УДК57.08:581.55:303.445

Дідух Я.П.
Інститут ботаніки ім. М. Г. Холодного
НАН України

МЕТОДИКА СИНФІТОІНДИКАЦІЙНОЇ ОЦІНКИ БІОТОПІВ ТА АСПЕКТИ ЇЇ ВИКОРИСТАННЯ

Ключові слова: біотоп, екосистема, фітоценоз, фітоіндикація, екологічні фактори

Біотоп у сучасній літературі розглядається як ділянка (територія, акваторія) з порівняно однорідними умовами середовища, зайнята певним рослинним угрупованням із відповідним тваринним світом (Davies, 2004; GEMENT…, 2009). Починаючи з 80-х років XX ст., розробляються наукові підходи і створюються класифікації біотопів (габітетів) (CORINE, Palearctic, EUNIS). Нами був здійснений критичний аналіз співвідношення між поняттями біотоп, екотоп, габітет (оселище), екосистема, біогеоценоз і розроблена класифікації біотопів Лісової та Лісостепової зон (Дідух та ін., 2011 Дідух, 2012б). Відмітимо, що за розмірністю горизонтальної проекції це поняття відповідає геотопу, який включає кліматом, біотоп, едафотоп, літотоп як рівноцінні складові, а за змістом відрізняється тим, що центральне положення тут займає біотична складова, яка впливає певним чином на складові компоненти і визначає їх специфіку, а отже має вужчі обмеження у вертикальній проекції, як це було відмічено по відношенню до понять «геотоп» та «екосистема» (Гродзинський, 1993). Разом з тим, біотична складова (зокрема, рослинний покрив) є чутливим індикатором стану екосистем чи геотопу, їх змін і на цій основі нами були розроблені наукові підходи та методика синфітоіндикації (Дідух, Плюта, 1994; Дідух, 2012а). Методика синфітоіндикації ґрунтується на використанні екологічних амплітуд видів з урахуванням їх кількісного розподілу в ценозах відносно різних екофакторів, що відображається у вигляді відповідних шкал (бальних оцінок). Така оцінка хврвктеризує ценотичний (екосистемний) рівень організації. Важливе значення синфітоіндикації полягає ще і в тому, що ряд екологічних факторів, ознак, властивостей не мають прямих одиниць виміру, а бальні показники виступають шкалою, мірилом, дають можливість порівняння та встановлення залежностей індикаторів від зміни зовнішніх чинників.

Бальні характеристики видів опубліковані нами у багатотомному виданні «Екофлора України» та монографії (Didukh. 2011). Ця база даних була імплементована до європейської бази даних TURBOVEG і доступна для користувачів Європи, що дає можливість використовувати цілий арсенал сучасних програм та відповідних методів (TWISPAN, двохмірної та трьохмірної ординації, головних компонент тощо).

На основі таких підходів розроблена методика оцінки еконіш видів рослин, їх пересікання, а також прогностичні моделі у випадку зміни певних екофакторів, у першу чергу в зв'язку із зміною клімату (рис.1).

