

---

# ЗБЕРЕЖЕННЯ БІОРІЗНОМАНІТТЯ

---

УДК 574.21:581.5

## ФІТОІНДИКАЦІЯ АНТРОПОГЕННОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ ЕКОСИСТЕМ НА ПРИКЛАДІ УКРАЇНСЬКОГО ПОЛІССЯ

Хом'як І.В., Демчук Н.С., Василенко О.М.

Житомирський державний університет імені Івана Франка  
вул. В. Бердичівська, 40, 10008, м. Житомир  
ecosystem\_lab@ukr.net  
kadlubovska\_n\_s@ukr.net  
o.vasylisha@gmail.com

У публікації розглядається еволюція методів визначення антропогенного фактору. Згідно з результатами дослідження, кожен вид має індивідуальну амплітуду антропотолерантності, що дає змогу застосовувати стандартну фітоіндикаційну методику. Порівняння результатів, отриманих за допомогою оцінювання діяльності людини в межах конкретного опису та за допомогою фітоіндикації, демонструють допустимі відхилення показників, які знижуються під час подальшого наповнення бази даних. Метод має перспективи застосування під час планування заходів з охорони надорганізованих біологічних систем усіх рівнів організації й оптимізації організації природоохоронних територій. *Ключові слова:* антропогенна трансформація, екосистеми, фітоіндикація, Полісся.

**Фитоиндикация антропогенной трансформации экосистем на примере Украинского Полесья. Хомяк И.В., Демчук Н.С., Василенко О.М.** В публикации рассматривается эволюция методов определения антропогенного фактора. Согласно результатам исследования, каждый вид имеет индивидуальную амплитуду антропотолерантности, что позволяет применять стандартную фитоиндикационную методику. Сравнение результатов, полученных с помощью оценки деятельности человека в пределах конкретного описания и с помощью фитоиндикации, демонстрирует допустимые отклонения показателей, которые снижаются в ходе дальнейшего наполнения базы данных. Метод имеет перспективы применения при планировании мероприятий по охране надорганізованных биологических систем всех уровней организации и оптимизации организации природоохранных территорий. *Ключевые слова:* антропогенная трансформация, экосистемы, фитоиндикация, Полесье.

**Phytoindication anthropogenic transformation of ecosystems on the example of Ukrainian Polissya. Khomyak I., Demchuk N., Vasylenko O.** The publication examines the evolution of methods for determining anthropogenic factor. According to the results of the study, each species has individual amplitude of anthropotolerance, which makes it possible to apply a standard fitoindication method. A comparison of the results obtained with the evaluation of human activity within a specific description and with the help of phytoindication demonstrates tolerable deviations of the indicators, which decrease during the further filling of the database. The method has the prospect of application in the planning of measures for the protection of supersensory biological systems at all levels of organization and optimization of the organization of nature conservation territories. *Key words:* anthropogenic transformation, ecosystems, phytoindication, Polissya.

**Постановка проблеми.** Сучасні науковці не ставлять під сумнів величину впливу людини на довкілля [1]. Ця проблематика досить поширена в усіх галузях науки: природничих і гуманітарних. Однак дослідження антропогенної трансформації біосфери частіше за все мають загальний характер. Дослідження конкретної антропогенної дії на конкретну біологічну систему трапляються набагато рідше [1; 2]. Корінь цієї проблеми – в багатофакторності людського впливу й у його на перший погляд непрогнозованості [3; 4].

Із середини ХХ століття здійснювались спроби вивести інтегрований показник впливу людини на природні об'єкти, з метою застосування його для конкретних екосистем. Найбільшого успіху досягнули вчені, які досліджували антропогенний фактор через антропотолерантність біосистем різного рів-

ням [5]. Так удалося вибудувати ланцюг: антропотолерантність видів → антропотолерантність угруповань → антропотолерантність екосистем. У цей час поширюється термін «гемеробність», запроваджений Я. Яласом [12; 13]. Він визначає її як здатність рослин зростати або поширюватись у перетворених людиною екотопах. Отже, гемеробність рослин може бути індикатором антропогенної трансформації екосистем. Цю ідею розвинули Г. Сукоп, Г.П. Блюме, Е. Вайнерт [10; 15; 16; 17]. Екотопи ними поділені на класи за ступенем антропогенного впливу. Однак цей метод дає дуже наближену оцінку.

