

## ОЦІНКА ЕКОСОЗОЛОГІЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ТЕРИТОРІЇ ЗА ДОПОМОГОЮ АНАЛІЗУ СИНФІТОІНДИКАЦІЙНИХ МОДЕЛЕЙ ДИНАМІКИ

Хом'як І.В., Мшанецька В.В., Костюк В.С., Шпаковська Л.В.,  
Демчук Н.С., Андрійчук Т.В., Онищук І.П.  
Житомирський державний університет імені Івана Франка  
1008, вул. Велика Бердичівська, 40, м. Житомир  
ecosystem\_lab@ukr.net

Прогнозування динаміки екосистем під час зміни режиму експлуатації та заповідання – важлива теоретична та прикладна проблема. З одного боку, моделювання складних самоорганізованих систем – це складне завдання. Воно ускладнюється наявністю великої кількості елементів, з'єднаних між собою численними зв'язками, і стохастичною залежністю від безкінечної кількості зовнішніх факторів. З іншого боку, суб'єктивний підхід до охорони природного середовища несе серйозні загрози. Керуючись добрими намірами замість наукових прогнозів, ми можемо завдати шкоди об'єктам, які мали зберігатися. Практична діяльність, пов'язана зі збереженням раритетних об'єктів, ризикована без використання прогнозів динаміки екосистем на основі узагальнених теоретичних моделей.

Біосферні резервати – це великі території з високою різноманітністю оселищ, що мають різну екозозологічну цінність і природоохоронний статус. Це розмаїття формується не тільки наявністю ділянок із різними умовами середовища (едафічним чи орографічними) та незалежним розподілом видів в екологічному континуумі. Важливим фактором формування видового та ландшафтного різноманіття є належність екосистеми до певної стадії сукцесії. Отже, ми маємо не тільки врегулювати небезпечний вплив людської діяльності на раритетні оселища, а й гарантувати існування на цій території екосистем із різними показниками динаміки.

Вихідними даними для запропонованих нами моделей є синфітоіндикаційні матеріали обробки стандартних геоботанічних описів. Оскільки рослинні угруповання є добрими індикаторами природної та антропогенної динаміки, то їхнє використання для побудови вищеназваних моделей є зручним і точним інструментом [1]. Точне визначення антропогенного впливу на екосистеми вимагає постійного цілодобового моніторингу за всією територією резервату, що є технічно нездійсненним завданням. Визначення природної динаміки стандартними методами є недопустимим у межах об'єктів природно-заповідного фонду через порушення досліджуваних екосистем. Синфітоіндикація дає змогу виконувати завдання моніторингу, моделювання та прогнозування змін довкілля, уникаючи технічних і методологічних проблем інструментальних методів. *Ключові слова:* Міжнародний біосферний резерват, Полісся, автогенні сукцесії.

### **Assessment of the ecosozological potential of the territory through the analysis of synphytoindication dynamic models. Khomiak I., Mshanetska V., Kostiuk V., Shpakovska L., Demchuk N., Andriichuk T., Onyshchuk I.**

Forecasting the dynamics of ecosystems is an important theoretical and applied problem when changing the mode of use of natural habitats. Modelling of complex self-organized dynamic natural systems is a difficult task. It has a large number of elements that are interconnected by numerous connections. Such systems have a stochastic dependence on an infinite number of external factors. On the other hand, the subjective approach to environmental protection poses serious threats. We can harm rare objects of nature if we use good intentions instead of scientific predictions. Practical activities for the conservation of rare natural objects are risky if we do not use the forecasts of ecosystem dynamics made on the basis of generalized theoretical models.