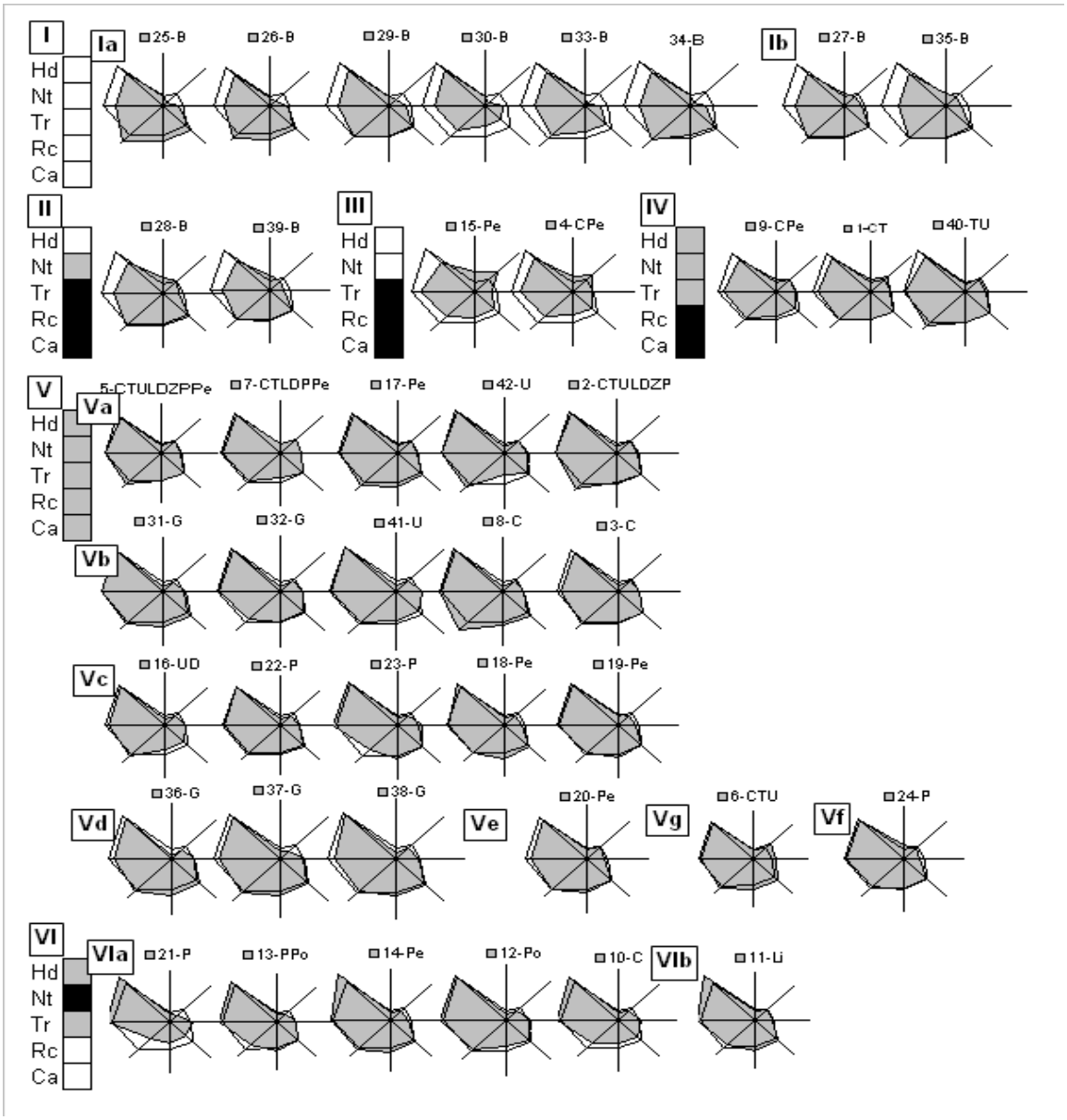

Рис. 1 – **Залежність показників еконіш видів роду *Stipa* від провідних екофакторів.** Умовні позначення тут і далі: Hd- вологість грунту;fH - змінність зволоження; Ae - аерація; Nt- вміст Нітрогену; Sl, Tr - сольовий режим; кислотність; Ca- вміст карбонатів; Tm - терморежим; Om - омброрежим; Cr - кріорежим; Kn - континентальність клімату; Lc - освітленість.

Другий напрямок – використання методів непрямої ординації, що дозволяє визначити їх місце в системі координат по відношенню до зміни провідних екофакторів, лімітувальних меж, співвідношення, характер і величину області пересікання, екологічної специфіки. Одночасно це відображає залежність між зміною екофакторів. Крім непрямих методів дво- та трьохмірної ординації, перспективним є аналіз головних компонент, який дає можливість оцінити вплив того чи іншого фактору, а відтак їх лімітувальне значення (рис. 2).

