

ПРОВІДНІ ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ФОРМУВАННЯ ТА ФУНКЦІОНУВАННЯ ЛІСОВИХ ЕКОСИСТЕМ: ПОГЛЯД З ПОЗИЦІЙ ДОСЯГНЕННЯ ЦІЛЕЙ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

Скляр Вікторія Григорівна

доктор біологічних наук, професор
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна
ORCID: 0000-0002-1301-7384
skvig@ukr.net

Кунцевський Дмитро Іванович

аспірант
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна
ORCID: 0009-0009-4624-3706
kynceviskiy@ukr.net

В публікації на основі аналізу 80 літературних джерел показано, що стан лісових екосистем є відбитком як усієї системи планетарних перетворень, що мали місце на Землі протягом її існування, так і відображенням дії комплексу чинників, які проявляють свій вплив на сучасному етапі. В роботі представлена авторська схема, яка демонструє комплексну та інтегральну сутність лісу як природного утворення та репрезентує екочинники, визначальні щодо стану лісів: космічні та планетарні при поділі останніх на глобальні, регіональні та місцеві (за обсягом охопту території), і на природні та антропогенні (за походженням). Надана інформація про характер впливу цих чинників на ліси, а також висвітлено динаміку лісової рослинності Землі в еволюційному та історичному аспектах. З урахуванням того, що стан лісових екосистем є інтегральною характеристикою значної кількості різнопланових природних та соціальних процесів і взаємодій, зазначено, що досягнення цілей сталого розвитку загалом та, безпосередньо, сталого (стійкого, усталеного) розвитку лісового господарства, потребує комплексного підходу. Акцентовано на значущості розробки регіональних програм, сформованих з урахуванням як глобальних (планетарних) аспектів формування та існування лісових екосистем, так і їхніх характеристик, притаманних певній місцевості, зважаючи на виконувані лісами екологічних, економічних та соціальних функцій. При цьому, з урахуванням передового світового досвіду, необхідно визначити підходи до системи господарювання, які сприятимуть підвищенню стабільності лісових екосистем, збереженню їхнього біорізноманіття та максимальної реалізації ними здатності до самопідтримання. Відзначено, що актуальність створення програм, які враховують місцеві особливості, особливо зростає в умовах воєнної агресії росії, тому як задля формування ефективних тактик і дієвих заходів обов'язково необхідно брати до уваги масштаби, характер і наслідки негативного впливу війни на лісову рослинність конкретних регіонів України.

Ключові слова: лісові екосистеми, біорізноманіття, екочинники, класифікація екочинників, цілі сталого розвитку, сталий розвиток лісового господарства.

DOI <https://doi.org/10.32782/agrobio.2025.3.19>

Вступ. Указом Президента України (від 30 вересня 2019 року, № 722), з урахуванням положень Резолюції Генеральної Асамблеї Організації Об'єднаних Націй (від 25 вересня 2015 року, № 70/1), визначено, що задля забезпечення національних інтересів щодо розвитку економіки, громадянського суспільства і держави, в країні має здійснюватися діяльність, спрямована на дотримання Цілей сталого розвитку України (на період до 2030 року). Вона, зокрема, має бути орієнтована, на вжиття невідкладних заходів для боротьби зі зміною клімату та її наслідками (п.13), на захист та відновлення екосистем суші й забезпечення раціонального лісокористування, на боротьбу з опустелюванням та зупинку процесу втрати біорізноманіття (п.15) (Ukaz Prezydenta Ukrainy (№722/2019)). У свою, чергу досягнення зазначених (п.13, 15) та низки інших цілей сталого розвитку (наприклад, досягнення продовольчої безпеки та сталого розвитку сільського господарства (п.2), сприяння сталому економічному зростанню, повній і продуктивній зайнятості та гідній праці для всіх (п.8)) безпосередньо

пов'язано із забезпеченням сталого (стійкого, усталеного) розвитку лісового господарства, який ґрунтується на гармонійному поєднанні екологічних, економічних та соціальних функцій лісів.

Дійсно, в рослинному покриві Землі лісам належить провідна роль як за зайнятою площею, так і за функціональним призначенням. Загальна площа лісів світу становить майже 4,1 млрд. га, з них покрито лісовою рослинністю близько 3,8 млрд. га. Решта – це так звані лісові землі, на яких ліс був вирубаний відносно недавно. Лісистість поверхні суходолу становить 28 %. (Hensiruk, 2002). У лісах зосереджено понад 80% наземного біорізноманіття (Aerts, & Honnay, 2011). Лісові екосистеми є осередком найбільшої кількості біотопів і значної частини наземних видів живих організмів. Вони не лише постачають суспільству промислові та споживчі ресурси, а й виконують ключові екзистенційні та духовні функції. Ліси захищають ґрунти й водні ресурси, регулюють клімат і водний стік, поглинають вуглекислий газ. Завдяки провідній ролі у кругообігу речовин, енергії та інформації

вони забезпечують стабільність біосфери й підтримку екологічної рівноваги (Sheliah-Sosonko, 2001). Проблема лісів на планеті – одна із найважливіших в боротьбі за збереження належного середовища існування людини (Sytnyk, 2003; Stoiko, 2011).

Загалом концепція управління лісами на засадах сталого розвитку є ключовою для забезпечення збалансованого використання лісових ресурсів, збереження біорізноманіття та забезпечення екологічної стійкості (Khryk et al., 2024). Стале лісокористування передбачає відновлення лісів, наближених до природних, замість створення поширених одновидових деревних насаджень, та активне залучення до процесу управління лісами всіх зацікавлених сторін (WWF. Stale lisove hospodarstvo). Реформа лісового господарства, спрямована на підвищення ефективності управління, прозорість ринку деревини та впровадження сучасних підходів до лісокористування, в Україні триває попри війну. Водночас збройна агресія завдала галузі безпрецедентних збитків. Нині п'ята частина лісового фонду країни залишається недоступною: приблизно 800 тис. га перебувають під окупацією, близько 100 тис. га – у зоні активних бойових дій, а майже 500 тис. га потребують термінового розмінування. Через бойові дії десятки тисяч гектарів лісів було знищено вибухами та пожежами (Ministerstvo zakhystu dovkillia).

З урахуванням різноплановості значення лісів та комплексності проблеми сталого розвитку лісового господарства, вважаємо за необхідне розглядати ці питання з урахуванням усієї системи природних та антропогенних чинників, визначальних щодо стану лісів. Метою даної публікації є надання, на основі аналізу літературних джерел, узагальненої інформації про провідні екологічні аспекти забезпечення існування та функціонування лісових екосистем, важливі й для визначення тактики та стратегії досягнення цілей сталого розвитку.

Результати. З часу появи на Землі лісового покриву (зазвичай це пов'язують девонським періодом), кожен наступний геохронологічний період вирізняється появою в результаті еволюції певних видів рослин, які стають її «визитівкою» та набувають статусу провідних лісоутворювачів, відображаючи при цьому притаманний даному часу стан природних комплексів (параметри і розподіл суші, орографічні, кліматичні умови та ін.) (Collinson, 1988; Scott et al., 1997; Kvacek, 2010; Archibold, 2012; Huntley, & Webb, 2012; Flenley, 2013). Літературні дані свідчать, що узагальнено за еволюційний період історію існування значної кількості лісоутворювальних видів можна визначити наступними етапами: 1. Поява; 2. Поширення (за рахунок впровадження у вже існуючі угруповання та (чи) освоєння нових територій); 3. Панування як ценозоутворюючого виду; 4. Втрата провідних позицій. Останній етап може відбуватись на тлі прояву одного чи комплексу зазначених процесів: вимирання виду, витіснення його новими видами (більш еволюційно просунутими, з вищим адаптаційним потенціалом, тощо), зменшення ареалу внаслідок прояву в стані природних комплексів змін, несприятливих для нього.

Стан лісів, безумовно, несе на собі відбиток всієї сис-

теми планетарних, еволюційних перетворень, що мали місце на Землі протягом її існування. Однак, параметри лісової рослинності в певний період часу є відображенням і дії комплексу чинників, що проявляють свій вплив саме в цей період. Зазначені впливи загалом репрезентують дві великі групи чинників: космічні та планетарні. Останні за обсягом охопту території можна поділити на глобальні, регіональні та місцеві, а за походженням – на природні та антропогенні.