Biosphere reserves are large areas with a high diversity of habitats, which have different ecosozological value and level of conservation status. The diversity of habitat of biosphere reserve habitats is formed by sites with different environmental conditions (edaphic or orographic) and independent distribution of species in the ecological continuum. Belonging of an ecosystem to a certain stage of succession is an important factor in creating species and landscape diversity too. We must regulate the dangerous impact of human activities on rare habitats, but also guarantee the existence of ecosystems with different indicators of dynamics in this area. The basis for our models of ecosystem dynamics is synphytoindication analysis of standard geobotanical descriptions. Plant communities are good indicators of natural and anthropogenic dynamics, so their use to build the above models is a convenient and accurate tool. Accurate identification of anthropogenic impacts on ecosystems is a technically difficult task. Determination of natural dynamics by standard methods is unacceptable in nature reserves, because it destroys rare habitats. Synphytoindication allows to perform tasks of monitoring, modeling and forecasting of environmental changes, avoiding technical and methodological problems of instrumental methods. *Key words:* International biosphere reserves, Polissya, autogenic successions.

**Постановка проблеми.** Залучення широкої громадськості до розв'язання природоохоронних проблем має цілу низку позитивних моментів [7], однак це може створити певні труднощі. Кожен учасник процесу, крім декларованих аргументів щодо цієї проблеми, може мати й супутні особисті інтереси.

Вони можуть мати кар'єрний чи репутаційний характер або психологічне коріння. В окремих випадках може бути й корупційний складник. Водночас він може виходити як від представників офіційних учасників процесу, так і від представників громадських організацій. Останнє явище завдає великої шкоди

природоохоронному руху через компрометації участі в ньому громадськості та природоохоронного активізму.

**Актуальність дослідження.** Коли в процесі ухвалення рішення про екосоцологічний статус якогось об'єкта дискусія ведеться під дією суб'єктивних мотивів, то існують високі ризики завдання шкоди як довкіллю, так і самому природоохоронному руху. Нині розробляються численні підходи для уникнення суб'єктивізму в екосоцології. Одним із них може бути моделювання та прогнозування стану екосистем у межах наявного або проєктованого об'єкта природно-заповідного фонду або оселища з потенційними раритетними видами.

**Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями.** Дослідження пов'язані з розбудовою мережі природоохоронних територій різного рівня – від заказників місцевого значення до міжнародних біосферних резерватів, зокрема, з розбудовою Смарагдової мережі та Українсько-Білоруського біосферного резервату. Прогнози, основані на пропонованій методиці, може бути використано під час оцінки впливу на довкілля різних видів господарської діяльності.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Питання об'єктивної екосоцологічної оцінки надорганізованих систем порушувалося досить давно. Це відображалося як у наукових роботах, так і в нормативних актах, що регулюють практичні аспекти охорони природи [15]. Наприклад, Наказом Міністерства охорони навколишнього природного середовища України від 27 травня 2009 р. № 257 визначається методика синфітосологічної оцінки рослинних угруповань [6]. Однак вона все одно допускала велику частину суб'єктивних суджень окремих дослідників. У 2014 р. Яків Петрович Дідух запропонував зробити оцінку оселищ більш суворою [4]. Він рекомендує взяти 12 ознак екосистеми й оцінити їх за чотирибальною шкалою. Отже, оцінка оселищ може коливатися від 4 до 48 балів. Це дає змогу поділити їх на п'ять класів. Незважаючи на те, що в основі такої оцінки лежать об'єктивні ознаки, зокрема динамічні, використання її для прогнозування наслідків експлуатації чи охорони природи супроводжується певними проблемами.

**Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття.** Для прогнозів наслідків людської діяльності із прийнятною для практичної діяльності точністю необхідно будувати математичні моделі процесів динаміки в екосистемах [16]. Насамперед ідеться про процеси природної динаміки та вплив на неї антропогенного фактора або рівня антропогенної трансформації екосистем [10]. Базовою інформацією про такі процеси може слугувати реакція представників флори або стану рослинних угруповань [14].

Синфітоіндикаційні моделі динаміки екосистем мають усі переваги і проблеми біоіндикатор-

ного методу [13]. Його точність знижується через відсутність видів у створених базах даних, низьку кількість видів у описах і домінування євритопних видів [2]. Там, де трапляється менш ніж 5 видів на опис, або якщо з наявних менш ніж 5 наявні в базі даних, то ми маємо похибку зовелику для практичних і теоретичних висновків. Цей метод дає добрі результати тільки в екосистемах із великою кількістю вищих судинних рослин, які перебувають у базі даних, та їхні амплітуди толерантності до антропогенного фактора добре досліджені [11]. З цієї причини ми часто не можемо оцінити численні екосистеми, показники динаміки яких нижчі за 2 бали. Їхні автотрофні блоки можуть бути ще не сформовані або представлені організмами, відсутніми в базах даних (ціанобактеріями, водоростями, лишайниками та іншими).

