

# ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА СТАНУ ВОДНИХ ЕКОСИСТЕМ НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ СТАБІЛЬНОСТІ РОЗВИТКУ ГІДРОБІОНТІВ

Т. П. Федонюк, к. с.-г. н., доцент

Р. Г. Федонюк, аспірант

А. А. Петрук, аспірант

Житомирський національний агроекологічний університет

У угрупованнях вищих водних рослин, які існують тривалий час, підтримується певний рівень стабільності розвитку [3, с. 58]. Порушення гомеостазу спостерігається у екосистемах, які існують на межі своїх можливостей [2, с. 169].

Одним з методів оцінки стабільності розвитку виду є визначення інтегрального показника флуктуаційної асиметрії (ФА) [7, с. 45]. Як зазначає Константінов (2001) [6, с. 8], під флуктуаційною асиметрією розуміють незначні і випадкові відхилення від суворої білатеральної симетрії біооб'єктів, а Кузнецов та Голишкін (2008) [7, с. 45] підкреслюють, що при флуктуаційній асиметрії відмінності між сторонами не є строго генетично детермінованими. Ця асиметрія, на відміну від спрямованої асиметрії і антисиметрії, не має самостійного адаптивного значення. Вона лише вираз незначних порушень симетрії, що допускаються природним відбором, і відображає ступінь стабільності розвитку. Оцінка величини флуктуаційної асиметрії, на думку Гуртяка та Углева (2010) [8, с.11], являє собою коректний спосіб формалізації ступеня відхилення розвитку особини і навіть популяції від норми. Необхідно зауважити, що методи оцінки стабільності

розвитку живих організмів за показником флуктуаційної асиметрії досить розроблені для наземних організмів. У той же час вищі водні рослини в цьому аспекті вивчені вкрай слабо.

Для проведення досліджень нами були обрані види рослин, що вільно зростали в усіх обраних гігротопах у кількостях, достатніх для отримання достовірних даних: рдесник пронизанолистий та сальвінія плаваюча (*P. perfoliatus*, *S. natans*), окрім цього до гігротопів штучним способом було додано два види рослин, які мають високу здатність до виживання, а також фільтраційні та гідромеліоративні властивості – ейхорнію плаваючу та пістію тілорізовидну (*E. crassipes* та *P. stratiotes*).

Збір листя здійснювали в літні періоди 2013-2017 рр. на трьох стаціонарних ділянках: першу розміщували на ділянці насосної станції першого відбору КП «Житомирводоканал» (с.Перлявка Житомирської області), значення яких прийнято за показники умовного контролю. Друга ділянка розміщувалась на відстані 1 км від місця скиду побутових стічних вод КП «Житомирводоканал» у м.Житомир, окремо розміщували гідробіонти безпосередньо у стічні води, що поступають на очисні споруди КП «Житомирводоканал» без попереднього розбавлення. Усі досліджувані гігротопи мають різний ступінь забруднення і за показником якості води в межах дослідження розміщені у порядку зростання. Об'єкт вибірки склав в умовах ділянки 1 – 580 листових пластинок, ділянки 2 – 602 листові пластинки, ділянки 3 – 306 листових пластинок. Вимірювання здійснювали за допомогою електронного штанген-циркуля з точністю до 0,01 мм. Для гідробіонтів при виборі параметрів керувались морфометричними критеріями, запропонованими А. А. Ізотовим (2003) [5].

Коефіцієнт флуктуаційної асиметрії оцінювали шляхом визначення інтегрального показника, який являв собою середню

різницю між сторонами на ознаку [1, с.4]:  $K_{FA} = \frac{\sum_{i=1}^k (d_{i-r})_i}{nk}$ , де

$d_{i-r} = \frac{d_i - d_r}{d_i + d_r}$ ;  $k$  – число ознак,  $d_i$ ,  $d_r$  – значення виміру ознаки зліва і справа листової пластинки,  $n$  – чисельність вибірки.

Також, здійснювали визначення індикаційних ознак в модельному експерименті при експозиції тривалістю 4 тижні на розчинах з різним вмістом забруднювачів. Аналізували ступінь пошкодження листя шляхом поділу пошкоджених ділянок на жовтухи і мозаїки [1, с. 4]. Визначення площ пошкодження здійснювали шляхом визначення ланцюгового ходу Фрімана у програмі CraftDuino. В основу оцінки морфологічного різноманіття було покладено аналіз вибірки листових пластинок різних градацій кольору. Морфологічну

різноманітність було оцінено з допомогою індексу Шеннона [4, с. 15]:

$$H = - \sum_{i=1}^N p_i \ln p_i$$

, де  $H$  - індекс Шеннона,  $p_i$  - частка листових пластинок у вибірці, що відносяться до  $i$ -ої градації параметра,  $N$  - загальна кількість градацій аналізованого параметра.