Комплексну та інтегральну сутність лісу як природного утворення ілюструє розроблена нами схема, наведена на рис. 1. Вона сформована на основі аналізу літературних даних та деталізує інформацію про провідні чинники, що впливають на загальний стан лісів, разом з тим, прямо чи опосередковано, на успішність протікання їх природного поновлення – процесу, який забезпечує самопідтримання лісових екосистем (Sklyar, 2014; Skliar et al., 2019; Skliar et al., 2024), а також відіграє вагомую роль у відновленні лісів, наближених до природних, що власне й передбачене вимогами із досягнення сталого лісокористування (WWF. Stale lisove hospodarstvo).

Дія *космічних чинників* на стан лісів може реалізовуватись через прояв геліобіологічних ефектів. В кожен момент органічний світ відчуває вплив космічного середовища і дуже чутливо відображає в собі, в своїх функціях зміни та коливання, що мають місце в космосі. Корпускулярні ритми, радіоактивні радіації, космічний пил, газові молекули, якими наповнений весь простір світу, є також створювачами земного життя. Геліобіологічні ефекти стають виразнішими в період підвищення активності Сонця.

До числа явищ в органічному світі Землі, поставлених в залежність від періодичної діяльності Сонця, віднесені: час зацвітання рослин, яскравість їх цвітіння та ріст, розмноження і поширення шкідників, час весняного повернення птахів, розмноження, хвороби і міграції тварин тощо (Ruohomäki et al., 2000; Kreye et al., 2018; Šimůnek et al., 2020).

Результати багаточисельних досліджень засвідчують існування у динаміці приросту лісових деревостанів (здебільшого діаметру стовбурів дерев) чітко вираженої циклічності, обумовленої сонячною активністю (He et al., 2007; Dorotović et al., 2014; Luthardt, & Rößler, 2017; Šimůnek et al., 2020; Šimůnek et al., 2021). При цьому має місце прояв низки вегетативних циклів. Один з циклів триває від 5 до 6 років, тобто 0,5 сонячного циклу. Є цикл тривалістю в 10–13 років – одинарний сонячний цикл; 21–24 роки – подвоєний сонячний цикл; 32–34 роки – потроєний сонячний цикл; 100 – 103 роки – три рази потроєний сонячний цикл. Так Luthardt L. та Rößler R. (2017), досліджуючи стовбури дерев із ранньопермського викопного лісу Хемніца (південно-східна Німеччина), встановили, що поява сонячних плям впливала на зміну інтенсивності космічного випромінювання, яке надходило в атмосферу. Це, у свою чергу, відбивалося на процесах утворення хмар і кількості опадів, що зафіксовано у річних кільцях дерев. Дане відкриття є одним із найдавніших свідченням циклічності космічних впливів і водночас підтверджує їхню стабільну

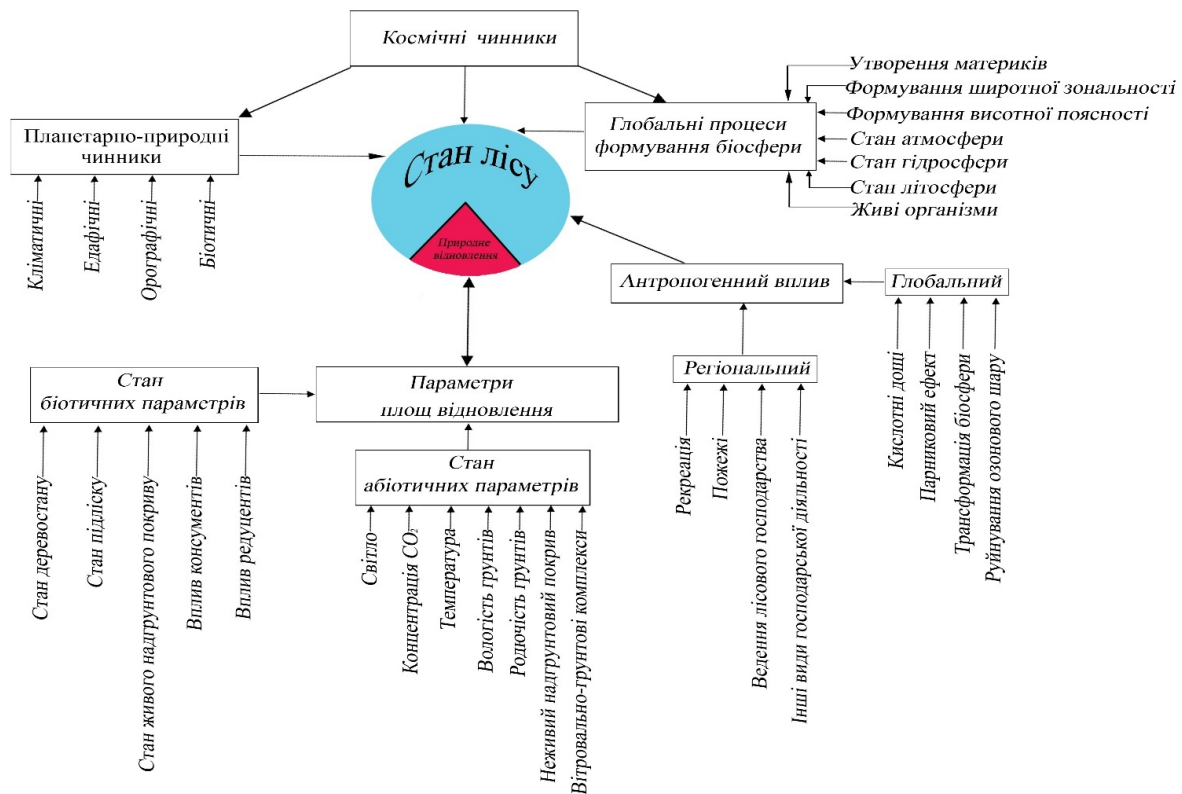


Рис. 1. Екочинники, визначальні щодо стану лісів та їх природного відновлення

періодичність щонайменше протягом 300 мільйонів років. В Україні ж, за результатами досліджень, проведених у географічних культурах в умовах Розточчя, було виявлено кореляцію між річними приростами висоти молодих дерев бука лісового та показниками сонячної й геомагнітної активності (Delehan & Sumaruk, 2011).

У зв'язку з циклічними коливаннями геліо-, геофізичних процесів та клімату в лісах різних регіонів не випадковим та епізодичним, а цілком закономірний явищем земних умов стають пожежі (Gomes, & Radovanovic, 2008; Koshovyi et al, 2012; Radovanović et al., 2015a; Radovanovych et al., 2015b; Radovanović et al., 2015c). Gomes, J. F. P., & Radovanovic, M. (2008) за результатами вивчення поширення пожеж територіях Португалії та Іспанії у серпні 2005 року, а також в інших регіонах Європи, вказують, що в кожній конкретній ситуації пожежам передувало випромінювання сильної електромагнітної та теплової корпускулярної енергії з високоенергетичних регіонів, які знаходилися в геоефективному положенні. Такі викиди, як правило, мають дуже високу енергію та високі швидкості частинок і походять з коронарних дір. У підсумку вони вказують на існування вагомого причинно-наслідкового зв'язку між сонячною активністю та виникненням лісових пожеж.

Пірогенний чинник проявляє суттєвий вплив на стан лісових екосистем, природних комплексів територій (Moore, 2005), а наслідком зазначеної циклічності прояву пірогенного чинника є існування циклічності процесів природного поновлення лісоутворювальних видів, зокрема, сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) – виду, для

якого пожежі були важливим природним чинником еволюції (Gumenyuk, 2016). Один із взаємозв'язків проявляється у тому, що накопичення зольних елементів після проходження масштабних лісових пожеж сприяє максимальному укоріненню підросту *Pinus sylvestris* в умовах А2-3, що в подальшому дає суттєвий поштовх до збільшення приросту деревини (Levchenko et al, 2021).