**Мета та завдання дослідження.** Метою дослідження є перевірка можливостей застосування синфітоіндикаційних моделей динаміки екосистем для прогнозування наслідків запровадження заповідного режиму. Задля виконання мети було поставлено такі завдання: визначити синфітоіндикаційні показники природної динаміки для окремих типів екосистем; побудувати моделі залежності показників природної динаміки та факторів середовища; побудувати двовимірні моделі залежності антропогенної трансформації та показників природної динаміки, наприклад, проєктованого українсько-білоруського міжнародного біосферного резервату.

**Матеріали та методи досліджень.** Матеріалами дослідження є 854 стандартних геоботанічних описів із фітоценотеки лабораторії «Теорії екосистем» Житомирського державного університету імені Івана Франка. Описи зроблено експедиційними та напівстаціонарними польовими методами [8] в період із 2004 по 2019 роки.

Класифікацію рослинних угруповань проводили згідно із принципами еколого-флористичної класифікації шкали Браун-Бланке. Для визначення синтаксонів використовували новий «Продромус рослинності України» [5; 12].

Синфітоіндикаційний аналіз здійснювали за принципами, запропонованими Я.П. Дідухом і П.Г. Плютою [2]. У роботі використовували уніфіковану шкалу Дідуха-Плюти для визначення абіотичних показників: HD – багаторічний режим зволоження, FH – змінність зволоження, RC – кислотність, SL – загальний сольовий режим, CA – вміст карбонатів, NT – вміст доступного нітрогену, AE – аерація ґрунту, TM – терморезим, OM – омборежим, KN – континентальність, CR – кріорежим, LC – освітленість [2].

Рівень антропогенної трансформації описувався за допомогою шкали Дідуха-Хом'яка [3; 11], а показник природної динаміки за оригінальною 21-бальною шкалою, розробленою в лабораторії «Теорії екосистем» [9; 14].

**Новизна.** Уперше було використано лінійні та поліноміальні моделі залежності між синфітоіндикаційними показниками антропогенної трансформації та природної динаміки.

**Методологічне або загальнонаукове значення.** Отримані результати може бути використано для побудови прогностичних алгоритмів зміни природної динаміки (напрямів і темпів) під дією антропогенної діяльності.

**Виклад основного матеріалу.** За еталон природної динаміки нами взято автогенну сукцесію, яка відбувається в напрямі формування угруповань енергетичного клімаксу. Її показник ми визначаємо за кількістю накопиченої в екосистемі надземної фітомаси певного віку, закономірна зміна якої відбувається під час вищеназваного типу динаміки. Низка закономірних змін в автотрофному блоці ланок сукцесійних змін дає змогу створити синфітоіндикаційну шкалу природної динаміки.

Показник динаміки в екосистемах проектного біосферного резервату змінюється від 2,33 до 16,14 балів із середнім значенням 8,69. Амплітуда коливання показників динаміки в 13,8 бала (66 % шкали) вказує на високу різноманітність ландшафтів. З ура-

хуванням піонерних екосистем вона зростає до 77 %. Це високий показник, щодо ландшафтного різноманіття, але він не перебиває ті 33 % шкали, які належать передклімаксичним лісам. Це досить поширена картина для території Полісся, де такими лісами є окремі невеличкі масиви старих дубових лісів. На території, відведеній для біосферного резервату на час дослідження, таких екосистем помічено не було.

