

ВПЛИВ ЕКОЛОГІЧНИХ ЧИННИКІВ НА ЛІСОВІ ЕКОСИСТЕМИ ТА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОСИСТЕМНИХ ПОСЛУГ

Мельник-Шамрай В.В., Іванюк Р.О.

Державний університет «Житомирська політехніка»
вул. Чуднівська, 103, 10005, м. Житомир
org_vvm@ztu.edu.ua

У статті проаналізовано вплив екологічних чинників на стан і розвиток лісових екосистем та їхню здатність забезпечувати екосистемні послуги на прикладі Українського Полісся. Актуальність дослідження зумовлена посиленням кліматичних змін, деградацією лісів, зростанням антропогенного навантаження та наслідками воєнних дій, що призводять до порушення екологічної рівноваги та зниження функціональної стійкості лісових екосистем.

Результати дослідження показали, що поєднання кліматичних змін, деградації ґрунтів, осушення торфовищ, поширення шкідників і збільшення кількості лісових пожеж негативно впливає на стан лісових екосистем Українського Полісся та знижує їхню здатність надавати екосистемні послуги. Підвищення середньорічної температури повітря і зміни режиму опадів призводять до водного стресу деревних порід, зменшення приросту біомаси та скорочення можливостей лісів накопичувати вуглець. У межах дослідження застосовано SWOT-аналіз як інструмент узагальненої оцінки впливу екологічних чинників на екосистемні послуги лісових екосистем. Проведений аналіз дозволив визначити сильні та слабкі сторони функціонування лісів Полісся, а також основні можливості й загрози, пов'язані зі зміною клімату, антропогенним навантаженням і деградаційними процесами. Результати SWOT-аналізу використано для обґрунтування пріоритетних напрямів збереження та підтримання екосистемних послуг, а також для формування практичних рекомендацій щодо сталого управління лісовими ресурсами регіону. Отримані результати можуть бути використані в практиці лісового господарства для покращення управління лісами, проведення екологічного моніторингу та планування заходів із збереження і відновлення лісових екосистем в умовах змін клімату. *Ключові слова:* лісові екосистеми, екосистемні послуги, біорізноманіття, екологічні чинники, вплив кліматичних змін, викиди CO₂.

Influence of environmental factors on forest ecosystems and ecosystem services. Melnyk-Shamrai V., Ivaniuk R.

The article analyzes the impact of environmental factors on the condition and development of forest ecosystems and their ability to provide ecosystem services, using the Ukrainian Polissia as a case study. The relevance of the study is determined by the intensification of climate change, forest degradation, increasing anthropogenic pressure, and the consequences of military activities, which lead to the disruption of ecological balance and a decline in the functional stability of forest ecosystems. The results of the study show that the combined effects of climate change, soil degradation, peatland drainage, the spread of pests, and an increase in forest fires negatively affect forest ecosystems in Ukrainian Polissia and reduce their capacity to provide ecosystem services. Rising mean annual air temperatures and changes in precipitation patterns cause water stress in tree species, reduce biomass growth, and limit the ability of forests to sequester carbon. A SWOT analysis was applied as a tool for an integrated assessment of the impact of environmental factors on forest ecosystem services. The analysis made it possible to identify the strengths and weaknesses of forest functioning in Polissia, as well as the main opportunities and threats associated with climate change, anthropogenic pressure, and degradation processes. The results of the SWOT analysis were used to substantiate priority directions for the conservation and maintenance of ecosystem services and to develop practical recommendations for sustainable forest management in the region. The findings of the study can be applied in forestry practice to improve forest management, conduct environmental monitoring, and plan measures for the conservation and restoration of forest ecosystems under climate change conditions. *Key words:* forest ecosystems, ecosystem services, biodiversity, environmental drivers, climate change impacts, CO₂ emissions.

