

ECOLOGY
AND NOOSPHEROLOGY

ISSN 1726-1112 (Print)
ISSN 2310-4309 (Online)
Ecol. Noospher., 33(1), 15–22
doi: 10.15421/032203

Synecology diagnostics methodology transformations of the structural and functional organization forest ecosystems

O. I. Blinkova*,**, V. V. Lavrov***, O. I. Bordugova*, N. V. Demidova*

**Luhansk Taras Shevchenko National University, Poltava, Ukraine*
***Institute of Dendrology, Polish Academy of Sciences, Kórnik, Poland*
****Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, Kyiv region, Ukraine*

Article info

Received 18.04.2022
Received in revised form 25.04.2022
Accepted 04.05.2022

Luhansk Taras Shevchenko National University, Koval str., Poltava, 3, 92703, Ukraine.
Tel.: +38-063-741-32-47
E-mail: elena.blinkova@gmail.com

Institute of Dendrology, Polish Academy of Sciences, Parkowa 5, Kórnik, 62-035, Poland.

Bila Tserkva National Agrarian University, Soborna sq. 8/1, Bila Tserkva, Kyiv region, 09117, Ukraine.

Blinkova, O. I., Lavrov, V. V., Bordugova, O. I., Demidova, N. V. (2022). Synecology diagnostics methodology transformations of the structural and functional organization forest ecosystems. Ecology and Noospherology, 33(1), 15–22. doi:10.15421/032203

The main directions of development of biotic diagnostics of disruption of forest ecosystems with modern methodical approaches to assessing their condition according to selection criteria are considered. The issue of indicating the state of the forest ecosystem by the structural parameters of biocomponents occupies an important position among a number of ecological and biological studies. It was established according to an analytical review of the literature. To solve the existing methodological problems of biodiagnosis of anthropogenic transformation of forest ecosystems, it is necessary to evaluate the current state, the mechanisms of their change, which are caused by environmental threats, according to various criteria, and bioindication should be carried out according to ecosystem indicators. Informative diagnostic signs of recreational disturbance of forests of various categories of functional purpose in the initial stages changes are biomorphological, ecomorphic, systematic structures of the grass layer, ecological strategies and ecological valences of species, diversity indices. From the III stage of digression, the tree stand (sanitary, vital structures, taxation indicators) and the soil surface (distribution by status categories) reveal the indicator signs. Violation of recreational and health forests and park plantations in city conditions is manifested by an increase in the contribution of evrybiont species according to edaphic factors, therophytes and species with a primary and secondary strategy, which have the R-sign, a higher index of adventitization of flora (over 20%). To diagnose the consequences of water erosion of soil in mountain systems (Carpathians, Crimea), it is advisable to use the characteristics of different layers of the tree stand and grass layer at all stages of soil erosion digression. Representatives of *Poaceae, Caryophyllaceae, Asteraceae* with dominance of cryptophytes and therophytes, species with CSR- and R-type strategies are representative. Indicative signs are the ratio of rhizome species to species without formations, as well as species with a creeping aerial shoot to a rosetteless type of shoot. On the gradient of increasing water-erosive transformation of the ecosystem, diagnostic indicators of the structure of ecomorphs are the edaphic factor of humidity and salt regime of the soil, but only by the change in the share of the herbaceous fractions of stenobiont and evrybiont species. Diagnostic signs of moderate and intensive soil erosion degradation are changes in the values of diversity and dominance indices.

Keywords: anthropogenic impact; forest ecosystem; biodiagnostics; synecology; ecosystem indicators

Методологія синекологічної діагностики трансформації структурно-функціональної організації лісових екосистем

О. І. Блінкова*,**, В. В. Лавров***, О. І. Бордюгова*, Н. В. Демідова*

**Луганський національний університет ім. Т. Г. Шевченка, Полтава, Україна*
***Інститут дендрології, Польська академія наук, Курнік, Польща*
****Білоцерківський національний аграрний університет, Біла Церква, Київська обл., Україна*