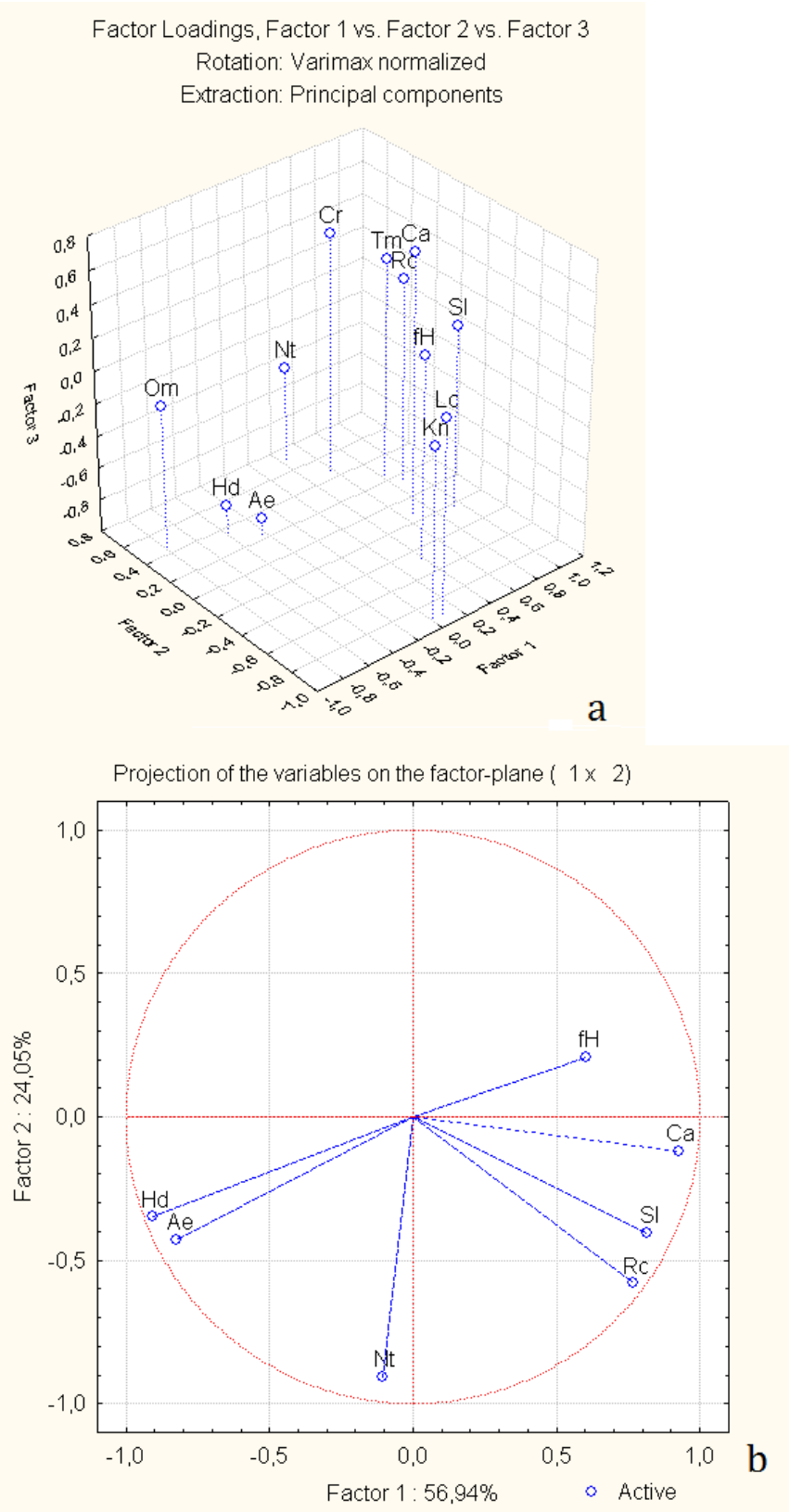

Рис. 2 – **Приклади трьохмірної (a) та двомірної (b) ординації екофакторів по відношенню до головних компонент**

Застосування методики синфітоіндикації важливе в тих наукових напрямках, що пов'язані з географічними аспектами оцінки диференціації екосистем, їх β-різноманітності, закономірностей розподілу у ландшафтно-генетичних рядах, характеру поєднання в певній послідовності, градієнту змін, напрямків екзогенних сукцесій, ступеню стійкості тощо. З таких позицій кожен біотоп виступає як територіальна система, що одночасно віддзеркалює певну стадію розвитку, ланку в сукцесійному ряду. Однією з

найважливіших ознак ландшафту є оцінка ступеню його диференційованості, що зумовлено градієнтом змін різних чинників та їх комплексу. Ступінь диференційованості А.Г. Ісаченко (2003) пропонував оцінювати за двома показниками: розмахом амплітуди окремих факторів (екоклину) та ступеню різноманітності біотопів. Крім цього ми вважаємо, що важливою ознакою є частота зміни біотопів у просторі, хоча останнє залежить від масштабу та детальності відображення цих змін (рис. 3).

