

**ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА**

УДК 628.515(045)

<sup>1</sup>**В.М. Ісаєнко**, д-р біол. наук, проф.<sup>2</sup>**Л.С. Кіппіс**, канд. біол. наук, доц.<sup>3</sup>**Л.А. Пилипенко**, асп.<sup>4</sup>**О.В. Сидоров**, інж.<sup>5</sup>**О.М. Дехтяренко**, інж.**РОЛЬ ВИЩИХ ВОДНИХ РОСЛИН В УТИЛІЗАЦІЇ ПЕСТИЦИДІВ**<sup>1,3,4,5</sup>НАУ, кафедра екології<sup>2</sup>Інститут гідробіології НАН України

*Розглянуто роль вищих водних рослин в утилізації пестицидів (ДДТ, гексахлорциклогексан, гептахлор). Практичне використання цих вищих водних рослин можливе в спеціальних інженерних спорудах біоплато.*

*The considered role of higher water plants in utilization of pesticides (DDT, GHTSG, heptahlor). The practical use of this role VVR can be carried out in the special engineering building of bioplato.*

**Вступ**

У зв'язку з посиленням антропогенним навантаженням, якого зазнає в останні роки гідросфера Землі, дедалі більшої значущості набувають проблеми якості води, повернення природним водоймам їх вихідного чистого стану.

Якість води – особливо важлива проблема в системі охорони природи та здоров'я населення України.

У водному середовищі налічується близько 20 тис. хімічних сполук антропогенного походження, із багатьма з яких водна екологічна система ніколи раніше не взаємодіяла і виявилася еволюційно непередбаченою для їх перероблення і засвоєння без негативних наслідків для водойм або окремих ланок трофічних ланцюгів у них. Щодо цього нова група речовин – пестициди посідають особливе місце. Їх небезпека зумовлена двома причинами: високою біологічною активністю і свідомим, зумовленим технологією їх використання, розпорошуванням у навколишньому середовищі.

**Аналіз досліджень і публікацій**

У зв'язку з широким застосуванням та тривалою залишковою активністю в зовнішньому середовищі найбільшу небезпеку для водойм становлять хлорорганічні пестициди:

- ДДТ;
- гексахлорциклогексан (ГХЦГ);
- гептахлор.

Застосування цих речовин призводить до нагромадження їх у гідробіонтах та проникнення в складні системи живої природи. Вищі водні рослини інтенсивно поглинають ДДТ і ГХЦГ.

Поглинання токсичних речовин, що відбувається в процесі транспірації, сприяє їх переміщенню по всій рослині з послідовним виділенням через устічний апарат або із затриманням в окремих органах рослин.

Активне поглинання токсичних речовин з наступною метаболізацією може зумовити повну або часткову їх детоксикацію [1–3].

Найбільш інтенсивно нагромадження відбувається під час активної вегетації рослин.

У цей період відзначено високу активність ферментів, підвищення інтенсивності дихання рослин та утворення у них генеративних органів. У другій половині літа та восени життєдіяльність рослин знижується, що супроводжується зниженням їх поглинальної функції.

Вміст біогенів у листях і тканинах рослин визначається і умовами їх вегетації. Дуже важливо, в якій формі перебуває у воді той чи інший елемент [1; 4; 5].

На основі вивчення динаміки поглинання ДДТ рдестом та очеретом звичайним виявлено, що рдест не має активного механізму регуляції цього процесу. Він поглинає таку кількість пестициду, яка спричиняє загибель рослини [4; 6; 7].

В очереті, навпаки, виявлено активну захисну реакцію на високі концентрації препаратів ДДТ і ГХЦГ: у великій кількості вони нагромаджуються в кореневій системі, утворюються нові придаткові корені, у результаті чого значна частина поглинутого ДДТ у стебла та листя не надходить.

Це дає змогу вважати, що очерет відіграє суттєву роль у процесах самоочищення водойм від залишків пестицидів [8; 9].