Постановка проблеми. Ліси займають третину всієї суші нашої планети. Вони виконують ряд важливих функцій: екологічних, кліматорегулювальних, водоохоронних, ґрунтозахисних, санітарно-гігієнічних та соціально-економічних, які забезпечують стабільність біосфери. Крім того, лісові екосистеми є однією з найважливіших складових природного середовища, що забезпечують реалізацію багатьох

екосистемних послуг – від підтримання кліматичного балансу до збереження біорізноманіття та соціальних благ для населення. У сучасних умовах зміни клімату, зростання антропогенного навантаження та деградаційних процесів в екосистемах особливої актуальності набуває проблема дослідження впливу екологічних чинників на функціонування лісів, їхню стійкість та відтворювальну здатність. У зв'язку



з цим виникає потреба у вивченні впливу екологічних чинників на лісові екосистеми та їхню здатність забезпечувати екосистемні послуги, оцінюванні ролі лісів у процесах адаптації до змін клімату, зменшенні негативних наслідків антропогенного навантаження, а також формуванні науково-обґрунтованих підходів до сталого лісокористування й управління лісовими екосистемами.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Упродовж останніх років зростає науковий інтерес до вивчення впливу екологічних чинників на функціонування лісових екосистем та їхню здатність забезпечувати екосистемні послуги. Сучасні дослідження підтверджують, що кліматичні зміни, трансформація землекористування, антропогенне навантаження та біотичні фактори суттєво впливають на структуру, продуктивність і стійкість лісів. У роботі [1, 2] лісові екосистеми розглядаються як ключові постачальники екосистемних послуг, що забезпечують регулювання клімату, підтримку водного балансу, збереження біорізноманіття та соціально-економічний добробут населення. Водночас авторами встановлено, що функціонування лісових екосистем істотно залежить від дії екологічних чинників, зокрема кліматичних змін, антропогенного навантаження та трансформації землекористування.

Дослідники [3-5], вказують на значний вплив клімату на формування екосистемних послуг. Так, за результатами їх досліджень встановлено, що підвищення середньорічних температур і зміни режиму опадів призводять до зменшення регульованих послуг, таких як накопичення вуглецю, регулювання водного балансу та захист ґрунтів від ерозії. Кліматичний стрес знижує продуктивність лісів, сприяє поширенню шкідників і підвищує ризик масштабних пожеж, що негативно відображається на екосистемній стійкості.

Дослідники відмічають [6], що видовий склад, вікова структура, просторове розміщення дерев і рівень біорізноманіття безпосередньо впливають на здатність лісів забезпечувати екосистемні послуги. Багаторусні та різновікові насадження демонструють вищу екологічну стабільність і більшу ефективність у виконанні кліматорегульованих та ґрунтозахисних функцій.

Регіональні дослідження підтверджують, що локальні природні умови та особливості господарської діяльності відіграють вирішальну роль у формуванні екосистемних послуг. Для лісів України встановлено, що осушення торфовищ, деградація ґрунтів і фрагментація лісових масивів негативно впливають на водорегульовані та кліматорегульовані функції [7, 9], а в роботі [8] відмічено, що лісові масиви, на території яких є заповідні об'єкти, створюють сприятливі умови для забезпечення ключових екосистемних послуг та сприяють збереженню біологічного різноманіття.

Зокрема, у міських лісових масивах Києва встановлено порушення водного балансу, ерозію ґрунтів і втрату культурних та рекреаційних послуг через урбанізацію та інтенсивне рекреаційне навантаження [10]. Ліси Полісся демонструють негативні наслідки масштабних суцільних рубок, пожеж і зміни клімату, що знижує екологічну цінність та продуктивність лісових екосистем [11]. Масові пожежі під час війни 2022 року призвели до значних викидів вуглецю та порушення екологічних функцій лісів, зменшуючи їхню здатність надавати регульовані та забезпечувальні послуги [12].

Сучасні методи оцінювання екосистемних послуг дедалі частіше базуються на інтеграції ГІС, дистанційного зондування та економічних методів аналізу, що дозволяє враховувати регіональні особливості і планувати адаптаційні стратегії управління лісами [1, 13]. Таким чином, сучасні дослідження підтверджують комплексний вплив екологічних чинників на лісові екосистеми та підкреслюють необхідність впровадження інтегрованих стратегій для забезпечення стійкого постачання екосистемних послуг як на глобальному, так і на регіональному рівні.