На початку дев'яностих років ХХ століття польські вчені Б. Яцковяк і Й. Хміль запропонували інший підхід до оцінювання гемеробії видів та угруповань [2; 12; 14]. Однак їхні обрахунки також будувалися на тих самих класах, виділених Г. Сукопом

і Г.П. Блюме, хоча відбувалося уточнення через розділення кожного класу на певну кількість балів і визначення середнього значення через співвідношення між видами, що зустрічаються в різних умовах гемеробії [2].

У 2007 році ми спробували прив'язати показник гемеробії до конкретних видів людської діяльності й до її сили [3]. Однак не завжди існує можливість достовірно здійснити типологію антропогенного впливу та його ступінь щодо конкретного екотопу. Це спонукало до пошуку більш досконалого методу визначення антропогенної трансформації [9].

У дослідженнях використовувались стандартні польові методи [7]. Обрано 853 описові ділянки, в межах яких відносно точно встановлено особливості діяльності людини. У межах цих ділянок створено стандартні геоботанічні описи з розширеною характеристикою антропогенного впливу [3].

Гемеробію визначали за допомогою методу, запропонованому нами у 2007 році. Для цього використовувалась 18-бальна шкала з урахуванням 12 видів діяльності різної сили. Утворена шкала співвідносилась із класами Г. Сукопа та Г.П. Блюме за таким принципом: 1–3 бали – агемеробія, 4–6 балів – олігогемеробія, 7–9 балів – мезогемеробія, 10–12 балів – еугемеробія, 13–15 балів – полігемеробія, 16–18 балів – метагемеробія [3].

Усі результати включено в базу даних лабораторії ЕМСД (EcoDBase 5c) і в подальшому використано для фітоіндикаційного аналізу за допомогою програми Simargl 1.12 [8]. Статистичну обробку даних проведено за допомогою програм Excel і Statistica.

**Виклад основного матеріалу.** Використовуючи запропоновану у 2007 році методику, ми зуміли накопичити матеріал для узагальненого аналізу гемеробії для 25 класів рослинних угруповань Центрального Полісся. Середні значення отриманих показників відповідають класам антропотолерантності, визначеним Г. Сукопом і Г.П. Блюме (таблиця 1).

До олігогемеробних належать наскельні угруповання класу *Asplenietea* та болотні *Oxycocco-Sphagnetea*. Здебільшого олігогемеробними є класи лісової рослинності *Quercu-Fagetea* й *Quercetea robori-petraeae* та болотні *Scheuchzerio-Caricetea nigrae*. Переважно мезогемеробними є решта класів природної рослинності, а також *Robinetea* й *Agropyretea intermedio-repentis*, яких традиційно зараховують до антропогенних ценозів. Такі винятки викликані тим, що клас *Robinetea* часто формується за рахунок інвазії *Robinia pseudoacacia* L. в угруповання на ранніх стадіях сукцесійного розвитку, а клас *Agropyretea intermedio-repentis* формується на оголених у результаті водної ерозії ділянках ґрунту без прямої дії людини. Решта синантропної рослинності належить до еугемеробних угруповань. Серед класів *Plantegenetea majoris* і *Stellarietea mediae* зустрічаються фітоценози, що належать до полігемеробних угруповань.

Досліджені класи рослинних угруповань мають різну амплітуду коливань показників гемеробії, яка проявляється у відсотку перекриття загальної шкали. Найменшу амплітуду мають *Rhamno-Prunetea* (5,56%) та *Asplenietea* (8,33%). Це, ймовірно, викликано тим, що такі угруповання рідкісні на території Полісся, де займають еконіші з вузьким діапазоном показників факторів, у тому числі й антропогенних. Найширшу амплітуду мають *Phragmiti-Magnocaricetea* та *Molinio-Arrhenatheretea* (33,33%). Ці угруповання розміщені в екотопах, які мають факультативний інтерес людини. Вони можуть формуватися під її інтенсивним тиском (регулярне викошування й інтенсивне випасання домашніх тварин, вилов риби за допомогою сітей та інтенсивне забруднення відходами) й за незначного антропогенного впливу (віддалені від населених пунктів болота, прибережні зарості та заплавні луки). У першому випадку гемеробія досягає 10–12 балів, що відповідає еугемеробним умовам, у другому – 4–6 балів, що відповідає оліго- й мезогемеробним умовам.