Дослідження, проведені на території Чехії, показали істотну кореляцію між обсягами відновлювальних рубок та площею сонячних плям і рівнем космічного випромінювання. Зв'язок цих показників підтверджується спектральним аналізом, який із 1973 року фіксує виражений 11-річний сонячний цикл. Отримані дані також свідчать про посилення впливу сонячних плям і космічних променів на масштаби лісозаготівлі в останні роки, що зумовлено поєднанням екстремальних кліматичних явищ і масових спалахів короїдів (Šimůnek et al., 2020). Тобто космічні чинники та геліобіологічні ефекти відбиваються не лише на природних аспектах функціонування лісових екосистем, а й на господарюванні в них. Вірогідно, що в межах 11-річного циклу, в роки, які передують епісоду максимуму сонячної активності, можливе впровадження більш активного використання лісових ресурсів, а в роки після максимуму більш доцільним є застосування заходів, спрямованих на підвищення стійкості лісових екосистем.

Таким чином, в лісах проявляються досить різноманітні геліобіологічні ефекти. Низка з них опосередковано або прямо впливає на стан лісів. Геліобіологічні ефекти можуть як позитивно, так і негативно відбиватись на

успішності природного поновлення, забезпечуючи через нього підтримання в лісах вже усталених на даний час ознак або ж запускаючи в них ті чи інші динамічні зміни. Крім прояву геліобіологічних ефектів значущість космічних впливів постійно проявляється у надходженні до поверхні Землі сонячного випромінювання, кількісні та якісні параметри якого на планетарному рівні є визначальними щодо формування клімату, прояву широтної зональності, забезпечення рослин світлом та фотосинтетичноактивною радіацією.

Планетарні чинники. До цієї групи провідних екологічних чинників, що впливають на поширення та стан лісів, належать: 1. Кліматичні (тепловий та водний режими територій, особливості переміщення повітряних мас і та ін.); 2. Едафічні та орографічні чинники; 3. Біотичні чинники (тварини, рослини, мікроорганізми); 4. Антропогенні (Khryk et al., 2024; Yavorovskiy et al., 2021).

Із зазначеного переліку груп чинників перші три репрезентують власне природні впливи. Стосовно значущості кліматичних умов для поширення та існування лісу є наступна точка зору: для існування лісу потрібно, щоб за чотири місяці вегетаційного періоду середня температура повітря була не нижче 10 °C, середня відносна вологість повітря не менше 50%, а середня кількість опадів не нижче 50 мм. Г.М. Висоцький визначальними щодо поширення лісів вважав значення коефіцієнту зволоження, тоб-то співвідношення між кількістю опадів та випаровування. Для лісової зони притаманні значення цього показника, більші за 1, а для лісостепової – величини на рівні 1.

Оптимальним режимом тепла для росту деревних порід і лісу є режим, який забезпечує в даній місцевості необхідною кількістю тепла всі фізіологічні процеси, ростові та стадійні зміни. Для різних фаз розвитку рослин – проростання насіння, формування та розвитку генеративних структур, росту молодих рослин, а потім і дорослих потрібний різний термічний режим. Встановлено, що північна границя поширення лісів майже співпадає з проходженням червневої ізотерми +10°C.

Стосовно едафічних умов доведено, що ліс існує там, де ці умови (рівень родючості ґрунту, його зволоження, глибина залягання ґрунтових вод, ознаки материнської породи) відповідають вимогам провідних лісоутворювальних видів. Вплив орографічних чинників на стан лісів проявляється через зміну світлового режиму територій, їх теплового та водного режимів, а також едафічних умов. Наслідком цих взаємодій є зміна лісової рослинності залежно від експозиції схилів, а у горах ще й вагомим є прояв висотної поясності (Khryk et al., 2024; Yavorovskiy et al., 2021).

Зазначені природні впливи та чинники, безумовно, є визначальними щодо стану та поширення лісів. Однак, самі лісові фітоценози виступають потужним чинником їх трансформації, внаслідок чого під наметом лісу формується специфічне фітосередовище та своєрідний комплекс еколого-ценотичних ознак, що характеризує стан площ поновлення і є вельми важливим для забезпечення сталого існування лісів (Zlobin, 1998; Sklyar, 2014; Skliar et al., 2024).

З часу появи людини важливим чинником, визначальним як для стану лісів, так і їхнього природного відновлення, стає антропогенний вплив. Загалом етапи антропогенного впливу на природні екосистеми в тій чи іншій мірі відповідають історичним етапам розвитку суспільства: палеоліт і мезоліт, неоліт, бронзовий вік, етап від середньовіччя до сучасності. Для рослинного покриву чинником, який принципово змінив його, був перехід від економіки привласнення (збирання плодів, коренів, полювання, рибальство та інше) до осілих форм господарювання, зокрема, землеробства та скотарства. В. Глазко (Glazko, 2006) зазначає, що на цьому етапі еволюційним є початок формування принципово нової взаємодії з природою. Уперше природний біологічний цикл частково був замінений на штучний, що базувався на вирощуванні рослин. Землеробство і скотарство допомогли людям перейти до осілого способу життя, виробляти, а також обмінювати продукти своєї праці. Виникає і поширюється торгівля, утворюються поселення – прообрази майбутніх міст. При цьому активізується вирубка лісів, а розвиток скотарства, через знищення тваринами підросту в лісах, ще й сприяв пересуванню межі лісових та лісостепових природних комплексів на північ (Rösch et al., 2002; Questioning the relevance..., 2002).

Зміна границь та трансформація лісової рослинності відбувались не тільки внаслідок ведення підсічно-вогневого землеробства, яке активізувалось із появою залізних знарядь праці, й також проведення активної заготівлі деревини для зведення житла та як деревного корму на зиму. Крім того, важливими є виявились й такі технологічні інновації як поява лопати й колеса, тяглової сили тварин та металургії (Kolář et al., 2018).

На сучасному етапі вирубування лісів заради звільнення землі під рілля, заготівлі дров, деревини триває. Якщо на зорі землеробства і скотарства лісами було вкрито не менше 62 млн. км² поверхні суші, то на 2000 рік за оцінками Лісового Департаменту ФАО ООН загальна площа лісів світу становила вже 38,6 млн. км². Тобто за історичний період знищено близько 38% площі лісів. Загальний обсяг лісозаготівель на планеті сягає 4,5 млрд. м³ на рік, а це означає, що за одну хвилину знищується 20 га лісів. Цей процес призводить до деградації ґрунту, темпи якої ще вищі – 40 га/хв. (Hensiruk, 2002). У багатьох, особливо слабо розвинених країнах, ці аспекти використання лісу стабільно залишаються провідними чинниками, що призводять до зменшення залісненості як окремих регіонів так і планети в цілому.

Зараз в основному зменшується площа тропічних лісів. За період 2001 – 2010 років площа вологих тропічних лісів скоротила на 8,5% більше, ніж за попереднє десятиріччя. Із загальної площі зведених тропічних лісів в басейні Амазонки на землеробство припадає близько 34%, 30% – на випасання худоби, 20% – на ведення лісового господарства, 16% – будівництво та гірничо-добувну промисловість. Тільки в 1988 році в цьому регіоні була здійснена заготівля 288 млн. м³ деревини, з якої 72% було використано на дрова, 25% – на промислові потреби, 3% – на експорт. Тропічні вологі ліси

щороку зменшуються приблизно на 2% у межах усього біоми. У той час як деякі країни втрачають незначні площі лісу, інші – у два чи навіть кілька разів швидше за середні показники. За попередніми оцінками, 14 так званих «фронтирів вирубки» – територій із найбільш інтенсивною та масштабною вирубкою – наразі забезпечують 43% усіх втрат лісів, охоплюючи близько чверті площі тропічних вологих лісів (Myers, 1993). Згідно з даними ФАО (2001), найвищі темпи вирубки лісів (106 га/рік протягом 1990-х років) спостерігалися в Бразилії (2,317), Індії (1,897), Індонезії (1,687), Судані (1,003), Замбії (0,854), Мексиці (0,646), Демократичній Республіці Конго (0,538) та М'янмі (0,576). Для тропіків в цілому річний темп втрати лісів (природних лісів та плантацій разом) був негативним (близько 0,62% лісової площі). Відносні темпи втрат були нижчими в тропічній Латинській Америці (0,45%/рік) та вищими в тропічній Азії (0,78%/рік) (Houghton, 2005).