Розглянуто основні напрями розвитку біотичної діагностики порушення лісових екосистем сучасними методичними підходами до оцінювання їхнього стану за критеріями вибору. За аналітичним оглядом літератури встановлено, що серед низки еколого-біологічних досліджень вагоме положення займають питання індикації порушення стану лісової екосистеми за структурними параметрами біокомпонентів. Для вирішення наявних методологічних проблем біодіагностики антропогенної трансформації лісових екосистем необхідно за різними критеріями оцінювати сучасний стан, механізми їх зміни, які спричинені екологічними загрозами, а біоіндикацію проводити за екосистемними індикаторами. Інформативними діагностичними ознаками рекреагенного порушення лісів різних категорій функціонального призначення на початкових стадіях змін є біоморфологічна, екоморфічна, систематична структури трав'яного ярусу, екологічні стратегії та екологічні валентності видів, індекси різноманіття. З III стадії дигресії індикаторні ознаки виявляє деревостан (санітарна, віталітетна структури, таксаційні показники) та поверхня ґрунту (розподіл за категоріями стану). Порушення рекреаційно-оздоровчих лісів і паркових насаджень в умовах міста проявляється збільшенням внеску еврибіонтних видів за едафічними чинниками, терофітів і видів з первинною та вторинною стратегією, які мають R-ознаку, вищий індекс адвентизації флори (понад 20 %). Для діагностики наслідків водної ерозії ґрунту у гірських системах (Карпати, Крим) доцільно застосовувати характеристики різних ярусів деревостану та трав'яного ярусу на всіх стадіях ерозійної дигресії ґрунту. Репрезентативними є представники *Poaceae*, *Caryophyllaceae*, *Asteraceae* з домінуванням криптофітів та терофітів, видів з CSR- і R-типами стратегій. Індикаторними ознаками є відношення кореневищних видів до видів без утворень, а також видів з повзучим надземним пагоном до безрозеткового типу пагона. На градієнті збільшення водно-ерозійної трансформації екосистеми діагностичними показниками структури екоморф є едафічний чинник вологості та сольового режиму ґрунту, проте лише за зміною частки у травостої фракцій стенобіонтних та еврибіонтних видів. Діагностичними ознаками помірної та інтенсивної ерозійної деградації ґрунту є зміни значень індексів різноманіття та домінування.

Ключові слова: антропогенний вплив; лісова екосистема; біодіагностика; синекологія; екосистемні індикатори

Вступ

Загальновідомо, що за антропогенного впливу на лісові екосистеми відбувається послаблення та порушення екосистемних зв'язків, адаптацій популяцій чужорідних та аборигенних видів екосистеми, зміна їхньої стійкості та продуктивності, прискорення еволюційних темпів розвитку, що в цілому призводить до деструкції та фрагментації лісового покриву, погіршення умов існування біоти, зростання інших екологічних ризиків у ландшафтах (Golubec, 2000; Korshikov, 1996). Системні дослідження зазначених вище проблем є комплексними напрацюваннями з низки наукових напрямів: фітоіндикації антропогенної трансформації лісових екосистем та їх моніторингу (Gensiruk, 1992; Golubec, 2000; Didukh, Plyuta, 1994; Korzhenevskij, 1993; Shelyag-Sosonko et al., 2004; Tsyganov, 1983; Ellenberg, 1979; Kopecky, Hejny, 1978; Landolt, 1977); адаптації чужорідних та аборигенних видів рослин до трансформованих умов (Burda, 2015; Mavrishev, 2005; Protopopova et al., 2009); методології збалансованого використання лісових ресурсів (Golubec, 2010; Parpan, 1994); лісової екології та типології лісу (Alekseev, 1928; Belgard, 1950; Migunova, 2014; Pasternak, 1968; Pogrebnyak, 1955; Ostapenko, Ulanovskiy, 1999) тощо.

Попри численні дослідження, досі відкритою є проблеми діагностики антропогенної трансформації лісових екосистем на синекологічному рівні за структурними компонентами, міждисциплінарного погодження методологічних засад застосування ландшафтно-екосистемного підходу до дослідження лісових екосистем (Lavrov, 2003). Тому метою дослідження було сформулювати синекологічні засади діагностики антропогенної трансформації лісових екосистем.

Матеріали та методи досліджень

Інформаційною основою були результати аналізу та синтезу наукової літератури, у т. ч. власних польових досліджень з питань антропогенної трансформації структурно-функціональної організації лісових екосистем на території Лісостепової зони, Полісся, Українських Карпат та Закарпатської низовинної області, Кримських гір. Застосовано теоретичні методи системно-структурного, ретроспективного, порівняльного, статистичного аналізу, міждисциплінарного, екосистемного підходів та загальноботанічні, лісівничі, екологічні методи.