Запропонований нами метод має низку недоліків через суб'єктивність визначення величини антропогенного впливу. Не завжди вдається без тривалої спеціальної підготовки і трудомісткого збирання інформації про досліджувану ділянку встановити види діяльності та їх інтенсивність. Це додає суб'єктивності отриманим результатам, хоча й має переваги над попередніми описовими підходами. Найбільшою проблемою є швидке оцінювання маловідомої місцевості або робота з матеріалами попередніх дослідників (наприклад, зі стандартними геоботанічними описами). Це вимагало вдосконалення методу з підвищенням його об'єктивності. Спостереження за проективним покриттям окремих видів рослин в екотопах з різним антропогенним навантаженням дали змогу побудувати криву, яка наближено відповідала кривій Гауса (закон нормального розподілу Лапласа-Шарльє) (рис. 1). Це призвело до думки, що зміна проективного покриття відповідає принципу толерантності Шелфорда та закону оптимуму.

Отже, для визначення показників гемеробії чи антропотолерантності ми можемо застосувати стандартну фітоіндикаційну методику.

Присутність виду в екосистемі, яка знаходиться під певним антропогенним тиском, варто розглядати більш широко, ніж лише питання антропотолерантності. Види, взаємодіючи з людиною і змінами, які вона здійснює в довкіллі, не лише демонструють власні межі витривалості, а й часто залежать від неї. Існують види, що можуть існувати в певних екотопах лише завдяки прямій чи опосередкованій дії людини.

Антропогенний вплив спричиняє трансформацію екосистем на всіх рівнях. За рахунок зміни співвідношення видів із різним ставленням до нього кардинально міняється автотрофний блок екосистем. Отже, за гемеробією видів ми можемо встановити гемеробію угруповань. Оскільки вони є індикато-

## Гемеробія деяких класів рослинних угруповань Центрального Полісся

Синтаксон (на рівні класу)	Фактична амплітуда, бали		
	Коливання показників (*максимум-мінімум різниця)	Середнє значення	% від діапазону шкали
<i>Asplenieta</i> Br.-Bl. 1934	$\frac{5,0-3,5^*}{1,5}$	4,6	8,33
<i>Oxycocco-Sphagnetea</i> Br.-Bl et R.Tx 1943	$\frac{6,0-4,0}{3}$	4,63	16,67
<i>Quercu-Fagetea</i> Br.-Bl. Et Vlieg 1937	$\frac{7,0-4,0}{3}$	5,11	16,67
<i>Scheuchzerio-Caricetea nigrae</i> R.Tx 1937	$\frac{7,0-4,0}{3}$	5,4	16,67
<i>Quercetea robori-petraeae</i> Br.-Bl. R.Tx 1943	$\frac{8,0-4,0}{4}$	5,49	22,22
<i>Alnetea glutinosae</i> Br.-Bl. R. Tx 1943	$\frac{9,0-4,0}{5}$	6,9	27,78
<i>Phragmiti-Magnocaricetea</i> Klika in Klika et Novak 1941	$\frac{10,0-4,0}{6}$	7,01	33,33
<i>Vaccinio-Piceetea</i> Br.-Bl. 1939	$\frac{9,0-5,0}{4}$	7,09	22,22
<i>Epilobietea angustifolii</i> R.Tx et Passrge 1950	$\frac{10,5-5,0}{5,5}$	7,44	30,56
<i>Potametea</i> Klika in Klika et Novak 1941	$\frac{10,0-5,0}{5}$	7,67	27,78
<i>Rhamno-Prunetea</i> Rivas Goday et Garb 1961	$\frac{9,0-8,0}{1}$	8,23	5,56
<i>Molinio-Arrhenatheretea</i> R.Tx 1937	$\frac{12,0-6,0}{6}$	8,42	33,33
<i>Robinitea</i> Jurco ex Hadač et Sofron 1980	$\frac{9,0-7,0}{4}$	8,49	22,22
<i>Agropyretea intermedio-repentis</i> Th.Müll et Görs 1969	$\frac{12,0-7,0}{5}$	8,5	27,78
<i>Plantegenetea majoris</i> R.Tx. et Preising 1950	$\frac{13,0-9,0}{4}$	10,16	22,22
<i>Artemisietea vulgaris</i> R.Tx 1950	$\frac{12,0-9,0}{3}$	10,26	16,67
<i>Stellarietea mediae</i> R.Tx., Lohmaer et Preising 1950	$\frac{13,0-10,0}{3}$	11,36	16,67

