки компонентів деградації, отримані на основі емпіричних даних

та їх експертно-аналітичного узагальнення, подано в таблиці 2.

Оцінки мають експертно-аналітичний характер і не передбачають точного кількісного вимірювання. Отримані значення свід

Таблиця 2

Аналітична оцінка компонентів деградації лісових екосистем (нормована шкала 0–1)

Table 2

Analytical assessment of components of forest ecosystem degradation (normalized scale 0–1)

Компонент DPSIR / DPSIR Component	Показник / Indicator	Характеристика / Characteristic	Оцінка (0–1) / Score (0–1)
P (Pressure)	Біотичний тиск / Biotic pressure	Висока поширеність шкідників, патогенних грибів і бактеріозів / High prevalence of pests, pathogenic fungi and bacteriosis	0,8–1,0
S (State)	Стан деревостанів / Status of tree stands	Значна частка ослаблених дерев, відсутність здорових насаджень, дефоліація / A significant proportion of weakened trees, lack of healthy stands, defoliation	0,8–1,0
I (Impact)	Екологічні наслідки / Ecological consequences	Посилення ерозійних процесів, погіршення ґрунтових властивостей / Intensification of erosion processes, deterioration of soil properties	0,7–0,9

чать про високий рівень деградації лісових екосистем і узгоджуються з інтенсивністю біотичного тиску та станом деревостанів.

Використання нормованої шкали забезпечує порівняльний аналіз компонентів

деградації та формує основу для подальшого кількісного оцінювання взаємозв'язків між лісовими екосистемами та прилеглими агроландшафтами.

Обговорення

Отримані результати DPSIR-аналізу вказують на системний зв'язок між деградацією лісових екосистем і змінами екологічного стану прилеглих агроландшафтів. Встановлені закономірності можна інтерпретувати як наслідок трансформації біотичного тиску, що призводить до порушення функціональних характеристик лісових насаджень і подальших змін в агроекосистемах. Одним із основних механізмів такого впливу є зниження протиерозійної та водорегулювальної функцій лісів. Ослаблення деревостанів під впливом комплексу біотичних чинників супроводжується зрідженням насаджень і зменшенням щільності крон, що призводить до зниження здатності лісів затримувати поверхневий стік і захищати ґрунт від ерозії. У результаті цього в прилеглих агроландшафтах посилюються процеси як водної, так і вітрової ерозії. Аналогічні закономірності взаємозв'язку між станом рослинного покриву та ерозійними процесами відзначено в українських дослідженнях [4, 5]. Узагальнені міжнародні оцінки також підтверджують ці висновки: за даними FAO [10], деградаційні процеси у лісових екосистемах супроводжуються зниженням екосистемних послуг, зокрема регулювання водного режиму та захисту ґрунтів.

Важливим елементом стабілізації агроландшафтів є позахисні лісосмуги, функціональний стан яких безпосередньо впливає на інтенсивність дефляційних процесів. Зниження їхньої ефективності як вітрозахисного бар'єра супроводжується посиленням дефляції, що відповідає положенням агролісомеліорації щодо ролі лісових насаджень у регулюванні мікроклімату та захисті ґрунтів [21]. Таким чином, деградація лісосмуг виступає одним із чинників дестабілізації агроекосистем.

Порушення водорегулювальної функції лісів проявляється у зміні гідрологічного режиму, що доповнює виявлені процеси деградації та посилює їх вплив на прилегли агроландшафти через збільшення поверхневого стоку і змив родючого шару ґрунту. Такі зміни також узгоджуються з оцінками міжнародних організацій, згідно з якими де-

градація лісових екосистем супроводжується зниженням екосистемних послуг і негативно впливає на продуктивність та стійкість прилеглих земель [10].

У цьому контексті лісові насадження за умов збереженого функціонального стану виконують роль буферного елемента, що забезпечує стабілізацію водного режиму ландшафтів. Водночас їх деградація призводить до екологічних наслідків, зокрема зниження біорізноманіття, змін мікрокліматичних умов і зменшення депонування вуглецю, що впливає на функціонування агроекосистем. Отримані результати також відповідають сучасним дослідженням щодо всихання ясеня в Європі, де *Hymenoclyphus fraxineus* розглядається як ключовий фактор деградації деревостанів [7, 20], що опосередковано впливає на стабільність лісових компонентів агроландшафтів. У межах концепції екосистемних послуг ці процеси інтерпретуються як зниження регулювальних і підтримувальних функцій ландшафтів [23, 24].