Для дослідження росту та розвитку водних макрофітів в умовах антропогенного забруднення воду з різних за якістю об'єктів було розміщено у модельні споруди. Аналіз пошкоджень листових пластинок у різних за антропогенним навантаженням умовах місцезростання показав деякі відмінності у рості, розвитку та морфологічних ознаках наявних там макрофітів. Як видно з рис. 1, частка пошкоджених листків у всіх видів макрофітів зростала закономірно в умовах сильнішого антропогенного навантаження. Причому відмінності у забарвленні листя спостерігались вже на 5 день після початку експерименту. Кількість пошкодженого листя складала в умовах водного середовища імпаکتної ділянки № 2 – 6 %, а в умовах стічних вод – 13 %. Загалом, за місячний термін частка пошкодженого листя водних макрофітів в умовах фоновий ділянки складала 12 %, вдвічі більше пошкодженого листя відмічено в умовах ділянки № 2 – 24 % та 58 % - в умовах стічних вод ділянки № 3.

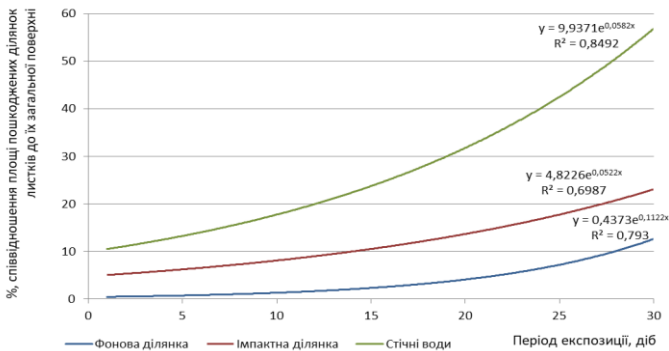


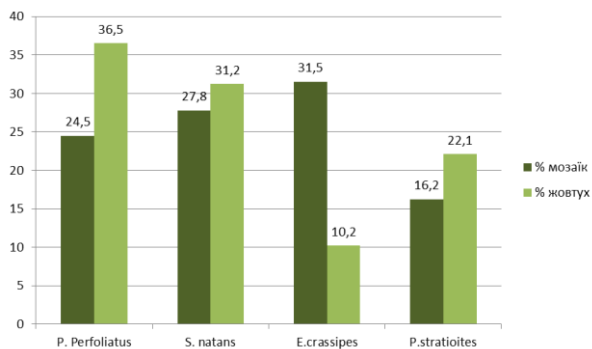
Рис. 1. Пошкодження листових пластинок водних макрофітів у різних за забрудненням умовах

Пошкодження листя ми умовно поділили на групи: перша – мозаїки з появою нерівномірного забарвлення листових пластинок з жовтуватими, буруватими та іншими плямами, які свідчать про початкові стадії руйнування хлорофілу, другу групу склали жовтухи –

явно виражені жовті ділянки, поява яких спричинена руйнуванням хлорофілів, а отже незворотними ознаками пошкодження листя.

Як видно з рис. 2, найбільш виразними ознаками наявності порушень у водних екосистемах відрізнялися рослини рдесника, де з усієї вибірки листя частка поверхні, що мала мозаїчні ушкодження становила 24 %, а виразні пожовтіння – 36,5 %, менше реагували рослини сальвінії, де ці показники були відповідно – 27,8 та 31,2 %.

У рослин ейхорнії механізми реагування на антропогенні забруднення дещо інші, зокрема незначна мозаїчність спостерігалась у 31,5 % листя, а площа пожовтіння серед усіх досліджених гідрофітів була найнижчою – 10,2 %, це ми пов'язуємо з дуже сильними механізмами адаптації та виживання даного виду у стресових умовах, що підтверджується і численними літературними даними [3, с. 58].



*Рис. 2. Розподіл листових пластинок гідробіонтів у вибірках з різних місць існування у відповідності до градацій аналізованих параметрів*

У пістії механізми реагування на антропогенне забруднення були цілком нижчими, загалом частка ушкоджених листків склала 38,3 %, з них мозаїчні ділянки – 16,2 % та пожовклі – 22,1 %.