Окремі типи екосистем, визначені за класами їхніх автотрофних блоків, відрізняються за показниками динаміки (табл. 1). За середніми значеннями найнижчі показники динаміки мають сеgetальні екосистеми з автотрофним блоком *Stellarietea mediae*, рудеральні *Agropyretea intermedio-repentis* та рудералізовані літоральні *Isoëto-Nanojuncetea*. Найвищі в лісових екосистем із класами *Quercetea robori-petraeae*, *Quercu-Fagetea* та *Quercetea robori-petraeae*.

Водночас за мінімальними значеннями показника динаміки ми спостерігаємо дещо іншу картину. Тут перша п'ятірка побудована так: *Potametea* → *Stellarietea mediae* → *Plantegenetea majori* → *Lemnetea* → *Isoëto-Nanojuncetea*. Поява серед них евтрофних і мезотрофних екосистем вказує на те, що вони здатні набувати дуже низьких значень, хоча

Таблиця 1

Показники динаміки для екосистем, диференційованих за класами автотрофних блоків згідно з підходом Браун–Бланке

Тип екосистем відповідно до класу автотрофного блоку	Середнє	Мінімум	Максимум	Амплітуда	Частка перекриття шкали
<i>Agropyretea intermedio-repentis</i>	3,63	3,51	4,70	1,19	0,06
<i>Alnetea glutinosae</i>	9,46	7,90	12,34	4,44	0,21
<i>Artemisietea vulgaris</i>	4,25	3,64	5,70	2,06	0,10
<i>Asplenetea</i>	12,66	8,48	16,29	7,81	0,37
<i>Epilobietea angustifoli</i>	10,66	5,75	14,05	8,30	0,40
<i>Galio-Urticetea</i>	9,04	6,15	11,94	5,80	0,28
<i>Isoëto-Nanojuncetea</i>	3,61	3,22	3,83	0,61	0,03
<i>Koelerio-Corynephoretea</i>	6,62	5,22	7,91	2,69	0,13
<i>Lemnetea</i>	3,64	3,12	4,56	1,44	0,07
<i>Molinio-Arrhenatheretea</i>	4,93	3,52	5,99	2,47	0,12
<i>Nardo-Callunetea</i>	7,65	5,34	9,86	4,52	0,22
<i>Oxycocco-Sphagnetea</i>	8,86	5,96	11,77	5,80	0,28
<i>Phragmiti-Magnocaricetea</i>	4,43	3,53	7,13	3,60	0,17
<i>Plantegenetea majori</i>	7,73	3,03	4,97	1,94	0,09
<i>Potametea</i>	3,72	2,33	5,21	2,88	0,14
<i>Quercetea robori-petraea</i>	12,91	11,68	15,67	3,99	0,19
<i>Quercu-Fagetea</i>	13,37	10,04	16,14	6,10	0,29
<i>Rhamno-Prunetea</i>	10,90	9,56	11,82	2,26	0,11
<i>Quercetea robori-petraeae</i>	13,72	11,68	15,67	3,99	0,19
<i>Robinietea</i>	10,50	7,50	13,89	6,39	0,30
<i>Salicetea purpureae</i>	9,32	8,31	10,10	1,80	0,09
<i>Scheuchzerio-Caricetea nigra</i>	5,28	3,53	8,21	4,68	0,22
<i>Stellarietea mediae</i>	3,08	2,42	3,97	1,55	0,07
<i>Trifolio-Geranietea</i>	6,49	4,36	9,83	5,48	0,26
<i>Vaccinio-Piceetea</i>	12,34	8,35	14,86	6,51	0,31

здебільшого зафіксовані описи є на більш просунутих стадіях сукцесії.

Аналогічні зміни спостерігаємо і за максимальними для окремих класів показниками динаміки. Перша п'ятірка – це ряд із *Epilobietea angustifoli* → *Vaccinio-Piceetea* → *Quercetea robori-petraea* → *Quercetea robori-petraeae* → *Querco-Fagetea*. Така картина повністю відповідає теоретичним основам едафо-динамічної моделі. В останню входять *Isoëto-Nanojuncetea* → *Stellarietea mediae* → *Lemnetea* → *Agropyretea intermedio-repentis* → *Plantegenetea majori*. Особливе положення посідає клас *Asplenietea*. Він має дуже високі значення показника динаміки завдяки затіненню рослинністю класу *Querco-Fagetea*. Насправді такі наскельні екосистеми з домінуванням папоротеподібних потрібно виділяти окремо. Стандартний геоботанічний опис вносить їх у наскельний комплекс як єдине ціле. Насправді ми маємо справу з мозаїкою, де є виходи гірських порід із показниками динаміки 2–5 балів та ліси із показниками 8–17 балів.