Таким чином, виявлені зміни можна розглядати як взаємопов'язані процеси, що потребують системного аналізу. Інтерпретація отриманих результатів у межах DPSIR-підходу дозволяє розглядати виявлені процеси в межах єдиної аналітичної моделі. Причинно-наслідковий ланцюг $P \rightarrow S \rightarrow I$ відображає трансформацію біотичного тиску в зміни стану лісових екосистем і їх подальший вплив на прилегли агроландшафти, що відповідає принципам DPSIR-підходу до аналізу складних екологічних систем [13].

У практичному вимірі результати дослідження можуть бути використані для обґрунтування управлінських рішень у сфері лісокористування та агролісомеліорації. Зокрема, підтримання оптимальної участі стійких порід у складі насаджень і своєчасне проведення рубок догляду спрямовані на підвищення стійкості деревостанів [7, 16], тоді як інтеграція моніторингу санітарного стану лісів у систему оцінювання агроландшафтів може використовуватися як інструмент ранньої діагностики екологічних ризиків, зокрема ерозійних процесів [4, 5, 23].

Перспективним напрямом є також виявлення та розмноження дерев, потенційно стійких до халарового некрозу. Наявність генетичної варіабельності стійкості *Fraxinus excelsior* до *Hymenochaeta fraxinea* створює передумови для селекційних програм [25], що відповідає сучасним підходам до управління деградаційними процесами [18].

Відновлення пожегозахисних лісових смуг, ослаблених біотичними чинниками, розглядається як складова ґрунтозахисної стратегії [21], тоді як принципи сталого управління лісами [27] забезпечують узгод-

ження природоохоронних і господарських заходів у межах ландшафтних систем.

Отримані результати мають переважно якісний характер і базуються на узагальненні емпіричних даних, що обмежує можливість кількісної оцінки сили та масштабів виявлених взаємозв'язків. Слід також враховувати, що використані дані отримані у різні роки, що може впливати на їх порівнянність. Крім того, відсутність уніфікованої статистичної бази для одночасного аналізу лісових і агроландшафтних показників ускладнює кількісну інтеграцію компонентів DPSIR.

Висновки

Узагальнено деградаційні процеси у лісових екосистемах Лівобережного Лісостепу України та проаналізовано їх зв'язок із екологічним станом прилеглих агроландшафтів у межах DPSIR-підходу. Запропоновано підхід до інтерпретації санітарного стану деревостанів як інтегрального індикатора цих змін.

Показано, що біотичний тиск, зумовлений дією комплексу шкідників і патогенів, пов'язаний із погіршенням санітарного стану ясеневих деревостанів і зниженням їх екологічних функцій. Встановлено, що ці зміни супроводжуються послабленням протиерозійної та водорегулювальної ролі лісів та інтенсифікацією ерозійних процесів у прилеглих агроландшафтах.

Інтерпретація результатів у межах DPSIR-підходу дозволяє розглядати виявлені процеси як причинно-наслідковий ланцюг $P \rightarrow$

$S \rightarrow I$, що відображає трансформацію біотичного тиску в зміни стану екосистем і їх подальший вплив на агроландшафти.

Практичне значення результатів полягає у використанні показників санітарного стану лісів у системах екологічного моніторингу як індикаторів раннього виявлення ризиків деградації агроландшафтів і обґрунтування заходів лісокористування та агролісомеліорації, зокрема відновлення пожегозахисних лісових смуг і підвищення стійкості насаджень.

Результати уточнюють причинно-наслідковий зв'язок деградації лісових екосистем і екологічних змін агроландшафтів у межах DPSIR-підходу. Подальші дослідження доцільно спрямувати на кількісне оцінювання взаємозв'язків між деградацією лісових екосистем і ерозійними процесами з використанням формалізованих моделей і уніфікованих даних.

Конфлікт інтересів

Автори заявляють, що конфлікту інтересів щодо публікації цього рукопису немає. Крім того, автори повністю дотримувались етичних норм, включаючи плагіат, фальсифікацію даних та подвійну публікацію.

Внесок авторів: всі автори зробили рівний внесок у цю роботу.

Декларація про використання ШІ

Під час підготовки рукопису автори використовували інструменти штучного інтелекту (ChatGPT, OpenAI) виключно для технічної та мовностилістичної підтримки тексту, структурування окремих фрагментів рукопису та перевірки академічного стилю викладу.

Усі наукові положення, аналітичні висновки, інтерпретація результатів, розрахунки та остаточна редакція статті виконані авторами самостійно. Автори несуть повну відповідальність за зміст публікації.

