

## ФІТОІНДИКАЦІЙНИЙ АНАЛІЗ ПЕРЕДКЛІМАКСИЧНИХ СТАДІЙ РОЗВИТКУ ЕКОСИСТЕМ

*І.В. Хом'як*

*Житомирський державний університет імені Івана Франка*

Обсуждаются проблемы фитоиндикационного определения динамических процессов в экосистемах.

На основе полевых исследований проведен анализ теории поликлимакса.

*Экосистема, климакс, сукцессия, фитоиндикация.*

### ВСТУП

Екосистеми – це динамічні відкриті системи, тому їхнє неупереджене дослідження та раціональна експлуатація не можливі без врахування і прогнозування їхньої динаміки. На сьогодні, наука має дуже мало надійних та об'єктивних методів дослідження трансформаційних процесів у надорганізованих природних системах підтверджених польовими дослідженнями [3]. Без розробки цих методів стає проблематичним передбачення наслідків діяльності людини та створення моделей для побудови фундаментальних концепцій екосистемології. У зв'язку з цим мета роботи: аналіз теорії поліклимакса та методів фітоіндикаційного визначення стану екосистем.

### УМОВИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Опираючись на теоретичні розробки фундаторів світової та вітчизняної екології, ми пропонуємо фітоіндикаційний підхід до встановлення стадії розвитку екосистем, який був висвітлений у ряді наших публікацій [7–9]. У основу розробленого нами методу лягли теоретичні положення Г.Т. Одума та О.С. Пінкертонна [12], які вони висунули на основі «закона максимуму енергії в біологічних системах» А.І. Лотка [11], а також твердження про закономірну зміну видів під час розвитку екосистеми, названу Ф.Е. Еглером [10] «флористичною естафетою» [5, 10, 11].

Ми створили 21-бальну шкалу, кожна градація якої відповідає певній стадії розвитку екосистем. Цифрове (в балах) значення цієї шкали ми називаємо ступенем природної трансформації. Положення виду на ній визначалося за характеристикою фітомаси в межах опису, в якому він знаходився та часу її накопичення. Це опосередковано відповідає показникам співвідношення чистої продукції та затрат на процес дихання [5]. Таким чином, екосистеми старих корінних лісів мали найвищі показники, а піонерні екосистеми – найнижчі. Коли було накопичено достатньо інформації про більш як сімсот видів, ми перейшли до класичного методу фітоіндикації запропонованого Я.П. Дідухом та П.Г. Плютою [3]. Для полегшення роботи було внесено вищеназвану базу даних у пакет програм для визначення та характеристики екосистем Simagr1 [8].

Протягом 2010–2012 років, ми зробили 202 повних геоботанічних описи за стандартною методикою [6] в межах заказників Тригірський, Денишівський, Білокоровицький, Замисловецький, Олевський та Поясківський. За отриманими даними 21-а описова ділянка згідно з результатами попереднього аналізу (фізіономіка, стан деревостану, флористичний склад, історія експлуатації території й за більшістю із 20 ознак автогенної сукцесії за Ю. Одумом) можуть претендувати на статус наближення до заключної стадії розвитку [5]. Досліджувані об'єкти – це ліси Центрального Полісся, із віком домінуючих фанерофітів вище 170 років.

### РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Під час аналізу результатів ми зіткнулися із проблемою фітоіндикаційного встановлення показників стадії розвитку екосистем. Обраховані програмою Simagr1 дані для цих лісів коливалися в діапазоні від 7,04 до 7,54 бали, що відповідає корінним лісам, а не клімаксічним системам (15–21 бал). Нами було висунуто дві робочі гіпотези: відсутність серед вибраних об'єктів екосистем на заключних стадіях розвитку або недосконалість нашої системи визначення ступеня природної трансформації. Для розв'язання проблеми ми використовували дані про видовий склад рослин та отримані фітоіндикаційним шляхом характеристики екотопу за 14-параметрами [8].

Абсолютна більшість видів із постійністю вище II балів (присутні у більше як 20 % описів) належать до діагностичних класів рослинних угруповань *Quercus-Fagetum* Br.-Bl. Et Vlieg 1937 (за класифікацією рослинних угруповань Браун Бланке [13]) або підпорядкованих йому порядку *Fagetalia sylvaticae* Pawl 1928, союзу *Carpinion betuli* Oberd 1953, асоціаціям *Stellario-Carpinetum* Oberd 1957 та *Carici pilosae-Carpinetum* R. neuchasl et Neuchaslova 1964. Також часто зустрічаються *Pinus sylvestris* L., *Impatiens parviflora* D&c., *Lamium maculatum* (L.)L., *Carex brizoides* L., *Sorbus aucuparia* L., *Frangula alnus* Mill. Слід зауважити, що такі види як *Impatiens*

*parviflora*, *Lamium maculatum* та, *Carex brizoides* останнім часом багато авторів також відносять до групи *Quercus-Fagetea*.