**Основні завдання** роботи – оцінювання здатності різних вищих водних рослин бути біологічним фільтром в експерименті утилізації пестицидів на прикладі гексахлорциклогексану за допомогою методів визначення пестицидів у рослинах; оцінювання токсичності препарату ГХЦГ на стандартних тест-об'єктах; проведення експерименту з оцінкою ролі вищих водних рослин в утилізації пестицидів; узагальнення отриманих результатів і визначення перспективності застосування вищих водних рослин як ланцюга доочищення [7; 9].

### Методи досліджень

Згідно з ГОСТ 211.1.4-054-97 методом біотестування на ракоподібних *Daphnia magna* визначають утилізацію та біотрансформацію ГХЦГ в мікрокосмі з вищими водними рослинами в модельному експерименті.

За допомогою методу газової хроматографії (Цвет-500М3) визначають ГХЦГ у воді та вищих водних рослинах.

### Результати досліджень

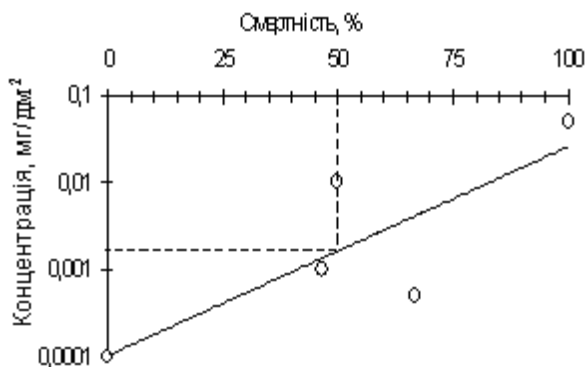
Для дослідження гострої токсичності ГХЦГ використовували 48-годинний біотест на прісноводних ракоподібних *Daphnia magna* згідно з керівним нормативним документом.

Вплив пестицидів досліджували в діапазоні концентрацій: гексахлоран 0,0001 – 1,0 мг/л у трьох повторах для кожного розведення.

Критерієм токсичності в гострому експерименті була смертність тест-об'єктів відносно контрольних.

По закінченні експерименту розраховували  $LC_{50}$  методом пробіт-аналізу.

У результаті експерименту було встановлено діапазон токсичних концентрацій  $LC_0$  –  $LC_{100}$ , що дозволило розрахувати медіанні летальні концентрації для пестицидів –  $LC_{50}$  (див. рисунок).



Уплив гексахлорану на смертність *Daphnia magna* в гострому експерименті (48 год)

У результаті проведення гострих експериментів (48 год) встановлено основні критерії токсичності дослідженого пестициду.

Для *Daphnia magna* концентрація препарату гексахлорану  $LC_{50}$  пестициду ГХЦГ становила 0,0016 мг/дм³,  $LC_{100}$  – 0,05 мг/дм³,  $LC_0$  – 0,0001 мг/дм³.

Розрахована на підставі експерименту медіанна летальна концентрація  $LC_{50}$  свідчить, що згідно з Міжнародною екоотоксикологічною класифікаційною схемою Всесвітньої організації здоров'я досліджений інсектицид можна віднести до класу високотоксичних речовин.

Процес порівняння інформації щодо токсичності та кількості пестициду, який діє на живий організм, називається оцінкою ризику [1].

Розрахункову концентрацію у водних об'єктах визначали при безпосередній обробці поверхні води (максимальне попадання):

$$\frac{H}{10}$$

де  $H$  – норма витрат препарату та діючої речовини, кг/га або л/га; 10 – коефіцієнт.

При цьому припускається, що 100 % препарату попадає на поверхню води і він рівномірно розміщується у метровому шарі води.

Забруднення визначали внаслідок змивання ґрунту.

Для більшості територій змивання становить 0,5 %.

Із надходженням одного гектара на гектарну площу водної поверхні за рівномірного розподілу пестициду в 0,3 м шарі води концентрація буде становити:

$$\frac{H \times a}{100 \times h}$$

де  $a$  – відсоток змивання 0,5 %;  $h$  – глибина забрудненого шару 0,3 м.

