

ЗАСТОСУВАННЯ ПОКАЗНИКІВ РІЗНОМАНІТТЯ АБІОТИЧНИХ ФАКТОРІВ ДЛЯ ОЦІНКИ ЕДИФІКАТОРНОЇ РОЛІ ДЕРЕВНИХ ПОРІД

Чернівецький національний університет ім. Юрія Федьковича

Запропоновано оригінальну модель та методика оцінки впливу виду-едифікатора на комплекс абіотичних факторів. Доведено середовищевірна роль *Fagus sylvatica* L. у лісових екосистемах північної Буковини.

Ключові слова: амплітуда екологічного фактора, едифікаторний вплив, фітоіндикаційні шкали, індекс різноманіття абіотичних факторів.

M. V. Talakh, S. S. Rudenko

Chernivtsy National University named by Jury Fedkovich

APPLICATION OF THE PARAMETERS OF ABIOTIC FACTORS DIVERSITY IN ORDER TO INVESTIGATE THE EDIFICATOR ROLE OF TREE SPECIES

The original model and methods for the estimation of influence of a species-edificator on the complex abiotic factors are offered. The role of *Fagus sylvatica* L. in transforming the environment in wood ecosystems of northern Bukovina is proved.

Keywords: amplitude of the ecological factor, edificator influence, phytoindicational scales, a variety abiotic factors.

Едифікатори відіграють провідну роль у створенні внутрішнього середовища екосистем та чинять значний вплив на показники екоклімату. Найкращим індикатором зміни стану екосистем є рослинний покрив, який забезпечує фіксацію енергії, кругообіг речовин, чутливо реагує на зміну зовнішніх факторів і візуально добре відображає ці зміни, оскільки вони безпосередньо пов'язані з амплітудами екологічних факторів, у межах яких можуть існувати окремі види рослин та їх угруповання. Ці зміни можна виразити кількісно, застосувавши метод фітоіндикації. У роботах більшості дослідників він передбачає, зокрема, моделювання еталонної (найстійкішої) екосистеми, з якою будуть порівнюватись інші. У разі елімінації найтиповіших видів (домінантів, едифікаторів тощо) система настільки втрачає флористичну специфіку, що може бути віднесена до іншого типу або представляти серійне угруповання (Дідух, 1998). Значні зміни, що відбуваються в екосистемах внаслідок наявності чи відсутності едифікаторів, свідчать про їх потужний вплив на внутрішнє середовище фітоценозу, його склад, взаємовідносини між членами (Лебедева, 2005, 2006).

Нами ставилось за мету з'ясувати едифікаторний вплив деревної рослини (на прикладі *Fagus sylvatica* L.) на показники різноманіття абіотичних факторів. На нашу думку, це питання може бути вирішене через застосування поняття «сапору gaps», яке широко використовується в працях іноземних дослідників і в дослівному перекладі означає – прогалини в наметі лісу. Даний термін увів у 1981 р. американський учений *J. R. Runkle* (1981), він є тотожним вітчизняному – «міжконсорційні вікна». Багато закордонних науковців наголошують на необхідності якомога більш детального вивчення «вікон», оскільки попередні дослідження свідчать, що умови в їх межах та під наметом лісу суттєво відрізняються, що позначається, зокрема, і на фітоценотичних особливостях ділянок (*Anderson, Leopold, 2002; Canham, 1988; Ostertag, 1998; Rantis, Johnson, 2000; Canopy gaps edge determination and the importance of gap edges for plant diversity, 2002*). Останнім часом праці з подібної тематики почали з'являтися і в країнах ближнього зарубіжжя (*Пукинская, 2006*). Таким чином, порівняння ділянок під наметами едифікаторів та на ділянках, де вони відсутні, дозволить виявити абіотичні фактори, які зазнають найбільшого впливу едифікатора.

Крім того, для комплексної оцінки різноманітності факторів середовища нами запропоновано застосовувати індекс різноманіття абіотичних факторів. Дана пропозиція ґрунтується на тому, що «різноманіття» – поняття універсальне, яке можна застосовувати на різних рівнях організації систем і яке може бути віднесене як до форм речовини, так і до форм енергії та інформації (Ємельянов, 1999). На думку І. Г. Ємельянова, наразі практично не існує підходів та методів визначення різноманіття абіотичних факторів. Водночас він пропонує використовувати з цією метою модифіковану формулу Шеннона, проте застосовує її для вивчення зміни абіотичних факторів у часі.