Серед групи видів, які мають низькі показники постійності близько 12 % також належать до групи *Quercus-Fagetea*. Отже, можемо впевнено заявити, що клімаксічні ліси на території Полісся належать до групи широколистяних неморальних лісів. Аналогічні дані, отримані російськими дослідниками в районі Новгороду, дозволяють стверджувати, що подібний тип лісу буде представляти завершальні етапи сукцесії не лише в межах Полісся, а й на території всієї зони мішаних лісів Східноєвропейської рівнини, Лісостепу та передгір'я Альп і Карпат [4]. Існують й інші описані випадки заміни стадії хвойних (соснових) лісів на широколистяні в помірних широтах.

Таблиця 1 – Постійність видів, описаних у передклімаксічних лісах Центрального Полісся

Вид	Постійність	Вид	Постійність
* <i>Quercus robur</i> L.	V	<i>Melica nutans</i> L.	I
* <i>Carpinus betulus</i> L.	V	<i>Populus tremula</i> L.	I
* <i>Stellaria holostea</i> L.	IV	<i>Primula veris</i> L.	I
* <i>Quercus robur</i> L. (IV)	III	<i>Rhododendron luteum</i> Sweet	I
* <i>Corylus avellana</i> L.	III	<i>Rubus caesius</i> L.	I
* <i>Euonymus europaea</i> L.	III	<i>Vaccinium myrtillus</i> L.	I
<i>Pinus sylvestris</i> L.	III	<i>Veronica chamaedrys</i> L.	I
<i>Majanthemum bifolium</i> (L.) F. W. Schmidt	III	<i>Viburnum opulus</i> L.	I
<i>Impatiens parviflora</i> D&C.	III	<i>Allium montanum</i>	I
<i>Lamium maculatum</i> (L.) L.	III	<i>Hypopitys monotropa</i>	I
* <i>Asarum europaeum</i> L.	II	<i>Platanthera bifolia</i> (L.) Rich.	I
* <i>Anemonoides nemorosa</i> (L.) Holub	II	<i>Neottia nidus-avis</i>	I
* <i>Acer platanoides</i> L.	II	<i>Aegopodium podagraria</i> L.	I
* <i>Hepatica nobilis</i> Mill.	II	<i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gaertn.	I
* <i>Acer platanoides</i> L. (IV)	II	<i>Carex acutiformis</i>	I
* <i>Convallaria majalis</i> L.	II	<i>Carex elata</i>	I
* <i>Poa nemoralis</i> L.	II	<i>Cystopteris fragilis</i> (L.) Bernh.	I
* <i>Polygonatum odoratum</i> (Mill.) Druce	II	<i>Epilobium palustre</i>	I
* <i>Tilia cordata</i> Mill.	II	<i>Galium odoratum</i>	I
* <i>Viola mirabilis</i> L.	II	<i>Galium palustre</i> L.	I
* <i>Carex brizoides</i> L.	II	<i>Geum urbanum</i> L.	I
<i>Sorbus aucuparia</i> L.	II	<i>Glyceria maxima</i>	I
<i>Frangula alnus</i> Mill.	II	<i>Juncus effusus</i> L.	I
<i>Oxalis acetosella</i> L.	II	<i>Populus tremula</i> L. (II)	I
* <i>Carex pillosa</i> Scop.	I	<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn	I
* <i>Polygonatum multiflorum</i> (L.) All.	I	<i>Scirpus sylvaticus</i> L.	I
* <i>Actaea spicata</i>	I	<i>Sedum telephium</i>	I
* <i>Carpinus betulus</i> L. (II)	I	<i>Vicia cracca</i>	I
* <i>Carex digitata</i> L.	I	<i>Trifolium alpestre</i>	I
* <i>Euonymus verrucosa</i> Scop.	I	<i>Poa pratensis</i>	I
* <i>Fraxinus excelsior</i> L.	I	<i>Rumex confertus</i>	I
<i>Betula pendula</i> Roth. (II)	I	<i>Prunella vulgaris</i>	I
<i>Dryopteris filix-mas</i> (L.) Schott	I	<i>Astragalus glycyphyllos</i>	I
<i>Betula pendula</i> Roth.	I	<i>Pyrus communis</i> L.	I
<i>Dactylis glomerata</i> L.	I	<i>Athyrium filix-femina</i> (L.) Roth	I
<i>Luzula pilosa</i> (L.) Willd.	I	<i>Melittis sarmatica</i>	I
<i>Lysimachia nummularia</i> L.	I	<i>Epipactis helleborine</i> (L.) Crantz	I
<i>Galium intermedium</i>	I	<i>Cephalanthera rubra</i>	I