Результати та обговорення

Діагностику антропогенної трансформації лісів науковці ґрунтують на різнорівневій реакції живого на відхилення в природному довкіллі від норми, використовуючи низку якісних і кількісних індикаторів (Clements, 1973). Зміна структур лісової рослинності за антропогенного впливу є діагностичною ознакою відповідних порушень. Існує досить велика кількість напрямів біодіагностики стану лісів, яка ґрунтується на біоіндикації. Проте всі вони спираються на напрями, розроблені Елленберг Н. (Ellenberg, 1979) для оцінювання антропогенного впливу на екосистеми: 1) винос органічних та неорганічних речовин з екосистеми (наприклад, вплив водної ерозії); 2) надходження до екосистеми типових органічних та неорганічних речовин (наприклад, процеси вторинного заболочення); 3) отруєння екосистеми, надходження нових для бюджету екосистеми органічних та неорганічних речовин (наприклад, пірогенний чинник); 4) зміна спектральної характеристики видів з домінуванням інтродуцентів (наприклад, інтенсивний вплив рекреагенного чинника). Системи Дж. Ялласа та Г. Зукоппа (Jalas, 1953; Sukopp, 1969) базуються лише на флористичних критеріях та понятті гемеробності як окремого напряму розвитку біодіагностики. Основними критеріями є: 1) частка терофітів; 2) частка неофітів; 3) елімінація видів природної флори. Існуючі сьогодні гемеробні серії або рослинні ряди відображають різний рівень інтенсивності впливу на лісову екосистему (Muller et al., 2000). Збільшення ступеня гемеробності є наслідком інтенсивного антропогенного впливу на екосистеми. Сукцесійні природні зміни свідчать про зрілість екосистеми (Margalef, 1968). За шкалою гемеробності виокремлюють не тільки фітоценози, але й окремі екологічні групи організмів. Виходячи зі ступеня гемеробності рослинних угруповань та інтенсивності антропогенного впливу, можна прогнозувати стан та розвиток лісової екосистеми. Актуальним напрямом дослідження стану лісових екосистем є кількісне вираження індикації та математичне моделювання, відхилення домінування якісних характеристик екосистеми (таксономічні ознаки, біологічні характеристики тощо). С. Е. Джоргенсен (Jorgensen et al., 2010) пропонує класифікацію індикаторів за такого підходу: 1) індекси, які оцінюють індикаторні види; 2) індекси, що ґрунтуються на екологічних стратегіях; 3) індекси, які оцінюють міри різноманітності; 4) індикатори, що ґрунтуються на біомасі

видів; 5) індикатори, що об'єднують усю екологічну інформацію.

Лісова екосистема впродовж всього періоду еволюційного розвитку фіксує різноякісну синекологічну інформацію на рівні екосистем лісового ландшафту, водозбору, певного фізико-географічного таксону, в якому формувався екологічний фон (системотвірні чинники), формуючи, за М. А. Голубцем (Golubec, 2000), генопласт, який поєднує генофонди усіх видів та популяцій, взаємодію між ними та з середовищем існування.

Проблеми лісової екосистеми зазвичай характеризують екологічними ризиками або загрозами. Результати проведеного нами дослідження (Blinkova, 2021) підтвердили, що прояви антропогенних змін лісів розподіляються в їх просторі специфічно. Інтегральний ефект трансформації лісових екосистем різною мірою залежить від: типу або генезису чинників; їх співвідношення у структурі комплексної дії середовища; найбільш значимого (для даної екосистеми, в даних умовах) структурного компонента, чинника чи функції, в яку може реалізуватися певна потенційна комплексна загроза; інтенсивності (або сили) та режиму впливу; його розподілу у просторі; типу лісової екосистеми, її генезису, структури, біологічної стійкості, що істотно зумовлено ступенем відповідності її біоти певному екотопу, відмінності будови екосистеми та її розвитку від природного еталону (корінного типу лісу). Тому для коректної оцінки таких змін екосистеми необхідне застосування саме синекологічного підходу до вибору методів наукового пошуку з урахуванням ефектів нейтралізації, сумації, синергії та емерджентності.

В цілому головна проблема методології діагностики змін у структурно-функціональній організації лісової екосистеми – це уміння вибрати ефективні методи, які б давали змогу одержувати адекватну інформацію за: певними структурними компонентами екосистеми; рівнями організації життя; функціями екосистем (продуктивною, регуляційною, редукційною, захисною, середовищетвірною, оздоровчою, естетичною та ін.); між- та внутрішньопопуляційними взаємозв'язками; екологічними режимами зміни середовища; особливостями динаміки і акумуляції техногенних речовин у ґрунті та біоті; типами та напрямами сукцесій; колообігом речовин і енергії в екосистемі та ландшафті тощо. Трансформацію лісової екосистеми доцільно оцінювати через інтегральну її реакцію на зміни умов – за показниками структури, продуктивності та біологічної стійкості (Migunova, 2014).