Розподіл екосистем за їхньою амплітудою показника динаміки чи відсотком перекриття шкали дає змогу розділяти їхні фітоценози на евродинамічні, стенодинамічні та мезодинамічні. До першої групи входять екосистеми з високою амплітудою показника динаміки. Вона коливається від 9 до 5 балів. Сюди належать екосистеми із класами рослинних угруповань *Epilobietea angustifoli*, *Vaccinio-Piceetea*, *Robinietea*, *Querco-Fagetea*, *Oxycocco-Sphagnetea*, *Galio-Urticetea*, *Trifolio-Geranietea*. До стенодинамічних належать екосистеми, амплітуда показника динаміки яких не перевищує 3 балів. До них відносять ті, що мають автотрофний блок у вигляді класів *Potametea*, *Koelerio-Corynephoretea*, *Molinio-Arrhenatheretea*, *Rhamno-Prunetea*, *Artemisietea vulgaris*, *Plantegenetea majori*, *Salicetea purpureae*, *Stellarietea mediae*, *Lemnetea*, *Agropyretea intermedio-repentis* та *Isoëto-Nanojuncetea*. Серед останньої групи велика частка синантропних екосистем або тих, які часто піддаються антропогенній трансформації – 45 %.

На території проєктованого біосферного резервату трапляються екотопи з дуже широкою амплітудою коливання показників середовища. Це є передумовою до формування високої різноманітності оселищ і видів, які в них перебувають. Оскільки

природна динаміка є поєднанням двох процесів – сингенезу та ендоекогенезу, то певні відхилення від середніх (оптимальних) значень показників призводять до їхнього сповільнення.

Сингенез часто є неможливим, поки в результаті ендоекогенезу не сформувалися певні наближені до оптимуму умови. Таке відхилення здатне не тільки сповільнити хід автогенної сукцесії, а й повністю її зупинити, спричинивши катастрофічний клімакс. Отже, фактори, які мають дуже широку амплітуду, стають причиною існування більш довгих і різноманітних сукцесійних серій. До таких чинників належать багаторічний режим зволоження, аерація ґрунту, омборежим (аридність/гумідність) та змінність зволоження. До чинників, які слабко змінюються в екотопах проєктованого біосферного резервату, належать освітленість ґрунту, кислотність, терморежим і кріорежим.

Відхилення від оптимальних показників факторів середовища призводить до сповільнення темпів автогенної сукцесії. Побудувавши математичні моделі залежності між величиною факторів середовища та показником природної динаміки, ми можемо встановити тип зв'язку та його силу.

За допомогою непрямої ординації ми можемо побудувати лінійну модель впливу певного фактора середовища на процеси динаміки. За отриманими даними можемо спостерігати дуже відмінний рівень таких впливів (табл. 3). Він характеризується величинами коефіцієнта кореляції від 0,1 до 0,86.

До чинників середовища, які найменше корелюють із показником динаміки, належать вміст карбонатів, кріорежим і терморежим. Тут простежується залежність із їхньою амплітудою зміни величини. До факторів, які найсильніше впливають на показник динаміки, належать загальний сольовий режим, омборежим та освітленість. Два останніх напрями пов'язані зі змінами вертикальної структури екосистем (поява ярусності), що впливають на рівень освітлення ґрунту та особливості мікроклімату. Сольовий режим (трофність) один із основних факторів середовища, який визначає диференціацію екосистем. Особливостями едафотопу Полісся є висока ґрунтова різноманітність із значною часткою бідних на елементи мінерального живлення ґрунтів.

