

Н.С. СЕМЕНЮК

Інститут гідробіології НАН України,
пр. Героїв Сталінграду 12, Київ, 04210

**ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАТИВНИХ ІНДЕКСІВ ДЛЯ ОЦІНКИ
РІЗНОМАНІТТЯ ФІТОПЛАНКТОНУ**

Ключові слова: фітопланктон, різноманіття, озеро

Key words: phytoplankton, diversity, lake

N.E. SEMENYUK

**THE APPLICATION OF THE INFORMATIVE INDICES FOR
PHYTOPLANKTON DIVERSITY ASSESSMENT**

Institute of Hydrobiology N.A.S. of Ukraine
12 Geroyiv Stalingradu av., Kyjiv, 04210, Ukraine

The advantages of using Shannon's index of informative diversity and Sorensen's similarity coefficient in phytoplankton studies are considered. Phytoplankton being a polymorphous community and cells sizes varying considerably, the values of Shannon's index calculated from the phytoplankton number of cells can differ from those calculated from its biomass. The use of Sorensen's coefficient allows comparing and classifying the phytoplankton of different water bodies. The application of the mentioned indices in phytoplankton studies of two lakes and a pond showed the difference in their species composition, quantitative and informative diversity.

Оцінка різноманіття фітопланктону базується на обліку ознак його структури. Такими показниками є:

I. Якісні показники:

а) видове різноманіття (n) – кількість видів і внутрішньовидових таксонів;

б) таксономічне різноманіття (n_i) – кількість надвидових таксонів;

II. Кількісні показники (кількісні оцінки однієї і тієї ж ознаки):

а) чисельність (N), кл/дм³, тис. кл/дм³, млн. кл/дм³;

б) біомаса (B), мг/дм³, г/м³.

Перелічені показники дозволяють отримати інформацію про структуру водоростевих угруповань рослинного планктону загалом, однак не в повній мірі відображають складові частини його структури, які формуються у результаті взаємодії різних популяцій планктонних водоростей між собою і середовищем [2].

Для адекватнішої кількісної характеристики фітопланктону необхідно застосовувати конкретні інформативні індекси, наприклад, індекс Шеннона [1] і коефіцієнт Соренсена [4].

Метою роботи є використання індексів Шеннона й Соренсена для оцінки різноманіття фітопланктону трьох водойм, встановлення їх відмінностей і подібності за цими показниками.

Методи й матеріали

Індекс Шеннона відображає ступінь різноманіття структури й базується на інтегральній оцінці:

а) кількості видів і внутрішньовидових таксонів водоростей і їх чисельності;

б) кількості видів і внутрішньовидових таксонів водоростей і їх біомаси.

Індекс Шеннона обчислюється за формулою [1]:

$$H = -\sum_{i=1}^n \left(\frac{N_i}{N} \right) \log_2 \left(\frac{N_i}{N} \right), \text{ де:}$$

H – індекс Шеннона (інформаційне різноманіття, що виражає кількість одиниць інформації в угрупованні);

N_i – оцінка “значущості” i -го виду, тобто чисельність i -го виду;

N – загальна оцінка “значущості”, тобто загальна чисельність фітопланктону;

n – кількість видів і внутрішньовидових таксонів.

Цей індекс можна обчислювати не тільки за чисельністю, а й за біомасою фітопланктону. Тоді приведена формула буде мати вигляд:

$$H = -\sum_{i=1}^n \left(\frac{B_i}{B} \right) \log_2 \left(\frac{B_i}{B} \right), \text{ де:}$$

B_i – біомаса i -го виду;

B – загальна біомаса фітопланктону.

Відносно запропонованої градації [3] за $H > 2$ фітопланктон характеризується високим різноманіттям і вирівненістю, у його складі відсутнє різке монодомінування окремих видів.

Максимум різноманіття (максимальна інформація водоростевого угруповання) буде відповідати ситуації, коли всі особини угруповання будуть належати до різних видів ($N=n$; за $n_i=1$).

$H < 2$ спостерігається за низького різноманіття фітопланктону або в разі домінування в угрупованні водоростей 1–2 видів, кількісні показники яких (чисельність або біомаса) перевищують 50% від загальної чисельності (біомаси), прийнятої за 100%.