Інший напрямок полягає в оцінці часових змін екологічних факторів, їх напрямку та швидкості. В природі відстежити такі зміни складно, бо це потребує тривалого моніторингу і таких досліджень мало. Проте обробка геоботанічних описів, зроблених вченими в першій половині XX ст. тих угруповань, які були знищені (заплавні луки Дніпра, осушені болота Полісся, вирубані ліси, розорані степи тощо), що дало можливість кількісно оцінити ступінь зміни екосистем та показати, при яких умовах доцільне їх відновлення. Сьогодні ці питання є актуальними в аспекті розрахунку площ оптимальної лісистості, заболоченості певних територій, порушеності екосистем по відношенню до оптимального стану.

Отримані дані дають можливість оцінити процеси, що відбуваються під впливом глобальних змін клімату. Зокрема, аналіз геоботанічних описів степових заповідниках України, зроблених у 5-кратній повторності з початку XX ст., відобразив зміни, які відбулись в результаті введення абсолютно заповідного режиму та під впливом клімату (рис. 4).

Встановлено, що тренд таких змін полягає у олуговінні та залісненні і в Лісостеповій зоні він відбувається значно швидше, ніж у Степовій (Ткаченко та ін., 1993; Ткаченко, 2008).

На основі використання синфітоіндикаційних методів можлива оцінка впливу структури ценозів на зовнішні екофактори. Зокрема, порівняння описів лісових ценозів з трав'янистими, які виникли на місці суцільних рубок у Миколаївській області, показало, що кліматичні фактори, пов'язані з терморежимом (термо-, кріорежим) не мають суттєвих змін, в той час як такі, що залежать від кількості опадів, тобто відображають гідротермічний режим, та едафічні характеризуються значними відхиленнями (рис. 5).

Накопичення кількісних даних, їх всебічний аналіз дав змогу встановити важливі закономірності щодо організації та зміни структури екосистем, їх функціонування і опосередковано оцінити процеси, що стосуються накопичення та трансформації енергії, а відтак сприяв застосуванню системних, термодинамічних та синергетичних підходів.

Саме, виходячи з цих позицій, нами було проведено порівняльну оцінку енергозапасів різних типів екосистем та їх втрату під впливом дії антропогенного фактору. Питання енергетики зачіпають дуже широке коло екологічних проблем. Завдяки енергетичним поняттям, показникам екологія стала тим містком, який поєднує природничі науки з економікою та технічними дисциплінами. Використання понять та одиниць енергії

