

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-541-9-10>

PROSPECTS OF USING BEHAVIORAL RESPONSES OF *DAPHNIA MAGNA* IN TOXICITY IDENTIFICATION EVALUATION¹

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ПОВЕДІНКОВИХ РЕАКЦІЙ *DAPHNIA MAGNA* ПРИ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ЗАБРУДНЮВАЛЬНИХ РЕЧОВИН, ЩО СПРИЧИНЯЮТЬ ТОКСИЧНІСТЬ

Konovets I. M.

*Candidate of Biological Sciences,
Senior Researcher,
Head of the Laboratory of Biologically
Active Sciences
Institute of Hydrobiology of the National
Academy of Sciences of Ukraine
Kyiv, Ukraine*

Коновець І. М.

*кандидат біологічних наук,
старший науковий співробітник,
завідувач лабораторії біологічно
активних сполук
Інститут гідробіології
Національної академії наук України
м. Київ, Україна*

Kipnis L. S.

*Candidate of Biological Sciences,
Senior Researcher,
Senior Researcher at the Department of
Physiology of Hydrobionts and
Biotechnology
Institute of Hydrobiology of the National
Academy of Sciences of Ukraine
Kyiv, Ukraine*

Кіпніс Л. С.

*кандидат біологічних наук, старший
науковий співробітник,
старший науковий співробітник
відділу екологічної фізіології
гідробіонтів та біотехнології
Інститут гідробіології Національної
академії наук України
м. Київ, Україна*

Yuryshynets V. I.

*Doctor of Biological Sciences,
Professor,
Deputy Director for Research
Institute of Hydrobiology of the National
Academy of Sciences of Ukraine
Kyiv, Ukraine*

Юришинець В. І.

*доктор біологічних наук, професор,
заступник директора
з наукової роботи
Інститут гідробіології
Національної академії наук України
м. Київ, Україна*

Забруднення водних екосистем токсичними речовинами несе суттєві ризики для суспільства та здоров'я людини. Це вимагає розробки недорогих, швидких та надійних методів ідентифікації

¹ Дослідження виконано за підтримки Національного фонду наукових досліджень України – Проєкт 2023.04/0045 «Розробка уніфікованої тест-системи для оцінки токсичності та ідентифікації класу забруднюючих речовин, що потрапляють у водні об'єкти внаслідок воєнних дій».

забруднюючих речовин різної хімічної природи, які чинять негативний вплив на біоту.

Методи біотестування дозволяють оцінити комплексний, сумарний вплив забруднюючих речовин різної хімічної природи за показниками токсичної дії. Серед переваг використання методів біотестування можна зазначити відносну простоту виконання цих досліджень, високу чутливість тест-організмів до дії токсикантів, відсутність потреби у коштовних реактивах та устаткуванні. В той же час інформативність методів біотестування може бути значно підвищена за допомогою використання підходів, спрямованих на ідентифікацію класу забруднюючих речовин (TIE, Toxicity Identification Evaluation). Суть методу TIE полягає у реєстрації відповіді тест-організмів при проведенні послідовної серії фізико-хімічних маніпуляцій з токсичним середовищем, що дозволяє ідентифікувати чинник або чинники токсичної дії [7, с. 48]. Зазначається, що застосування цього методу є вельми доцільним при прийнятті рішень про вилучення донних відкладів, або при виборі ефективної схеми їх ремедіації, перед проведенням складних і коштовних хімічних аналізів на вміст специфічних речовин токсичної дії [3, с. 2429], а також при оцінці можливості ризику вторинного забруднення води.

Представник гіллястовусих ракоподібних *Daphnia magna* є важливою ланкою харчових ланцюгів прісноводних екосистем і активно використовується як модельний організм у токсикологічних дослідженнях, оскільки йому притаманні висока чутливість до токсикантів різної хімічної природи та значний репродуктивний потенціал завдяки партеногенетичному розмноженню. Однак традиційна оцінка токсичних властивостей середовища зазвичай базується на таких показниках, як смертність або іммобілізація тест-організмів. Вони є менш чутливими з огляду на необхідність оцінки сублетального впливу забруднювачів низької концентрації у водоймах, а проведення таких дослідів потребує певних часових витрат. Тому аналіз токсичного впливу, особливо забруднювачів низької концентрації, вимагає застосування більш чутливих біомаркерів. Окрім того, значний інтерес викликає також оцінка наслідків короточасного впливу забруднюючих речовин на водні організми [4, с. 2].

Сублетальні ефекти стають все більш значущими в екотоксикологічних дослідженнях через їхню вищу чутливість у порівнянні з летальними тест-критеріями та їх високий превентивний потенціал. Таким перспективним і сублетальним за своїм характером тест-критерієм є рухова поведінка безхребетних, оскільки особливості поведінкових реакцій мають безпосередні екосистемні наслідки [5, с. 9].