Одним з напрямків нашої роботи була оцінка загального рівня різноманіття абіотичних факторів за формулою Шеннона не в часі, а в просторі. При цьому таке дослідження, як і дослідження амплітуди окремих абіотичних факторів, проводили в рамках розробленої нами моделі:



Включення нами як доданків у дану формулу величин амплітуд екологічних факторів досліджуваних фітоценозів, які були оцінені за допомогою фітоіндикаційних шкал, дозволило отримати числове значення різноманітності абіотичних факторів.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Для збору матеріалу було обрано 3 точки досліджень: с. Виженка, с. Берегомет Вижицького району та с. Тарашани Глибоцького району. Ділянки закладались у межах екокліни, прокладеної в напрямку поширення бука лісового на території Чернівецької області. За центр ареалу в межах Буковини прийнята територія, де зазначений вид утворює чисті насадження (околиці с. Берегомет Вижицького району). Дана територія, за районуванням Л. І. Воропай (2004), належить до зони Бескидських Карпат, а саме Берегометського низькогірного, лісо-лучного району. Він формує крайову зону Буковинських Карпат та піднімається дуже виразним і чітким двохсотметровим уступом над прилеглими районами передгір'я. Висота над рівнем моря тут коливається від 700 до 1000 м н. р. м, що, власне, і пояснює формування чистих лісів, оскільки оптимальні умови для природного поширення букових лісів знаходяться на висотах від 600 до 900 м (Мальцев, 1970). Тут бук утворює густі, тіністі одноярусні деревостани, переважають мертвопокровні ліси. Серед підросту деревних порід лише в поодиноких випадках зустрічаються сіянці інших порід, окрім бука. Ґрунт – ясносірий лісовий.

Друга дослідна ділянка була закладена поблизу околиць с. Виженка Вижицького району, що на північний захід від першої точки. Тут чисті букові ліси змінюються темношпильково-буковими лісами з домінуванням бука та ялиці білої (*Abies alba* L.). Умови зволоження й затінення у хвойно-широколистяних лісах такі, як і в бучинах, тому підлісок та трав'яний покрив мають спільні риси з аналогічними ярусами букових лісів, але з вершин сюди вже спускаються деякі субальпійські види. Перший ярус фітоценозу складено переважно ялицею, а другий – буком. Підлісок більш розвинений, ніж у межах попередньої групи. У ньому домінує *Rubus nessensis* W. Hall., а в трав'янистому ярусі – *Asperula odorata* L., *Dryopteris filix-mas* (L.) Schott, *Asarum europaeum* L. та *Hepatica nobilis* Mill.

Третя дослідна ділянка була закладена в буково-дубовому лісі поблизу села Тарашани Глибоцького району. Вона знаходиться на південний схід від центра ареалу. Дана територія належить до Прут-Сіретської підвищеної погорбованої лісо-лучної області, а саме до Тарашанського вододільного, котловинно-грядового лісового району. Грунти темно-сірі лісові оглеєні. Букова діброва багатоярусна та розірвана великими безлісними ділянками, що мають ознаки заболочення. В умовах достатнього освітлення формується густий підлісок чагарників, що сформований, зокрема, *Sambucus nigra* L. Трав'янистий покрив також добре розвинений, з високим відсотком проективного покриття, мозаїчний. У ньому домінують: *Carex pilosa* L., *Viola reichenbachiana* Jord. ex Boreau (*Viola Sylvestris* Lam.), *Galeobdolon luteum* Huds., (*Lamium galeobdolon* Crantz) та ін. З ефемероїдів широко розповсюджена *Anemone nemorosa* L. Підріст бука незначний.

Для з'ясування впливу бука лісового як едифікатора на показники різноманітності абіотичних факторів була запропонована модель, яка передбачає вибір певної визначеної кількості модельних дерев (закладка ділянки проводиться таким чином, щоб обрана рослина знаходилась в її центрі, а її межі визначаються межами внутрішнього фітогенного поля, тобто межами проекції крони на земну поверхню) та закладку такої ж кількості дослідних ділянок у «вікнах» між наметами дерев.

На кожній із зазначених ділянок було обрано вісім модельних генеративних дерев бука та 8 площадок у «вікнах», на яких проводився збір гербарію. Рослини визначали за методиками, загальноприйнятими у ботанічній практиці. Отримані списки рослин досліджуваних екосистем характеризували з використанням фітоіндикаційних шкал Д. М. Циганова й Еленберга (за освітленням) та опрацьовували за методикою Я. П. Дідуха та П. Г. Плюти (1991, 1992). Величина амплітуд рослинних угруповань визначалась як різниця між максимальним та мінімальним значеннями, отриманими для даного фітоценозу, поділена на максимальну кількість балів за шкалою за окремим фактором. Для переведення отриманого значення у відсотки його множили на 100 %. Подібна операція проводилась для кожного опису, а потім визначались середні значення для шести типів ділянок.