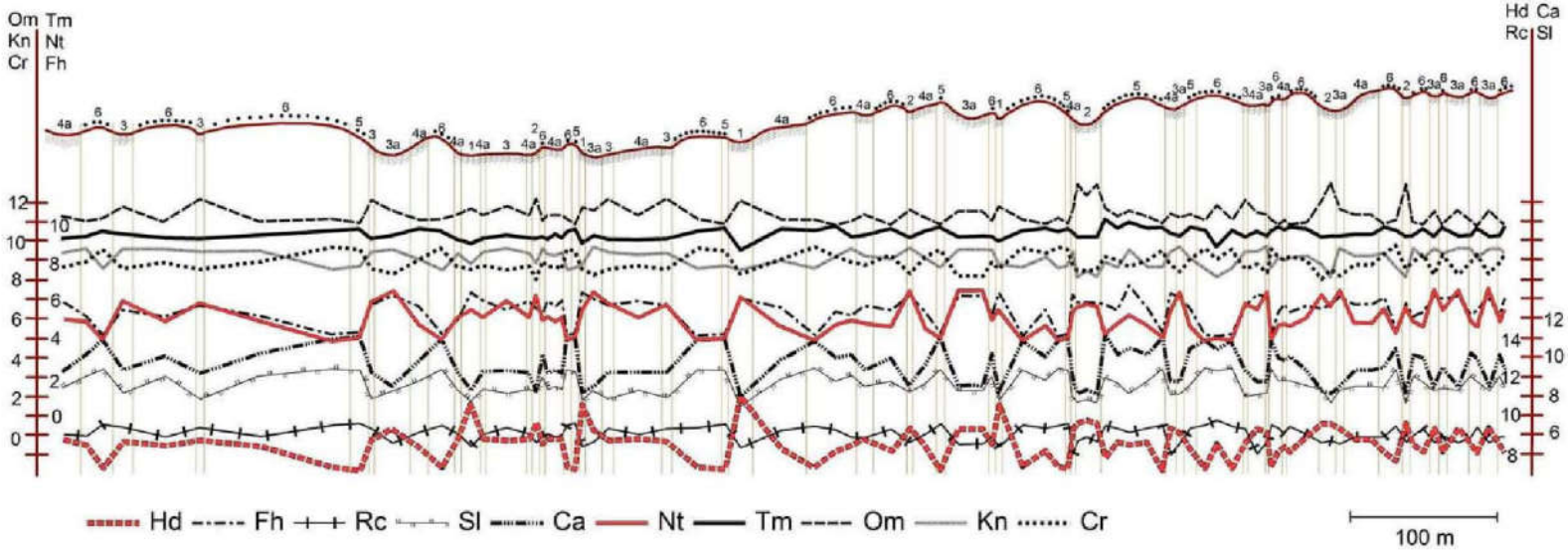

Рис. 3 – **Диференціація біотопів та зміна показників екофакторів на Карабі-яйлі.**

Типи біотопів: 1 - Післялісові гірські луки (*Trifolio pratensis-Brizion elatioris*); 2 - Гірсько-лучні угруповання в карстових воронках яйли (*Helictotrichon compressi-Bistortion officinalis*); 3 - злаково-типчакових мезоксерофітних лучно-степових угруповань (*Festuca rupicola, Koeleria cristata, Filipendula vulgaris, Poa angustifolia, Phleum phleoides, Alopecurus vaginatus)* на розвинутих чорноземовидних грунтах. (Варіант 3а –*Stipa tirsa* не домінує); 4 – дернинних ксерофітних типчаково-ковилових степів (*Stipa tirsa, Festuca rupicola, Teucrium chamaedrys, Helianthemum stevenii*) на чорнозеподібних ґрунтах різного ступеню розвитку низьких яйл Криму (Варіант 4а – співдомінують *Helianthemum stevenii, Anthyllis biebersteiniana, Teucrium chamaedrys,* а *Filipendula vulgaris* втрачає домінуючу роль); 5 - щільно- та рихлодернинних лучно-степових угруповань (*Carex humilis, Bromopsis cappadocica*) на малопотужних погано розвинутих чорноземовидних грунтах високих яйл Криму; 6 - злаково-чагарничкових лучно-степових угруповань (*Helianthemum stevenii, Thymus dzevanovskyi, Bromopsis cappadocica, Koeleria lobata*) яйл на відслоненнях карбонатів; 7 - Грабові ліси Гірського Криму (*Lasero trilobi-Carpinetum betuli*).