Список використаної літератури

1. Millennium Ecosystem Assessment. *Ecosystems and human well-being: wetlands and water*. Washington: World Resources Institute, 2005. URL: <https://www.wri.org/research/millennium-ecosystem-assessment-ecosystems-and-human-well-being>
2. Bonan G. B. Forests and climate change: forcings, feedbacks, and the climate benefits of forests. *Science*. 2008. Vol. 320, No. 5882. P. 1444–1449. <https://doi.org/10.1126/science.1155121>
3. Global forest resources assessment 2020: main report / ed. A. Sarre. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2020. URL: <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/9f24d451-2e56-4ae2-8a4a-1bc511f5e60e/content>

4. Bulygin S., Antonyuk D. Soil erosion in Ukraine. *Науковий вісник НУБіП України. Серія: Агрономія*. 2016. № 235. С. 143–151. URL: https://agriculturalscience.com.ua/web/uploads/journals_pdf/Visnik_Agronomy_2016_235.pdf
5. Тараріко О. Г., Ільєнко Т. В., Кучма Т. Л., Білокінь О. А. Ерозія ґрунтів як чинник опустелювання агроландшафтів України. *Агроекологічний журнал*. 2021. № 3. С. 6–16. URL: <https://journalagroeco.org.ua/issue/view/14494>
6. Flower C. E., Knight K. S., Rebeck J., Gonzalez-Meler M. A. The relationship between the emerald ash borer (*Agrilus planipennis*) and ash (*Fraxinus spp.*) tree decline. *Forest Ecology and Management*. 2013. Vol. 303. P. 143–147. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.04.017>
7. Enderle R., Stenlid J., Vasaitis R. An overview of ash (*Fraxinus spp.*) and the ash dieback disease in Europe. *CAB Reviews*. 2019. Vol. 14, No. 25. P. 1–12. <https://doi.org/10.1079/PAVSNR201914025>
8. Meshkova V., Samoday V., Davydenko K. Ash dieback and contributing factors of forest weakening in provenance tests in the Sumy region. *Central European Forestry Journal*. 2021. Vol. 67, No. 2. P. 113–121. <https://doi.org/10.2478/forj-2021-0001>
9. Schei F. H., Amberg M. P., Grytnes J. A., Johanesen M. S., Johansen J., Milford A. B., Tollefsrud M. M. Ash dieback: a cascade of ecological effects in the ground flora. *Forest Ecology and Management*. 2024. Vol. 572. Art. 122322. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2024.122322>
10. FAO, UNEP. *The state of the world's forests 2020: forests, biodiversity and people*. Rome: FAO, 2020. 214 p. <https://doi.org/10.4060/ca8642en>
11. Крутякова В., Гулич О., Янєс Л. Застосування біологічного методу для захисту лісу і лісових насаджень в Україні. *Вісник аграрної науки*. 2020. Т. 98, № 1. С. 39–46. URL: https://agrovisnyk.com/pdf/ua_2020_01_06.pdf
12. Букша І. Стан оцінювання загроз та адаптаційних заходів у лісовому господарстві України у зв'язку зі зміною клімату. Київ, 2022. 38 с. URL: https://www.sfi-ukraine.org.ua/wp-content/uploads/2023/11/buksha_climate-change_report_31-01-2022-ukr.pdf
13. Smeets E., Weterings R. *Environmental indicators: typology and overview*. Copenhagen: European Environment Agency, 1999. 19 p. URL: <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/tec25>
14. Davydenko K., Meshkova V. The current situation concerning severity and causes of ash dieback in Ukraine caused by *Hymenoscyphus fraxineus*. In: Vasaitis R., Enderle R. (ed.). *Dieback of European ash (Fraxinus spp.): consequences and guidelines for sustainable management*. Uppsala: Swedish University of Agricultural Sciences, 2017. P. 200–208. URL: https://www.researchgate.net/publication/315670555_The_current_situation_concerning_severity_and_causes_of_ash_dieback_in_Ukraine_caused_by_Hymenoscyphus_fraxineus
15. Методичні вказівки з нагляду, обліку та прогнозування поширення шкідників і хвороб лісу для рівнинної частини України / за ред. В. Л. Мешкової. Харків: Нове слово, 2020. 90 с. URL: https://urifm.org.ua/static/main/files/method_naglyad_oblik_prognoz_.pdf
16. Мешкова В. Л., Борисова В. Л., Криштоп С. А. *Санітарний стан ясени звичайного у Лівобережному Лісостепу України*: монографія. Харків : Факт, 2025. 173 с.
17. Kowalski T. *Chalara fraxinea* sp. nov. associated with dieback of ash. *Forest Pathology*. 2006. Vol. 36, No. 4. P. 264–270. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0329.2006.00453.x>
18. Vasaitis R., Enderle R. (ed.). *Dieback of European ash (Fraxinus spp.): consequences and guidelines for sustainable management*. Uppsala: Swedish University of Agricultural Sciences, 2017. 299 p. URL: https://www.cost.eu/uploads/2018/07/European_Ash_Consequences_and_Guidelines_for_Sustainable_Management.pdf
19. Timmermann V., Børja I., Hietala A. M., Kirisits T., Solheim H. Ash dieback: pathogen spread and ascospore dispersal. *EPPO Bulletin*. 2011. Vol. 41, No. 1. P. 14–20. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2338.2010.02429.x>
20. Pautasso M., Aas G., Queloz V., Holdenrieder O. European ash dieback: a conservation biology challenge. *Biological Conservation*. 2013. Vol. 158. P. 37–49. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2012.08.026>
21. Jose S. Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits. *Agroforestry Systems*. 2009. Vol. 76, No. 1. P. 1–10. <https://doi.org/10.1007/s10457-009-9229-7>
22. Mitchell R. J., Beaton J. K., Bellamy P. E., Broome A., Chetcuti J., Eaton S., Woodward S. Ash dieback in the UK: ecological implications and management. *Biological Conservation*. 2014. Vol. 175. P. 95–109. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2014.04.019>
23. Haines-Young R., Potschin M. *Common international classification of ecosystem services (CICES V5.1* Revision of the Common International Classification for Ecosystem Services (CICES V5.1): A Policy Brief. *One Ecosystem* 3. E27108 <https://doi.org/10.3897/oneeco.3.e27108>
24. Millennium Ecosystem Assessment. *Ecosystems and human well-being: synthesis*. Washington : World Resources Institute, 2005. URL: <https://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf>
25. McKinney L. V., Nielsen L. R., Collinge D. B., Thomsen I. M., Hansen J. K., Kjær E. D. The ash dieback crisis: genetic variation in resistance. *Plant Pathology*. 2014. Vol. 63, No. 3. P. 485–499. <https://doi.org/10.1111/ppa.12196>
26. Skovsgaard J. P., Thomsen I. M., Skovsgaard I. M., Martinussen T. Associations among symptoms of dieback in ash stands. *Forest Pathology*. 2010. Vol. 40. P. 7–18. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1439-0329.2009.00599.x>
27. Rametsteiner E., Simula M. Forest certification as a tool for sustainable forest management. *Journal of Environmental Management*. 2003. Vol. 67, No. 1. P. 87–98. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0301-4797\(02\)00191-3](https://doi.org/10.1016/S0301-4797(02)00191-3)