Для більш детального аналізу морфологічної різноманітності вибірок листових пластинок вищих водних рослин, що зростали в різних за забрудненістю умовах ми розрахували та проаналізували індекс Шеннона (рис. 3).

Найбільше різноманіття морфологічних різновидів гідробіонтів були отримані на ділянці з стічними водами. Як свідчать отримані індекси Шеннона це стосується усіх абсолютно ознак, за якими відбирались листки, за винятком ширини листя.

Мінімальні значення морфологічного розмаїття за усіма аналізованими параметрами відзначені для вибірки листя з гідробіонтів фонової ділянки (умовний контроль).

Флуктуаційну асиметрію можна вважати найбільш точним методом біоіндикаційних досліджень, адже асиметрія біологічних об'єктів виявляється мінімальною лише за оптимальних умов середовища, а неспецифічні морфологічні видозміни виявляються в стресових умовах [1, 7, 8].

Максимальні значення аналізованих параметрів були відзначені нами в умовах найбільш забруднених об'єктів – стічних вод. Аналізовані морфологічні ознаки можна розділити на дві групи.

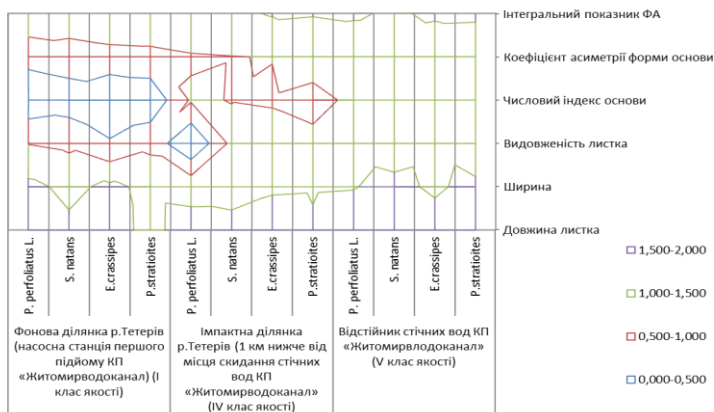


Рис.3. Морфологічні відмінності листкових пластинок гідробіонтів в різних за забрудненням умовах за показником індексу Шеннона, нати

Для першої групи ознак характерне суттєве зростання різноманітності прояву при переході від більш сприятливих умов зростання (фонові ділянка) до менш сприятливим (стічні води). До таких ознак належать числовий індекс основи (значення індексу Шеннона зростає від 0,002 до 1,254), видовженість листової пластинки (значення індексу Шеннона змінюється від 0,562 до 1,356) та коефіцієнт асиметрії форми основи (значення індексу Шеннона змінюється від 0,658 до 1,277). Друга група ознак – помірне та незначне зростання їх різноманітності. До цієї групи слід віднести ознаки довжини і ширини листка (зміни значень індексу Шеннона від 1,398 до 1,745 для показника довжини листка та від 1,345 до 1,648 для ширини листка).

## Література

1. Parsons, P. A. (1990). Fluctuating asymmetry: an epigenetic measure of stress. *Biological reviews*, 65(2), 131-145.
2. Romanchuck L. D., Fedonyuk T. P., Fedonyuk R. G. (2017) The model of landscape vegetation Influence on the mass transfer processes. *Biosystems diversity*, 25(3), 169-175. doi:10.15421/011725
3. Romanchuck, L. D., Fedonyuk, T. P., & Fedonyuk, R. G. (2016). Hydrophyte wastewatertreatment under conditions of «Zhytomirvodocanal» communal enterprise. *Biotechnologia Acta*, 9(6).
4. Shannon, C., and Weaver, W. (1949). *The Mathematical Theory of Communication*, Urbana : University of Illinois Press, Bell System Technology Journal, vol. 27, pp. 379–423.
5. Изотов, А. А. (2003). *Использование высших водных растений как индикаторов состояния окружающей среды* (Doctoral dissertation, Калуж. гос. пед. ун-т им. КЭ Циолковского).
6. Константинов, Е. Л. (2001). Особенности флуктуирующей асимметрии листовой пластинки березы повислой как вида биоиндикатора. *Автореф. канд. дисс. Калуга*.
7. Кузнецов, М. Н., & Гольшкин, Л. В. (2008). Сравнительная характеристика особенностей флуктуирующей асимметрии листьев яблони в разных экологических условиях. *Сельскохозяйственная биология*, 3, 72-77.
8. Гуртяк, А. А., & Углев, В. В. (2010). Исследование флуктуирующей асимметрии и её пригодность для мониторинга зелёных насаждений. *Наука и современность*, (6-1).