Індекс різноманітності абіотичних факторів обраховували за формулою

$$H_i = -\sum P_i \ln P_i,$$

де H_i – індекс різноманітності абіотичних факторів; P_i – величина амплітуди рослинного угруповання за окремим фактором.

Статистична обробка проводилась за допомогою пакетів комп'ютерних програм *Excel* та *Statistica* 6.0.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Характеристика величин амплітуд рослинних угруповань за окремими факторами спершу проводилась у величинах самих шкал (балах) (рис. 1), а потім отримані дані переводились у відсотки, як це було описано вище.

Порівняння ділянок лісових екосистем за величинами амплітуд екологічних факторів проводилось як у межах однієї екосистеми (дерева – «вікна»), так і між ділянками одного типу, закладених у різних екосистемах (дерева – дерева, «вікна» – «вікна»). Контролем у першому випадку слугували ділянки під наметом едифікатора, а в другому – ділянки в центрі ареалу.

При порівнянні показників у межах одного типу екосистем достовірні відмінності були виявлені лише за показником континентальності клімату для буково-ялицевого лісу, де значення показника у «вікнах» було достовірно меншим за його значення під наметом. Достовірних відмінностей у величинах амплітуд інших абіотичних факторів під наметом та у вікнах виявлено не було.

Ділянки, закладені під наметами едифікатора в різних екосистемах, достовірно відрізнялись за величиною амплітуд екологічних факторів тільки за показником освітленості: установлено його достовірно збільшення для буково-дубового лісу в порівнянні з чистою бучиною (рис. 2).