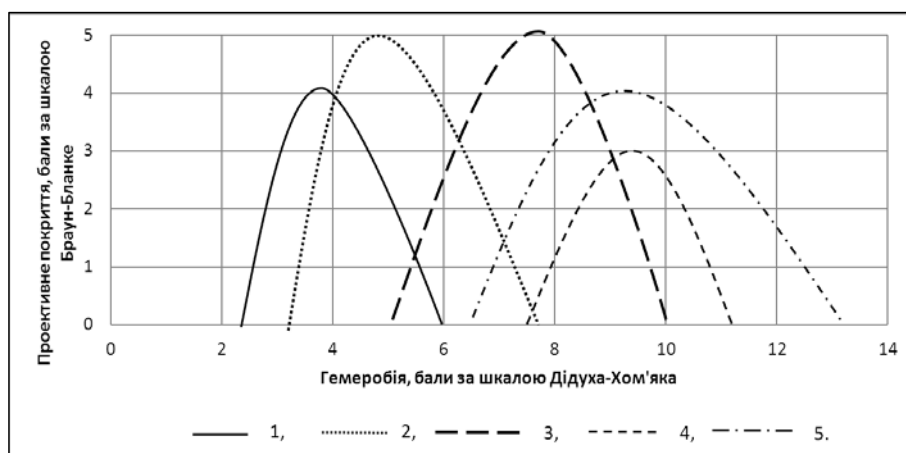


Рис. 1. Діаграма зміни проєктивного покриття деяких видів рослин уздовж шкали показників гемеробії: 1 – *Sphagnum magellanicum* BRID., 2 – *Gymnocarpium dryopteris* (L.) NEWMAN, 3 – *Nuphar lutea* (L.) SM., 4 – *Bidens tripartita* L., 5 – *Vicia tetrasperma* (L.) Schreb

Таблиця 2

Порівняльна характеристика показників антропогенної трансформації, отриманих за різними методиками для деяких екосистем Центрального Полісся

Екосистема рівня елафону	Показники антропогенної трансформації за індикаторною методикою			Показники антропогенної трансформації за фітоіндикаційною методикою			Співвідношення середніх значень показників антропогенної трансформації
	min	max	middle	min	max	middle	
C11. Мезотрофні водойми	9	2	7,5	8,59	2,35	6,79	0,91
C12. Евтрофні водойми	10	4,5	7,49	10,18	4,65	7,45	0,99
D11. Оліготрофні болота	6	4	4,63	6,07	3,19	4,51	0,97
D21. Мезотрофні болота	7	4	5,4	7,41	4,12	5,46	1,01
E12. Мезофітні луки	9	6	7,45	10,28	6,15	7,69	1,03
F11. Мезофітні чагарничкові екосистеми	10	6	7,92	9,78	5,32	7,68	0,97
G11. Мезофітні чагарникові екосистеми	10,5	6	6,67	10,3	6,2	7,27	1,09
G23. Екосистеми листяних лісів	9	4	6,8	9,45	4,03	6,67	0,98
H11. Екосистеми виходів рихлих осадових порід	5	3,5	4,6	6,54	3,58	4,08	0,89
I11. Мезофітні сеgetальні екосистеми	13	10	11,36	12,98	9,72	11,54	1,02
I21. Рудеральні екосистеми на сильно порушених ґрунтах	12	7	8,5	12,47	7,06	8,48	1,00
I23. Мезофітні рудеральні екосистеми на порушених ґрунтах	13	9	8,16	12,75	9,65	9,52	1,17