Щорічна вирубка тропічних лісів у десятки разів перевищує площі заліснення. Відповідно, при сучасних обсягах рубань протягом сторіччя тропічні ліси планети будуть вирубані цілком. Зі знищенням тропічних лісів наступить глобальна катастрофа (Hensiruk, 2002). Як площа, так і якість лісових середовищ існування продовжують зменшуватися, а пов'язана з цим втрата біорізноманіття ставить під загрозу функціонування лісової екосистеми та здатність лісів надавати екосистемні послуги (Aerts & Honnay, 2011).

Знищення лісів та зменшення їх площі мають наслідком не тільки зміну в стані природних комплексів певних територій, а й порушує біогеохімічні цикли ряду речовин в тому числі вуглецю (Casermeiro et al., 2001, Malhi, Grace, 2000, Bock Michael, Van Rens, 2002, Scherer et al., Part II, 2000, Raspopina, 2004). Разом з лісом зникають біотопи багатьох видів, зменшується біорізноманіття, що ставить під загрозу не лише функціонування лісової екосистеми, а й здатність лісів надавати екосистемні послуги (Aerts, & Honnay, 2011).

В Європі вирубка лісів та експлуатація лісів майже повністю знищили первинні ліси (Kaplan et al., 2009). Ліси Європи зараз переважно складаються з напівприродних лісів, тоді як ліси, не порушені людиною, становлять лише 4% від загальної площі. Навіть ця невелика частка непорушених лісів сильно фрагментована, оскільки практично немає незайманих лісових ландшафтів >500 км² (Sabatini et al., 2018).

Негативні тенденції щодо зведення лісів не обійшли осторонь і Україну. Як зазначає М.Д. Гродзінський (Hrodzynskiy, 2019), хоча територія країни була заселена ще з палеоліту, людська діяльність тривалий час мала лише локальний вплив на природу. Найбільших змін зазнали широколистяні ліси Правобережжя в епоху трипільської культури. Однак через особливості їхнього господарства (переселення кожні 50–60 років), покинуті території мали змогу за два століття майже повністю відновлюватися. Наприкінці існування трипільської культури клімат став посушливішим, і природне відновлення лісів сповільнилося. Почався процес остепнення, який охопив значні площі правобережного лісостепу та зго-

дом став першим прикладом масштабної зміни ландшафтів України під впливом людини.

Культура Кукутені-Трипілля дійсно стала одним із ключових чинників ранньої трансформації українських ландшафтів. Представники цих громад активно випробовували первісні форми землеробства та тваринництва, що зумовило перші цілеспрямовані втручання в природні екосистеми. Застосування підсічно-вогневого землеробства та простих методів зрошення сприяло локальному вирубуванню лісів і розчищенню ділянок під обробіток. Палеоекологічні дослідження, зокрема аналіз пилю, підтверджують, що такі аграрні практики істотно впливали на рослинний покрив і змінювали природні процеси сукцесії.

У період Київської Русі централізація влади, урбанізація та розширення комерційних зв'язків також сприяли суттєвій трансформації ландшафтів та рослинного покриву. Активна вирубка лісів і очищення територій відбувалися з метою підтримки сільськогосподарських практик та будівництва. Політичні зміни, що відбулися під час Речі Посполитої та Російської імперії, також спричинили значні зміни природних територій. Земельні реформи разом зі швидким механізуюванням сільського господарства призвели до збільшення площ орних ґрунтів за рахунок лісових масивів і болотистих угідь (Melnychuk, & Lotsman, 2025).

Незважаючи на наростаючий антропогенний тиск, майже до XVIII сторіччя Україна лишалась багатим на ліси краєм. Наприклад, згідно з лісівничими дослідженнями за доби Середньовіччя ліси покривали близько 40 % території України (Stoiko, 2011). З XVII сторіччя на Україні досить швидкими темпами починає розвиватись промислове виробництво (виробництво поташу, скла, одержання селітри, виплавка заліза, будівництво інженерних споруд та ін.). Усі ці виробництва базувались на використанні величезної кількості деревини і посідали одне з провідних місць щодо знищення лісів. Взагалі, за останні 500 років площа українських лісів зменшилась майже у три рази (до близько 10 млн. га), тоді як у першому тисячолітті н. е. вона дорівнювала 27 млн. га. Разом із виснаженням лісових ресурсів і скороченням лісової площі трансформувалась й видовий склад лісів (Hensiruk, 1994, 2002; Корії, 2001).

Результати багаточисельних та різнопланових наукових досліджень засвідчують, що антропогенний вплив дійсно є чинником який суттєво впливав і впливає на стан лісових екосистем (Boichuk & Tretiak, 1999; Komendar, 1999; Parpan, 1999; Goldammer, 1999; Геннік, 2000; Arthur et al., 1998; Givnish, 1999; Skov, & Lowesson, 2000; Casermeiro et al., 2001; Malmivaara et al., 2002; Hammit et al., 2015; Pintili, 2022). З числа видів діяльності людини найсуттєвіший вплив на ліси здійснює лісове господарство. За результатами досліджень в різних регіонах Землі беззаперечно доведено, що лісові екосистеми, що знаходяться в системі такого використання суттєво відрізняються від природних лісів чи лісів, що мають стан близький до природного (Schmidt, 1998).

Ю.Р.Шеляг-Сосонко (Sheliah-Sosonko, 2001) наголошував, що методи лісогосподарювання, які засто-

совувалися в Україні після Другої світової війни, зокрема рубки головного користування та орієнтація на штучне відновлення лісів, спричинили зниження їхньої біологічної стійкості. Це призвело до зменшення екологічної ємності й продуктивності лісових екосистем, порушення вікової структури насаджень, погіршення породного складу. Крім того, зросла частка штучних насаджень, поширилися малоцінні види, створювалися лісокультури, невідповідні умовам місцезростання. У результаті відбулося збіднення біорізноманіття, активізувалися ерозійні процеси, посилювалося забруднення водойм, що в кінцевому підсумку спричинило екологічні катастрофи. О.А. Голуб (Holub, 2001) серед головних чинників втрати лісоресурсного потенціалу України також виділяє нераціональне ведення лісового господарства. Сюди він відносить надмірну інтенсивність рубок, несвочасне й недостатнє проведення лісовідновних заходів, а також невідповідність між умовами місцезростання земельних ділянок та деревостанами, що на них ростуть. Додатковими проблемами є виникнення в лісах надзвичайних ситуацій та недосконалість методів економічної оцінки лісових угідь. Як наслідок тривалого господарського впливу, сьогодні в Україні половина лісового фонду складається з насаджень, створених людиною (Furdychko, 2003).

Ліси також зазнають впливу глобальних процесів деградації довкілля, зокрема змін клімату, значною мірою зумовлених антропогенною діяльністю – насамперед спалюванням викопних палив і вирубуванням лісів, у яких зосереджено близько 90% вуглецю наземних екосистем. До глобальних змін, які взаємодіють із кліматичними, належать також підвищення концентрації озону в атмосфері, зростання рівня ультрафіолетового випромінювання, осідання сполук азоту, посилення евтрофікації, збільшення частоти екстремальних природних явищ та зміни у землекористуванні (Theurillat & Guisan, 2001; Heal, 2001).

У результаті зміни клімату та пов'язаних з ним процесів щодо стану популяцій рослин, очікуються підсилення фрагментації, а також зміни в рівні генетичної мінливості, поширенні видів, фенології, в системі взаємодій з тваринами, і, загалом, в рівні стійкості (Theurillat, Guisan, 2001). Крім того, науковцями зазначається можливість втрати, на тлі потепління, видами рослин «кліматичної облонки», тоб-то простору, в якому вони виживають та розмножуються в природних умовах. При цьому якщо вид є екологічно важливим компонентом великої екосистеми, можливо очікувати потенційну втрату цілісності цієї екосистеми (Crumacker et al., 2002). Загалом можливі три основні типи реакції видів на подальші зміни клімату: а) міграція; б) адаптація (трансформація ритму сезонного розвитку на основі модифікаційних та генетичних змін), в) вимирання.