Метою статті є вивчення впливів екологічних чинників на стан і розвиток лісових екосистем та виявлення напрямів збереження та підтримання їхніх екосистемних послуг. Об'єктом досліджень: лісові екосистеми Українського Полісся. Предмет досліджень – вивчення особливостей впливу екологічних чинників на стан, розвиток та здатність лісових екосистем забезпечувати екосистемні послуги.

Новизна отриманих результатів полягає в тому, що отримано комплексний аналіз впливу екологічних чинників на стан і розвиток лісових екосистем у межах Українського Полісся та розглянуті напрямки збереження та підтримання їхніх екосистемних послуг. Результати дослідження можуть бути використані лісогосподарськими підприємствами для розроблення стратегічних природоохоронних заходів, вдосконалення екологічно орієнтованого лісокористування, при проведенні екологічного моніторингу стану лісів і прогнозуванні змін екосистемних послуг та в освітньому процесі закладами вищої освіти під час викладання дисциплін екологічного та лісівничого спрямування.

Методика досліджень. Дослідження має оглядово-аналітичний характер і базується на комплексному використанні методів аналізу, узагальнення та систематизації наукової інформації щодо впливу екологічних чинників на лісові екосистеми та їхні екосистемні послуги. Інформаційну основу дослідження становили дані державної статистики, матеріали офіційних звітів з охорони навколишнього природного середовища, використання та відтворення лісових ресурсів України, а також результати попередніх наукових досліджень вітчизняних і зарубіжних авторів. У роботі застосовано методи порівняльного та структурно-функціонального аналізу для оцінки

впливу природних (кліматичних, ґрунтово-гідрологічних, біотичних) і антропогенних чинників на стан лісових екосистем та їхню здатність забезпечувати регульовальні, забезпечувальні, підтримувальні та культурні екосистемні послуги. Для інтегрованої оцінки впливу чинників використано SWOT-аналіз. Цей підхід дав змогу визначити сильні та слабкі сторони функціонування лісів, а також основні можливості й загрози. На основі результатів SWOT-аналізу сформульовано пріоритетні напрями збереження та підтримання екосистемних послуг. Узагальнення отриманих результатів стало підґрунтям для розроблення рекомендацій щодо сталого управління лісовими екосистемами в умовах зміни клімату.

Виклад основного матеріалу. Загальна площа лісового фонду України становить – 10,4 млн га, із яких вкритих лісовою рослинністю – 9,6 млн га. Ліси розташовані нерівномірно по всій території нашої країни, переважають здебільшого в Українських Карпатах та Поліссі [14]. Через те, що ліси знаходяться в різних природних зонах вони значно різняться між собою й не доходять до оптимального рівня (рис. 1.1), де формується стабільне розвинене екологічне середовище та при якому найбільш ефективно задіяні ресурси землі та найбільше проявляється цілісний комплекс лісових властивостей [14].

Українське Полісся є ключовою лісоутворюючою територією держави, на яку припадає близько 40 % загальної площі лісів. Водночас саме тут найбільш відчутно проявляються наслідки кліматичних коливань, радіаційного забруднення, осушувальної меліорації, пожеж і хвороб лісу. Саме тому, вивчення впливу екологічних чинників на лісові екосистеми та їхній внесок у надання екосистемних послуг в даному регіоні є актуальним.

Основу лісового покриву становлять соснові (*Pinus sylvestris* L.), березові (*Betula pendula* Roth.) та вільшнякові (*Alnus*) насадження, рідше трапляються дубові (*Quercus robur* L.) угруповання. Протягом останніх десятиліть лісові екосистеми регіону зазнають суттєвого антропогенного та кліматичного впливу. Внаслідок підвищення середньорічної температури на 1,2–1,5 °С за останні 30 років спостерігається зміщення меж оптимальних екологічних ніш деревних порід. Зростає частота посух, пожеж і масових уражень насаджень шкідниками, зокрема короїдом-типографом (*Ips typographus* L.), що призвело до втрати понад 30 тис. га лісів у Житомирській області у 2020–2023 рр [15, 16]. Крім того, лісові масиви Українського Полісся зазнають додаткового навантаження [8, 17, 18]: осушувальні меліорації, що призвели до деградації торфових ґрунтів, радіоактивне забруднення лісів, надмірна експлуатація лісових ресурсів без належного відновлення, зміни гідрологічного режиму та втрати біорізноманіття.