Співвідношення концентрацій у воді і  $LC_{50}$  дозволяє оцінити безпечність (ризик) застосування препарату.

Якщо співвідношення розрахункової концентрації препаратів до  $LC_{50} > 1$  – ризик існує.

Чим менша ця величина, тим менший екологічний ризик препарату.

Таким чином, співвідношення розрахункових концентрацій препаратів ГХЦГ  $LC_{50} > 1$  в обох варіантах розрахунків, що свідчить – застосування препарату ГХЦГ дуже небезпечно для водної екосистеми.

Дослідження здатності макрофітів до утилізації деяких пестицидів (на прикладі ГХЦГ) проводили на базі акваріального комплексу Інституту

гідробіології НАН України з різними видами вищих водних рослин:

– напівзануреними у воду – циперусом (*Cyperus papyrus*);

– вільно плаваючими – ряскою малою (*Lemna minor*);

– вольфією (*Wolffia arrhiza*);

– сальвінією (*Salvinia natas*).

Використовували рослини, взяті з природного середовища, але які адаптувались у штучно створених умовах.

Через 10 діб експерименту стан культури сальвінії значно погіршився, що зумовлено сезоном, непридатним для вегетації цього виду макрофітів, тому результати досліджень на ній надалі не використовували.

У спеціальних об'ємах було розведено розчини пестицидів  $\alpha$ -ГХЦГ та  $\beta$ -ГХЦГ як експериментальних розчинів, які були вибрані для постановки експерименту.

Оскільки  $\alpha$ -ГХЦГ є леткою сполукою, яку не могли зафіксувати приладом, тому взяли ще й  $\beta$ -ГХЦГ.

Ці розведені розчини додавали до водного середовища вищих водних рослин і залишили в шафі, яка спеціально освітлюється та термостатується, щоб рослини почували себе комфортно і ніякі зовнішні умови, крім внесеного пестициду, не впливали на їх стан.

Температура води для досліду становила 18 °С, при цьому рівень рН = 8,20. Згідно з методикою визначення пестицидів протягом місяця через кожні сім днів замірювали вміст пестицидів у воді експериментальних акваріумів.

По закінченні експерименту визначали кількість нагромадженої речовини в різних частинах макрофітів, а також спостерігали за змінами метаболізму рослин, адже під дією токсичних речовин може пригнічуватись ріст рослин або навпаки надмірний приріст.

Унесені концентрації ГХЦГ ( $\alpha$ -ГХЦГ – 0,001 мг/л,  $\beta$ -ГХЦГ – 0,001 мг/л) суттєво не впливали на стан культур, лише через два тижні спостерігалась деяка зміна кольору (побіління листів ряски малої (некроз). Однак частка порушень не перевищувала 10%. Взагалі ряску малу використовують як тест-об'єкти для дослідження якості водного середовища.

Результати вимірювань ГХЦГ (табл. 1) свідчать, що в дослідних розчинах спостерігалось зменшення вмісту пестицидів, що найбільше виражено у циперусі. Це можна пояснити фізіологічними особливостями рослин: дуже розвинутою кореневою системою, яка слугує субстратом для мікроорганізмів.

Таблиця 1

**Уміст двох форм ГХЦГ у водному середовищі з макрофітами, мкг/дм<sup>3</sup>**

Дата вимірювань	Об'єкт дослідження	$\alpha$ -ГХЦГ	$\beta$ -ГХЦГ
13.10.05	Ряска	0,8	0,85
	Циперус	0,6	0,75
	Вольфія	0,9	0,95
20.10.05	Ряска	0,6	0,65
	Циперус	0,35	0,5
	Вольфія	0,8	0,8
27.10.05	Ряска	0,4	0,3
	Циперус	0,08	0,1
	Вольфія	0,6	0,5
03.11.05	Ряска	0,18	0,16
	Циперус	0,08	0,1
	Вольфія	0,6	0,5

Комплекс макрофітів з мікроорганізмами – дуже потужний та ефективний нагромаджувач забруднювачів.