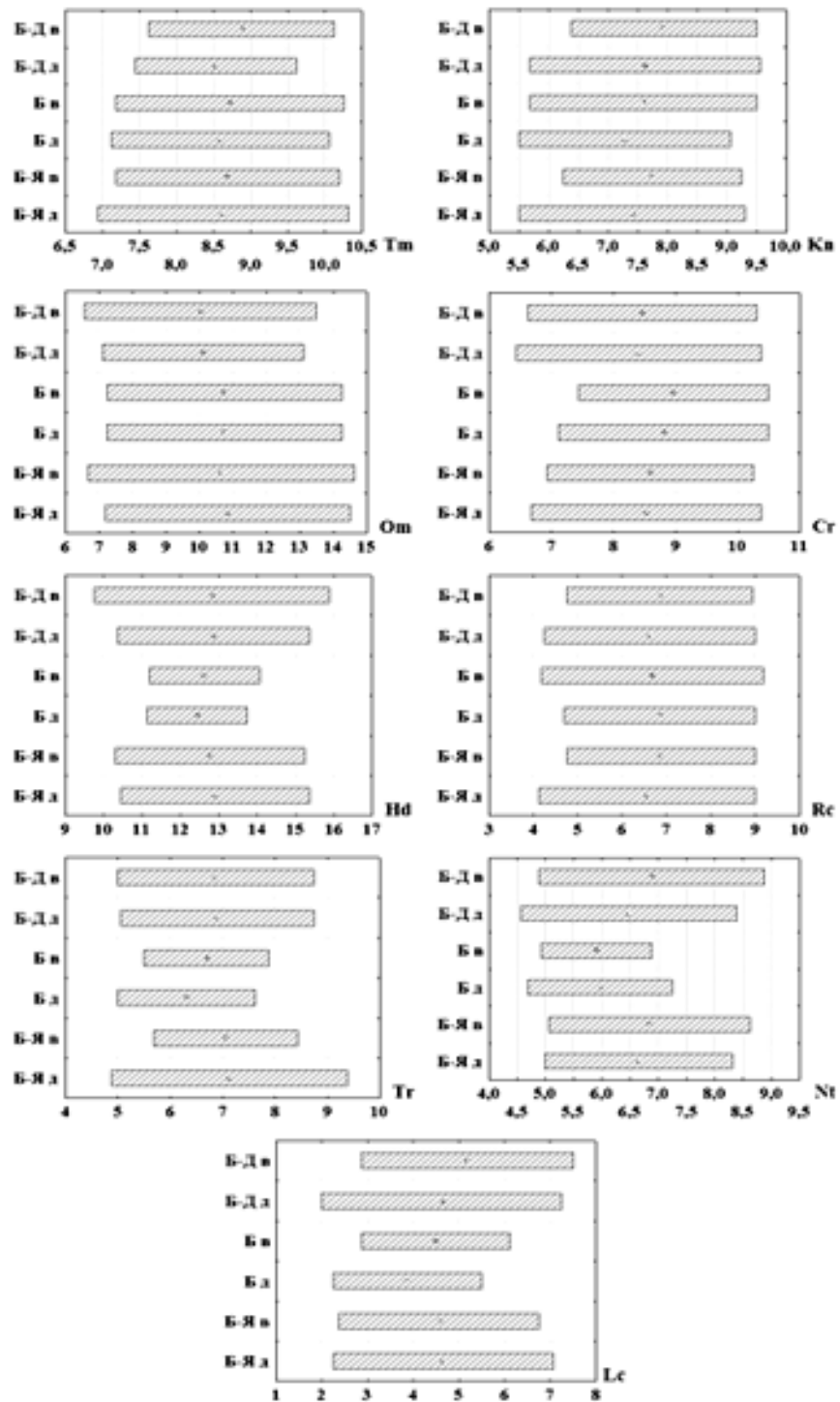


Рис. 1. Амплітуди окремих абіотичних факторів на досліджуваних ділянках:

Б-Я – буково-ялицевий ліс; Б – чиста бучина; Б-Д – буково-дубовий ліс
(д – ділянки під наметом едіфікатора, в – ділянки у «вікнах»).

Примітка. Тут і надалі Тm – терморезим ґрунту, Кп – континентальність клімату, Ом – вологість клімату, Сr – кріорежим, Hd – вологість ґрунту, Rc – кислотний режим ґрунту, Тr – сольовий режим, Nt – концентрація мінерального азоту в ґрунті, Lc – освітлення.

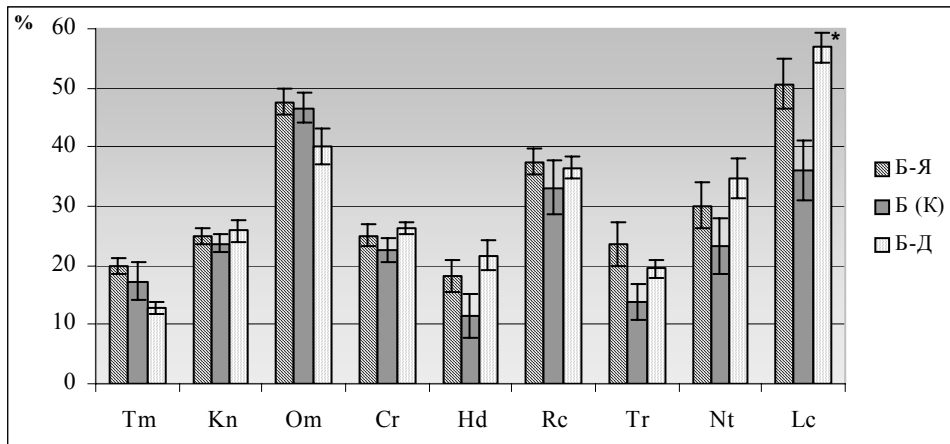


Рис. 2. Величина амплітуд окремих абіотичних факторів під наметом едифікатора (*Fagus sylvatica* L.) в різних типах екосистем:

Б-Я – буково-ялицевий ліс; Б (К) – чиста бучина (контроль); Б-Д – буково-дубовий ліс.

Примітка. Тут і надалі * – наявність достовірної різниці, $p < 0,05$.

Порівняння ділянок, які знаходяться у «вікнах», виявило достовірні відмінності величин амплітуд чотирьох з дев'яти досліджуваних абіотичних факторів: вологості клімату та ґрунту, вмісту в ґрунті мінерального азоту та освітленості. У всіх зазначених випадках величина амплітуд у мішаних лісах зростає в порівнянні з чистими, що можна пояснити проявом ефекту екотону.

Величина амплітуди достовірно збільшується в буково-ялицевому лісі за факторами вологості клімату, а у буково-дубовому – за освітленістю в порівнянні з чистою бучиною. За показниками вмісту азоту в ґрунті та його вологості даний показник достовірно зростає в обох типах мішаних лісів (рис. 3).

Відсутність достовірної різниці при порівнянні ділянок під наметами едифікатора може свідчити про те, що бук лісовий чинить стабілізуючий вплив на досліджувані абіотичні показники, водночас поява достовірної різниці за цими ж показниками на ділянках «вікон» може бути пояснена зменшенням тут едифікаторного впливу бука.