Як показало проведене дослідження, ефективним є метод екологічного профілювання за градієнтом зміни досліджуваного чинника на ідентичному (з методично зіставною флуктацією показників) фоні середовища. Діагностика трансформації лісової екосистеми має починатися з коректного визначення таксону фізико-географічного районування, лісової типології та місцеположення екосистеми у рельєфі. Доцільно враховувати ретроспективу та прогноз взаємозалежної динаміки структурних елементів певного ландшафту, функціонально пов'язаних підсистем ландшафтної екосистеми (Golubec, 2000), екосистеми водозбірного басейну (Solodkiy, Lavrov, 2009). Якісна експертна оцінка наявних у ландшафті екологічних ризиків для лісових екосистем сприятиме зниженню потенційної для них небезпеки, збереженню лісів, зниженню загроз для залежних від них інших екосистем, для людини, розробці програм збалансованого розвитку територій.

Отже, враховуючи тенденції розвитку методології синекологічних досліджень, слід погодитись, що доволі інформативними діагностичними показниками порушення стану лісових екосистем є характеристика найчутливіших видів та найуразливіших їх функцій, а також видів-едифікаторів, лісоутворювачів, детермінантів консорцій та основних представників їхніх концентрів, ключових учасників симбіозу, мутуалізму, коадаптації та інших еволюційно сформованих системних зв'язків (прямих і опосередкованих; енергетичних і неенергетичних тощо), адвентивних видів. У різних природних умовах України, рівнинних і гірських, фітоіндикацією на екосистемному рівні нами було виявлено низку методичних особливостей діагностики антропогенної трансформації лісових екосистем залежно від їх структурних компонентів (Blinkova, 2015, 2021).

Загалом в біодіагностиці лісових екосистем варто надавати перевагу дослідженням за структурними та функціональними параметрами вищих рівнів організації життя. Це дає змогу краще врахувати синекологічні особливості сприйняття екосистемою дії екологічних чинників та виявити інтегрований результат її реагування на комплексний вплив середовища, дотримуючись базових принципів та інших методологічних засад сучасного розуміння організації, функціонування та динаміки біосфери, її підсистем, цілісності природи. Такий екосистемний підхід дає можливість виявити зміни міжпопуляційних та внутрішньопопуляційних взаємовідносин, взаємовідносин абіотичної та біотичної складової екосистем, загалом – охарактеризувати трансформацію їхньої структури.

Першочерговим є біодіагностика динаміки порушених лісових екосистем за якісними і кількісними параметрами екосистемних індикаторів та зв'язків саме за інтенсивного впливу чинника або чинників (табл. 1). Це пов'язано з тим, що реакція індикаторів за максимальної дії екологічного чинника найкраще проявляється (найлегше виявляється), є найбільш інформативною для виявлення причини (причин) та встановлення стадії або рівня трансформації лісової екосистеми. Аналіз якісно підібраних екосистемних індикаторів різних типів антропогенної трансформації лісової екосистеми дає можливість не тільки показати ступінь трансформації екосистеми, але й спрогнозувати флуктуації значень показників та напрям (напрями) сукцесії, які спричинені антропогенним чинником (чинниками).

Зокрема, переліки виявлених інформативних параметрів та індикаторних змінних лісів цільового призначення, що зазнають впливу антропогенних чинників різного генезису, не змінюються за повторного дослідження – завдяки лабільності реакції вибраних для оцінки чутливих структурно-функціональних компонентів лісової екосистеми. Це стосується реакції детекторних, ключових індикаторів та індикаторів попередження і деградації на механічний вплив на біоту, зміни едафо-літогенної основи та водно-сольовий режим ґрунту.

Загалом можна стверджувати, що найчутливішими до антропогенного впливу структурно-функціональними компонентами лісових екосистем є (у міру зниження чутливості): трав'яний ярус, лісова підстилка, поверхня ґрунту, молоді рослини природного поновлення лісу (підріст), підлісок, материнський деревостан. Кожний структурний компонент екосистеми має певний перелік діагностичних кумулятивних показників (табл. 1). При цьому отримані в результаті власного дослідження дані збігаються з існуючою схемою переходу системи до нового адаптивного стану (Müller, 2000). Вибір пріоритетних цінностей, які мають бути в центрі уваги дослідника, та відповідних показників наукового пошуку залежить від «паспортних даних» певних лісових екосистем: їх функціонального призначення, категорії лісів, типу лісу, інших лісівничо-таксаційних показників, стану ґрунту тощо. Для ретроспективного аналізу, визначення етапу розвитку екосистеми, прогнозу та оцінки тренду її динаміки (крім структури фітоценозу та фітоіндикації стану екотопу) інформативними є зміни зв'язків між елементами біоти і зміни напрямів сукцесії.