Екологічні чинники, що впливають на стан лісових екосистем, умовно поділяють на природні (абіотичні, біотичні) та антропогенні. Вони відіграють важливу роль у формуванні деревних насаджень та їх продуктивності. Вплив природних та антропогенних екологічних чинників є взаємопов'язаним та синергічним. Так, природні чинники визначають межі поширення, продуктивність і видовий склад лісів, тоді як антропогенні чинники формують сучасні тенденції деградації екосистем (табл. 1).

Наприклад, кліматичні чинники відповідають за ареал поширення лісоутворювальних порід, що пов'язано з формуванням світлового, теплового та водного режиму, які є важливими факторами для росту та розвитку деревних насаджень. Ґрунтово-

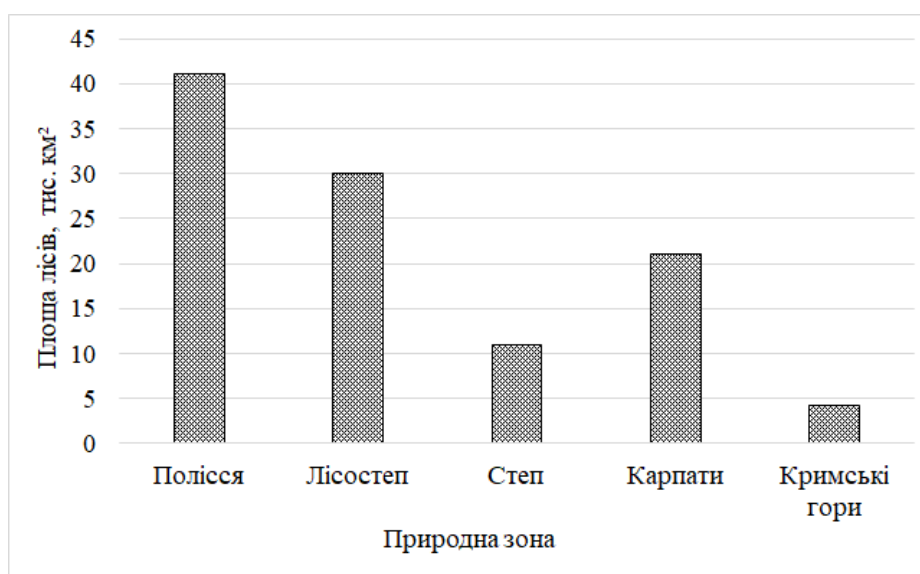


Рис. 1. Лісистість території України за природними зонами

Джерело: побудовано авторами на основі аналізу [14]

Таблиця 1

Основні екологічні чинники, що впливають на стан лісових екосистем Полісся

Група чинників	Характер впливу	Наслідки для екосистеми
Кліматичні	Підвищення температури, зменшення кількості опадів у вегетаційний період	Зниження продуктивності, збільшення ризику пожеж
Ґрунтові	Осушення торфовищ, деградація дерново-підзолистих ґрунтів	Втрата вологи, зменшення біомаси
Гідрологічні	Зниження рівня ґрунтових вод, порушення стоку	Порушення водного балансу лісів
Біотичні	Масові ураження шкідниками, зміна видової структури	Смертність деревостанів, зниження біорізноманіття
Антропогенні	Суцільні рубки, рекреаційне навантаження, пожежі	Фрагментація лісів, деградація ґрунтів