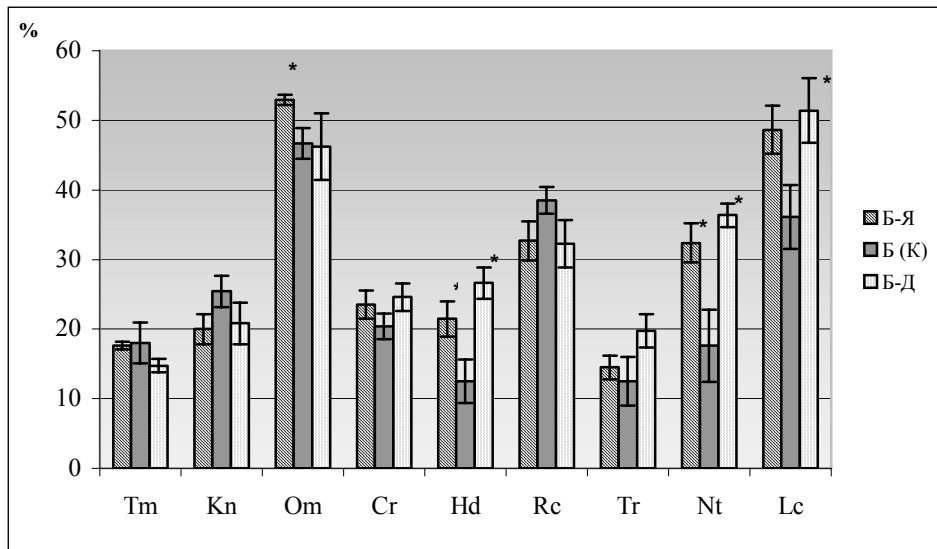


Рис. 3. Величина амплітуд окремих абіотичних факторів у «вікнах» між наметами едифікатора (*Fagus sylvatica* L.) у різних типах екосистем:

Б-Я – буково-ялицевий ліс; Б (К) – чиста бучина (контроль); Б-Д – буково-дубовий ліс.

Для кожної з досліджуваних екосистем та типу ділянок були виділені фактори, що мають найбільшу амплітуду, а отже, визначають склад та структуру рослинних угруповань. Виявлено, що такими факторами для мішаних лісів, незалежно від виду ділянок, є освітленість, причому дещо більша величина екологічної амплітуди за цим показником зафіксована для ділянок під наметами едифікаторів, та вологість клімату. Водночас для чистого букового лісу дана закономірність змінюється. Окрім факторів освітлення та омброрежиму тут провідного значення набуває також кислотний режим ґрунту (табл. 1). Очевидно, це можна пояснити кальцієфільними властивостями бука, який формує під своїми деревостанами ґрунти зі слабколужною реакцією (Екофлора України, 2004).

Таблиця 1

Абіотичні фактори з найбільшою амплітудою в межах досліджуваних ділянок

Тип Екосистеми, вид ділянок	Буково-ялиновий ліс	Чиста бучина	Буково-дубовий ліс
Під наметом едифікатора	Lc (50,69%), Om (47,66%),	Om (46,66%), Lc (36,11%), Rc (33,17%)	Lc (56,94%), Om (40,00%)
У «вікнах» між наметами	Om (52,92%), Lc (48,61%)	Om (46,66%), Rc (38,46%), Lc (36,11%)	Lc (51,38%), Om (46,25%)

Також було виділено ряд факторів, коливання яких, а відповідно і амплітуда, – найменші. Установлено, що для екосистеми чистого букового лісу такими є вологість та загальний сольовий режим ґрунту. Водночас для мішаних лісів чітко виділити фактори, що коливаються найменше, не вдалось (табл. 2). Отримані результати дозволяють припустити, що бук як едифікатор чинить стабілізуючий вплив на вологість та трофність ґрунту. Дана закономірність спостерігається лише для чистої бучини, а її відсутність у мішаних лісах може бути пов'язана з наявністю інших едифікаторів та їх середовищевирним впливом.

Таблиця 2

Абіотичні фактори з найменшою амплітудою в межах досліджуваних ділянок

Тип Екосистеми, вид ділянок	Буково-ялиновий ліс	Чиста бучина	Буково-дубовий ліс
Під наметом едифікатора	Hd (18,21%), Tm (19,85%)	Hd (11,41%), Tr (13,81%)	Tm (12,87%)
У «вікнах» між наметами	Tr (14,47%), Tm (17,65%), Kn (20,00%)	Hd (12,50%), Tr (12,50%)	Tm (14,71%), Kn (18,38%), Tr (19,74%)

Наступним етапом нашого дослідження було з'ясування наявності кореляційних зв'язків між величинами амплітуд за різними факторами. Так, у межах усіх екосистем виявлено середні та високі ступені кореляції за досліджуваними показниками. Крім того, зворотна кореляція виявлена лише між терморезимом та трофністю ґрунту, континентальністю клімату та вологістю ґрунту, а також кріорежимом і трофністю ґрунту.