Система лісознавчих синекологічних методів дослідження є фундаментальною основою для одержання

Таблиця 1
Біодіагностика динаміки лісових екосистем за якісними і кількісними параметрами екосистемних індикаторів в умовах інтенсивного впливу чинників (за результатами власних досліджень)

Тип впливу (чинник)	Цільове призначення	Характеристика впливу	Індикаторні ознаки	Інформативні параметри (змінні)
1	2	3	4	5
Рекреаційна діяльність	Ліси природо-охоронного, наукового та історико-культурного призначення	Погіршення санітарного стану деревостанів, порушення віталітетної структури, зміна зімкнутості підросту й підліску, розмежування стежками нижніх ярусів фітоценозу, трансформація та деградація трав'яного ярусу, поверхні ґрунту	Домінування ослаблених та сильноослаблених особин деревостану, всихання дерев вищих КК, зміна таксономічної структури та зниження ЗПП трав'яного ярусу, дигресія поверхні ґрунту (II і більше стадії), порушення біоморфологічної та екоморфічної структур трав'яного ярусу, домінування за едафічними чинниками широковалентних трав, превалювання видів з вторинними типами екологічних стратегій, зниження індексів різноманіття зі збільшенням значень показників домінування та вирівняності	Ic = 1,75–2,75; дерева II-III КК > 75,5 %; ЗПП менше 50 %, індекс адвентизації – 15 %; співвідношення одно-, дворічні/багаторічні трави > 1,1; види з мичкуватою/стрижневою кореневою системою > 1,1; лігнозні екобіоморфи/терофіти < 0,6; співвідношення особин з R- ознаками/особини з S-ознаками > 5,0; сума гігромезофітів, гігрофітів/сума мезофітів/ субмезофітів < 0,4; за Hd стенобіонтні+гемістенобіонтні < 15,0 %; частка широковалентних ацидоморф та трофоморф > 60,0 %; інформативні індекси різноманіття Менхініка та Шеннона, домінування Сімпсона, вирівняності за Пієлу
Рекреаційна діяльність	Рекреаційно-оздоровчі ліси та паркові насадження	Погіршення санітарного стану деревостанів, їх зрідження, порушення віталітетної структури, механічні пошкодження дерев, зміна зімкнутості підліску, відсутність підросту, розмежування стежками, деградація трав'яного ярусу та поверхні ґрунту, наявність ТПВ, вогнищ	Домінування ослаблених та сильноослаблених особин деревостану, всихання дерев вищих КК, зміна таксономічної структури та зниження ЗПП трав'яного ярусу, дигресія поверхні ґрунту (III і більше стадії), порушення біоморфологічної та екоморфічної структур трав'яного ярусу, домінування за едафічними чинниками широковалентних особин, превалювання видів з R- та вторинними типами екологічних стратегій, зниження значень індексів різноманіття при збільшенні показників домінування рудералів та адвентів.	I_c = 2,05–3,05; дерева II–III КК > 85,5 %; засміченість території 0,5–2,5 %; механічні пошкодження дерев площею більше 450 см^2; ЗПП менше 25 %, індекс адвентизації – 20 %; співвідношення одно-, дво-/багаторічні трави > 1,5; види з мичкуватою/стрижневою кореневою системою > 1,8; лігнозні екобіоморфи/терофіти < 0,4; співвідношення особин з R-ознаками/особини з S-ознаками > 10,0; сума гігромезофітів, гігрофітів/сума мезофітів, субмезофітів < 0,3; за Hd стенобіонтні +гемістенобіонтні < 12,0 %; частка широко-валентних ацидоморф та трофоморф > 72,5 %; інформативні індекси різноманіття Менхініка, Шеннона, домінування Сімпсона, Бергера-Паркера та вирівняності за Пієлу, Макінтошем