Джерело: створено авторами на основі аналізу літератури

Таблиця 2

Методи оцінки впливу екологічних чинників на стан лісових екосистем Полісся

Група методів	Сутність	Застосування в умовах Полісся
Дистанційне зондування Землі (ДЗЗ)	Використання супутникових даних (Sentinel-2, Landsat, MODIS) для моніторингу змін покриття та стану лісів	Виявлення ділянок всихання, аналіз динаміки NDVI, NBR
ГІС-моделювання	Просторовий аналіз даних клімату, ґрунтів, рельєфу	Просторове моделювання ризиків деградації лісів
Біоіндикаційні методи	Використання фітосанітарного стану дерев, лишайників, ентомофауни як індикаторів	Оцінка якості повітря, кислотності ґрунтів
Лісотаксаційні обстеження	Польові вимірювання запасів, структури, приросту	Комплексна оцінка продуктивності та санітарного стану
Моделювання екосистемних процесів	Використання моделей (FORECAST, InVEST, LANDIS-II) для прогнозування динаміки	Прогноз змін екосистемних послуг під дією клімату
Лабораторні аналізи ґрунтів та води	Визначення рН, вмісту С, N, важких металів	Аналіз деградації едафотопів

Джерело: створено авторами на основі аналізу літератури

едафічні фактори визначають продуктивність лісових екосистем та обсяг виходу ділової деревини, адже саме від цих чинників одючість ґрунту, вміст органічних речовин, запас поживних елементів та водний режим. Негативним впливом біотичних чинників є масове розмноження шкідників та поширення інвазійних видів, що суттєво порушує структуру та стійкість лісових насаджень. Проте, антропогенні чинники все ж залишаються одним із ключових джерел впливу на лісові екосистеми. Інтенсивні вирубки, пожежі, рекреаційне навантаження, забруднення атмосфери знижує стійкість лісових екосистем та погіршує їхню здатність забезпечувати екосистемні послуги.

Сучасні наукові дослідження щодо вивчення впливу екологічних чинників на лісові екосистеми передбачають комплексний підхід, що поєднує польові, лабораторні, дистанційні та моделювальні методи (табл. 2).

Залежно від мети дослідження можуть використовуватися різні методи. Наприклад, при оцінці впливу посух на лісову продуктивність поєднуються дані NDVI-індексів із результатами польових обмірів запасів деревини, а для вивчення екосистемних

послуг використовують методи моделювання, які дозволяють кількісно оцінити вплив екологічних чинників на такі показники, як зв'язування вуглецю, водорегулююча функція, біорізноманіття, що стає важливим для екологічної політики України.

Екосистемні послуги лісів – це всі користі та вигоди, які суспільство може отримати від лісових екосистем. Вони поділяються на кілька основних категорій [19]: регулюючі (очищення повітря, регулювання клімату, захист від ерозії ґрунтів та інші); забезпечувальні (деревина, ягоди, гриби, дикі звірі, лікарські рослини); підтримуючі (збереження біологічного різноманіття, підтримка кругообігу та інше) та культурні (туризм, відпочинок, просвіта та ін.). Екологічні чинники безпосередньо впливають на стан і функціонування лісових екосистем, що, у свою чергу, визначає якість та кількість екосистемних послуг, які вони надають (табл. 3). Зміна клімату, деградація ґрунтів і антропогенне навантаження ведуть до зниження потенціалу лісів у постачанні цих послуг.

За оцінками InVEST-моделювання (2022), у центральному Поліссі спостерігається зменшення здатності лісів до зв'язування вуглецю на 10–15 % за

Таблиця 3

Позитивний та негативний вплив екологічних чинників на екосистемні послуги лісів Полісся

Група послуг	Характеристика	Позитивний вплив	Негативний вплив
Регулюючі	Регулювання водного режиму, зв'язування вуглецю, фільтрація повітря	Здорові насадження з різноманітними деревними породами забезпечують ефективне утримання води, поглинання CO ₂ та очищення повітря.	Осушення, часті пожежі, деградація насаджень зменшують здатність лісів утримувати воду та поглинати вуглець.
Забезпечувальні	Деревина, гриби, ягоди, лікарські рослини	Різноріччя видів і стабільні кліматичні умови сприяють високій продуктивності лісу та доступності ресурсів.	Деградація біорізноманіття, хвороби дерев та незаконні рубки скорочують обсяг і якість ресурсів.
Підтримувальні	Кругообіг поживних речовин, ґрунтоутворення	Наявність природних болотних і торфових ландшафтів підтримує родючість ґрунтів і біогеохімічні цикли.	Забруднення ґрунтів, осушення торфовищ та ерозія порушують природні цикли та зменшують родючість.
Культурні	Рекреація, естетична цінність, освіта	Збережені лісові масиви з високою біорізноманітністю підвищують привабливість для туризму та навчальних досліджень.	Фрагментація лісів і забруднення знижують рекреаційний потенціал та естетичну цінність територій.