У межах проєктованого біосферного резервату спостерігається широкий спектр екосистем із різним ступенем антропогенної трансформації. Її мінімальні

Таблиця 2

Статистичні параметри показників факторів середовища на території проєктованого біосферного резервату

Статистичний показник	HD	FH	RC	SL	CA	NT	AE	TM	OM	KN	CR	LC
середнє	13,55	5,73	7,12	6,77	5,89	5,98	8,23	8,35	13,00	8,40	8,00	6,53
максимум	21,00	8,71	8,92	9,21	8,63	8,28	14,50	10,61	14,85	13,00	9,50	8,25
мінімум	9,81	2,42	4,53	4,37	3,40	3,00	5,33	6,26	8,00	6,90	6,00	3,59
Амплітуда	11,19	6,30	4,39	4,85	5,23	5,28	9,17	4,35	6,85	6,10	3,50	4,66

Таблиця 3  
Лінійна залежність показника динаміки від величини чинників середовища визначена з використанням лінійних моделей

Чинник середовища	Величина достовірності апроксимації	Коефіцієнт кореляції
HD	0,18	0,42
FH	0,16	0,40
RC	0,19	0,44
SL	0,52	0,72
CA	0,01	0,10
NT	0,07	0,26
AE	0,26	0,51
TM	0,02	0,14
OM	0,35	0,59
KN	0,08	0,28
CR	0,01	0,11
LC	0,73	0,86

значення рівні 4,98 бала, що відповідає олігогемеробним екосистемам із низькою антропоотолерантністю. Для екосистем із сформованими автотрофними блоками середнє значення показника антропогенного фактора дорівнює 7,26 (мезогемеробність). Для такого типу екосистем максимум антропогенної трансформації рівний 11,8 бала (еугемеробність). Ще вищі показники ведуть до руйнування угруповань вищих судинних рослин аж до їхнього знищення. З цієї причини синфітоіндикаційна модель не описує полі- та метагемеробні екосистеми. Амплітуда коли-

вання антропогенної трансформації для екосистем із визначеними фітоценозами дорівнює 6,81 бала, що відповідає 38 % шкали. Для всіх типів екосистем – 13,02 бала, або 72 % шкали.

Між показником природної динаміки та показником антропогенної трансформації є обернена лінійна залежність із величиною достовірності апроксимації 0,26 та коефіцієнтом кореляції 0,51 (рис. 1). Аналіз графічної моделі демонструє різницю відхилення від лінії тренду на ранніх і пізніх стадіях автогенної сукцесії. На пізніх стадія вона набагато нижча. Отже, на ранніх стадіях сукцесії ми можемо спостерігати як олігогемеробні (найчастіше болотні екосистеми), так і еу-, полі- та метагемеробні екосистеми.

Математичну лінійну модель, що описує цю взаємну залежність, можна відобразити за допомогою формули:

$$HE = -0.1588ST + 8.6353,$$

де HE – показник антропогенної трансформації екосистем, а ST – показник природної динаміки.

Оскільки антропогенний фактор діє аналогічно з іншими факторами середовища, то щодо нього спостерігаються закономірності, визначені законом оптимуму. Відповідно до цього ми можемо побудувати поліноміальну модель взаємозв'язку між показником природної динаміки та рівнем антропогенної трансформації (рис. 2). Вона матиме дещо кращі показники кореляції (0,51) за величини достовірності апроксимації 0,26.

Формула, що описує таку математичну модель, має такий вигляд:

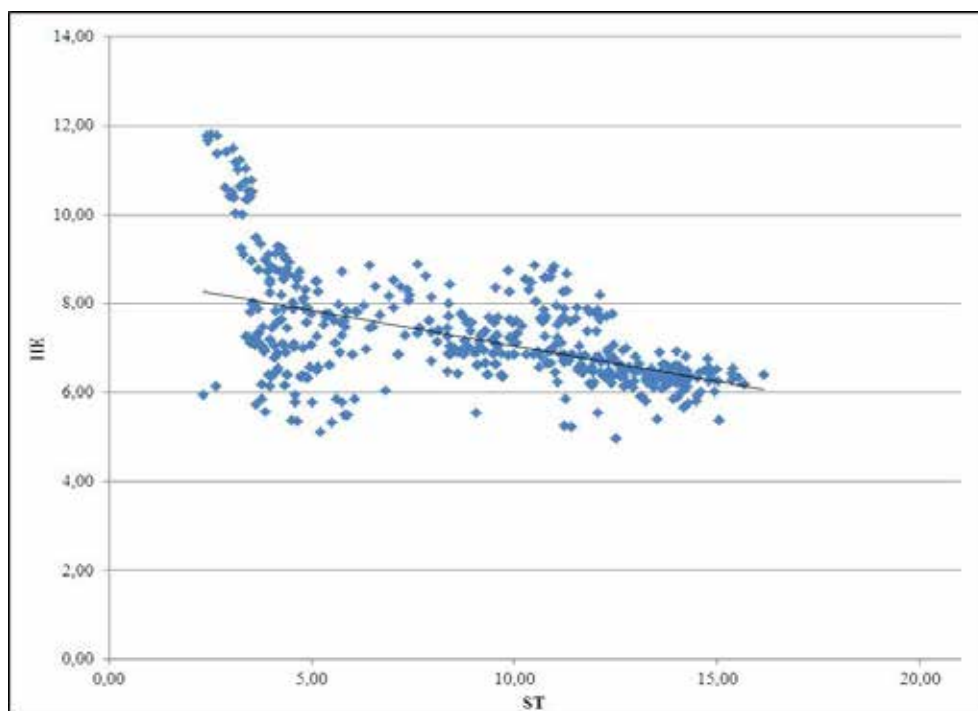


Рис. 1. Лінійна ординаційна залежність між показником природної динаміки та антропогенної трансформації екосистем

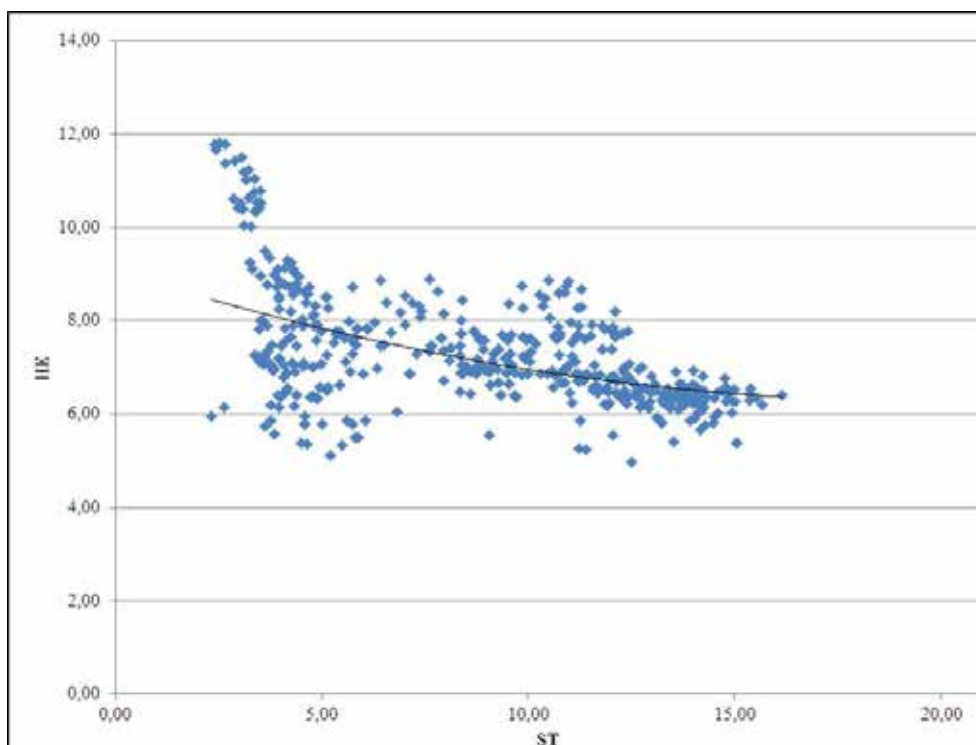


Рис. 2. Модель поліноміальної залежності між показником динаміки та показником освітленості

$$HE = 0,072ST^2 - 0,2837ST + 9,0716,$$

де HE – показник антропогенної трансформації екосистем, а ST – показник природної динаміки.