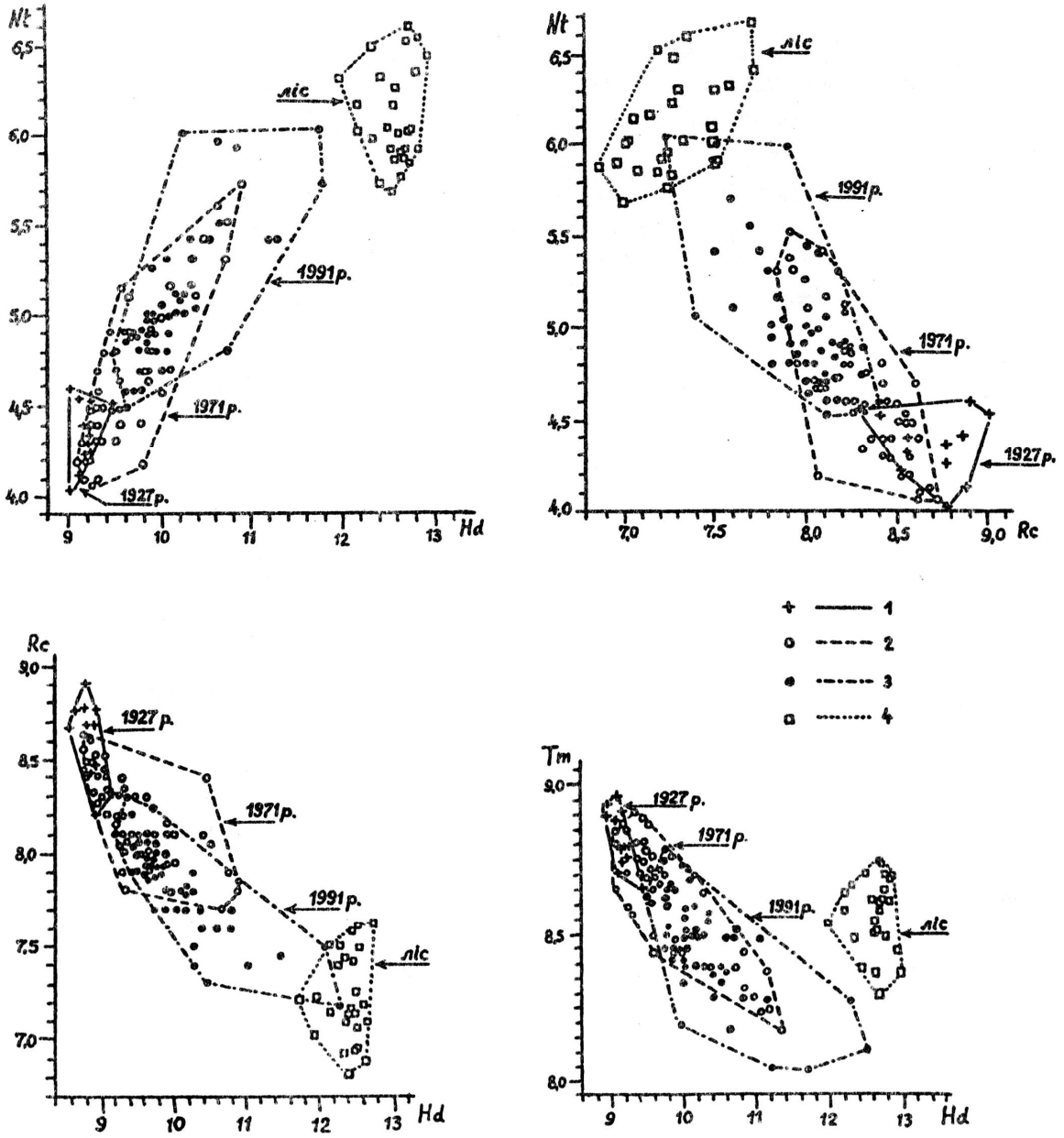

Рис. 4 – **Зміни рослинності заповідного лучного степу „Михайлівська цілина" у резерватогенній сукцесії по відношенню до лісових екосистем**
(Ткаченко та ін., 1993).
Умовні позначення:
1 – ординаційні точки і межі „ординаційного поля" лучно-степових фітоценозів у 1927 р., 2 – те ж у 1971 р., 3 – те ж у 1991 р., 4 – те ж для вибірки описів дібровного лісу.

дозволяє вийти на таку спільну мову, коли екологи можуть оперувати економічними поняттями, економісти - обчислювати збитки, завдані природі, технологи – оцінювати не лише прямі, а й опосередковані результати своєї діяльності. Енергетичні показники є мірилом нашого ставлення до Природи, ефективності господарювання. Розрахунок та інтенсивність трансформації енергетичних запасів екосистем дозволяє вийти на їх регулювання, оптимальне використання, оцінку збитків, нанесених природі з урахуванням затрат на відновлення екосистем чи їх складових, що важливо при проведенні експертиз. Саме з таких позицій ми