Мінімум різноманіття (мінімальна інформація, $H=0$) буде відповідати ситуації, коли всі особини будуть належати тільки до одного виду ($N=n$; за $n=1$).

Іншим інформативним індексом, що характеризує подібність (відмінність) різноманіття фітопланктону двох порівнюваних водойм є коефіцієнт видової подібності Соренсена [4], який обчислюється за формулою:

$$S = \frac{2c}{a+b}, \text{ де:}$$

a – кількість видів і внутрішньовидових таксонів у першій водоймі;

b – кількість видів і внутрішньовидових таксонів у другій водоймі;

c – кількість спільних видів і внутрішньовидових таксонів.

За $S > 0,5$ видове різноманіття фітопланктону двох водойм схоже [3], за $S < 0,5$ воно істотно відрізняється.

Об'єктами дослідження в цій роботі були три водойми, різні за походженням і гідрологічним режимом:

1. Озеро Баб'є – заплавне озеро, генетично пов'язане з Канівським водосховищем;
2. Озеро Редькіно – залишкове заплавне озеро, яке протягом останніх десятиріч втратило зв'язок з р. Дніпром;
3. Став № 15 – колишній рибогосподарський став, який є останцем р. Нивка.

Результати досліджень та їх обговорення

Результати обчислень інформаційного різноманіття (індекс Шеннона) досліджуваних водойм за чисельністю і біомасою фітопланктону представлені в табл. 1.

Таблиця 1.

Інформаційне різноманіття фітопланктону (H) за величинами чисельності (N) і біомаси (B)

| Водойми | літ о | | о с і н ь | |
|----------------|------------|------------|------------|------------|
| | H за N | H за B | H за N | H за B |
| Озеро Баб'є | 2,6 | 2,5 | 3,4 | 3,1 |
| Озеро Редькіно | 1,2 | 1,9 | 0,8 | 3,0 |
| Став № 15 | 3,4 | 4,0 | 2,4 | 1,2 |

Отримані дані свідчать про те, що озеро Баб'є і став 15 на р. Нивка характеризуються високим різноманіттям і високою вирівненістю фітопланктону ($H > 2$). Найбільш інформаційно різноманітним був літній фітопланктон ставу 15 на р. Нивка. Це пояснюється його високим видовим багатством (55 видів і внутрішньовидових таксонів), а також полідомінантною структурою домінантного комплексу, представленого 8 таксонами, які домінували як за чисельністю, так і за біомасою.

Восени спостерігається зниження інформаційного різноманіття фітопланктону ставу 15, зумовлене сезонною динамікою, що проявляється у зміні полідомінантного комплексу на монодомінантний з провідною роллю представника відділу *Bacillariophyta* – *Stephanodiscus hantzschii* Grun. in Cl. et Grun., який становив 86% від загальної біомаси фітопланктону.

Найнижче інформаційне різноманіття і, відповідно, найнижча вирівненість угруповання планктонних водоростей встановлені для озера Редькіно ($H < 2$). Видове й таксономічне різноманіття фітопланктону цього озера досить низьке (у ньому виявлено 12 видів і внутрішньовидових таксонів водоростей улітку й 19 – восени), а домінантний комплекс був представлений одним видом улітку й трьома видами восени.

Достовірне розходження між величинами індексу Шеннона для осіннього планктону озера Редькіно, обчисленого за чисельністю і біомасою, зумов-

лене поліморфністю водоростей планктону. Розміри водоростей коливаються в межах декількох порядків, і тому вид, домінуючий за чисельністю, не завжди домінував за біомасою. Так, майже 75% чисельності осіннього фітопланктону озера Редькіно становить представник відділу *Cyanophyta* – *Oscillatoria limnetica* Lemm., що відображає низьке значення індексу Шеннона, обчисленого за чисельністю. У той же час, завдяки дрібним розмірам клітин (7 нм³) цей вид становить лише 12% від загальної біомаси. Відповідно, індекс Шеннона, обчислений за біомасою, є вищим.

Порівняння видового різноманіття фітопланктону досліджених водойм за допомогою коефіцієнта видової подібності Соренсена [4] показало, що значення цього коефіцієнта не перевищують 0,5 як у літньому, так і в осінньому планктоні (табл. 2 і 3).