\* – діагностичні види для класу *Quercus-Fagetea* або підпорядкованих йому синтаксонів

Відмінності для територій окремих провінцій, можливо, проявлятиметься на екосистемах із фітоценозами нижчого рівня (асоціаціями чи їхніми варіантами). За нашими даними для Поліської провінції це буде *Stellario-Carpinetum var typicum* із домінуванням *Quercus robur* старшого 100–150 років із значною участю *Carpinus betulus*. Можливо, на стадії клімаксу відбувається чергування домінант, як це спостерігаємо в районі Новгороду, де стадія *Quercus robur* регулярно міняється із стадіями *Acer* та *Tilia*. Твердження, про те, що граб витісняє дуб, вимагає тривалої перевірки, оскільки під час наших досліджень ми часто зустрічали значну кількість підрусту дуба під грабовим пологом.

Фітоіндикаційне дослідження ступеня природної трансформації підтверджують, що за винятком кількох ділянок, які піддані значному рекреаційному навантаженню, саме описи *Stellario-Carpinetum var typicum* мають найвищі показники. Антропогенно трансформовані ділянки

цих соцій (елементарних одиниць класифікації екосистем [2]) можна назвати «стадіями сукцесії у фазі заповнення пробілу», тобто із тимчасовими змінами, які зникнуть після припинення дії зовнішнього фактора [5]. За цими даними можемо побудувати ряд синтаксонів згідно із зростанням ступеня трансформації: *Stellario-Carpinetum var Stellaria holostea* → *Carici brizoidi-Quercetum robori* Orlov Yakushenko et Vorobyov 1999 → *Stellario-Carpinetum var Carpinus betulus* → *Carici pilosae-Carpinetum* R. Neuchasl et Neuchaslova 1964 → *Stellario-Carpinetum var typicum*.

Синтаксономічний аналіз поставив перед нами нове питання: всі синтаксони наведеного вище ряду є різними варіантами клімаксихного лісу чи лише ті із них, що мають найвищі показники. Для вирішення цієї проблеми ми визначили основні характеристики екотопу досліджуваних ділянок (табл. 2).

Багато авторів вважають, що під час динамічних змін в екосистемах, які ведуть до клімаксихного стану, відбувається зміщення показників чинників середовища до певного оптимуму, що підтверджено рядом досліджень [5]. Цієї точки зору певною мірою притримується і Ю. Одум, описуючи зміни в різних мікрокліматичних та едафічних умовах на заключних стадіях розвитку [5]. Тобто, закон оптимуму можна поширювати не лише на окремі популяції, види чи угруповання, а й на екосистеми.

Зважаючи на високі показники кореляції між ступенем природної трансформації та чинниками середовища, можна зробити висновок, що саме умови існування угруповань *Stellario-Carpinetum var typicum* є клімаксихним ектопічним оптимумом. Також відмічено, що описи віднесені до угруповань *Carici brizoidi-Quercetum robori* та *Carici pilosae-Carpinetum* знаходилися в умовах, які не відповідають теоретичному клімаксу (міжвалові депресії, схили, виходи гірських порід).

Таблиця 2 – Значення фітоіндикаційних показників для передклімаксихних лісів Центрального Полісся

Чинники середовища	Показники факторів у балах (за шкалою Дідуха Я.П., Плюти П.Г.)			
	серед- не	макси- мум	міні- мум	різни- ця
Багаторічний режим вологості (HD)	11,64	11,81	11,49	0,32
Змінність зволоження (FH)	5,10	5,30	5,04	0,264
Кислотність середовища (RC)	7,19	7,39	7,12	0,28
Загальний сольовий режим (SL)	6,23	6,39	6,16	0,23
Вміст карбонатів (CA)	6,38	6,60	6,23	0,37
Вміст доступного рослинам нітрогену (нітрати та солі амонію) (NT)	5,82	6,08	5,72	0,37
Аерація (AE)	6,67	6,77	6,57	0,20
Терморезим (TM)	8,43	8,78	8,32	0,46
Омборежим (OM)	12,85	13,23	12,69	0,54
Континентальність (KN)	8,01	8,42	7,88	0,54
Кріорезим (CR)	8,16	8,42	8,07	0,34
Освітленість (LC)	5,24	5,33	5,13	0,19
Антропогенна трансформація (гемеробія) (HE)	6,33	6,73	6,23	0,50
Ступінь природної трансформації (ST)	7,26	7,54	7,04	0,49

