

СИНФІТОІНДИКАЦІЙНА ОЦІНКА ВПЛИВУ ЕКОЛОГІЧНИХ ЧИННИКІВ НА СТРУКТУРУ ЕКОСИСТЕМ СУБАЛЬПІЙСЬКОЇ ЗОНИ ЗАКАРПАТТЯ

О. М. КОЗАК¹, Я. П. ДІДУХ²

¹Національний університет «Києво-Могилянська академія», вул. Сковороди, 2, м. Київ, 04655, Україна, kosako@ukr.net

²Інститут ботаніки імені М. Г. Холодного НАН України, вул. Терещенківська, 2, м. Київ, 01601, Україна, didukh@mail.ru

Досліджено чотири типи угруповань у субальпійському поясі Закарпаття: 1. еталонні гірсько-лучні; 2. такі, що зазнають впливу рекреації; 3. після випалу (F); 4. такі, де присутня *Picea abies* (L.). Для даних типів угруповань проведено оцінку екологічних чинників за методикою синфітоіндикації. Також виконано ординаційний та кластерний аналізи, аналіз індикаторних видів та обрахунок індексів біорізноманіття: видового багатства, однорідності, індексів Шеннона-Вінера та Сімпсона.

Ключові слова: екосистеми, екологічні чинники, субальпійська зона

Вступ. Гірські екосистеми характеризуються високою різноманітністю, доброю збереженістю, але, разом з тим, є надзвичайно чутливими до глобальних екологічних змін, зокрема кліматичних, то їх дослідженню приділяють особливо велику увагу (Grabherr et al., 1994; Stanisci et al., 2005; Pauli et al., 2003; Coldea et al., 2009).

Оцінка їх складу, співвідношення різних груп організмів, вертикальної та просторової структури ценозів під впливом природних та антропогенних процесів дозволяє встановити основні закономірності їх організації, що важливо для прогнозування змін. Тому проведення таких досліджень є важливим для Українських Карпат, зокрема високогірних екосистем.

Нами такі дослідження були проведені у субальпійському поясі басейну р. Латориці, що охоплює Вододільний та Боржавський хребти. В субальпійському поясі басейну внаслідок інтенсивного господарювання людини у минулі роки сформувались вторинні типи рослинності – біловусники, щучники і чорничники. Первинні типи угруповань збереглися лише на окремих важкодоступних ділянках, які протягом останніх років зазнали значної трансформації (Малиновський, Крічфалушій, 2000). Якщо в попередні десятиріччя основним негативним чинником на субальпійські та альпійські екосистеми був випас (Малиновський, 2003), то за сучасних умов це вплив рекреації та випал. Особливо сильного рекреаційного впливу зазнали екосистеми Боржавського хребта, де більша половина території випалюється протягом останніх років, а також проводиться масовий збір населенням дикоростучих

ягід та заготовля лікарських рослин. Разом з тим на певних ділянках спостерігається зростання молодих дерев *Picea abies* (L.) Karst. Деякі дослідники пов'язують це із відновленням верхньої межі лісу, що ймовірно зумовлене двома причинами: відсутністю інтенсивного випасу, який мав місце в попередні десятиріччя; та/або внаслідок глобальної зміни клімату (Климишин, 2007; Климишин, Коржинський, Інкін, 2007). Інші вважають, що поодинокі зростання ялини являє собою особливий тип ценозів, де внаслідок орграфічних, термічних, вітрових та лавинних умов високогір'я густі деревостани не формуються (Малиновський, 2003; Стойко, 2004). Дослідження структури та процесів, що відбуваються в субальпійському поясі цієї території має важливе значення.

Матеріали та методи. Дослідження проводилися в субальпійському поясі Вододільного та Боржавського хребтів у межах басейну р. Латориця. Об'єктом дослідження були рослинні угруповання, що репрезентують різні типи антропогенного впливу:

1. Еталонні гірсько-лучні угруповання (E) характеризуються найменшою антропогенною трансформацією, мають не порушений рослинний покрив, а видовий склад – багатий та різноманітний, і типовими видами є: *Rhodococcum vitis-idaea*, *Vaccinium uliginosum*, *Vaccinium myrtillus*, *Luzula luzuloides*, *Thymus alpestris*, *Huperzia selago*, *Antennaria dioica*, *Ligusticum mutellina*, *Laserpitium latifolium*, *Homogyne alpina*, *Potentilla aurea*, *Empetrum hermaphroditum*, *Allium victorialis* та іншими видами;

2. Угрупування, що зазнають впливу рекреації (R) – характеризуються порушеним та розрідженим рослинним покривом, наявністю відмерлих решток рослин та відкритого ґрунту, видовий склад збіднений і представлений в основному злаками: *Deschampsia caespitosa*, *Carex leporina*, *Agrostis tenuis*, *Festuca ovina*, *Nardus stricta*, хоча значні рекреаційні навантаження витримують *Rhodococcum vitis-idaea*, *Vaccinium myrtillus*, *Luzula luzuloides* тощо;

3. Угрупування після випалу (F) – характеризуються порушеним та розрідженим рослинним покривом, збідненим видовим складом, що представлений такими характерними видами як: *Epilobium angustifolium*, *Hypericum montanum*, а також *Vaccinium myrtillus*, *Deschampsia caespitosa*, *Potentilla erecta*;

4. Угрупування, де присутня *Picea abies* (L) – поширені в межах висот 1192-1677 м.н.р.м., рослинний покрив не порушений, а видовий склад включає лісові види: *Picea abies*, *Oxalis acetosella*, *Rhodococcum vitis-idaea*, *Vaccinium myrtillus*.