Продовження табл. 1

1	2	3	4	5
Водна ерозія ґрунтів	Захисні ліси та ліси природо-охоронного, наукового та історико-культурного призначення	Погіршення санітарного стану деревостанів, їх зрідження до повного зникнення, відсутність підліску та підросту, розвиток активно діючих ярів, уривчасті і умовно-уривчасті зсуви, делювіальні змиви, деградація трав'яного ярусу, загибель рослин	Збільшення еродованості ґрунту за основними характеристиками; домінування ослаблених та сильно ослаблених особин нижчих КК; порушення зв'язку між висотою та діаметром середнього дерева; невідповідність таксаційних показників деревостану для даного типу лісу; зміна таксономічної структури трав'яного ярусу, репрезентативність *Poaceae, Caryophyllaceae, Asteraceae;* порушення біоморфологічної, екоморфічної структур; домінування особин з вторинним R-типом стратегії; зменшення значень індексів різноманіття з одночасним збільшенням домінування та вирівняності рудеральних, специфічних видів	Ступінь ерозійної трансформації III і вище; втрата ґрунту > 3,5 га/рік; висока кількість активнодіючих ярів; крутизна схилу понад 20°; Ic = 3,3–4,2; дерева III–IV КК > 90,0 %; ЗПП трав'яного ярусу < 20,0 %; фанерофіти < 5,0 %; криптофіти+терофіти > 45,5 %; співвідношення кореневищних видів/видів без утворень > 0,45; повзучий надземний пагін/безрозетковий тип > 0,3; види з CSR-, R-стратегіями > 65,0 %; відсутність видів з первинною S-стратегією; лімітуючі екологічні чинники Hd та Tr; стеновалентні +гемістеновалентні види за Hd – 5,3–10,2 %; за Tr – 9,0–15,7 %; частка евривалентних > 65,5 %; індекс різноманіття Шеннона та домінування Бергера-Паркера
Видобуток торфу, осушення ґрунтів, вторинне заболочування території	Захисні ліси, ліси природо-охоронного, наукового та історико-культурного призначення	Порушення санітарної, віталітетної структур деревостану, поступова зміна породного складу, слабкий розвиток підліску та підросту, порушення структур трав'яного ярусу	Невідповідність морфометричних та таксаційних параметрів деревостану типу лісу; домінування особин нижчих КК; зміна таксономічної структури трав'яного ярусу; порушення характеристик біоморф та екоморф, відсутність тісного кореляційного зв'язку з індексами різноманіття та домінування	I_c = 2,7–3,2; превалювання особин III–IV КК; активні замулені канали; ЗПП – 75,0–90,0 %; частка видів без утворень надземного пагону > 75,4 %; криптофіти – 25,0–35,0 %; відношення суми контрастофобів/контрастофілів > 2,1; відношення евтрофів/глікотрофів > 1,5; еврибіонтні+геміеврибіонтні види за fH > 60,0 %; еврибіонтні+геміеврибіонтні види за Tr > 35,5%
Пірогенний чинник	Рекреаційно-оздоровчі ліси, ліси природо-охоронного, наукового та історико-культурного призначення	Погіршення санітарної, віталітетної структур деревостану, порушення за екоморфами та біоморфами, індексами різноманіття, домінування; неспроможність до самовідновлення та саморегуляції	Домінування усихаючих особин та свіжого сухостою вищих КК; відсутність зв'язку між діаметром стовбура та висотою нагару; відсутність підліску і підросту; зміна структур трав'яного ярусу; домінування постпірогенних піонерних трав'яних видів-нітрофіілв	I_c > 3,55; ЗПП трав'яного ярусу – 25,0–35,0 %; відношення одно-, дво-/багаторічників > 2,5; частка повзучих видів – 20,0–30,0 %; довгокореневищні види > 70,5 %; частка рудерантів > 75,5 %; криптофіти та гемікриптофіти > 90,0%; еврибіонти та мезоеврибіонти види-нітрофіли > 80,5 %; види з CSR-, R-стратегіями > 75,0 %; зменшення значень індексів різноманіття Шеннона, Менхініка та вирівняності Пієлу, збільшення домінування Сімпсона, Бергера-Паркера рудералів та адвентів

Закінчення табл. 1

1	2	3	4	5
Вирубка дерев, випасання худоби, викошування трави	Експлутаційні ліси	Зміна санітарної та віталітетної структур деревостану; відсутність підросту, деградація трав'яного ярусу, елімінація типових лісових видів	Домінування ослаблених та сильноослаблених особин деревостану; механічні пошкодження стовбура та нижньої частини крони дерев; зміна таксономічної структури трав'яного ярусу з переважанням густодернинних злаків; домінування представників родин *Poaceae, Cyperaceae, Juncaceae,* порушення біоморфологічної та екоморфічної структур; домінування за едафічними чинниками широковалентних особин, превалювання видів з R-типом стратегії, зниження індексів різноманіття за збільшенням значень показників домінування	I_c = 2,5–3,5; зменшення довжини та діаметру крони; ЗПП трав'яного ярусу > 95,0 %; індекс адвентизації – 25,0–33,5 %; частка однорічників > 75,0 %; частка субнітрофілів, еунітрофілів, гіпернітрофілів > 82,5 %; сума мезофітів, субмезофітів, гігромезофітів/ гігрофітів, пергідрофітів > 1,4; домінування (> 55 %) за Hd та fH видів широкої екологічної валентності; види з CRS-, R-типами стратегії – 55,0–75,0 %; зменшення значень індексів Шеннона та збільшення домінування Бергера-Паркера