Джерело: створено авторами

останнє десятиріччя. Аналогічно знижується водорегулююча функція, що призводить до частішого підтоплення територій після сильних опадів [20].

Ключовим напрямом сучасних досліджень є встановлення кількісних взаємозв'язків між зміною екологічних факторів і продукцією екосистемних послуг. Наприклад, зменшення середньої вологості ґрунту на 5 % у соснових насадженнях Полісся спричиняє падіння приросту біомаси на 8–12 % [21].

SWOT-аналіз є ефективним інструментом для оцінки впливу екологічних чинників на екосистемні послуги лісів, оскільки дозволяє системно визначити сильні та слабкі сторони, а також можливості і загрози, що впливають на функціонування лісових екосистем. Даний підхід дає змогу виявити ключові фактори, що забезпечують підтримку біорізноманіття, регуляцію клімату, очищення повітря та води, а також інші послуги, які надає ліс. Результати аналізу (табл. 4) дають можливість оцінити стан лісових екосистем та розробити стратегії для сталого управління лісовими ресурсами, зменшення негативного впливу антропогенних та природних чинників і підвищення ефективності охорони та відновлення лісів.

Проведений SWOT-аналіз дозволяє комплексно оцінити потенціал і ризики функціонування лісових екосистем у контексті забезпечення екосистемних послуг. Він дає змогу виявити внутрішні переваги та обмеження лісових екосистем, а також зовнішні можливості й загрози, що формують їхній екологічний стан і здатність виконувати життєво важливі функції. Результати дослідження створюють основу для розроблення стратегій управління лісами на балансі між використанням і відновленням лісових ресурсів, посиленням системи екологічного моні-

рингу та впровадження інтегрованих заходів управління для підтримання екологічної стійкості лісових екосистем і забезпечення сталого потоку їхніх послуг у майбутньому.

На основі проведеного SWOT-аналізу можна запропонувати такі перспективні напрямки збереження та підтримання екосистемних послуг лісів Полісся України:

- підвищення екологічної стійкості лісів – впроваджувати вибіркові рубки і відновлювати природні сосново-дубові ліси Полісся;
- запобігання негативним впливам – контролювати незаконні рубки та обмежувати надмірний рекреаційний тиск на болота і соснові масиви;
- використання та збереження екосистемних послуг – розвивати збір дикорослих ягід, грибів та лікарських рослин без шкоди для природних ландшафтів;
- освіта та дослідження – організовувати науковий моніторинг стану лісів та просвітницькі програми для місцевих громад регіону;
- політичні та економічні інструменти – впроваджувати програми фінансової підтримки природоохоронних заходів та відновлення деградованих лісів регіону.

Висновки. Здійснено комплексний аналіз впливу екологічних чинників на стан, структуру та функціонування лісових екосистем Українського Полісся в контексті забезпечення екосистемних послуг. Встановлено, що кліматичні зміни, деградація ґрунтів, порушення гідрологічного режиму, біотичні загрози та антропогенне навантаження мають синергійний негативний вплив на екологічну стійкість лісів і знижують їх здатність виконувати регулювальні, забезпечувальні, підтримувальні та куль-