Таким чином, для всіх типів ценозів характерні види з широкою еколого-ценотичною амплітудою, але є і певні особливості, що фіксуються візуально.

Кожний із чотирьох типів ділянок представлено 20 геоботанічними описами площею 25 м². Загальне розміщення ділянок показано на рис. 1. Опис кожної ділянки включав наступну інформацію: географічне положення (координати, висота над рівнем моря, експозиція, крутизна схилу), видовий склад вищих судинних рослин із зазначенням їх проективного покриття (%), висоту дерев та кущів, висоту травостою, загальне рослинне проективне покриття, проективне покриття мохів та лишайників, наявність підстилки, відкритого ґрунту, каміння та скель, рідкісних видів рослин та їх стан.

Отримані польові матеріали заносилися у базу даних і оброблялися за допомогою відповідних програм Turboveg for Windows, SPSS Statistics 17.0, PCOrd 5 та Microsoft Excel. Зокрема, було проведено оцінку екологічних чинників за методикою синфітоіндикації (Дідух, Плюта, 1994; Didukh, 2011): кліматичних (терморезиму (Tm), омброрезиму (Om), кріорезиму (Cr), континентальності клімату (Kn)), едафічних (вологості ґрунту (Hd), змінності зволоження ґрунту (fH), кислотності (Rc), сольового режиму (Sl), вмісту карбонатів (Ca), вмісту мінеральних форм азоту в ґрунті (Nt), аерації ґрунту (Ae)) та ценотичних (освітленості в ценозі (Lc)).

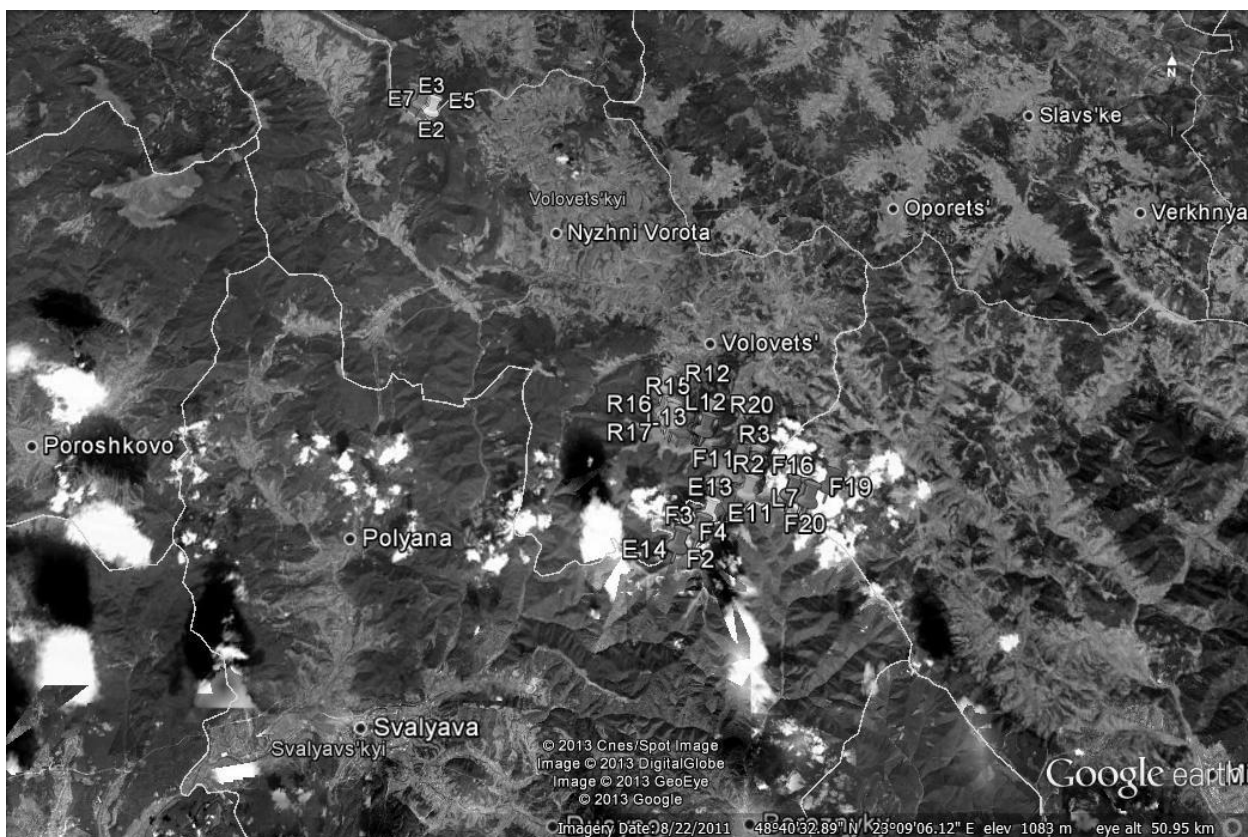


Рис. 1. Загальне розташування пробних ділянок в субальпійському поясі у басейні р. Латориці

