

## ЗАСТОСУВАННЯ ІНФОРМАТИВНИХ ІНДЕКСІВ З МЕТОЮ ОЦІНКИ БІОРІЗНОМАНІТТЯ ЕКОСИСТЕМ

### Грод Інна Миколаївна

кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри інформатики та методики її навчання  
Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка  
м. Тернопіль, Україна  
grazhdar@ukr.net

### Шевчик Любов Омелянівна

кандидат біологічних наук, доцент кафедри ботаніки та зоології  
Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка  
м. Тернопіль, Україна  
shevchyk.lubov@i.ua

В основі оцінки стану певних угруповань лежать важливі показники різноманіття: видове багатство, чисельність виду, індекс вирівняності, індекси домінування та різноманіття.

Сьогодні вчені послуговуються понад як 40 індексами, важливість застосування яких стає зрозумілою з точки зору визначення структурних характеристик угруповань і вивчення можливості застосування останніх для оцінки стану екосистем.

Частіше за все для кількісного опису видового різноманіття угруповань проводять розрахунки з використанням загальноприйнятих в екології індексів: видового різноманіття Шеннона, домінування та різноманіття Сімпсона, видового багатства Маргалефа і вирівняності Пієлу [6; 2].

Вибір тих чи інших індексів зазвичай не має об'єктивних критеріїв. Однак, з теоретичної точки зору, до них може бути висунуто ряд вимог [3]. Власне тому особливий інтерес представляють роботи, спрямовані на усестороннє порівняння різних індексів з точки зору відповідності до конкретних даних [5].

На думку більшості вчених індекс Маргалефа [3; 1; 5; 6] відображає щільність видів, або видове багатство для певної території.

Обчислюють *індекс Маргалефа* за формулою:

$$DM = (s - 1) / \ln N \quad (1)$$

Значення індексу тим вище, чим більшим видовим багатством характеризується досліджувана територія. Зростання числа особин при незмінному числі видів веде до зниження значення індексу.

*Індекс домінування Сімпсона* вказує на домінування тих чи інших видів угруповання, описує ймовірність відношення будь-яких двох особин, випадково відібраних із невизначено великого угруповання, до різних видів. Для розрахунку індексу використовується формула

$$C = \sum_{i=1}^S p_i^2 = \sum_{i=1}^S \left[ \frac{n_i}{N} \right]^2, \quad (2)$$

$$\text{або} \quad C = \frac{\sum_{i=1}^S n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)}, \quad (3)$$

де  $n_i$  – число особин  $i$ -го виду,  $N$  – загальне число особин,  $p_i$  – значимість видів ( $p_i = n_i/N$ ).

При збільшенні  $C$  різноманіття зменшується. Тому індекс різноманіття Сімпсона часто використовують у формі  $(1-C)=i$ . Таким чином, представлені варіанти індексу Сімпсона відрізняються за діапазоном визначеності: перша змінюється від одиниці до нескінченності, друга – від нуля до одиниці. Представлений індекс дуже чутливий до присутності у вибірці найбільш чисельних видів і мало залежить від видового багатства. Індекс застосовується для випадків, коли число видів екосистеми перевищує 10. Збільшення величини індекса Сімпсона, означає зменшення різноманіття і зростання ступеня домінування одного виду.

Популярний у екології індекс Шеннона [7] є доволі інформативним, адже відображає складність структури угруповання, не будучи індексом видового багатства, він виявляє сильну залежність від числа видів  $S$  [5], завдяки чому придатний для оцінки видового різноманіття.

Індекс різноманіття Шеннона передбачає, що види попадають у вибірку із невизначено великої генеральної сукупності, при цьому всі види генеральної сукупності представлені у вибірці.

Невизначеність в цьому випадку буде максимальною, коли всі події ( $N$ ) будуть мати однакову ймовірність настання ( $p_i = 1/N$ ). По мірі збільшення частоти деяких подій невизначеність зменшується і стає рівною нулю у випадку, коли залишається одна подія і ймовірність настання рівна 1.