Отримано:03.04.2026 / Переглянуто: 05.05.2026 / Прийнято: 10.05.2026 / Опубліковано:30.05.2026

V. L. BORYSOVA¹, PhD (Agriculture),
Lecturer of the Department of Forestry and Game Management,
e-mail: borisova.valentina@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6915-1681>

Y. A. KRYSHTOP, PhD (Agriculture),
Associate Professor Department of Ecology and Biotechnology in Plant Production,
e-mail: kafagroeco@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2868-3101>

V. V. NAZARENKO, PhD (Agriculture),
Associate Professor of the Department of Forest Cultures, Land Reclamation and Landscape Architecture,
e-mail: 0997301084@btu.kharkiv.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1043-1619>

¹State Biotechnology University,
44, Alchevskykh Str., Kharkiv, 61002, Ukraine

DEGRADATION OF FOREST ECOSYSTEMS IN THE LEFT-BANK FOREST-STEPPE OF UKRAINE AND IMPACT ON AGRICULTURAL LANDSCAPES: DPSIR APPROACH

Purpose. An analytical synthesis of degradation processes in forest ecosystems of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine and examines their relationship with the ecological condition of adjacent agricultural landscapes using the DPSIR framework.

Methods. The DPSIR approach (EEA, 1999) was used as a conceptual framework to structure cause-and-effect relationships; methods of systematization and generalization of biotic pressure factors based on forest pathology survey data were applied, along with a comparative analysis of scientific sources.