Fig. 1. General location of plots in subalpine zone in Latorica river basin

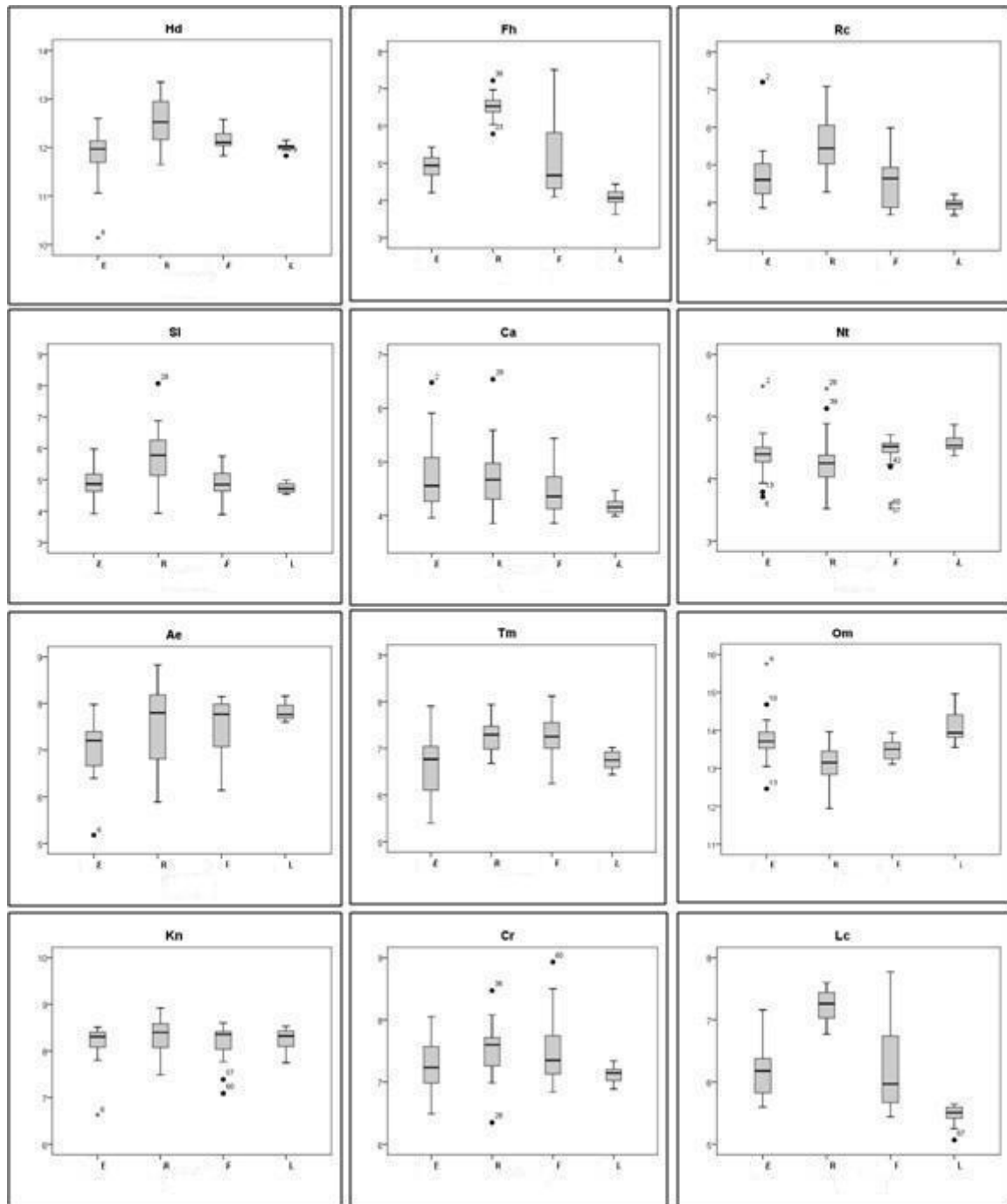


Рис 2. Розподіл показників 12-ти екологічних чинників у залежності від типу ділянок.

Примітка: □ – верхній і нижній кватили; — – медіана; ⊥ – мінімальне і максимальне значення)

Fig. 2. The distributions of 12 environmental factors depending on the plots type

Note: □ – upper and lower quartiles; — – median; ⊥ – minimum and maximum values

Обробка даних також передбачала ординаційний (Detrended correspondence analysis), кластерний аналіз, аналіз індикаторних видів та обрахунок індексів біорізноманіття: видового багатства, однорідності, індексів Шеннона-Вінера та Сімпсона (Джонгман и др., 1999; Dufrene, M. and Legendre, 1997; Magurran, 1988). Статистична значимість значень індикаторних видів оцінювалася за допомогою процедури рандомізації (Монте-Карло тест).

Результати досліджень та їх обговорення.