Останнім часом *Daphnia magna* все частіше використовують у програмах біомоніторингу в режимі реального часу як систему раннього попередження для оцінки токсичності стічних вод очисних споруд. Ці системи засновані на реєстрації поведінкових змін досліджуваного тест-організму, що виникають в результаті стресу, спричиненого забруднюючими речовинами. Такі зміни у поведінкових реакціях можуть бути виявлені вже при сублетальних концентраціях, значно нижчих за відповідні медіанні летальні концентрації (JK₅₀) [6, с. 121]. Серед параметрів, що широко використовуються для дослідження рухової активності є час плавання (swimming time), швидкість плавання (swimming speed, behavioural strength), частота рухів антенами (hopping frequency), горизонтальний розподіл (horizontal distribution), вертикальний розподіл та міграція (vertical distribution and migration), подолана відстань (distance travelled), траєкторія плавання (swimming trajectory), кількість поворотів, кут повороту (number of turnings, turning angle), час відпочинку, тривалість спокою (resting time, duration of quiescence), скупчення (swarming), обертання (spinning) та інші [1, с. 195–201].

Однак, незважаючи на об'єктивні переваги і перспективи, метод має певні обмеження [2, с. 1002]. Припущення про те, що певні хімічні речовини демонструватимуть унікальні моделі руху *D. magna*, найімовірніше, є хибним. Це може бути пов'язано з тим, що зміни рухових реакцій обумовлені не стільки хімічною природою токсичної речовини, скільки механізмом дії, що може призводити до помилкової ідентифікації. Крім того, цей метод не враховує сумісний вплив кількох хімічних речовин, які можуть впливати на поведінкові реакції. Оцінка впливу складних сумішей хімічних речовин і розробка стратегії надійної ідентифікації токсикантів за параметрами рухових реакцій потребує подальших досліджень.

Проте об'єктивні складнощі, що пов'язані з використанням поведінкових реакцій з метою визначення чинника токсичної дії у складних матрицях природних зразків води і донних відкладів, можуть значною мірою бути усунені шляхом поєднання цих методів з підходами щодо ідентифікації забруднювальних речовин (TIE). Співставлення змін у параметрах локомоторної активності тест-організмів у дослідному середовищі, зміненому певним чином за допомогою фізико-хімічних маніпуляцій з метою усунення або стимулювання токсичної дії певних груп забруднюючих речовин, дозволить суттєво підвищити інформативність отриманих даних.

Поведінкові реакції тест-об'єктів загалом та, зокрема, гіллястовусих ракоподібних є результатом складної взаємодії фізіологічної, нервової та м'язової систем за впливу несприятливих умов середовища. У цьому

відношенні штучний інтелект може стати цінним інструментом, який дозволить виявити унікальні, специфічні прояви локомоторної активності, яку виявляють тест-організми під впливом речовин різної хімічної природи, і розширить можливості їхнього використання у процедурах встановлення та ідентифікації токсичності.

Література:

1. Bownik A. *Daphnia* swimming behaviour as a biomarker in toxicity assessment: A review. *Science of the Total Environment*. 2017. Vol. 601–602. P. 194–205.
2. Cheng Sh., Yuan S., Wu X. *et al.* Identification of Chemicals Based on Locomotor Tracks of *Daphnia magna* Using Deep Learning. *Environmental Science & Technology Letters*. 2023. Vol. 10 (11). P. 998–1003.
3. Ho K. T., Burgess R. M. What's causing toxicity in sediments? Results of 20 years of toxicity identification and evaluations. *Environ. Toxicol. Chem.* 2013. Vol. 32, N. 11. P. 2424–2432.
4. Qin F., Zhao N., Yin G. *et al.* Rapid Response of *Daphnia magna* Motor Behavior to Mercury Chloride Toxicity Based on Target Tracking. *Toxics*. 2024. Vol. 12 (9). Art. 621.
5. Soose L. J., Hügl K. S., Oehlmann J. *et al.* A novel approach for the assessment of invertebrate behavior and its use in behavioral ecotoxicology. *Science of the Total Environment*. 2023. Vol. 897. Art. 165418.
6. Villa S., Di Nica V., Bellamoli F. *et al.* Effects of a Treated Sewage Effluent on Behavioural Traits in *Diamesa cinerella* and *Daphnia magna*: Effects of a Sewage Effluent on Behaviour in *Diamesa* and *Daphnia*. *J. Limnol.* 2018. Vol. 77. P. 121–130.
7. Yuryshynets V. I., Konovets I. M., Kipnis L. S. *et al.* Modern approaches to identification of pollutants causing toxicity of water and bottom sediments of the aquatic ecosystems (a review). *Hydrobiological Journal*. 2025. Vol. 61, N 2. P. 47–60.