На рівні рослинності прогноуються зміни в поширенні різних типів і в їхній фізіографії, здвиг ектонів, трансформація структури угруповань, їхньої продуктивності та в цілому та зміни в стані ландшафтів (Theurillat, Guisan, 2001; Heal, 2001). Внаслідок прояву зазначених тенденцій безпосередньо щодо лісів стають цілком можливими зміни в географії, рівні стійкості, продуктивності та їх видовому складі (Stohlgren et al., 2000; Tilman & Lehman, 2001; Cramer & Whittaker, 1999; Buksha et al., 2000, Tudoran et al.,

2021; Skliar et al., 2025). Зокрема, за результатами досліджень, проведених в лісах північної Європи, показано, що на тлі потепління клімату ліси із переважанням *Picea*, демонструють швидший перехід до домінування бука (*Fagus*) та інших листяних порід помірного поясу (Sykes, & Prentice, 1996).

За деякими даними у наслідок потепління клімату може відбуватись розширення лісів в бореальній зоні. Однак загалом зміни довкілля будуть несприятливими для лісової рослинності, тому як очікується зменшення кількості опадів, на 2–3% потеплішає клімат, зменшиться запас вологи і зменшиться продуктивність лісів. Паралельно з цим зменшиться резистентність рослинності до хвороб, збільшиться вірогідність виникнення лісових пожеж та масового зростання чисельності шкідників. Результати деяких досліджень вказують на те, що одним із наслідків змін клімату став прискорений ріст зелених насаджень в наслідок підсиленого поглинання ними вуглекислого газу (Pretzsch et al., 2014a). Наприклад, дослідження у лісах Центральної Європи показали, що ріст дерев *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. та *Quercus robur* L. пришвидшився: вони досягають певних критичних розмірів на кілька десятиліть раніше, ніж у минулому. У результаті сучасні насадження мають меншу кількість стовбурів на одиницю площі, ніж це було в насадженнях такого ж віку раніше, проте їхня загальна густина є вищою. Такі зміни є важливими при здійсненні лісоуправління, моделювання динаміки лісів та проведенні екомоніторингу. (Pretzsch et al., 2014b). Загалом в останні роки тропічні ліси Азії, Африки та Південної Америки поглинають вуглекислого газу майже на 5 млрд. тон в рік більше, ніж раніше. Це означає, що лісові масиви для нашої планети залишають за собою статус потужного еколого-стабілізуючого чинника, однак, при подальшому підвищенні температури ця функція може бути повністю втраченою і ліси самі почнуть виділяти значну кількість вуглецю, тим саме прискорюючи потепління, а не перешкоджаючи йому.

Суттєвої шкоди лісам завдають кислотні опади. Найбільш чутливим до цих опадів виявились шпилькові ліси. Під впливом кислотних дощів в Європі почалось спостерігатись їх масове всихання. Вважається, що в зазначеному регіоні від кислотних опадів до 1992 року постраждало 31 млн га лісу. У першу чергу починають всихати шпилькові деревостої віком біля 60 років. У Німеччині тільки з 1982 року до 1984 кількість вражених кислотними опадами шпилькових лісів зросла з 8 до 50%, а до 1990 року – до 75%. У 1990 році в лісах Франції було 28% дерев, що загинули. В Іспанії масовим стало опадання листя у лісових рослин. Йде зміна видового складу нижніх ярусів лісу. Трансформується вся екосистема (Zlobin, 1998). М.В. Корчемлюк зі співавторами (Korchemliuk et al., 2001) на прикладі Карпатського національного парку показано, що кислотні опади, що надходять на цю територію із західним переносом, призводять до закислення ґрунтів, порушення їхньої кислотно-лужної рівноваги, зниження активності мікрофлори, блокування адсорбції біогенів і в кінцевому разі – до послаблення кореневої системи лісоутворюючих видів дерев. З-за глобального забруднення повітря, на тлі трансграничних переносів, в лісах

країн Західної та Східної Європи став проявлятися процес неморалізації та евтрофікації лісових екосистем. Це відбувається під впливом азоту та кальцію, що "осідають" на ліси з повітря.

Незважаючи на те, що в історії біосфери на період дії антропогенного чинника припадає вельми незначний час, людина здійснила дуже значне перетворення природних комплексів Землі, в тому числі і лісів. Ці трансформації є вкрай різноманітними як за сутністю (ведення лісового та сільського господарства, промислове забруднення навколишнього середовища, рекреація тощо), так і за масштабами прояву (місцевого, регіонального, глобального) (Stoiko, 2011). Крім того, виходячи із нагальних потреб, орієнтованих на те, щоб швидко і максимально задовольнити виключно потреби сьогодення (звільнити площі під рілля, забезпечити побутові та промислові потреби в деревині та ін.) відбувалось знищення лісів часто без зважання на можливість їх майбутнього відновлення (і в ряді випадків навіть і спрямованого перешкодження даному процесу). Відбувається погіршення надійності та стійкості лісів, в тому числі гальмування та зміни напрямків їх природного поновлення. Він вже не забезпечує стійкість корінних угруповань (Lindbladh, & Bradshaw, 1998).

Висновки. Проведений аналіз об'єктивно свідчить, що лісові екосистеми є утвореннями стан яких виступає інтегральним показником значної кількості різнопланових природних та соціальних процесів і взаємодій. Відповідно, досягнення цілей сталого розвитку загалом та, безпосередньо, сталого (стійкого, усталеного) розвитку лісового господарства, потребує комплексного підходу. При цьому особливої значущості набуває розробка регіональних програм, сформованих з урахуванням як глобальних (планетарних) аспектів формування та існування лісових екосистем, так і їхніх характеристик, притаманних певній місцевості, зважаючи на виконувані лісами екологічні, економічні та соціальні функції. З урахуванням передового світового досвіду, зокрема, необхідно визначити підходи до системи господарювання, які сприятимуть підвищенню стабільності лісових екосистем, збереженню їхнього біорізноманіття та максимальної реалізації ними здатності до самопідтримання. Актуальність створення програм, що враховують місцеві особливості, особливо зростає в умовах воєнної агресії росії, тому як в сучасних умовах задля формування ефективних тактик і дієвих заходів обов'язково необхідно брати до уваги масштаби, характер і наслідки негативного впливу війни на лісову рослинність конкретних регіонів України.

Бібліографічні посилання:

1. Aerts, R., & Honnay, O. (2011). Forest restoration, biodiversity and ecosystem functioning. *BMC ecology*, 11(1), 29. <https://doi.org/10.1186/1472-6785-11-29>
2. Archibald, O. W. (2012). *Ecology of world vegetation*. Springer Science & Business Media, 510. <https://doi.org/10.1007/978-94-011-0009-0>
3. Arthur, M.A. Paratley, R. D., & Blankenship, B.A. (1998). Single and repeated fires affect survival and regeneration of woody and herbaceous species in an oak-pine forest. *J. Torrey Bot. Soc.*, 125 (3), 225–236. <https://doi.org/10.2307/2997220>
4. Bock, M.D., & Van, K.C.J. (2002). Forest harvesting impacts on soil properties and vegetation communities in the Northwest Territories. *Can. J. Forest Res.*, 32 (4), 713–724. doi: 10.1139/x02-014
5. Boichuk, I.I., & Tretiak, P.R. (1999). Vidtvorennya korinnykh lisiv – shliakh pidvyshchennia ekolohichnoi stabilnosti landshaftiv Karpat [Restoration of native forests – a way to increase the ecological stability of Carpathian landscapes]. *Ekolohichni ta sotsialni aspekty katastrof, stykhiinykh yavlyshch u Karpatskomu rehioni : poveni, seli, zsuvy*, Rakhiv, 30 (in Ukrainian)
6. Buksha, I.F., Pasternak, V.P., & Bondaruk, H.V. (2000). Stsenarne modeliuvannia ta prohnoz dynamiky lisovykh resursiv pry zminakh klimatu [Scenario modeling and forecast of forest resource dynamics under climate change]. *Lisivnytstvo i ahrolisomeliioratsiia*, 98, 44–52 (in Ukrainian).
7. Casermeiro, J., Petre, A.A., Spahn, E., & Valenti, R. (2001). Efectos del desmonte sobre la vegetacion y el suelo. *Invest. agr. Sist. y recurs, forest*, 10 (2). 233 – 244.
8. Collinson, A. S. (1988). *Introduction to world vegetation*. Springer Science & Business Media.
9. Cramer, W., & Whittaker, R. (1999). Chending the surface of our planet – results from studies of the global ecosystem. *Glob. Ecol. and Biogeogr*, 8 (5), 363– 365. doi: 10.1046/j.1365-2699.1999.00177.x
10. Crumpacker, D. W., Box, E.O., & Hardin, E. D. (2002). Use of plant climatic envelopes to design a monitoring system for early biotic effects of climatic warming. *Fla Sci.*, 65(3), 159–184.
11. Delehan, I. I., & Sumaruk, T. P. (2011). Vplyv soniachnoi ta heomahnitnoi aktyvnosti na rist ekotypiv buka lisovoho [The influence of solar and geomagnetic activity on the growth of beech ecotypes]. *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy*, 21(15), 57–63 (in Ukrainian)
12. Dorotovič, I., Louzada, J. L., Rodrigues, J. C., & Karlovský, V. (2014). Impact of solar activity on the growth of pine trees: case study. *European Journal of Forest Research*, 133(4), 639–648. doi: 10.1007/s10342-014-0792-8
13. Flenley, J. R. (2013). *The equatorial rain forest: a geological history*. Elsevier, 170
14. Furdychko, O.I. (2003). Lisove hospodarstvo Ukrainy: perspektivy rozvytku pry formuvanni stalykh ahroekosystem [Forestry of Ukraine: prospects for development in the formation of sustainable agroecosystems]. *Ahroekolohichni zhurnal*, 3, 3–10 (in Ukrainian).
15. Givnish, T. J. (1999). On the causes of gradients in tropical tree diversity. *J. Ecol.*, 87 (2), 193–210. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2745.1999.00333.x>
16. Goldammer, J. G. (1999). Forests on fire. *Science*, 284 (5421), 1782–1783. <https://doi.org/10.1126/science.284.5421.1782a>
17. Gomes, J. F. P., & Radovanovic, M. (2008). Solar activity as a possible cause of large forest fires. A case study: Analysis of the Portuguese forest fires. *Science of the total environment*, 394(1), 197–205. doi: 10.1016/j.scitotenv.2008.01.040

18. Hammit, W. E., Cole, D. N., & Monz, C. A. (2015). *Wildland recreation: ecology and management*, John Wiley & Sons, 20
19. He, X., Chen, Z., Chen, W., Shao, X., He, H. S., & Sun, Y. (2007). Solar activity, global surface air temperature anomaly and pacific decadal oscillation recorded in urban tree rings. *Annals of Forest Science*, 64(7), 743–756. <https://doi.org/10.1051/forest:2007054>
20. Heal, O.W. (2001). Potential responses of natural terrestrial ecosystems to Arctic climate change. *Buvisindi*, 14, 3–16.
21. Hennik, Ya.V. & Kaspruk, O.I. (2000). Obezlisnennia, dehradatsiia lisiv Karpat ta ekolohichni funktzii lisovykh ecosystem [Deforestation, degradation of Carpathian forests and ecological functions of forest ecosystems]. *Natsionalni pryrodni parky: problemy stanovlennia i rozvytku. Yaremche*, 64–67 (in Ukrainian).
22. Hensiruk, S. A. (1992). *Lisy Ukrainy [Forests of Ukraine]*. K., 408 (in Ukrainian).
23. Hensiruk, S. A. (1994). Optymizatsiia lisystosti Ukrainy [Optimization of forest cover in Ukraine]. *Oikumena*, 1–2, 128–133 (in Ukrainian).
24. Hensiruk, S.A. (2002). Optymizatsiia lisystosti – zaporuka pryzupynennia ekolohichnykh kataklizmiv [Optimizing forest cover is the key to stopping environmental disasters]. *Naukovi visnyk UkrDLTU*, 12.1, 82–90 (in Ukrainian).
25. Hlazko, V. (2006). Tsyvilizatsiini kryzy i revoliutsii: henno-kulturna paradyhma [Civilizational crises and revolutions: the gene-cultural paradigm]. *Visnyk Natsionalnoi akademii nauk Ukrainy*, 9, 24–43 (in Ukrainian).
26. Holub, O.A. (2001). Klasyfikatsiia prychyn vtrat lisoiresursnoho potentsialu Ukrainy [Classification of causes of losses of forest resource potential of Ukraine]. *Lisivnytstvo i ahrolisomeliioratsiia*, 99, 22–28 (in Ukrainian).
27. Houghton, R. A. (2005). Tropical deforestation as a source of greenhouse gas emissions. *Tropical deforestation and climate change*, 13.
28. Hrodzynskiy, M. D. (2019). Serednoholotsenove postahrikulturne ostepnennia–pershe na terytorii Ukrainy antropohenne peretvorennia landshaftiv rehionalnoho masshtabu [Mid-Holocene post-agricultural steppe – the first anthropogenic transformation of landscapes of a regional scale in Ukraine]. *Ukrainskyi heohrafichnyi zhurnal*, 106(2), 3–12. (in Ukrainian).
29. Humeniuk, V. V. (2016). Postpyrohenne vidnovlennia sosnovykh lisiv Poliskoho pryrodnoho zapovidnyka [Post-pyrogenic restoration of pine forests of the Polesie Nature Reserve]: avtoref. dys. na zdobuttia nauk. stupenia kandydata s.-h. nauk: 06.03.03 – lisoznavstvo i lisivnytstvo; Natsionalnyi universytet bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy. K., 24 (in Ukrainian)
30. Huntley, B., & Webb III, T. (Eds.). (2012). *Vegetation history* (Vol. 7). Springer Science & Business Media. doi:10.1007/978-94-009-3081-0_3
31. Kaplan, J. O., Krumhardt, K. M., & Zimmermann, N. (2009). The prehistoric and preindustrial deforestation of Europe. *Quaternary Science Reviews*, 28, 3016–3034. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2009.09.028>
32. Khryk, V.M., Mazepa, V.H., Kimeichuk, I.V., Levandovska, S.M., & Sytnyk, O.S. (2024). Stalyi rozvytok lisovoho hospodarstva [Sustainable development of forestry]. *Bila Tserkva*, 217 (in Ukrainian).
33. Kolář, J., Kuneš, P., Szabó, P., Hajnalová, M., Svobodová, H. S., Macek, M., & Tkáč, P. (2018). Population and forest dynamics during the Central European Eneolithic (4500–2000 BC). *Archaeological and anthropological sciences*, 10(5), 1153–1164. doi: 10.1007/s12520-016-0446-5
34. Komendar, V.I. (1999). Vplyv antropohennoho faktoru na roslynnyi pokryv Ukrainy Karpat ta zakhody po yoho okhroni [The influence of anthropogenic factors on the vegetation cover of the Ukrainian Carpathians and measures for its protection]. *Nauk. visnyk Uzhhor. un-tu. Ser. Biol.*, 6, 16 (in Ukrainian).
35. Kopii, L. I. (2001). Dynamika lisystosti ta rol lisiv u poslablenni eroziynykh protsesiv zemelnykh uhid zakhidnoho rehionu Ukrainy [Dynamics of forest cover and the role of forests in mitigating erosion processes of land in the western region of Ukraine]. *Lisivnytstvo i ahrolisomeliioratsiia*, 99, 63 – 69 (in Ukrainian).
36. Korchemliuk, M.V., Haiduk, L.M., & Tymochko, V.B. (2001). Atmosferni opady yak faktor ekolohichnoho vplyvu na lisovi nasadzhennia Karpatskoho natsionalnoho parku [Atmospheric precipitation as a factor of ecological impact on forest stands of the Carpathian National Park]. *Natsionalni pryrodni parky: problemy stanovlennia i rozvytku. Yaremche*, 168–169 (in Ukrainian).
37. Koshovyi, V.V., Ivantyshyn, O. L., Horban, I. M., & Alokhina, O. V. (2012). Vplyv soniachnoi aktyvnosti na ekolohichni protsesy na pryrodo-zapovidnykh terytoriakh Zakhidnoho Polissia: problema chy hipoteza? [The influence of solar activity on ecological processes in nature reserves of Western Polissia: a problem or a hypothesis?]. *Pryroda Zakhidnoho Polissia ta prylehlykh terytorii: zb. nauk. pr. / Volyn. nats. un-t im. Lesi Ukrainky ; [redkol.: F. V. Zuzuk ta in.]*, 9, 294–301 (in Ukrainian).
38. Kreye, J. K., Hiers, J. K., Varner, J. M., Hornsby, B., Drukker, S., & O'brien, J. J. (2018). Effects of solar heating on the moisture dynamics of forest floor litter in humid environments: composition, structure, and position matter. *Canadian Journal of Forest Research*, 48 (11), 1331–1342. doi:10.1139/cjfr-2018-0147
39. Kvacek, Z. (2010). Forest flora and vegetation of the European early Palaeogene – a review. *Bull. Geosci*, 85(1), 3–16. doi: 10.3140/bull.geosci.1146
40. Levchenko, V. B., Tkachenko, M. V., Khudakivska, K. S., & Kovalchuk, O. V. (2021). Osoblyvosti vidnovlennia lisiv pislia urazhennia zbudnykom korenevoi hubky (*H. annosum*) sosny zvychnoi ta masshtabnykh lisovykh pozhezh v umovakh zhytomyrskoho polissia [Features of forest restoration after damage by the pathogen of the root sponge (*H. annosum*) of Scots pine and large-scale forest fires in the conditions of Zhytomyr Polissia]. *Aspekty staloho rozvytku lisovoho, silskoho, vodnoho ta enerhetychnoho hospodarstv zony Polissia Ukrainy: materialy Vseukrainskoi*, 30 (in Ukrainian).
41. Lindbladh, M., & Bradshaw, R. (1998). The origin of present forest composition and pattern in southern Sweden, 25 (3), 463–477. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2699.1998.2530463.x>