Показники 12-ти екологічних чинників чотирьох типів ділянок, розрахованих за допомогою методу синфітоіндикації, представлено на рис. 2., що відображає характер зміни їх амплітуди. Зокрема, за відношенням до Hd всі чотири типи досліджуваних ділянок характеризуються мезофітними та гігомезофітними умовами, однак найширша амплітуда притаманна ділянкам E та R, а найвужча – ділянкам F та L. За відношенням до Fh ділянки E характеризуються гідроконтрасто-

фобними та гемігідроконтрастофобними умовами, ділянки F – гідроконтрастофобними, гемігідроконтрастофобними та гемігідроконтрастофільними, а ділянки L – гідроконтрастофобними умовами, при впливі рекреації (R) зростає змінність зволоження (гемігідроконтрастофобні та гемігідроконтрастофільні умови). За відношенням до Rc ділянки E, R та F характеризуються перацидофільними та ацидофільними умовами, а формування деревостану ялиників відбувається в ацидофільних умовах і при вузькій амплітуді. За відношенням до загального сольового режиму (Sl) ділянки E, R та F характеризуються семіоліготрофними, мезотрофними та семіевтрофними умовами, а поява дерев ялини (L) відбувається лише при вузькій амплітуді мезотрофних умов. За відношенням до Ca ділянки E, R та F характеризуються карбонатобними та гемікарбонатобними умовами, а з ялиною (L) – лише карбонатобними, що відображається на звуженні амплітуди. За відношенням до Nt всі чотири типи досліджуваних ділянок характеризуються субанітрофільними умовами, найвузьча амплітуда спостерігається на ділянках F та L, хоча при цьому вміст мінеральних форм азоту дещо підвищується. За відношенням до Ae всі чотири типи досліджуваних ділянок характеризуються субаерофільними та геміаерофобними умовами, а найвузьча амплітуда спостерігається на ділянках з підростом ялини (L). За відношенням до Tm всі чотири типи досліджуваних ділянок характеризуються мікротермними та субмікротермними умовами, найвузьча амплітуда спостерігається на ділянках з підростом ялини (L). За відношенням до Om ділянки E, F та L характеризуються субомрофільними умовами, а на ділянках, де відбувається рекреація (R) підвищується рівень аридизації. За відношенням до Kp всі чотири типи досліджуваних ділянок характеризуються геміконтинентальними умовами та майже однаковою амплітудою. За відношенням до Sg всі чотири типи досліджуваних ділянок характеризуються кріофільними та субкріофільними умовами, найвузьча амплітуда спостерігається на ділянках з наявністю ялини (L). За відношенням до освітленості (Lc) ділянки E та L характеризуються гемісциофільними умовами, а на ділянках, що зазнали випалу та рекреації (F та R) освітленість підвищується до субгеліофільних, при цьому найвузьча амплітуда спостерігається на ділянках з підростом ялини (L).

Отже, аналіз показав, що ділянки з ялиною (L) за більшістю екологічних чинників характеризуються найвузьчою екологічною амплітудою. Хоча на всіх інших ділянках представлені рослинні угруповання мають майже однакову екологічну амплітуду, однак при дії рекреації або випалу (R

та F) їх амплітуда ширша, ніж на еталонних (E), що відображає порушення сталості структури ценозів.

Застосування аналізу відповідностей із віддаленим трендом (DCA) відображає взаємозалежність між поширенням видів та екологічними умовами, що впливають на видовий склад та структуру ценозів (рис. 3). Як видно із рис. 3 на еталонні ділянки (E) та ділянки з *Picea abies* (L) найбільше впливає омброрежим (Om), крутизна та експозиція схилу. Разом з тим, як видно із дендрограми подібності показників екологічних чинників (рис.4), омброрежим найбільше корелює із вологістю ґрунту. Суцільна межа лісу тут доходить до висоти 1200 м.н.р.м., а окремі молоді дерева ялини досягають висоти 1500 м.н.р.м. Поодинокі зростання *Picea abies* спостерігається тільки на північних, північно-західних та західних макросхилах, і відсутні на південних і східних. Ці дані переконливо свідчать про те, що саме кліматичні і пов'язані з ними едафічні чинники сприяють просуванню ялини вгору, а не відсутність випасу. При дії рекреації на природні екосистеми зростає змінність зволоження (fH) з одночасним підвищенням засоленості ґрунтів (Sl), збільшенням рівня освітлення (Lc), знижується кислотність ґрунтового розчину (Rc), і зростають показники терморезиму (Tm). З даними чинниками корелюють вміст карбонатів та азоту в ґрунті. В умовах випалу підвищуються показники терморезиму (Tm) та аерації ґрунту (Ae), тоді як вологість ґрунту знижується (Hd) за рахунок випаровуваності.

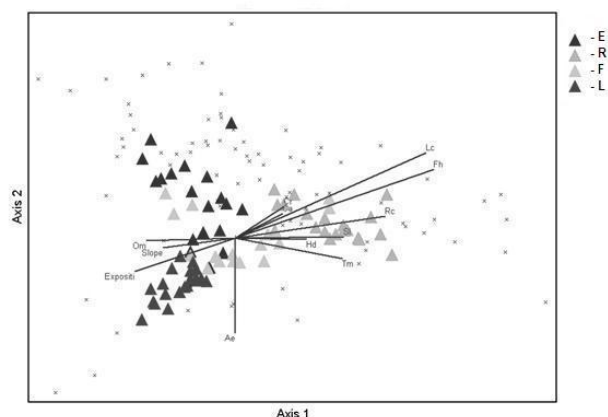


Рис. 3. Ординація (DCA) чотирьох типів ділянок у субальпійському поясі басейну р. Латориці з векторами градієнтів екологічних умов.