Results. The empirical basis comprises data from surveys of more than 5,000 common ash trees (*Fraxinus excelsior* L.), conducted over multiple years (mainly in the 2010s) across 52 permanent and 125 temporary sample plots in stands of seven forest enterprises. Methodological approaches to forest pathology monitoring in the plain regions of Ukraine were used to substantiate management measures. The main biotic pressure factors were systematized, including stem pests, defoliating insects, pathogenic fungi, and bacterial diseases, whose interaction is characterized as complex (synergistic). A causal chain $P \rightarrow S \rightarrow I$ was identified. The decline in erosion-control and water-regulating functions of degraded forest ecosystems is consistent with the deterioration of soil properties and a decrease in soil fertility; the intensification of erosion processes in adjacent agricultural landscapes is consistent with findings reported in the scientific literature.

Conclusions. The sanitary condition of ash stands is regarded as an integral indicator of forest ecosystem degradation and an early marker of environmental risks for agricultural landscapes. The scientific novelty lies in the formalization of cause-and-effect relationships between biotic factors of ash stand degradation and ecological changes in adjacent agricultural landscapes within the DPSIR framework, as well as in the use of the sanitary condition of stands as an integral indicator of these processes.

KEYWORDS: ash dieback, *Fraxinus excelsior*, forest stand sanitary condition, soil erosion, biotic pressure, forest degradation, DPSIR

Conflict of interest

The authors declare that there are no conflicts of interest in the publication of this manuscript. In addition, the authors fully complied with ethical standards, including plagiarism, data falsification, and double publication.

Authors Contribution: all authors have contributed equally to this work.

AI Statement

During the preparation of the manuscript, the authors used artificial intelligence tools (ChatGPT, OpenAI) exclusively for technical and linguistic-stylistic support of the text, structuring individual fragments of the manuscript and checking the academic style of presentation.

All scientific statements, analytical conclusions, interpretation of results, calculations and final editing of the article were made by the authors independently. The authors bear full responsibility for the content of the publication.

References

1. Millennium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystems and human well-being: Wetlands and water*. World Resources Institute. Retrieved from <https://www.wri.org/research/millennium-ecosystem-assessment-ecosystems-and-human-well-being>
2. Bonan, G. B. (2008). Forests and climate change: Forcings, feedbacks, and the climate benefits of forests. *Science*, 320(5882), 1444–1449. <https://doi.org/10.1126/science.1155121>
3. Sarre, A. (Ed.). (2020). *Global forest resources assessment 2020: Main report*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Retrieved from <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/9f24d451-2e56-4ae2-8a4a-1bc511f5e60e/content>