Кількість кореляційних зв'язків у межах обох типів ділянок мішаних лісів та ділянок у «вікнах» у межах чистої бучини коливалась від 1 до 5, тоді як для ділянок букового лісу, закладених під наметами едифікаторів, вона становила 19 (рис. 4). На нашу думку, подібна закономірність може бути пояснена едифікаторною роллю бука лісового, а відповідно його впливом на навколишнє середовище та рослини підліска. Також подібна різниця у кількості кореляційних зв'язків може свідчити про рівень стабільності екосистеми, яка, згідно з отриманими даними, перебуває у прямій залежності від сили едифікаторного впливу деревної рослини. За принципом щільної упаковки Р. Мак-Артура рівень стійкості екосистем залежить від їх структурної склад-

ності – чим складніша структура природного комплексу, тим вищою є його стійкість. Дане положення і зараз підтримується багатьма вченими, незважаючи на те, що існують результати досліджень, які свідчать про винятки з цього правила (Дідух, 1998).

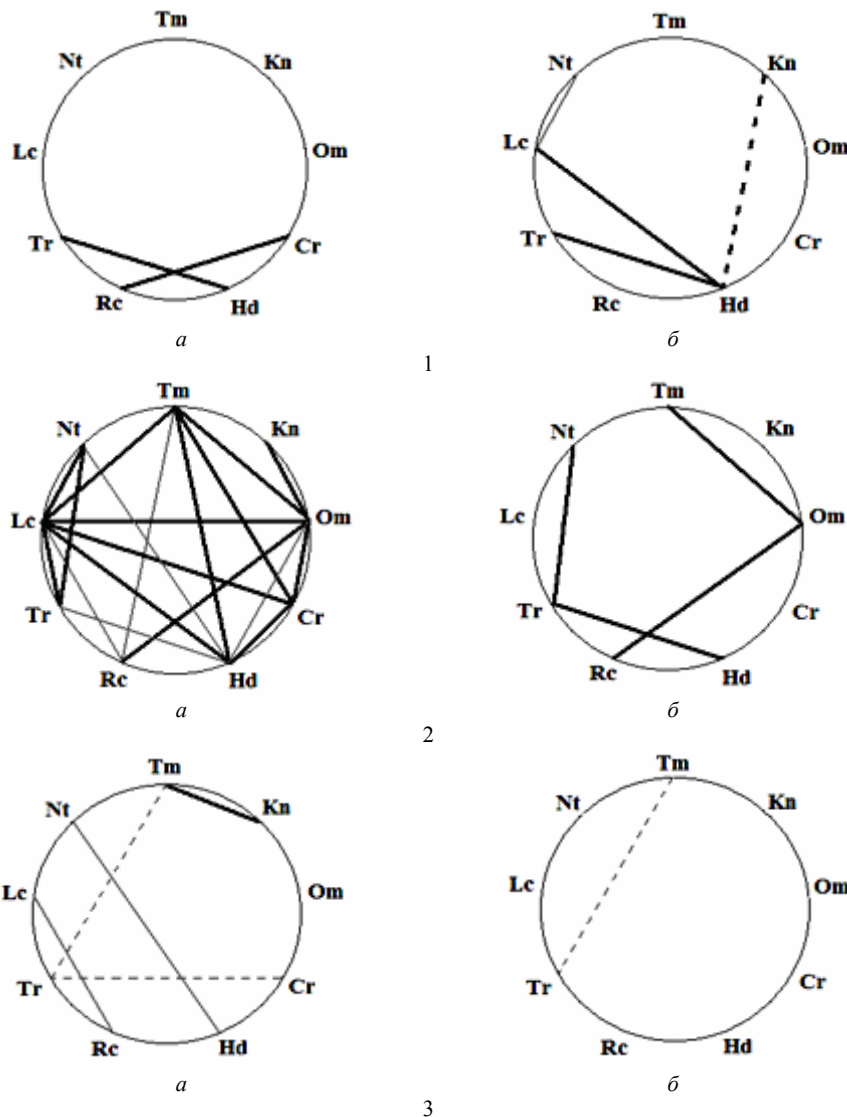


Рис. 4. Кореляція між величиною амплітуд за факторами, оціненими за допомогою фітоіндикаційних шкал:

1 – буково-ялицевий ліс; 2 – чиста бучина; 3 – буково-дубовий ліс
(а – під наметом едификатора, б – у «вікнах» між наметами).