42. Luthardt, L., & Rößler, R. (2017). Fossil forest reveals sunspot activity in the early Permian. *Geology*, 45(3), 279–282. <https://doi.org/10.1130/G38669.1>
43. Malhi, Y., & Grace, J. (2000). Tropical forests and atmospheric carbon dioxide. *Trends Ecol. and Evol.*, 15 (8), 332–337. doi: 10.1016/S0169-5347(00)01906-6
44. Malmivaara, M., Löfström, I., & Vanha-Majamaa, I. (2002). Anthropogenic effects on understorey vegetation in Myrtillus type urban forests in southern Finland. *Silva fenn.*, 36 (1), 367–381.
45. Melnychuk, O. V., & Lotsman, P. I. (2025). Evoliutsiia antropohennykh landshaftiv Ukrainy: vid davnikh chasiv do sohodennia [Evolution of anthropogenic landscapes of Ukraine: from ancient times to the present]. *Heohrafiia ta turizm : materialy VIII Vseukr. nauk.-prakt. Internet-konf. Kharkiv. nats. ped. un-tu im. H. S. Skovorody, (m. Kharkiv, 12 berez. 2025 r.)*. Kharkiv. nats. ped. un-tu im. H. S. Skovorody; za zah. red. P. I. Lotsmana. Kharkiv, 150–155 (in Ukrainian).
46. Ministerstvo zakhystu dovkillia ta pryrodnykh resursiv Ukrainy. Ofitsiinyi sait [Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine. Official website]. [Elektronnyi resurs]. Access mode: <https://mepr.gov.ua/mizhnarodna-pidtrymka-dlya-ukrayinskykh-lisiv-ukrayina-i-nimechchyna-pochynayut-novyj-etap-spiivpratsi> (in Ukrainian).
47. Moore, P. (2005). Forest landscape restoration after fires. *Forest restoration in landscapes: Beyond planting trees*, New York, Springer New York, NY, 331–338. doi: 10.1007/0-387-29112-1_47
48. Myers, N. (1993). Tropical forests: the main deforestation fronts. *Environmental conservation*, 20(1), 9–16. <https://doi.org/10.1017/S0376892900037176>
49. Parpan, T.V. (1999). Suchasne pryrodne vidnovlennia yalytsi biloi yak faktor stabilnosti lisovykh ecosystem [Modern natural regeneration of silver fir as a factor of stability of forest ecosystems]. *Ekolohichni ta sotsialni aspekty katastrof, stykhiinykh yavlyshch u Karpatskomu rehioni: poveni, seli, zsuvy*. Rakhiv, 358 (in Ukrainian).
50. Pintilii, R. D. (2022). Forest recreation and landscape protection. *Forests*, 13(9), 1440. <https://doi.org/10.3390/f13091440>
51. Pretzsch, H., Biber, P., Schütze, G., & Bielak, K. (2014b). Changes of forest stand dynamics in Europe. Facts from long-term observational plots and their relevance for forest ecology and management. *Forest Ecology and Management*, 316, 65–77. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.07.050>
52. Pretzsch, H., Biber, P., Schütze, G., Uhl, E., & Rötzer, T. (2014a). Forest stand growth dynamics in Central Europe have accelerated since 1870. *Nature communications*, 5(1), 4967. doi: 10.1038/ncomms5967
53. Questioning the relevance of shifting cultivation to Neolithic farming in the loess belt of Europe: 12 Symposium of the International Workgroup for Palaeoethnobotany (IWGP) [“Evidence from the Hambach Forest Experiment”], (Sheffield, 17–24 June, 2001.) Amy Bogaard. *Veg. Hist. and Archeobot.*, 2002, 11, 1–2, 155–168.
54. Radovanović, M., Pavlović, T. M., Stanojević, G., Milanović, M., Pavlović, M., & Radivojević, A. (2015c). The influence of solar activities on occurrence of the forest fires in South Europe. *Thermal Science*, 19(2), 435–446. doi: 10.2298/TSCI130930036R
55. Radovanović, M.M., Vyklyuk, Y., Milenković, M., Vuković, D.B., & Matsiuk, N. (2015a). Application of adaptive neuro-fuzzy inference system models for prediction of forest fires in the USA on the basis of solar activity. *Thermal Science*, 19(5), 1649–1661. <https://doi.org/10.2298/TSCI150210093R>
56. Radovanovych, M., Vykliuk, Ya. I., & Leko, T. B. (2015b). Vstanovlennia funktsionalnoi zalezhnosti mizh vynykenniam lisovykh pozhezh i kharakterystykamy soniachnoi aktyvnosti na osnovi Data Mining [Establishing a functional relationship between the occurrence of forest fires and the characteristics of solar activity based on Data Mining]. *Matematychni mashyny i systemy*, (2), 71–84 (in Ukrainian). Access mode: <http://nas.nbuv.gov.ua/article/UJRN-0000456297>.
57. Raspopina, S.P. (2004). Rol lisovykh ekosystem u fiksatsii orhanichnogo vuhletsu v umovakh nadlyshku SO₂ v atmosferi [The role of forest ecosystems in the fixation of organic carbon under conditions of excess CO₂ in the atmosphere]. *Lisivnytstvo ta ahrolisomelioratsiia*, 105, 165–170 (in Ukrainian).
58. Rösch, M., Ehrmann, O., & Ludger, H. (2002). An experimental approach to Neolithic shifting cultivation. *Veg. Hist. and Archeobot*, 11, 1(2), 143–154. doi: 10.1007/s003340200016
59. Ruohomäki, K., Tanhuanpää, M., Ayres, M. P., Kaitaniemi, P., Tammaru, T., & Haukioja, E. (2000). Causes of cyclicity of *Epirrita autumnata* (Lepidoptera, Geometridae): grandiose theory and tedious practice. *Population Ecology*, 42(3), 211–223. doi:10.1007/PL00012000
60. Sabatini, F. M., Burrascano, S., Keeton, W. S., Levers, C., Lindner, M., Pötzschner, F., & Kuemmerle, T. (2018). Where are Europe's last primary forests? Diversity and distributions, 24(10), 1426–1439. doi: 10.1111/ddi.12778
61. Scherer, G., Zabowski, D., Java, B., & Everett, R. (2000). Timber harvesting residue treatment. Part II. Understorey vegetation response. *Forest Ecol. and Manag.* 126 (1), 35–50. doi:10.1016/S0378-1127(99)00080-8
62. Schmidt, P.A. (1998). Potentielle natürliche vegetation als Entwicklungsziel naturnaher Waldbewirtschaftung. *Forstwiss. Cbl.*, 117 (4), 193–205. doi: 10.1007/bf02832972
63. Scott, L., Anderson, H. M., Anderson, J. M., Cowling, R. M., Richardson, D. M., & Pierce, S. M. (1997). Vegetation history. *Vegetation of southern Africa*, 62–84.
64. Sheliakh-Sosonko, Yu.R. (2001). Lisy Ukrainy: bioriznomanitnist ta zberezhenia [Forests of Ukraine: biodiversity and conservation]. *Ukr. botan. zhurn.*, 58 (5), 519–529 (in Ukrainian).
65. Šimůnek, V., Vacek, Z., & Vacek, S. (2020). Solar cycles in salvage logging: National data from the Czech Republic confirm significant correlation. *Forests*, 11(9), 973. <https://doi.org/10.3390/f11090973>
66. Šimůnek, V., Vacek, Z., Vacek, S., Ripullone, F., Hájek, V., & D'Andrea, G. (2021). Tree rings of European beech (*Fagus sylvatica* L.) indicate the relationship with solar cycles during climate change in central and southern Europe. *Forests*, 12(3), 259. <https://doi.org/10.3390/f12030259>
67. Skliar, V., Kovalenko, I., Skliar, Iu., & Sherstiuk, M. (2019). Vitality structure and its dynamics in the process of natural reforestation of *Quercus robur* L. *AgroLife Journal*, 8(1), 233–241.