SWOT-аналіз впливу екологічних чинників на екосистемні послуги лісів

Сильні сторони (Strengths)	Слабкі сторони (Weaknesses)
<ul style="list-style-type: none"> - Ліси природно стійкі до помірних змін клімату та мають здатність до самовідновлення. - Біорізноманіття забезпечує комплексність і стійкість екосистемних послуг. - Наявність природних регуляторів водного та вуглецевого циклів. - Ліси поглинають вуглець та зменшують негативний вплив на клімат. - Ліси природно фільтрують воду, підтримують родючість ґрунтів та чистоту повітря. 	<ul style="list-style-type: none"> - Висока чутливість до екстремальних кліматичних явищ (посухи, повені, шторми). - Вразливість до інвазивних видів, хвороб і шкідників. - Недостатній моніторинг екологічних змін у масштабі локальних екосистем. - Нерівномірний розподіл екологічних чинників у регіонах, що ускладнює управління послугами. - Деякі екосистемні послуги (наприклад, рекреаційні) залежать від людської діяльності і легше порушуються.
Можливості (Opportunities)	Загрози (Threats)
<ul style="list-style-type: none"> - Використання природної стійкості лісів для адаптації до зміни клімату - Розробка стратегій відновлення лісів з урахуванням екологічних чинників. - Використання даних дистанційного зондування для моніторингу стану лісів. - Підвищення якості екосистемних послуг через біотехнології та відновлення біорізноманіття. - Міжнародна співпраця у сфері захисту та відновлення лісових екосистем. 	<ul style="list-style-type: none"> - Зміна клімату: посухи, аномальні температури, зміни опадів. - Масові шкідники та хвороби лісів через глобальне потепління. - Неконтрольовані рубки, деградація ґрунтів, ерозія. - Урбанізація, розростання інфраструктури та порушення природних коридорів - Забруднення повітря, води та ґрунтів, що погіршує функціонування лісових послуг.

Джерело: створено авторами

турні функції. Результати SWOT-аналізу засвідчили наявність значного природного потенціалу лісових екосистем Полісся, проте його реалізація стримується недостатнім рівнем екологічного моніторингу, наслідками меліорації, незаконних рубок і кліматич-

них змін. Обґрунтовано доцільність впровадження інтегрованих стратегій сталого управління лісами з використанням сучасних інструментів дистанційного зондування, ГІС-моделювання та екосистемного підходу.

Література

1. Pintilii R-D. Recent Advances in Forest Ecosystem Services and Landscape Design. *Forests*. 2025. Is. 16(10). P. 1527. <https://doi.org/10.3390/f16101527>
2. Truffer O., et al. Mapping the research of Forest ecosystem Services in Europe: A review. *Forest Policy and Economics*. 2025. Vol. 181. P. 103663 <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2025.103663>
3. Appiagyei B. D. et al. Climate Change Impacts on Forest Ecosystem Services: A Review. *Journal of Landscape Ecology*. 2022. Vol. 15, № 1. P. 1–26. 10.2478/jlecol-2022-0001
4. Mengjuan Q., Zhang Y., Liu H., et al. Climate Drivers of Forest Ecosystem Services Supply Based on Machine Learning Approaches. *Ecological Indicators*. 2025. Vol. 159. P.110123. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2025.114085>
5. Zhao Y., Liu S., Wang J., et al. Forest Ecosystem Multifunctionality: A Systematic Review. *Environmental Management*. 2026. Vol. 78. P. 102–118. <https://doi.org/10.1007/s40725-025-00266-4>
6. He C., Wang R., Zhang X., et al. Trade-offs and Synergies among Ecosystem Services under Environmental Change. *Nature Sustainability*. 2025. Vol. 8. P. 215–223. <https://doi.org/10.1038/s40494-025-01847-z>
7. Валерко Р. А., Герасимчук Л. О., Радучич А. В., Іваненко Р. В. Екосистемні послуги лісів філії «Словечанське лісове господарство» ДП «Ліси України». *Науковий вісник Вінницької академії безперервної освіти. Серія «Екологія. Публічне управління та адміністрування»*. 2023. Вип. 3. С. 71-76. <https://doi.org/10.32782/2786-5681-2023-3.09>
8. Мельник-Шамрай В.В., Шамрай В.І., Курбет Т.В., Іванюк Р.О., Кагукіна А.М. Збереження біологічного різноманіття на природоохоронних територіях у межах лісових екосистемах. *Екологічні науки : науково-практичний журнал*. 2025. Вип. 4(61). С. 256-264. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2025.eco.4-61.41>
9. Борсукевич Л. М. Характеристика екосистемних послуг вільхових лісів України. *Український журнал природничих наук*. 2024. № 9. С. 25-36. <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.9.2024.3>
10. Шищенко П.Г., Гавриленко О.П., Циганок Є.Ю. Екосистемна цінність Голосіївського лісу як міської природоохоронної території: причини і наслідки деградації. *Український географічний журнал*. 2019. № 4. С. 40-49. <https://doi.org/10.15407/ugz2019.04.040>
11. Райчук Л. А., Швиденко І. К., Чоботько Г. М. Відновлення лісових екосистем як основа збалансованого розвитку агроландшафтів Українського Полісся. *Агроекологічний журнал*. 2025. № 1. С. 24-31. DOI:10.33730/2077-4893.1.2025.327085