Примітка:

- — — — — високий ступінь кореляції;
- — — — — середній ступінь кореляції;
- — — — — додатна кореляція;
- - - - - від'ємна кореляція.

У процесі дослідження також була виділена група факторів кореляції між величинами амплітуд, за якими спостерігається в межах більш ніж одного типу ділянок, тобто можна припустити, що ці фактори взаємопов'язані. Ними виявились: Hd-Tr (корелюють показники, отримані для букового та буково-ялицевого лісу), Tm-Om,

Om-Hd, Om-Lc, Tr-Nt (корелюють показники, отримані для чистої бучини), Om-Tr (корелюють показники, отримані для ділянок під наметом едифікатора буково-ялицевого лісу та у «вікнах» бучини), Hd-Lc (корелюють показники у «вікнах» буково-ялицевого лісу та на ділянках під наметом едифікатора чистої бучини).

Обчислення всіх попередніх показників дозволило обрахувати індекс різноманітності абіотичних факторів (рис. 5). Аналіз отриманих даних свідчить, що достовірна різниця зафіксована лише при порівнянні ділянок у «вікнах».

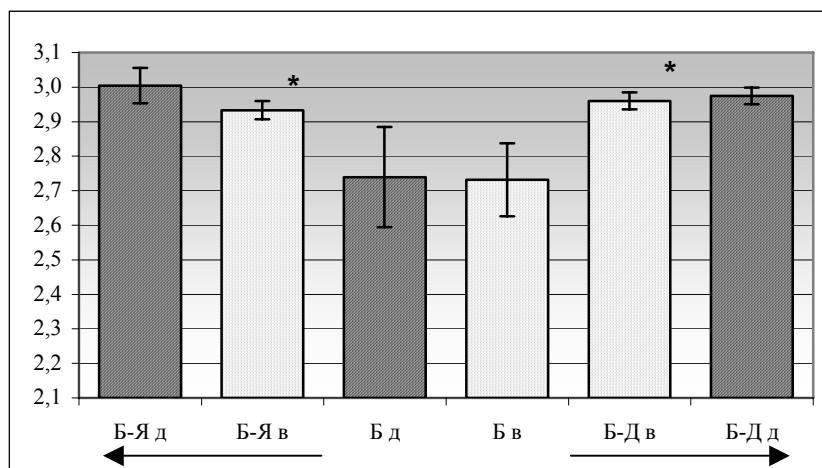


Рис. 5. Індекс різноманітності абіотичних факторів:

Б-Я – буково-ялицевий ліс; Б – чиста бучина; Б-Д – буково-дубовий ліс (д – ділянки під наметом едифікатора, в – ділянки у «вікнах»).

Для обох типів мішаних лісів різноманітність абіотичних факторів збільшувалась в порівнянні з чистим буковим лісом. Таким чином, ми можемо стверджувати, що в мішаних лісах, зокрема при вкоріненні у букові деревостани ялиці білої та дуба звичайного, різноманітність абіотичних факторів у «вікнах» між наметами едифікаторів зростає. Водночас відсутність достовірної різниці між ділянками під наметом едифікатора може свідчити про стабілізацію буком показників екоклімату та внутрішнього середовища фітоценозу, тобто про зменшення різноманітності абіотичних факторів.

ВИСНОВКИ

1. Доведена дієвість розробленої моделі дослідження середовищевірної ролі виду-едифікатора.
2. Показана ефективність розрахунку індексу різноманітності абіотичних факторів за формулою Шеннона, у якій внесок факторів визначається за відносною величиною їх екологічної амплітуди, оціненої за фітоіндикаційними шкалами.
3. З'ясовано, що бук як едифікатор здійснює середовищевірний стабілізуючий вплив на всі досліджувані абіотичні фактори під його наметом, за винятком освітлення.
4. Виявлено достовірне збільшення ступеня амплітуди екологічних факторів на ділянках у «вікнах» між наметами едифікаторів у межах букових лісів різної чистоти за показниками вологості ґрунту та вмісту азоту в ґрунті. Також встановлено, що вкорінення ялиці в деревостани бука збільшує амплітуду за омброрежимом, а вкорінення дуба – за показником освітлення.
5. Установлено зменшення едифікаторного впливу бука лісового на ділянках «вікон», розміщених на периферії ареалу.
6. У мішаних лісах найбільшою амплітудою відзначаються такі фактори, як освітлення та вологість клімату, тоді як у чистій бучині, крім зазначених, високу амплітуду має кислотність ґрунту.
7. З'ясовано, що в межах чистих деревостанів бук лісовий звужує амплітуду коливань таких факторів, як вологість та загальний сольовий режим ґрунту;