**Індекс різноманіття Шеннона** відображає ступінь різноманіття. Максимум різноманіття буде відповідати ситуації, коли всі особини угруповання будуть належати до різних видів. Мінімум різноманіття (мінімальна інформація,  $H=0$ ) буде відповідати ситуації, коли всі особини будуть належати тільки до одного виду. Індекс Шеннона зазвичай змінюється від 1,5 до 3,5, дуже рідко перевищує 4,5[1]. Обчислюється за формулою

$$H' = - \sum p_i \ln(p_i), \quad (4)$$

де  $p_i$  – доля особин  $i$ -го вида ( $p_i = n_i/N$ ).

**Індекс вирівняності Пієлу** обраховується на основі індексу Шеннона

$$E = H' / \ln(S), \quad (5)$$

де  $H'$  – індекс Шеннона,  $S$  – число видів.

Збільшення індексу Пієлу свідчить про вирівняність структури угруповання. Кількісна характеристика видового різноманіття буде прагнути досягти максимально можливого значення.

Іншим інформативним індексом, що характеризує подібність (відмінність) різноманіття двох порівнюваних екосистем є **коефіцієнт видової подібності Соренсена**, який обчислюється за формулою

$$S = 2c/(a+b), \quad (6)$$

де:  $a$  – кількість видів у першому угрупованні;  $b$  – кількість видів у другому угрупованні,  $c$  – кількість спільних видів і внутрішньовидових таксонів. За умови

$S > 0,5$  видове різноманіття двох водойм схоже, при  $S < 0,5$  – воно істотно відрізняється.

**Індекс Менхініка** (видового різноманіття, або багатства), який є характеристикою кількості видів, що припадає на одиницю сумарної численності (рясноти) (в якості якої може бути взята загальна чисельність або біомаса):

$$M = A / \sqrt{N}, \quad (7)$$

де  $A$  – кількість видів,  $N$  – сумарна ряснота всіх видів угруповання.

Нами було проведено ряд розрахунків, що характеризують видове різноманіття водоймів гідропарку Топільче та річки Серет [4]. Результати представлені у таблиці 2.

Таблиця 2

Параметри видового різноманіття річки Серет (S2) та водойм гідропарку Топільче (S1)

Параметр видового різноманіття	S1	S2
Індекс видового багатства, $d$	2,06287961	2,53013346
Індекс домінування Сімпсона, $c$	0,12083688	0,34620703
Індекс різноманіття Сімпсона, $i$	0,87916312	0,65379297
Індекс Шеннона, $H$	2,29115161	1,72441081
Індекс вирівненості Пієлу, $E$	0,89325413	0,59660519

Коефіцієнт видової подібності Соренсена  $K_s = 0,83870967$  вказує на подібність видового різноманіття обох екосистем.

### Список використаних джерел

1. Лебедева Н. В., Дроздов Н. Н., Криволицкий Д. А. Биоразнообразие и методы его оценки. М.: Изд-во МГУ. 1999. 94 с.
2. Одум Ю. Основы экологии. М.: Мир, 1975. 741 с.
3. Песенко Ю. А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. М.: Наука, 1982. 287 с.
4. Шевчик Л. О., Грод І. М. Порівняльна характеристика іхтіофауни водойм м.Тернополя // Наукові записки ТНПУ ім. Володимира Гнатюка. Серія Біологія. 2017. № 4(71). С. 29–31.
5. Шитиков В. К., Розенберг Г. С. Оценка биоразнообразия: попытка формального обобщения // Количественные методы экологии и гидробиологии (сборник научных трудов, посвященный памяти А.И. Баканова). Тольятти: СамНЦРАН, 2005. 91–129 с.
6. Magurran A. E. Measuring biological diversity, Blackwell Publishing: Oxford, UK, 2004. 256 p.
7. Shannon C. E., Warren Weaver. The mathematical theory of communication. Urbana: the University of Illinois Press. 1949.