таких результатів: ідентифікації класифікаційного типу лісової екосистеми; з'ясування її місця у просторі (ландшафті) та часовому тренді розвитку рослинності (сукцесії); визначення передумов і перспектив (напрямів, сценаріїв) розвитку екосистеми; пояснення механізмів і наслідків її змін; прогнозу майбутньої структурно-функціональної організації екосистеми, тенденцій змін її стану, стійкості та продуктивності. Це дає можливість розробляти коректні кількісно-якісні матриці причинно-наслідкових зв'язків, що характеризують динаміку лісових екосистем за різних типів сукцесії.

Висновки

1. Показано шляхи вирішення наукової проблеми щодо удосконалення методології біотичної діагностики антропогенної трансформації лісових екосистем на синекологічному рівні аналізу змін їх структурно-функціональних компонентів. За визначеними структурними рівнями організації життя та впливу екологічних загроз різного генезису, характеру, інтенсивності і масштабу дії виявлено ключові методологічні питання біотичної діагностики антропогенної трансформації проаналізованих лісових екосистем через встановлення системи ознак (екосистемних індикаторів) стану та динаміки порушених лісів.

2. Відповідні зміни фіксуються залежно від генезису чинника, характеру, інтенсивності і масштабу його впливу та відновлюваності екосистем, але лише за наявності тісного кореляційного зв'язку між найчутливішими структурно-функціональними компонентами (трав'яним ярусом, лісовою підстилкою, поверхневим шаром ґрунту, деревостаном), а також збереження цілісності консортивних зв'язків.

References

Alekseev, E. V. (1928). Tipy Ukraynskoho lesa. Pravoberezhe [Types of Ukrainian forest. Right bank of Ukraine]. Kyiv (in Russian).

Belgard, A. L. (1950). Lesnaia rastytelnost yuho-vostoka USSR [Forest vegetation of the south-east of the Ukrainian]. Kharkiv (in Russian).

Blinkova, O. I. (2015). Analysis of synergies between the vegetation cover and the intensity of outwash in mountain conditions. Ecology and noospherology, 26 (1), 66–74.

Blinkova, O. I. (2021). Synekolohichni osnovy diahnostyky antropohennoi transformatsii lisovykh ekosystem. Avtoref. dys. ... dokt. biol. nauk. NUBIP Ukrainy, 51 s. [Synecological bases of anthropogenic transformation diagnostics of forest ecosystems. Abstract of the thesis for the degree of the doctor of biol. sciences. NULESU, 51 p.]. Kyiv (in Ukranian).

Burda, R. I. (2015). Rol evoliutsii v invaziiakh sudynnykh roslyn [The role of evolution in vascular plant invasions] Factors of experimental evolution of organisms, 16, 26–31.

Clements, F. E. (1973). Plant succesion and indicators. New York.

Didukh, Y. P., Plyuta, P. H. (1994). Fitoindykatsyia ekolohichnykh faktoriv [Phytoindication of ecological factors]. Kyiv (in Ukrainian).

Ellenberg, H. (1979). Zeigerwerte der Gefasspflanzen Mitteleuropas. Scripta geobotanica, 9 (1), 1–122.

Gensiruk, S. A. (1992). Lisy Ukrainy [Forests of Ukraine]. Kyiv (in Ukrainian).

Golubec, M. A. (2000). Ekosystemolohiia [Ecosystemology]. Lviv (in Ukranian).

Golubec, M. A. (2010). Typolohichne vporiadkuvannia riznomanitnosti lisovykh uhrupovan Ukrainy [Typological arrangement of the diversity of forest communities of Ukraine]. Lviv (in Ukranian).

Jalas, J. (1953). Hemerokorit ja hemerobit. Luonnon Tutkija, 57, 12–16.

Jorgensen, S. E., Xu, F. L., Costanza, R. (2010). Handbook of ecological indicators for assessment of ecosystem health, 2nd ed. London CRC, Press.

Kopecky, K., Hejny, S. (1978). Die Anwendung einer deduktiven Methode syntaxonomischer Klassifikation bei der Bearbeitung der straßenbegleitenden Pflanzengesellschaften Nordostböhmens. Vegetatio, 36 (1), 43–51.

Korshikov, I. I. (1996). Adaptatsyia rastenyi k uslovyiam tekhnohenno-zahriaznennoi sredy [Adaptation of plants to the conditions of polluted environment]. Kyiv (in Russian).