Fig. 3. Ordination (DCA) of four types of plots in the subalpine zone in Latorica river basin with vectors of gradients of environmental conditions

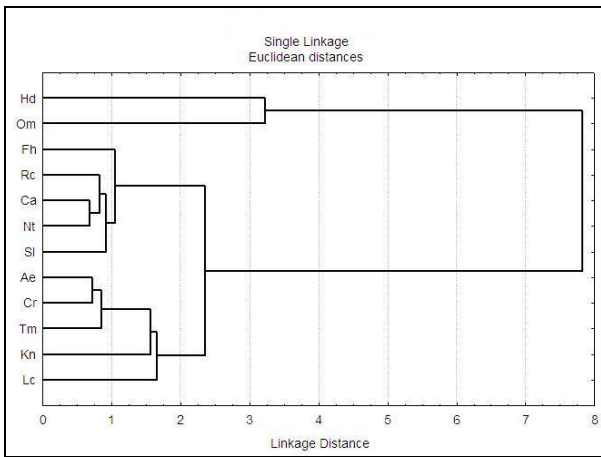


Рис. 4. Взаємозалежність між екологічними чинниками в угрупованнях субальпійського поясу.
Fig. 4. The interdependence between environmental factors in subalpine communities

Оцінка як прямо-, так і зворотнolінійної взаємозалежності між показниками екологічних чинників, яка відображається у вигляді дендрограми (рис.4), показала, що всі чинники розподіляються на три групи. Окрему групу формує вологість ґрунту (Hd) та омброрежим (Om), іншу – едафічні показники (fH, Rc, Ca, Nt, Sl), і, нарешті, третю – кліматичні чинники (Tm, Cr, Kn), з якими пов'язана аерація ґрунту та освітленість в цено-

зах. Варто відмітити, що залежно від типу фітоценозів чи зміни регіонів ця взаємозалежність може суттєво змінюватися, але вона є важливою для розуміння тих причин і процесів, які відбуваються в екосистемі.

Просторова структура чотирьох типів ділянок відображено на рис. 5. Найщільніший рослинний покрив відмічається на еталонних ділянках (E) та на ділянках з ялиною (L) (> 80 %), менш щільний покрив формується на ділянках під впливом рекреації (R) (> 60 %), а найнижчий – на пірогенних ділянках (F) (< 40 %). Дуже чутливими до антропогенних змін є лишайники та мохи. Як видно з рис. 5, найбільше проективне покриття лишайників відмічається на еталонних ділянках (E) та на ділянках з ялиною (L) (до 5 %), відсутні лишайники на ділянках після випалу (F), на ділянках під впливом рекреації (R) їх кількість не перевищує 2 %. Мохи хоча і присутні на ділянках після випалу (F), їх кількість дуже мала. Найбільшим проективним покриттям мохів характеризуються ділянки з ялиною (L) (до 15 %). Щодо наявності площ відкритого ґрунту, то вони майже відсутні на еталонних ділянках (E) та на ділянках з ялиною (L), тоді як на рекреаційних ділянках (R) їх площа може сягати більше 30 %, а на ділянках після випалу (F) – більше 60 %.

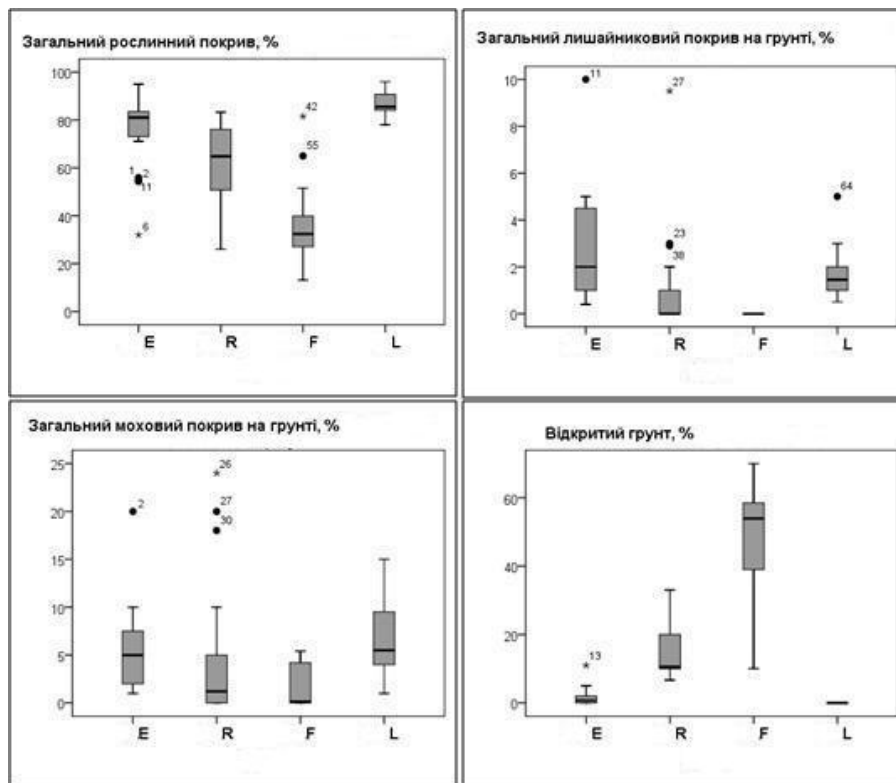


Рис. 5. Загальна просторова структура чотирьох типів ділянок субальпійського поясу басейну р. Латориці.