Таблиця 2.

Видова подібність літнього фітопланктону

| | | озеро Баб'є | | | озеро Редькіно | | |
|-------------|------------------------|-------------------|------------------------|--------------------|-------------------|------------------------|--------------------|
| | | <i>Cyanophyta</i> | <i>Bacillariophyta</i> | <i>Chlorophyta</i> | <i>Cyanophyta</i> | <i>Bacillariophyta</i> | <i>Chlorophyta</i> |
| Став №15 | <i>Cyanophyta</i> | 0,35 | | | 0 | | |
| | <i>Bacillariophyta</i> | | 0,46 | | | 0 | |
| | <i>Chlorophyta</i> | | | 0,23 | | | 0,12 |
| Озеро Баб'є | <i>Cyanophyta</i> | | | | 0,29 | | |
| | <i>Bacillariophyta</i> | | | | | 0 | |
| | <i>Chlorophyta</i> | | | | | | 0,375 |

Це означає, що ці водойми істотно різняться за видовим складом планктонних водоростей. Отже, на формування структури фітопланктону в межах трьох водойм впливають відмінні екологічні умови, що може бути, до певної міри, зумовлене відмінностями їх гідрологічного режиму.

Найбільша видова подібність встановлена для представників відділу *Bacillariophyta*, найменша – для представників відділу *Chlorophyta*.

В осінній період значення коефіцієнту видової подібності трохи вищі, вони наближуються до 0,5, хоча не перевищують цієї величини (табл. 3).

Це можна пояснити загальною для усіх водойм зміною екологічних чинників восени (таких як температура, інтенсивність сонячної радіації, процент насичення води розчиненим киснем). У той же час, зі зниженням температури води спостерігається зменшення загального видового й таксономічного різноманіття, й у фітопланктоні залишаються лише холодостійкі види, тому видова подібність різних водойм стає вищою.

Видова подібність осіннього фітопланктону

| | | озеро Баб'є | | | озеро Редькіно | | |
|-------------|------------------------|-------------------|------------------------|--------------------|-------------------|------------------------|--------------------|
| | | <i>Cyanophyta</i> | <i>Bacillariophyta</i> | <i>Chlorophyta</i> | <i>Cyanophyta</i> | <i>Bacillariophyta</i> | <i>Chlorophyta</i> |
| Став №15 | <i>Cyanophyta</i> | 0 | | | 0 | | |
| | <i>Bacillariophyta</i> | | 0,4 | | | 0,46 | |
| | <i>Chlorophyta</i> | | | 0,22 | | | 0,32 |
| Озеро Баб'є | <i>Cyanophyta</i> | | | | 0 | | |
| | <i>Bacillariophyta</i> | | | | | 0,22 | |
| | <i>Chlorophyta</i> | | | | | | 0,17 |

Підсумок

1. Використання інформаційних індексів дозволяє характеризувати як спільності, так і відмінності автотрофної ланки водних екосистем;

2. Обчислення індексу Шеннона за чисельністю і біомасою може давати різні результати. Так, якщо у фітопланктоні домінують великоклітинні форми, індекс Шеннона за біомасою буде низьким, за чисельністю, відповідно, високим; якщо домінують дрібноклітинні форми, цей індекс за біомасою буде високим, а за чисельністю низьким;

3. Порівняння водойм за допомогою коефіцієнту видової подібності Соренсена дозволяє типізувати водойми, як за видовим і таксономічним різноманіттям фітопланктону, так і за їх генезисом;

4. Поєднання індексу інформаційного різноманіття Шеннона й коефіцієнта видової подібності Соренсена дає об'єктивну оцінку стану водної екосистеми.

ЛІТЕРАТУРА

1. **Константинов А.С.** Общая гидробиология. – М.: Высшая школа, 1967. – 431 с.
2. **Федоров В.Д.** О методах изучения фитопланктона и его активности. – М.: Сов. наука, 1979. – 167 с.
3. **Щербак В.І.** Методи досліджень фітопланктону // Методичні основи гідробіологічних досліджень водних екосистем. – К., 2002. – С. 41-47.
4. **Sorensen T.** A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content. – Kongelige Danske videns, Selskab. Biol. Krifter., – 1948. – V. 5, № 4.