Korzhenevskij, V. V. (1993). Indykatsyia sovremennikh protsessov relefoobrazovanyia na osnove ekoloho-florystycheskoi klassyfykatsyy. Avtoref. dys... dokt byol. nauk. Nykyt. botan. sad., 41 s [Indication of modern processes of relief formation on the basis of ecological and floristic classification. Abstract of the thesis for the degree of the doctor of biol. sciences. Nikita botan. Garden, 41 p]. Yalta (in Russian).

Landolt, E. (1977). Okologische Zeigerwerte zur Schweizer Flora. Veroff. Geobot. Inst. der Eidgen. Techn. Hochschule in Zurich, 64, 1–208.

Lavrov, V. V. (2003). Systemnyi pidkhid yak metodolohichna osnova dlia otsinky i zmenshennia zahroz bioriznomanittiu (lisovi ekosystemy). Otsinka i napriamky zmenshennia zahroz bioriznomanittiu Ukrainy / za red. O.V. Dudkina [A systematic approach as a methodological basis for assessing and reducing threats to biodiversity (forest ecosystems). Assessment and directions for reducing threats to Ukraine's biodiversity / ed. by O. V. Dudkin]. Kyiv (in Ukrainian). 156–272.

Margalef, R. (1968). Perspectives in ecological theory. Chicago.

Mavricshev, V. V. (2005). Problema dynamyky lesnykh fytotsenozov y sovremennoe sostoianye teoryy suktsessyi [The problem of the dynamics of forest phytocenoses and the current state of succession theory]. Bulletin of BSPY, 3 (3), 38–41

Migunova, E. S. (2014). Typy lesa i typy pryrody: monohrafyia [Types of forest and types of nature: monograph]. Saarbrucken (in Russian).

Müller, F. (2000). Handbook of Ecosystem Theories and Management. 1st ed. Boca Raton

Müller, F., Hoffmann-kroll, R., Wiggering, R. (2000). Indicating ecosystem integrity – theoretical concepts and environmental requirements. Ecol. Modelling., 130, 13–23.

Ostapenko, B. Ph., Ulanovskij, M.S. (1999). Typolohycheskoe raznoobrazye lesov Ukrainy [Typological diversity of Ukrainian forests. Steppe]. Kharkiv (in Russian).

Parpan, V. I. (1994). Struktura, dynamika, ekolohichni osnovy ratsionalnoho vykorystannia bukovykh lisiv Karpatskoho rehionu Ukrainy. Avtoref. dys…. dokt. biol. nauk. DNU, 42 s. [Structure, dynamics, ecological foundations of rational use of beech forests of the Carpathian region of Ukraine. Abstract of the thesis for the degree of the doctor of biol. sciences. DNU, 42 p.]. Dnipropetrovsk (in Ukranian).

Pasternak, P. S. (1968). Vzaymodeistvye mezhdu lesom y pochvoi v osnovnykh typakh lesa Ukraynskykh Karpat. Avtoref. dys. ... dokt. s.-kh. nauk. Ukrainska silskohospodarska akademiia, 52 s. [Links between forest and soil in the main forest types of the Ukrainian Carpathians. Abstract of the thesis for the degree of the doctor of agricult. sciences. Ukrainian Agricultural Academy, 52 p.]. Kyiv (in Russian).

Pogrebnyak, P. S. (1955). Osnovy lesnoi typolohyy [Basics of forest typology]. Kyiv (in Russian).

Protopopova, V. V. et al. (2009). Invaziini roslyny u flori Pivnichnoho Prychornomoria [Invasive plants in the flora of the Northern Black Sea region]. Kyiv (in Ukrainian).

Shelyag-Sosonko, Yu. R., Grodzinsky, M. D., Romanenko, V. D. (2004). Kontseptsyia, metody y kryteryy sozdanyia ekosety Ukrainy [The concept, methods and criteria of creating an eco-network of Ukraine] Kyiv (in Russian).

Solodkiy, V. D., Lavrov, V. V. (2009). Ekolohichno zbalansovane ta intehrovane upravlinnia richkovymy baseinamy y vodnymy resursamy Bukovynskykh Karpat [Ecologically balanced and integrated management of river basins and water resources of the Bukovyna Carpathians]. Ecology and noospherology, 20 (1–2), 151–155.

Sukopp, H. (1969). Der Einfluss des Menschen auf die Vegetation. Vegetatio, 17, 360–371.

Tsyganov, D. N. (1983). Fytoyndykatsyia ekolohycheskykh rezhymov v podzone khvoino-shyrokolystvennykh lesov [Phytoindication of ecological regimes in the subzone of coniferous-broadleaf forests]. Moscow (in Russian).