4. Bulygin, S., & Antonyuk, D. (2016). Soil erosion in Ukraine. *Naukovyi visnyk NUBiP Ukrainy. Seriya: Ahronomiia*, 235, 143–151. Retrieved from https://agriculturalscience.com.ua/web/uploads/journals_pdf/Visnyk_Agronomy_2016_235.pdf
5. Tarariko, O. H., Iliencko, T. V., Kuchma, T. L., & Bilokin, O. A. (2021). Soil erosion as a factor of agricultural landscape desertification in Ukraine. *Agroecological Journal*, (3), 6–16. Retrieved from <https://journalagroeco.org.ua/issue/view/14494>
6. Flower, C. E., Knight, K. S., Rebbeck, J., & Gonzalez-Meler, M. A. (2013). The relationship between the emerald ash borer (*Agilus planipennis*) and ash (*Fraxinus* spp.) tree decline. *Forest Ecology and Management*, 303, 143–147. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.04.017>
7. Enderle, R., Stenlid, J., & Vasaitis, R. (2019). An overview of ash (*Fraxinus* spp.) and the ash dieback disease in Europe. *CAB Reviews*, 14(25), 1–12. <https://doi.org/10.1079/PAVSNR201914025>
8. Meshkova, V., Samoday, V., & Davydenko, K. (2021). Ash dieback and contributing factors of forest weakening in provenance tests in the Sumy region. *Central European Forestry Journal*, 67(2), 113–121. <https://doi.org/10.2478/forj-2021-0001>
9. Schei, F. H., Arnberg, M. P., Grytnes, J. A., Johanesen, M. S., Johansen, J., Milford, A. B., & Tollefsrud, M. M. (2024). Ash dieback: A cascade of ecological effects in the ground flora. *Forest Ecology and Management*, 572, 122322. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2024.122322>
10. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), & United Nations Environment Programme (UNEP). (2020). *The state of the world's forests 2020: Forests, biodiversity and people*. FAO. <https://doi.org/10.4060/ca8642en>
11. Krutiakova, V., Hulych, O., & Yanse, L. (2020). Application of biological method for forest protection in Ukraine. *Bulletin of Agricultural Science*, 98(1), 39–46. https://agrovisnyk.com/pdf/ua_2020_01_06.pdf
12. Buksha, I. (2022). Assessment of threats and adaptation measures in Ukrainian forestry in relation to climate change. Retrieved from https://www.sfi-ukraine.org.ua/wp-content/uploads/2023/11/buksha_climate-change_report_31-01-2022-ukr.pdf
13. Smeets, E., & Weterings, R. (1999). *Environmental indicators: Typology and overview* (EEA Technical Report No. 25). European Environment Agency. Retrieved from <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/tec25>
14. Davydenko, K., & Meshkova, V. (2017). The current situation concerning severity and causes of ash dieback in Ukraine caused by *Hymenoscyphus fraxineus*. In R. Vasaitis & R. Enderle (Eds.), *Dieback of European ash (Fraxinus spp.): Consequences and guidelines for sustainable management* (pp. 200–208). Swedish University of Agricultural Sciences. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/315670555_The_current_situation_concerning_severity_and_causes_of_ash_dieback_in_Ukraine_caused_by_Hymenoscyphus_fraxineus
15. Meshkova, V. L. (Ed.). (2020). Guidelines for monitoring and forecasting forest pests and diseases. Nove slovo. Retrieved from https://uriffm.org.ua/static/main/files/method_naglyad_oblik_prognoz_.pdf
16. Meshkova, V. L., Borysova, V. L., & Kryshtop, Y. A. (2025). Sanitary condition of common ash in the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine. Fakt.
17. Kowalski, T. (2006). *Chalara fraxinea* sp. nov. associated with dieback of ash. *Forest Pathology*, 36(4), 264–270. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0329.2006.00453.x>
18. Vasaitis, R., & Enderle, R. (Eds.). (2017). *Dieback of European ash (Fraxinus spp.): Consequences and guidelines for sustainable management*. Swedish University of Agricultural Sciences. Retrieved from https://www.cost.eu/uploads/2018/07/European_Ash_Consequences_and_Guidelines_for_Sustainable_Management.pdf
19. Timmermann, V., Børja, I., Hietala, A. M., Kirisits, T., & Solheim, H. (2011). Ash dieback: Pathogen spread and ascospore dispersal. *EPPO Bulletin*, 41(1), 14–20. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2338.2010.02429.x>
20. Pautasso, M., Aas, G., Queloz, V., & Holdenrieder, O. (2013). European ash dieback: A conservation biology challenge. *Biological Conservation*, 158, 37–49. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2012.08.026>
21. Jose, S. (2009). Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits. *Agroforestry Systems*, 76(1), 1–10. <https://doi.org/10.1007/s10457-009-9229-7>
22. Mitchell, R. J., Beaton, J. K., Bellamy, P. E., Broome, A., Chetcuti, J., Eaton, S., & Woodward, S. (2014). Ash dieback in the UK: Ecological implications and management. *Biological Conservation*, 175, 95–109. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2014.04.019>
23. Haines-Young, R., & Potschin, M. (2018). Revision of the Common International Classification for Ecosystem Services (CICES V5.1): A Policy Brief. *One Ecosystem* 3. E27108 <https://doi.org/10.3897/oneeco.3.e27108>
24. Millennium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystems and human well-being: Synthesis*. World Resources Institute. Retrieved from <https://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf>
25. McKinney, L. V., Nielsen, L. R., Collinge, D. B., Thomsen, I. M., Hansen, J. K., & Kjær, E. D. (2014). The ash dieback crisis: Genetic variation in resistance. *Plant Pathology*, 63(3), 485–499. <https://doi.org/10.1111/ppa.12196>
26. Skovsgaard, J. P., Thomsen, I. M., Skovsgaard, I. M., & Martinussen, T. (2010). Associations among symptoms of dieback in ash stands. *Forest Pathology*, 40, 7–18. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0329.2009.00599.x>
27. Rametsteiner, E., & Simula, M. (2003). Forest certification as a tool for sustainable forest management. *Journal of Environmental Management*, 67(1), 87–98. [https://doi.org/10.1016/S0301-4797\(02\)00191-3](https://doi.org/10.1016/S0301-4797(02)00191-3)

Submission received: 03.04.2026 / Revised: 05.05.2026 / Accepted: 10.05.2026 / Published: 30.05.2026