68. Skliar, V., Sherstiuk, M., Shepeliuk, M., Kovalchuk, N., & Matiukha, D. (2025). Impact of global climate change on the biological characteristics of tree species in forest ecosystems. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*, 16(1), 44–63. <https://doi.org/10.31548/forest/1.2025.44>
69. Skliar, V., Smoliar, N., Kozak, M., Liubynskyi, O., & Skliar, Y. (2024). Ecological and cenotic features of natural regeneration of forests in the Left-Bank Polissya of Ukraine. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*, 15(2), 118. doi: 10.31548/forest/2.2024.118
70. Sklyar, V. (2014). Pryrodne ponovlennia providnykh lisoutvoriuvalnykh vydiv Novhorod-Siverskoho Polissia: realizovani ekolohichni nishi ta yikhnia dynamika [Natural regrowth of the main forestforming species of Novgorod-Siversky Polissya: realized ecological niches and their dynamics]. *Ukr. bot. zhurn*, 71(1), 8–16
71. Skov, F. & Lowesson, J. (2000). Estimation of plant species richness from systematical placed plots in a managed forest ecosystem. *Nord. J. Bot.*, 20 (4), 477–483.
72. Stohlgren, T., Owen, A., & Lee, M. (2000). Monitoring shifts in plant diversity to climate change: method for landscapes, 9(1), 65–86. doi: 10.1023/A:1008995726486
73. Stoiko, C.M. (2011). Osnovy fitosozolohii ta yii zavdannia v zberezhenii fitohenofonu i fitotsenofonu [Fundamentals of phytosociology and its tasks in the preservation of phytogenofond and phytocenofond]. *Ukrainskyi botanichnyi zhurnal*, 68 (3). 331–350 (in Ukrainian).
74. Sykes, M.T., & Prentice, I.C. (1996). Climate change, tree species distributions and forest dynamics: A case study in the mixed conifer/northern hardwoods zone of northern Europe. *Climatic Change*, 34, 161–177. <https://doi.org/10.1007/BF00224628>
75. Sytnyk, K.M. (2003). Zberezhenia ta vidtvorennia lisovykh bahatstv Ukrainy [Preservation and reproduction of forest resources of Ukraine]. *Ukr. botan. zhurn.*, 60 (1), 3–5 (in Ukrainian).
76. Theurillat, J.-P., & Guisan, A. (2001). Potential impact of climate on vegetation in European Alps: A review. *Clim. Change*, 50 (1–2), 77–109. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1010632015572>
77. Tilman, D., & Lehman, C. (2001). Human-caused environmental change: Impact on plant diversity and evolution. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA*. 98 (10), 5433– 5440. <https://doi.org/10.1073/pnas.091093198>
78. Tudoran, G. M., Cîcșă, A., Boroceanu, M., Dobre, A. C., & Pascu, I. S. (2021). Forest dynamics after five decades of management in the Romanian Carpathians, *Forests*, 12(6), 783. <https://doi.org/10.3390/f12060783>
79. Ukaz Prezidenta Ukrainy (№722/2019) «Pro Tsili staloho rozvytku Ukrainy na period do 2030 roku» [Decree of the President of Ukraine (No. 722/2019) “On the Sustainable Development Goals of Ukraine for the period up to 2030”]. [Elektronnyi resurs]. (in Ukrainian). Access mode: <https://www.president.gov.ua/documents/7222019-29825>
80. WWF. Stale lisove hospodarstvo [WWF. Sustainable forestry]. [Elektronnyi resurs]. Rezhym dostupu: <https://wwwf.ua/our-work/forest/sustainable-forestry> (in Ukrainian)
81. Yavorovskiy, P. P., Sendonin, S. Ye., Levchenko, V.V., Tokarieva, O. V., & Puzrina, N. V. (2021). Lisivnytstvo [Forestry]. NUBiP Ukrainy, Kyiv, 654 (in Ukrainian).
82. Zlobin, Yu.A. (1998). Osnovy ekolohii [Fundamentals of ecology]. K.: Libra, 246 (in Ukrainian).

Skliar V. H., Doctor (Biological Sciences), Professor, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

Kuntsevskiy D. I., PhD student, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

Key ecological aspects of the formation and functioning of forest ecosystems: a view from the position of achieving sustainable development goals

Based on an analysis of 80 literary sources, the publication shows that the state of forest ecosystems reflects both the entire system of planetary transformations that have taken place on Earth throughout its existence and the complex of factors that are exerting their influence at the present stage. The work presents the author's scheme, which demonstrates the complex and integral nature of the forest as a natural formation and represents the ecological factors that determine the state of forests: cosmic and planetary, with the latter divided into global, regional, and local (by territory coverage), and natural and anthropogenic (by origin). Information is provided on the nature of the impact of these factors on forests, and the dynamics of the Earth's forest vegetation in evolutionary and historical aspects are also highlighted. Taking into account that the state of forest ecosystems is an integral characteristic of a significant number of diverse natural and social processes and interactions, it is noted that achieving the goals of sustainable development in general and, directly, sustainable (stable, steady) development of forestry requires a comprehensive approach. Emphasis is placed on the importance of developing regional programs that take into account both the global (planetary) aspects of the formation and existence of forest ecosystems and their characteristics specific to a particular locality, considering the ecological, economic, and social functions performed by forests. At the same time, taking into account the best international practices, it is necessary to identify approaches to the management system that will contribute to increasing the stability of forest ecosystems, preserving their biodiversity, and maximizing their self-sustaining capacity. It has been noted that the relevance of creating programs that take into account local characteristics is particularly high in the context of Russia's military aggression, since in order to develop effective tactics and measures, it is essential to take into account the scale, nature, and consequences of the negative impact of the war on the forest vegetation of specific regions of Ukraine.

Key words: forest ecosystems, biodiversity, eco-factors, classification of eco-factors, sustainable development goals, sustainable forestry development.

Дата першого надходження рукопису до видання: 21.07.2025

Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 29.08.2025

Дата публікації: 03.12.2025