8. Найбільша кількість кореляційних зв'язків виявлена між амплітудами абіотичних факторів у чистій бучині під наметом едифікатора, що свідчить про найбільшу стійкість даної екосистеми. Крім того, виділено ряд факторів, кореляція між якими носить загальний характер. Зокрема, взаємозалежними виявились вологість та загальний сольовий режим ґрунту;

9. Виявлено достовірне збільшення індекса різноманітності абіотичних факторів для мішаних лісів у порівнянні з чистою бучиною у «вікнах» едифікатора, у той час як під наметом едифікатора значення цього показника достовірно не відрізняється. Це дозволяє рекомендувати дослідження індекса різноманітності абіотичних факторів «вікон» для визначення рівня середовищевірної ролі едифікатора.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- Воропай Л. І.** Географічний образ Чернівецької області // Краєзнавство. Географія. Туризм. – 2004. – № 29-31. – С. 4-7.
- Дідух Я. П.** Градієнтний аналіз екологічних угруповань долини р. Ворскли (УРСР) / Я. П. Дідух, П. Г. Плюта // Укр. ботан. журн. – 1991. – Т. 48, № 4. – С. 18-23.
- Дідух Я. П.** Фітоіндикація екологічних режимів рослинних угруповань урочища Холодний яр (Черкаська область) / Я. П. Дідух, П. Г. Плюта, К. В. Чумак // Укр. ботан. журн. – 1992 – Т. 49, № 1. – С. 17-22.
- Дідух Я. П.** Методика оцінки стійкості та динаміки екосистем на основі фітоіндикації / Я. П. Дідух, В. В. Родіна, Р. Г. Білик // Укр. ботан. журн. – 1998. – Т. 55, № 6. – С. 648-655.
- Екофлора України.** Том 2. / Я. П. Дідух, С. М. Бурда, С. М. Зиман та ін. / Відп. ред. Я. П. Дідух. – К.: Фітосоціоцентр, 2004. – 480 с.
- Емельянов И. Г.** Разнообразие и его роль в функциональной устойчивости и эволюции экосистем. – К., 1999. – 168 с.
- Лебедева В. Х.** Оценка влияния деревьев на виды травяно-кустарничкового и мохового ярусов в сосняке зеленомошном / В. Х. Лебедева, М. Ю. Тиходеева, В. С. Ипатов // Ботан. журн. – 2006. – Т. 91, № 2. – С. 176-192.
- Лебедева В. Х.** Влияние древесного полога на виды надпочвенного покрова в ельнике чернично-зеленомошном / В. Х. Лебедева, М. Ю. Тиходеева, В. С. Ипатов // Ботан. журн. – 2005. – Т. 90, № 3. – С. 400-410.
- Мальцев М. П.** Бук. – М.: Лесн. пром-сть, 1970. – 80 с.
- Плюта П. Г.** Аналіз екологічних амплітуд видів флори України // Укр. ботан. журн. – 1996. – Т. 53, № 6. – С. 653-658.
- Пукинская М. Ю.** К восстановлению еловых древостоев на участках ветровальных «окон» // Ботан. журн. – 2006. – Т. 91, № 6. – С. 879-991.
- Anderson K. L., Leopold D. J.** Role of canopy gaps in maintaining vascular plant diversity at a forested wetlands in New York State // Journal of the Torrey Botanical Society. – 2002. – Vol. 129, № 3. – P. 238-250.
- Canham C. D.** An index for understory light levels in and around canopy gaps // Ecology. – 1988. – Vol. 65, № 5. – P. 1634-1638.
- Ostertag R.** Belowground effects of canopy gaps in tropical wet forest // Ecology. – 1998. – Vol. 79, № 4. – P. 1294-1304.
- Rantiss P.-A., Johnson J. E.** Understory development in canopy gaps of pine and pine-hardwood forests of the upper Coastal Plain of Virginia // Plant Ecology. – 2000. – Vol. 159. – P. 103-115.
- Runkle J. R.** Gap regeneration in some old-growth forests of the eastern United States // Ecology. – 1981. – Vol. 62. – P. 1041-1051.
- Salvador-Van Eysenrode D., Rockelberg F., Bogaert J., Impens I., Van Hecke P.** Canopy gaps edge determination and the importance of gap edges for plant diversity // Web Ecology. – 2002. – № 3. – P. 1-5.

Надійшла до редколегії 25.04.07