рами величини антропогенного впливу, то водночас є індикаторами рівня антропогенної трансформації. Відповідно до стандартного фітоіндикаційного рівняння, формула визначення середнього показника рівня антропогенної трансформації в межах геоботанічного опису матиме вигляд:

$$He = \frac{k_1 Hm_1 + k_2 Hm_2 + \dots + k_n Hm_n}{k_1 + k_2 + \dots + k_n}$$

де  $He$  – рівень антропогенної трансформації екосистеми;  $Hm_1, Hm_2, Hm_n$  – середина амплітуди антропоотолерантності видів;  $n$  – кількість інформативних видів в описі;  $k_1, k_2, k_n$  – коефіцієнт проективного покриття виду в описі.

Нами проведено оцінювання антропогенної трансформації для екосистем третього рівня класифікації (за EUNIS), автотрофні блоки яких приблизно відповідають рівню класу рослинних угруповань за Браун Бланке (таблиця 2). Оцінювання проводилося за двома методиками: за аналізом сили й типу антропогенного впливу та за фітоіндикаційною методикою з використанням бази даних EcoDBase 5c.

У результаті ми отримали дані, які мало відрізнялися між собою. Найбільші розбіжності спостерігалися в мезотрофних водоймах (9%) і мезофітних рудеральних екосистемах на порушених ґрунтах (17%). Такі відхилення зумовлені чотирма причинами. По-перше, до складу автотрофних блоків цих екосистем часто входять види з широкою амплітудою щодо антропогенного чинника. По-друге, ці угруповання зазвичай маловидові, що збільшує похибку під час застосування фітоіндикаційної методики. По-третє, ці класи мають значну амплітуду показників рівня антропогенної трансформації. По-четверте, в базі даних «EcoDBase 5c» лише 898 видів, більшість із яких – представники природної флори. Поєднання цих факторів є причиною підвищення розбіжності середніх значень. Вона буде знижена за рахунок насичення бази даних новими видами й уточнення показників їх гемеробії. Проблеми з високою похибкою під час фітоіндикації водних і синантропних екосистем існують для багатьох факторів. У нашому випадку вони з'являються набагато рідше.

Точність методу прямо залежить від кількості інформативних видів і точності встановлення їх амплітуд щодо антропогенного фактора. Тому сьогодні нашим основним завданням є розширення

бази даних видів із різними показниками гемеробії та уточнення їх екологічних спектрів.

Запропонований нами метод дає змогу спростити теоретичні дослідження екології видів та угруповань. Ми можемо оцінювати величину антропогенного впливу без додаткових його досліджень. Тепер можна працювати не лише з новоствореними розширеними описами, а й із тими, що зроблені за стандартною методикою. Це дає можливість збільшити обсяг досліджень антропогенної трансформації природних екосистем і простежити їх динаміку.

Особливе значення має застосування цього методу в екозоології. Наші дослідження ставлять під сумнів прагнення подати режим суворой заповідності як панацею охорони біологічних систем. Оскільки кожен вид характеризується індивідуальними межами толерантності щодо антропогенного фактору, то зменшення його може призвести до пригнічення життєдіяльності і зникнення. Наприклад, оптимуми таких червонокнижних представників *Orchidaceae*, як *Platanthera bifolia* (L.) Rich., *Dactylorhiza majalis* (Rchb.) P.F. Hunt & Summerh та *Epipactis helleborine* (L.) Crantz., знаходяться в мезо- та еугемеробній ділянці [6; 9]. Для збереження високого біорізноманіття й охорони окремих рідкісних чи цінних видів рослин необхідно в межах природоохоронних територій організувати території з різним рівнем антропогенної трансформації.

**Головні висновки.** Види щодо показника антропогенного фактору демонструють класичний розподіл за проективним покриттям відповідно до закону оптимуму (крива Гауса).