Зменшення концентрації ГХЦГ у воді за наявності циперусу відбувалося у 6–8 разів, тоді як у ряски малої та вольфії у 4 і 1,5 відповідно. По закінченні експерименту за допомогою газової хроматографії було визначено нагромадження ГХЦГ у вищих водних рослинах, а в циперусі також і в різних органах.

Результати наведено в табл. 2.

Таблиця 2

**Уміст ГХЦГ в макрофітах та їх органах, мкг/кг**

Вид макрофітів	$\alpha$ -ГХЦГ	$\beta$ -ГХЦГ
<i>Wolffia arrhiza</i>	0,004	0,002
<i>Lemna minor</i>	0,003	0,005
<i>Cyperus papyrus</i>	0,06	0,09
Листя та стебла	0,001	0,001
Корінь	0,9	0,3

Таким чином, меншу поглинальну здатність мають вільноплаваючі рослини – ряска та вольфія. У циперусі спостерігається найбільший вміст ГХЦГ, зокрема в коренях.

Функціональну активність вищих водних рослин у водоймі донедавна недооцінювали.

Проведений експеримент свідчить, що знання фізіології вищих водних рослин, особливостей їх метаболізму – наукове підґрунтя раціонального використання та охорони одного з найбільш значущих компонентів водних екосистем – рослинності водойм, що є обов'язковою умовою охорони водойм та природи взагалі.

## Висновки

1. Здатність водних рослин до утилізації та трансформації пестицидів – потужний чинник у загальному процесі біологічного самоочищення водойм.
2. У результаті досліджень встановлено, що вищі водні рослини (вольфія, ряска та циперус) за 30 діб експерименту зменшують концентрацію пестицидів (ГХЦГ) у водному середовищі у 1,5, 4,0, 8,0 разів відповідно.
3. Найбільша поглинальна здатність спостерігалась у циперусі. При цьому максимальна кількість пестициду нагромадилась у корінні.
4. Висока практична цінність вищих водних рослин полягає не тільки в ефекті нагромадження отрутохімікатів та інших токсичних речовин, але й в здатності до їх розкладу на менш токсичні компоненти і в кінцевому випадку до детоксикації.

## Рекомендації

Здатність вищих водних рослин очищати воду від шкідливих речовин сприяє їх використанню як біофільтра. Практично використовувати вищі водні рослини можна здійснюватися в спеціальних інженерних спорудах біоплато. Своєчасне вилучення цих речовин за допомогою прибирання ВВР та компостуванням.

## Література

1. Використання пестицидів в Україні // Гідрогеологічний щорічник. Про стан підземних вод України за 1997 рік. – К.: Геоінформ України, 1997. – С. 140–141.
2. СанПиН 4630-88. Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения. – М., 1988.
3. КНД 211.1.4.054-97. Методика визначення гострої токсичності води на ракоподібних *Daphnia magna* Straus. – К., 1995.
4. Методические указания по определению хлорорганических пестицидов в воде, продуктах питания, кормах и табачных изделиях методом хроматографии в тонком слое. – М.: Госкомитет СССР по стандартам, 1980.
5. Гуцуляк В.М. Медична географія (екологічний аспект). – Чернівці: Рута, 1997. – 72 с.
6. Каган Ю.С. Общая токсикология пестицидов. – К.: Здоров'я, 1981. – 176 с.
7. Пестициди і хімічні засоби їх застосування: Навч. посіб. / М.Д. Євтушенко, Ф.М. Марютін, І.І. Сушко та ін./ За ред. М.Д. Євтушенка, Ф.М. Марютіна. – Х.: Харк. держ. аграр. ун-т ім. В.В. Докучаєва, 2001. – 349 с.
8. Борзилов В.А., Малахов С.Г. Миграция загрязняющих веществ в почвах и сопредельных средах. – Ленинград: Гидрометеоздат, 1988. – 268 с.
9. Куценко С.А. Основы токсикологии. – С. Пб.: Гидрометеоздат, 2002. – 454 с.

Стаття надійшла до редакції 29.06.06.