Fig. 5. General spatial structure of four plots type in subalpine zone in Latorica river basin

Інший аспект відображення впливу провідних антропогенних чинників на структуру ценозів полягає в оцінці біорізноманіття. На рис. 6 зображено основні результати щодо значення індексів біорізноманіття на чотирьох типах ділянок. Найвищі показники видового різноманіття відмічаються на еталонних ділянках (E) – 13 видів на 25 м², а найнижчі – на ділянках після випалу (F) – 7 видів. Низькими показниками біорізноманіття відмічаються ділянки, що знаходяться під впливом рекреації (R) – 9 видів, та ділянки з *Picea abies* (L) – 8 видів, що можна пояснити сильними едифікаторними властивостями ялини. Натомість ділянки, де відбуваються пожежі (F) мають найнижчі середні показники однорідності (0,5) при найширшій їх амплітуді (0,2-0,9). Близьким середніми показниками характеризуються ділянки з ялиною (L) (0,5), хоча амплітуда їх вужча (0,3-0,8). А ділянки, що знаходяться під впливом рекреації (R) та еталонні (E) мають вищі середні показники однорідності (0,8) і вужчу амплітуду (0,4-0,8). Індекс Шеннона-Вінера та індекс Сімсона відображають значимість видів у ценозах. При наявності сильних едифікаторів значення цих показників знижується. Індекс Шеннона-Вінера відображає значимість рідкісних видів, а індекс Сімсона (часто називають індексом домінування) відображає частку у видовому складі

біоценозу звичайних, «фонових» видів. Таким чином, ці показники відображають різні особливості видового різноманіття ценозів У даному випадку (рис. 6) найвищі індекси Шеннона-Вінера та Сімсона характерні для еталонних ділянок (E), що мають відносно найвищу «вирівняність» (відповідно 1,95 та 0,78). В умовах дії рекреації (R) ці показники дещо знижуються, але в цілому перекриваються з попередніми. Натомість пожежі, як і поява ялини суттєво знижує ці показники (відповідно 1,3 та 0,5).

Різні типи екологічних умов, а відтак і різні типи рослинних угруповань, визначають конкретний видовий склад, що відображається на їх індикаторній ролі (табл. 1). Зокрема, на основі проведеного аналізу встановлено, що індикаторними видами для субальпійських угруповань еталонних типів ділянок (E) є: *Calamagrostis arundinacea*, *Campanula rotundifolia*, *Rhodococcum vitis-idaea*, *Luzula luzuloides*, *Thymus alpestris*, *Vaccinium uliginosum*; для ділянок, що знаходяться під впливом рекреації (R) – *Deschampsia caespitosa*, *Carex leporina*, *Agrostis tenuis*, *Festuca ovina*, *Nardus stricta*; для ділянок після випалу (F) – *Epilobium angustifolium*, *Hypericum montanum*; для ділянок з *Picea abies* (L) – *Picea abies*, *Oxalis acetosella*, *Vaccinium myrtillus*.