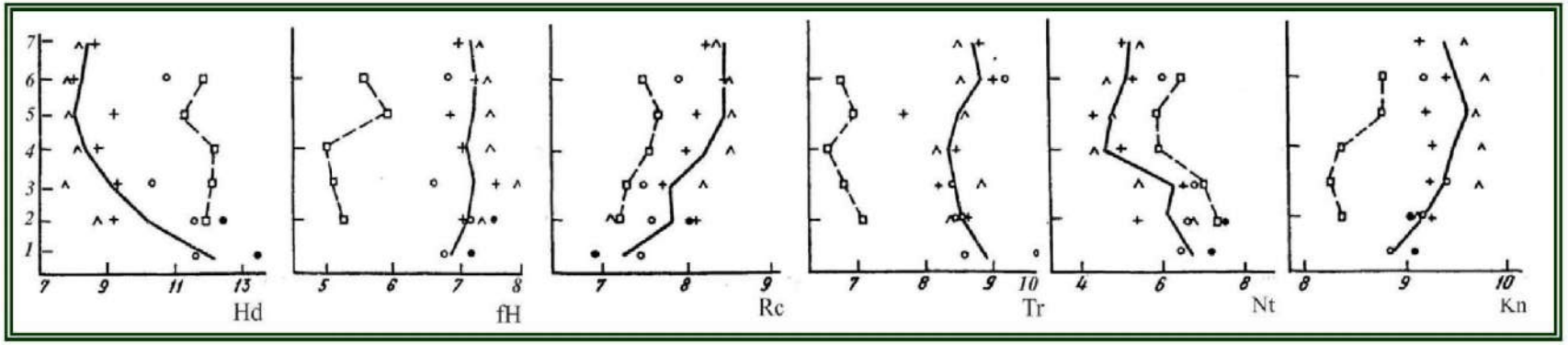

Рис. 5 – **Синфітоіндикаційна оцінка зміни показників провідних екофакторів різних частин схилу лісових та трав'янистих біотопів.**

Елементи катени: *1* – заплава, *2* – улоговини та днища балок, *3* – підніжжя схилу, *4* – нижня, *5* – середня, *6* – верхня частина схилу, *7* – вершини горбів і плакори. Групи рослинності: *I* – лісова, *II* – болотна, *III* – лучна, *IV* – лучно-степова, *V* – степова. Суцільною ломаною лінією на рисунках позначені середні екологічні режими для всіх трав'янистих угруповань, штриховкою – для всіх лісових.

повинні оцінювати длцільність створення штучних екосистем, які не виснажували б природні енергетичні запаси, а збагачували їх.

Так, відомо, що енергія концентрується у двох блоках: біотичному та грунті. У залежності від типу біотопу це співвідношення різне: в лісах енергетичні запаси деревини в 4-10 разів виші, ніж у грунтах, а в травянистих типах біотопів навпаки. І намагання створювати ліси на місці степових біотопів з багатими енергією чорноземах або крутосхилах крейдяних порід порушукє енергетичний баланс екосистем і не дає необхідного ефекту. Такі факти лісорозведення піддаються справедливій критиці.

Практичне втілення цих підходів використовується при розробці екомережі, яка розглядається як комплексна багатофункціональна система, що складається з багатьох елементів, повязаних між собою складними та опосередкованими звязками, основна мета якої полягає у забезпеченні збереження біо- та ландшафтного різноманітності, стабілізація екологічної рівноваги, підвищення продуктивності ландшафтів, покращення стану довкілля та збалансований розвиток держави (Шеляг-Сосонко, 1999).

Системний, термодинамічний, синергетичний підходи визначають майбутнє розвитку екології і при їх застосуванні серед багатьох методів дослідження синфітоіндикація займає чільне місце.

Отримані на її основі дані, характеристики важливі для проведення екологічних експертиз, оцінки впливу довкілля і прогнозування можливих змін, екологічного картографування, антропогенних факторів на зміни довкілля, збереження та репатріації рідкісних видів, охорони біотопів, розробки екомережі, використання екологічних індикаторів для переходу України на засади сталого розвитку.