Перехід на фітоіндикаційний спосіб визначення антропогенної трансформації показав допустимі відхилення від класичної методики дослідження. Для покращення методу варто розширити базу даних амплітуд гемеробії видів та уточнити її параметри для кожного конкретного виду.

Фітоіндикаційний метод є більш ефективним і дає змогу охопити більші просторові й часові рамки дослідження. Він дає можливість досліджувати динаміку ареалів рослин, сукцесійні зміни угруповань під дією антропогенної трансформації.

**Перспективи використання результатів дослідження.** Застосування фітоіндикаційного методу допоможе підвищити ефективність охорони надорганізованих біологічних систем усіх рівнів організації та оптимізувати організацію природоохоронних територій.

## Література

1. Бурда Р.И. Антропогенная трансформация флоры. Киев: Наукова думка, 1991. 168 с.
2. Бурда Р.І., Дідух Я.П. Застосування методики оцінки антропогенної витривалості видів вищих рослин при створенні «Екофлори України». Укр. фітоцен. збірник. Серія «С». 2003. № 1 (20). С. 34–44.
3. Дідух Я.П., Хом'як І.В. Оцінка енергетичного потенціалу екоотопів залежно від ступеня їх гемеробії на прикладі Словечансько-Овруцького кряжу. Український ботанічний журнал. 2007. № 1. С. 235–243.
4. Дідух Я.П., Плюта П.Г. Фітоіндикація екологічних факторів. Київ: Наукова думка, 1994. 280 с.
5. Екофлора України / під ред. Я.П. Дідух. Київ: Фітосоціоцентр, 2000. Т. 1. 283 с.
6. Флористичні знахідки на Житомирському Поліссі / В.І. Мельник, О.Р. Баранівський, В.Т. Харчишин та ін. Інтродукція рослин. 2009. № 2. С. 3–8.
7. Полевая геоботаника / под общ. ред. Е.М. Лавренко и А.А. Корчагина. Ленинград: Изд-во АН СССР, 1959. Т. I. 350 с.
8. Хом'як І.В., Хом'як Д.І. Нова програма екосистемологічного моніторингу «SIMARGL». Сучасні проблеми екології та геотехнологій (5–7 березня 2012 року, Житомир). Житомир: Видавництво ЖДТУ, 2012. С. 76.
9. Хом'як І.В., Бурлака В.А., Мостіпака Т.П. Фітоіндикаційна характеристика ступеня антропогенної трансформації екосистем. Вісник ЖНАЕУ. 2012. № 2 (33). Т. 2. С. 16–20.
10. Blume H.P., Sukopp H. Okologische Bedeutung anthropogener Bodenveränderungen [Ecological significance of anthropogenic soil changes]. Bonn-Bad Godesberg: Schriftenreihe f. Vegetat. 1976. № 10. P. 75–89.
11. Chmiel J. Flora roślin naczyniowich. Atlas rozmieszczenia roślin. Poznań: Wyd-wo SORUS, 1993. 212 p.
12. Jackowiak B. Antropogeniczne przemiany flory roślin naczyniowych Poznania. Poznań: Wyd. Nauk. UAM. 1990. Ser. Biol. 42. 232 p.
13. Jalas J. Hemerokrit ja hemerobit. Luonnon Tutkija. 1953. № 57. P. 12–16.
14. Jalas J. Hemerobe und hemechore Pflanzenarten – Ein terminologischer Reformversuch. Acta Fauna Flora. 1955. Fennica 72. P. 1–15.
15. Sukopp H. Der Einfluss des Menschen auf die Vegetation, [Human impact on the vegetation]. Vegetatio. 1969. № 17. P. 360–371.
16. Sukopp H. Leitlinien für den Naturschutz in Städten Zentraleuropas. In: Miyawaki, A., Bogenrieder, A., Okuda, S., White, J. (Eds.) / H. Sukopp, U. Sukopp. Vegetation Ecology and Creation of New Environments. Tokyo: Tokai University Press, 1987. P. 347–355.
17. Weinert E. Ruderal pflanzen als Umweltzeiger. Gleditschia. 1985. P. 169–182.