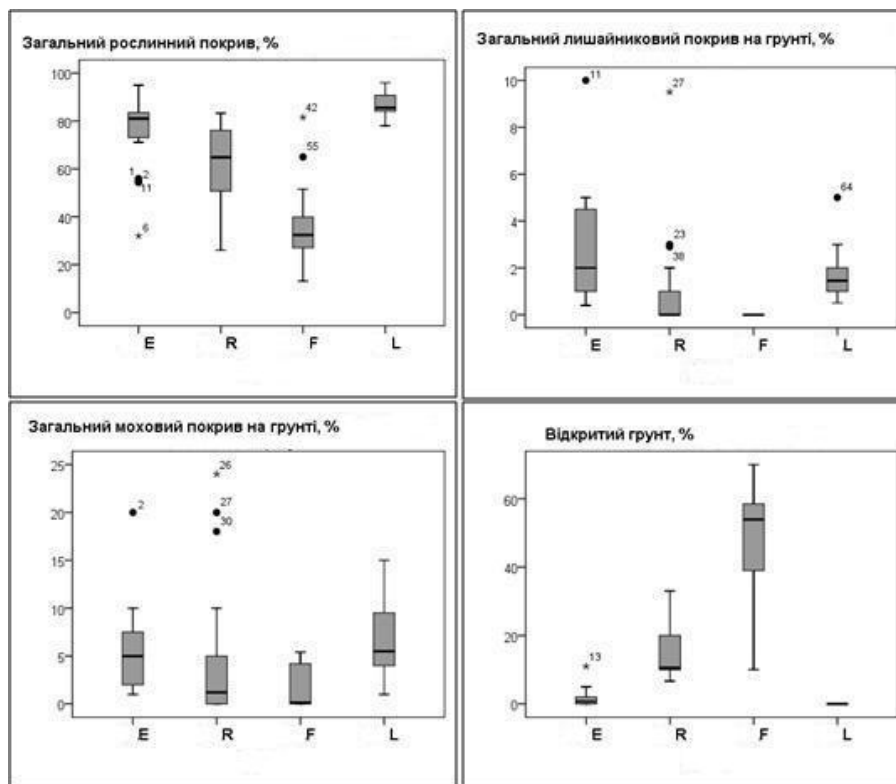


Рис. 6. Значення індексів різноманіття на чотирьох типах ділянок в субальпійському поясі басейну р. Латориці.

Fig. 6. The values of diversity indexes of four plots type in subalpine zone in Latorica river basin.

Таблиця 1.

Індикаторне значення видів-індикаторів чотирьох типів ділянок в субальпійському поясі в басейні р. Латориці (індикаторне значення (IV) – від 0 (низьке індикаторне значення) до 100% (високе індикаторне значення), P – тест значущості Монте Карло, * <0,01).

Table 1.

Indicator values of indicator species between four plots type in subalpine zone in Latorica river basin (the indicator values (IV) –from 0 (no indication) to 100 % (perfect indication), P – the Monte Carlo test of significance, * <0,01)

Тип ділянки	Вид	Родина	Життєва форма за Х. Раункієром	Індикаторне значення (IV), %	p *
E	<i>Calamagrostis arundinacea</i> (L.) Roth	Poaceae	Гемікриптофіт	36.9	0.0002
	<i>Campanula rotundifolia</i> L.	Campanulaceae	Гемікриптофіт	30	0.0006
	<i>Rhodococcum vitis-idaea</i> L.	Ericaceae	Хамефіт	36.3	0.0016
	<i>Luzula luzuloides</i> (Lam.) Dandy & Wilmott	Juncaceae	Гемікриптофіт	44.4	0.0002
	<i>Thymus alpestris</i> Tausch	Lamiaceae	Хамефіт	39.9	0.0002
	<i>Vaccinium uliginosum</i> L.	Ericaceae	Хамефіт	31.1	0.003
R	<i>Deschampsia caespitosa</i> (L.) Beauv.	Poaceae	Гемікриптофіт	64.9	0.0002
	<i>Carex leporina</i> L.	Cyperaceae	Гемікриптофіт	52	0.0002
	<i>Agrostis tenuis</i> Sibth.	Poaceae	Гемікриптофіт	51.7	0.0002
	<i>Festuca ovina</i> L.	Poaceae	Гемікриптофіт	32.6	0.0042
	<i>Nardus stricta</i> L.	Poaceae	Гемікриптофіт	55.5	0.0002
F	<i>Epilobium angustifolium</i> L.	Onagraceae	Гемікриптофіт	35.2	0.0008
	<i>Hypericum montanum</i> L.	Hypericaceae	Гемікриптофіт	36.6	0.0012
L	<i>Picea abies</i> (L.) H. Karst.	Pinaceae	Фанерофіт	99.6	0.0002
	<i>Oxalis acetosella</i> L.	Oxalidaceae	Гемікриптофіт	30	0.0004
	<i>Vaccinium myrtillus</i> L.	Ericaceae	Хамефіт	52.1	0.0002

Як видно з табл. 1, ділянки, де антропогенний вплив відсутній (E та L) характеризуються видами різних родин та життєвих форм, а на порушених ділянках (R та F) відмічені тільки гемікриптофіти, що адаптовані до такого впливу. На ділянках, що знаходяться під впливом рекреації (R) індикаторними видами виступають представники родини Poaceae. При цьому в табл. 1 наводяться кількісні показники індикативного значення видів (>30%). Найвище індикаторне значення у *Picea abies* (99,6%) по відношенню до якого виділяються ділянки L, та для рекреаційних ділянок *Deschampsia caespitosa*, *Carex leporina*, *Agrostis tenuis*, *Nardus stricta* (>50%).

На основі оцінки всіх отриманих показників побудовано дендрограму, яка відображає певну закономірність: угруповання (E, L), що розвиваються в природних умовах більш подібні між собою і суттєво змінюють свою структуру під впливом дії антропогенних чинників (F, R).

Висновки. Проаналізовано чотири типи ділянок в субальпійському поясі в басейні р. Латориці: еталонні (E); такі, що знаходяться під впливом рекреації (R); під впливом випалу (F); з участю *Picea abies* (L).

За допомогою методу синфітоіндикації розраховано показники 12-ти екологічних чинників, який показав, що, при умові заселення *Picea abies* як сильного едификатора, екологічна амплітуда біотопів звужується, а при порушенні ценозів під дією рекреації чи після пожежі відбуваються зміни показників екологічних чинників та розширення їх амплітуди.