**Головні висновки.** За отриманими даними, показник динаміки в екосистемах проектного біосферного резервату коливається від 2,33 до 16,14 балів із середнім значенням 8,69. Різноманітність екосистем проектного біосферного резервату можна розділити за перекриттям шкали показника природної динаміки на евродинамічні, мезодинамічні та стено-

динамічні. Належність раритетних оселищ до певного типу за амплітудою показника динаміки має враховуватися під час обрання методів його охорони.

**Перспективи використання результатів дослідження.** Моделювання взаємозв'язку показників природної динаміки та антропогенної трансформації, може стати основою для прогнозування наслідків зміни строгості заповідного режиму. У поліноміальній моделі другого ступеня така залежність має показник кореляції 0,51, що робить прогнози цінними для практичної діяльності.

### Література

1. Бурда Р.І., Дідух Я.П. Застосування методики оцінки антропогенності видів вищих рослин при створенні «Екофлори України». *Український фітоценологічний збірник*. Київ, 2003. № 1. С. 34–44.
2. Дідух Я.П., Плюта П.Г. Фітоіндикація екологічних факторів. Київ: 1994. 280 с.
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. Оцінка стійкості та ризиків втрати екосистем. *Наукові записки НаУКМА*. 2014. Т. 158: Біологія та екологія. С. 54–60.
5. Дубина Д.В., Дзюба Т.П., Ємельянова С.М. та ін. Продромус рослинності України. Київ : Наукова думка, 2019. 784 с.
6. Зелена книга України / за загальною редакцією члена-кореспондента НАН України Я.П. Дідуха. Київ : Альтерпрес, 2009. 448 с.
7. Коніщук В.В. Онтологія становлення екозоологічного та інвайронментологічного напрямів. *Агроекологічний журнал*. 2017. № 2. С. 49–58.
8. Миркин Б.М., Наумова Л.Г., Соломещ А.И. Современная наука о растительности. Москва : Логос, 2001. 264 с.
9. Хом'як І.В. Динаміка надземної фітомаси під час автогенних сукцесій на перелогах для території Правобережного Полісся. *Екологічні науки*. 2016. № 12–13. С. 33–39.
10. Хом'як І.В. Особливості антропогенного впливу на природну динаміку екосистем Українського Полісся. *Екологічні науки*. 2018. № 1. С. 69–73.
11. Хом'як І.В., Демчук Н.С., Василенко О.М. Фітоіндикація антропогенної трансформації екосистем на прикладі Українського Полісся. *Екологічні науки*. 2018. № 3. С. 113–118.

12. Хом'як І.В., Онищук І.П., Коцюба І.Ю., Брень А.Л., Шкилюк Ю.В. Рецензія на монографічне видання «Продромус рослинності України». *Екологічні науки*. 2020. С. 170–173.
13. Khomiak I., Onishchuk I., Demchuk N. Phytoindicators of ecosystem dynamics in Ring-banc Ukrainian Polissia. *Science Rise: Biological Science*. 2018. № 4. P. 25–30.
14. Khomiak I., Harbar O., Demchuk N., Kotsiuba I., Onyshchuk I. Above-ground phytomas dynamics in autogenic succession of an ecosystem. *Forestry ideas*. 2019. № 1. P. 136–146.
15. Li Hea, Jing Shenab, Yang Zhangb. Ecological vulnerability assesment for ecological conservation and environmental management. *Journal of Environmental Management*. Vol. 206. P. 1115–1125.
16. McGarigal K., Compton B.W., Plunkett E.B., DeLuca W.V., Grand J., Ene E., Jackson S.D. A landscape index of ecological integrity to inform landscape conservation. *Landscape Ecology*. Vol. 33. P. 1029–1048.