Проблеми динаміки екосистем не можна розглядати, оминаючи багаторічну дискусію між прихильниками моноклімаксу та поліклімаксу. Фітоіндикаційний аналіз та класифікація екосистем на різних стадіях розвитку приводять нас до думки про існування моноклімаксу для кожного біому (кліматичної чи фізико-географічної зони). Окремі випадки, які наводяться як аргументи опонентами Ф. Клементса є сукцесійним колапсом (катастрофічним клімаксом за Ю. Одумом), при якому всі процеси розвитку згортаються через особливі обставини. Це може бути утворення угруповання із едификатором, який має потужні алопатичний потенціал чи створює умови, які заважають поступовій зміні видів. Наприклад, це робінієві ліси, що за рахунок зміни вмісту нітратів можуть формувати стійке та агресивне нітрофільне угруповання; карахарсанг

(водоростево-мохові шапки в пустелях Середньої Азії), які заважають відновленню рослинності без присутності копитних (Нечаєва, Мухамедов, 1991) та ін. Частіше за все, такі колапси провокуються людиною, до діяльності якої у природі не вироблено стабілізаційних механізмів (дисклімакс або антропогенний субклімакс). Це також може стосуватися екотопів, що важко піддаються трансформації (скелі, річки із швидкою течією тощо), де неможливе зміщення умов середовища в сторону клімаксихного оптимуму за мінімальний необхідний для еволюції екосистем час. Незважаючи на таку стійкість вищезазначених екосистем, вони не будуть клімаксихними із позицій енергетики та функціонування (співвідношення між енергією дихання та фітомаси, рівень ентропії). Це судження підтверджують дослідження Каулеса (Cowles, 1899), Шелфорда (Shelford, 1912), Олсона (Olson, 1958) та наведений Ю. Одумом приклад едафічного поліклімаксу для північної Каліфорнії [5].

Для розв'язання другої проблеми фітоіндикації ми встановили, що діагностичні види соції із автотрофним блоком *Stellario-Carpinetum var typicum* будуть діагностувати клімаксихний стан екосистеми. Однак, вони також зустрічаються і на низьких рівнях розвитку екотопу, що не обов'язково означатиме фінальної стадії розвитку. Таким чином, ми опиняємось перед проблемою об'єктивного фітоіндикаційного визначення розвитку клімаксихних лісів, адже амплітуди для характерних та діагностичних видів будуть зміщені до нижчих показників. Якщо прийняти ці види як ценозоутворюючі на заключних стадіях розвитку і присвоїти їм максимальне (21 бал) значення, то цим буде завищено показники для корінних лісів. Виходом із методичного тупика є ситуаційне присвоєння групі видів найвищих значень. Тобто за умов, які легко визначити візуально (наявність *Quercus robur*, *Carpinus betulus*, *Acer platanoides*, *Tilia cordata*, і можливо *Fagus sylvatica* у віці старшому за 150 років та з проективним покриття вище 3 за Браун Бланке). Перерахунок за вищевказаною методикою дав показники ступеня природної трансформації у 17,86 бали (від 17,79 до 18,00) проти 7,26 (від 7,04 до 7,54).

## ВИСНОВКИ

1. Для зони мішаних лісів Східноєвропейської рівнини клімаксихними угрупованнями будуть ліси, що належать до класу рослинності *Quercus-Fagetea*. У межах Поліської провінції вони представлені соцією із фітоценозом у вигляді угруповання *Stellario-Carpinetum var typicum*.
2. Фітоіндикаційні дані щодо характеристик екосистем на різних стадіях розвитку вказують на ймовірну перевагу концепції моноклімаксу. Усі випадки, що ілюструють поліклімакс можуть бути сукцесійними колапсами, під час яких складаються умови для згортання динамічних процесів у екотопах. Найчастіше такі процеси викликані діяльністю людини, до якої ще не вироблено механізмів стабілізації динаміки. Також за клімакс часто сприймаються занадто повільні, малопомітні для дослідника зміни.
3. Під час природного розвитку екотопу (природної трансформації екосистем) відбувається згортання амплітуди показників екологічних факторів навколо певного середнього значення, яке відповідає клімаксихному оптимуму. Якщо такі зміни призводять до зростання хоча б одного з показників, то виникає явище сукцесійного колапсу.