Список літератури

1. *Гродзинський М. Д.* Основи ландшафтної екології / М.Д. Гродзинський. – К.: Либідь, 1993. – 222 с. **2.** *Дідух Я. П.* Основи біоіндикації / Я. П. Дідух. – К. : Наук. думка, 2012а – 343 с. **3.** *Дідух Я. П.* Проблеми співвідношення між деякими ключовими поняттями в екосистемології // Біотопи (оселища) України : наукові засади їх дослідження та практичні результати інвентаризації : Матеріали робочого семінару (Київ, 21-22 березня 2012 р.) / ред. Дідух Я. П., Кагало О. О., Проць Б. Г. – К. - Львів, 2012б. – С. 14-28. **4.** *Дідух Я.П.* Фітоіндикація екологічних факторів / Я.П. Дідух, П. Г. Плюта. – К. : Ін-т ботаніки НАН України, 1994. – 280 с. 5. Біотопи Лісової та Лісостепової зон України / Дідух Я. П., Фіцайло Т. В., Коротченко І. А. та ін. ; ред. Я. П. Дідух. – К. : МАКРОС, 2011. – 288 с. **6.** *Исаченко А. Г.* Введение в экологическую географию / А. Г. Исаченко. – СПб : ИД СПбГУ, 2003. – 192 с. **7**. *Ткаченко В. С.* Синфітоіндикація саморозвитку і біфуркацій ний механізм структурогенезу фіто систем Хомутовського степу / В. С. Ткаченко // Вісті БЗ «Асканія Нова». – 2008. –10. – С. 5-17. **8.** *Ткаченко В. С.* Зміни екотопів лучного степу «Михайлівської цілини» в ході резерватної сукцесії / Ткаченко В. С., Лисенко Г. М., Вакал А. П. // Укр. ботан. журн., 1993. – 50, №3. – С. 50-56. **9.** *Шеляг-Сосонко Ю. Р.* Головні риси екомережі України / Ю. Г. Шеляг-Сосонко // Розбудова екомережі України. – К., 1999. – С. 13-22. **10.** *Davies C. E.* EUNIS Habitat Classification Revised / Davies C. E., Moss D., Hill M. O. // Report to the European Environment Agency, European Topic Centre on Nature Protection and Biodiversity. – Paris, 2004. – 310 p. **11.** *Didukh Ya.P.* The ecological scales for the species of Ukrainian flora and their use in synphytoindication / Ya. P. Didukh. – K. : Phytosociocentre,

2011. – 176 p. **12.** *GEMET* (The General Multilingual Environmental Thesaurus), European Environment Information and Observation Network : http://www.eionet.europa.eu/gemet (14.12.2009).

Дідух Я. П. **Методика синфітоіндикаційної оцінки біотопів та аспекти її використання.**

Розглянуто поняття біотопів, стан та зміни яких оцінюється на основі методики синфітоіндикації. Це дозволяє використовувати великий арсенал програм та математичних методів. Проаназізовано різні аспекти використання методики синфітоіндикації (оцінка еконіш видів, залежності між змінами екофакторів та їх вплив на біотопи, оцінка диференціації останніх, екологічне картографування тощо). Якісно новий рівень отриманої інформації слугує основою для використання термодинамічних та синергетичних підходів, оцінки енергетичних запасів екосистем та їх втрат, що має велике практичне значення.

Ключові слова: біотоп, екосистема, фітоценоз, фітоіндикація, екологічні фактори.

Didukh Ya. P. **Synphytoindication methods for habitat assessment and aspects of its use.**

The concept of habitat, their state and changes based on synphytoindication methods are presented. It allows to apply large amount of programs and mathematical methods. The different aspects of synphytoindication methods are considered (assessment of species niche, interdependence between environmental factors and their influence on habitat, environmental factors differentiation, ecological mapping etc.). The new information obtained by synphytoindication can be the basis for synergistic approaches, assessment of ecosystem energy balance and its losses, which have important practical value.

Keywords: biotope, ecosystem, phytocoenosis, phytoindication, ecological factors

Дидух Я. П. **Методика синфитоиндикационной оценки биотопов и аспекты ее использования.**

Рассмотрено понятие биотопов, состояние и изменение которых оценивается на основании синфитоиндикации. Это позволяет использовать большой арсенал программ и математических методов. Рассмотрено различные аспекты использования методики синфитоиндикации (оценка эконишь видов, зависимости между изменением экофакторов и их влияние на биотопы, оценка дифференциации последних, экологическое картографирование и др.). Качественно новый уровень полученной информации служит основанием для использования термодинамических и синергетических подходов, оценки энергетических запасов экосистем и их потерь, что имеет большое практическое значение.

Ключевые слова: биотоп, экосистема, фитоценоз, фитоиндикация, экологические факторы.

Надійшла до редколегії 28.06.2013