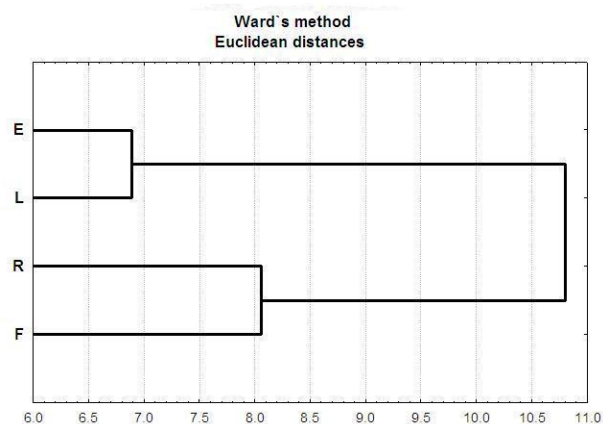


Рис. 7. Дендрограма подібності чотирьох типів досліджуваних ділянок на основі показників екологічних чинників

Fig. 7. Dendrogram of similarities of four study plots types based on environmental factors

Результати досліджень показали, що на формування деревостанів за участі *Picea abies* в субальпійську зону впливає омброрежим та вологість ґрунту, що залежить як від кліматичних умов, так і від крутизни та експозиції схилів.

Такі негативні впливи на природні екосистеми як випал та вплив рекреації призводять до збіднення біологічного різноманіття, загального рослинного, мохового та лишайникового покривів, відсутності рідкісних та ендемічних видів і збільшення площ відкритого ґрунту. Розраховано кількісні показники біорізноманіття (видове багатство, однорідність, індекси Шеннона-Вінера та Сімпсона).

Список літератури:

1. Дідух Я.П., Плюта П.Г. Фітоіндикація екологічних факторів. – К.: Інститут ботаніки НАН України, 1994. – 280 с.
2. Джонгман Р.Г.Г., Тер Браак С.Дж.Ф., Ван Тонгерен О.Ф.Р. Анализ данных в экологии сообществ и ландшафтов PDF ... Пер. с англ. под ред. А. Н. Гельфана, Н. М. Новиковой, М. Б. Шадринной. – М.: РАСХН, 1999. – 306 с.
3. Климишин О.С. Демутаційна трансформація високогірних фітосистем Українських Карпат // Вісн. Прикарпатськ. у-ту. Сер. біол. – 2007. – Вип. 7-8. – С. 279-281.
4. Климишин О.С., Коржинський Я.В., Інкін Є.Д. Вплив заповідання на відновлення кліматичної верхньої межі лісу в Українських Карпатах // Вісник Львівськ. у-ту. Сер. біол. – 2007. – Вип. 45. – С. 115-120.
5. Малиновський К.А. Сучасний стан верхньої межі лісу та приполювнинної рослинності // Праці Наукового товариства ім. Шевченка. Т. XII. Екологічний збірник. Екологічні проблеми Карпатського регіону. – Львів: НТШ, 2003. – С. 66-80.
6. Малиновський К.А., Крічфалушій В.В. Високогірна рослинність (Відп. ред.. Малиновський К.А., Дідух Я.П.) // Рослинність України (Гол. ред.. Соломаха В.А.). – Київ: Фітософіоцентр, 2000, том 1. – 230 с.
7. Стойко С.М. Типи верхньої межі лісу в Українських Карпатах, її охорона та заходи ренатуралізації / Наукові праці Лісівничої академії наук України : Наукові праці. – Львів: РВВ НЛТУ України. – 2004. – Вип. 3. – С. 95-101.
8. Coldea, G et al. (2009). Alpine-subalpine species richness of the Romanian Carpathians and the current conservation status of rare species. *Biodivers Conserv* (2009) 18:1441-1458.
9. Didukh Ya. P. The ecological scales for the species of Ukrainian flora and their use in synphytoindication. – Kyiv: Phytosociocentre, 2011. – 176 p.
10. Dufrene, M. and Legendre, P. (1997). Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecol. Monogra.* 67: 345-366.
11. Grabherr G, Gottfried M, Pauli H (1994) Climate effects on mountain plants. *Nature* 369:148-448.
12. Magurran, A.E. 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press, Princeton, NJ, 179 p.
13. Pauli, H., Gottfried, M., and Grabherr, G. (2003). Effects of climate change on the alpine and nival vegetation of the Alps. *J. M. E. Journal of Mountain Ecology* 7: 9-12.
14. Stanisci A, Pelino G, Blasi C (2005) Vascular plant diversity and climate change in the alpine belt of central Apennines (Italy). *Biodivers Conserv* 14:1301-1318.

SYMPHYTOINDICATION ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL FACTORS INFLUENCE ON SUBALPINE ECOSYSTEMS STRUCTURE IN TRANSCARPATHIAN REGION

O. M. Kozak, Ya. P. Didukh

The four types of plant communities in subalpine zone of Transcarpathian region have been studied: 1. etalon mountain meadows; 2. communities under recreation pressure; 3. after fire; 4. with Picea abies (L). The assessment of environmental factors using synphytoindication methods has been conducted for these four types of communities. Ordination and cluster analysis, indicator species analysis and biodiversity indices calculations (species richness, evenness, Shannon-Wiener index and Simpson index) have been performed.

Key words: ecosystems, environmental factors, subalpine zone

Одержано редколегією 02.09.2013