Для більш точного фітоіндикаційного визначення показників ступеня природної трансформації діагностичним видам класу *Quercus-Fagetea* та підпорядкованим йому синтаксонам слід присвоювати значення 21 бал за умов наявності чітко визначених ознак. Під час клімаксу екосистем обов'язковою умовою буде присутність домінуючого едифікатора (проективне покриття  $\geq 3$ ) віком старішим за 150 років *Quercus robur* або *Carpinus betulus*, *Acer platanoides*, *Tilia cordata*, *Fagus sylvatica*.

## ЛІТЕРАТУРА:

1. Голубець М.А. Екосистемологія / М.А. Голубець. – Львів: Поллі, 2000. – 316 с.
2. Дідух Я.П. Теоретичні підходи до створення класифікації екосистем / Я.П. Дідух // Укр. фітоцен. збірник. Серія С. – К., 2005. – Вип. 23. – С. 3–15.
3. Дідух Я.П. Фітоіндикація екологічних факторів / Я.П. Дідух, П.Г. Плюта. – К., 1994. – 280 с.
4. Миркин Б.М. Современная наука о растительности / Миркин Б.М., Наумова Л.Г., Соломещ А.И. – М.: Логос, 2001. – С. 99–106.
5. Одум Ю. Экология / Ю. Одум. – М.: Мир, 1986. – Т. 2. – 376 с.
6. Полевая геоботаника в 5 т. / [под общ. ред. Е.М. Лавренко и А.А. Корчагина]. – Л.: Изд-во АН СССР, 1959 – Т. I. – 1959. – 350 с.

7. Хом'як І.В. Фітоіндикаційний аналіз ступеня трансформації екосистем Центрального Полісся // *Питання біоіндикації та екології*. – 2012. – Вип. 17, №1. – С. 3–11.
8. Хом'як І.В., Хом'як Д.І. Нове еволюційне продовження програм екосистемо екологічного забезпечення – SEMARGL // *Звітний збірник тез і статей II всеукраїнської науково-практичної конференції: теоретичні і прикладні проблеми екосистемології*. – Житомир. Видавництво ЖДУ, 2011. – С. 104–106.
9. Хом'як І.В., Хом'як О.І. Математичний аналіз фіто-індикаційної моделі динаміки екосистем // *Сучасні проблеми екології та геотехнологій*. – Житомир, Видавництво ЖДТУ, 2012. – С. 77.
10. Egler F.E. Initial floristic composition – a factor. in old-field vegetation development / *Vegetation science concept*. – *Vegetatio*. 4, 1954. – P. 412–417.
11. Lotka A.J. *Elements of Physical Biology* / A.J. Lotka. – Baltimore, Williams and Wilkins, 1925. – 460 p.
12. Odum H.T. Pinkerton R.C. Times speed regulator, the optimum efficiency for maximum output in physical and biological systems. – *Am. Sci.*, 43. – P. 331–343.
13. Westhoff V. *The Braun-Blanquet approach* / V. Westhoff, E. van der Maarel // *Handbook of Vegetation Science. P.V: Ordination and Classification of Vegetation*. – The Hague, 1973. – P. 619–726.

## PHYTOINDICATION ANALYSIS OF PRECLIMAX STAGES OF DEVELOPMENT OF ECOSYSTEMS

*Khomyak I.V.*

The problems phytoindication definition of dynamic processes in ecosystems. Based on field research analysis theory polyclimax.

УДК 581.5: 574.4

Хом'як І.В. Фітоіндикаційний аналіз передклімаксичних стадій розвитку екосистем // *Питання біоіндикації та екології*. – Запоріжжя: ЗНУ, 2013. – Вип. 18, № 1. – С. 20-29.

У публікації розглядаються основні проблеми фітоіндикаційного визначення динамічних процесів у екосистемах. На основі проведених польових досліджень та комп'ютерного аналізу отриманих даних уточнюються сучасні та класичні теорії клімаксу. Опираючись на теоретичні висновки та результати досліджень запропоновано корективи до фітоіндикаційної методики визначення степені природної трансформації екосистем.

Бібл. 12. Табл. 2.