12. Zibtsev, S., Pasternak, V., Vasylyshyn, V., Myroniuk, V., Sydorenko S., Soshenskyi, O. Assessment of carbon emissions due to landscape fires in Ukraine during war in 2022. *Ukrainian Journal of Forest and WoodScience*. 2024. Is. 15(1), P. 126-139. doi: 10.31548/forest/1.2024.126
13. Загвойська Л.Д., Міц Л. В. Розроблення рекомендацій щодо врахування послуг лісових екосистем у діяльності лісогосподарських підприємств України методом TOWS-аналізу. *Економіка та суспільство*. 2025. Вип. 74. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-74-75>
14. Загальна характеристика лісів України. ULR: <https://lnk.ua/zN2rp1aN7> (дата звернення: 10.01.2026).
15. Жуковський О. В., Краснов В. П., Іванюк І. Д., Курбет Т. В., Зборовська О. В. Поширення короїда верхівкового (*Ips acuminatus* (Gyllenhal, 1827) і трахеомікозу хвойних порід стовбуром сосни звичайної. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2022. Вип. 32 (4). С. 38-43. <https://doi.org/10.36930/40320406>
16. Пацева І., Барабаш О., Мельник-Шамрай В., Пацев І. Екологічна оцінка впливу пожеж у природних екосистемах на стан екологічної безпеки Житомирської області. *Проблеми хімії та сталого розвитку*. 2023. № 3. С. 59-65. DOI <https://doi.org/10.32782/pcsd-2023-3-8>
17. Kucharzyk, J., Abramchuk, M., Abramchuk, A. et al. The peatlands of Polesie-what is left and what is lost in terms of habitats and carbon stores over the last 100 years. *Biodivers Conserv*. 2025. Is. 34. P. 3715–3731. <https://doi.org/10.1007/s10531-025-03128-4>
18. Zhukovskiy O. V., Krasnov V. P., Kurbet T. V., Shelest Z. M. Current situation with forest radioactive contamination in Volyn and Zhytomyr Polissia. *Forestry and Forest Melioration*. 2023. № 142. С. 106–115. <https://doi.org/10.33220/1026-3365.142.2023.106>
19. Іванюк Р.О., Скоковський М.В., Дмитренко С.А., Мельник-Шамрай В.В. Екосистемні послуги лісових екосистем. Тези Всеукраїнської наукової конференції здобувачів вищої освіти та молодих учених «Екологічна безпека та раціональне природокористування», 14 листопада 2024 року. Житомир : Житомирська політехніка, 2024. С. 38.
20. Соловій І.П., Бурда Ю.А., Жмурко Н.І. Порівняльний аналіз інструментів оцінювання послуг екосистем у контексті управління проектами у сфері природоохоронного просторового планування. *Сталий розвиток економіки*. 2024. № 4 (51) С. 259–266. <https://doi.org/10.32782/2308-1988/2024-51-37>.
21. Lakyda P., Shvidenko A, Kraхner F. et al. Impact of disturbances on the carbon cycle of forest ecosystems in Ukrainian Polissya. *Forests*. 2019. 10(4), 337. <https://doi.org/10.3390/f10040337>

Дата першого надходження статті до видання: 27.01.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 25.02.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.04.2026