

## ЕКОЛОГО-ТОКСИКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ЗАБРУДНЕНИХ ІНСЕКТИЦИДАМИ ВОД З ВИКОРИСТАННЯМ ТВАРИННИХ І РОСЛИННИХ ОРГАНІЗМІВ

Верголяс М. Р.

### ВСТУП

Останнім часом інтенсивно розвиваються технології, що здатні синтезувати велику кількість хімічних речовин для боротьби зі шкідниками сільськогосподарських культур. Одними з найнебезпечніших екоотоксикантів для таких цілей вважаються інсектициди – препарати, що застосовуються для боротьби з комахами, які негативно впливають на врожаї. Хоча їхня здатність знищувати шкідників високо оцінена в сільському господарстві, ці речовини мають значний вплив на забруднення навколишнього середовища<sup>1</sup>.

У разі потрапляння в біоценоз інсектициди взаємодіють практично з усіма рослинами, комахами, мікрофлорою, земноводними. У процесі інтеграції та просування по трофічних шляхах хімічні препарати потрапляють у водойми, накопичуються в організмах тварин, птахів і людини<sup>2</sup>.

Застосування хімічних препаратів у підвищених дозах призводить до глибоких змін в обміні речовин. На певному рівні впливу інсектициду рослини не можуть подолати порушення фізіологічних функцій, і наступають незворотні процеси, що негативно впливають на ріст і розвиток, а іноді призводять до їх загибелі. Аналогічний процес проходить у тваринних організмах, а за певних доз інсектициди можуть впливати негативно і на організм людини<sup>3</sup>.

Для біоценозів особливо небезпечний широкий спектр дії інсектицидів, під комплексним впливом яких відбуваються зміни популяційного складу в бік деградації, редукції. При цьому спрощується генетична структура не тільки окремих видів, а й ценозів загалом. Натепер синтезуються все нові види інсектицидів<sup>1</sup> у зв'язку з виникненням резистентності комах до них, це призводить до виникнення нових або навіть невідомих раніше реакцій на деяку дозу препарату.

<sup>1</sup> Мельников Н.Н., Волков Н.Н., Короткова О.А. Пестициды и окружающая среда. М: Химия, 1977. 240 с.

<sup>2</sup> Трахтенберг И.М., Тимофиевская Л.А., Квятковская И.Я. Методы изучения хронического действия химических и биологических загрязнителей: Рига, Зинатис, 1987. 172 с.

<sup>3</sup> Трахтенберг И. Книга о ядах и отравлениях: Киев, «Наукова думка», 2000. 368 с.

На думку екологів, безпечних інсектицидів просто немає: вони вбивають не тільки шкідників, але й безліч корисних видів, причому навіть у тих дозах, які вважаються допустимими і безпечними.

Важливість цієї роботи полягає в тому, що використання великої кількості інсектицидів призводить до серйозного забруднення навколишнього середовища. За допомогою методики біотестування можна швидко і без значних затрат визначити, який саме політант впливає на пригнічення процесів у екосистемі.

### **1. Інсектициди як одна з найнебезпечніших груп екоотоксикантів**

Сьогодні одним з основних методів боротьби з хворобами та шкідниками сільськогосподарських культур залишається застосування пестицидів. Активне використання хімічних речовин у світі розглядається вченими як один із найбільш небезпечних екологічних факторів, що чинять шкідливу дію на рослинний і тваринний світ, людину і в цілому біосфері<sup>4</sup>.

Повна відмова від пестицидів також не реальна через високі втрати врожаїв. Більша частина інсектицидів, що застосовуються для захисту с/г рослин, є екологічно небезпечними і менш ефективними з часом у зв'язку з формуванням резистентності у шкідника в разі багаторазового використання конкретного препарату. Все це вимагає постійного збільшення обсягів і дозування застосовуваних хімічних засобів захисту. Необхідність контролю ступеня впливу на ґрунтову біоту агроценозу усвідомлена всіма. Ступінь екологічної небезпеки препаратів для ґрунтової біоти агроценозу базується на нормах застосування і ступенях персистентності інсектицидів<sup>5</sup>. З ґрунту вони проникають в корені і бульби, а також в ґрунтові води і водойми, де поглинаються водними організмами, накопичуються в них. Через ланцюги живлення названі сполуки надходять в організм теплокровних тварин і людини, де відбувається поступове їх накопичення в жирових відкладеннях.

На початку 1950-х рр. почалося промислове виробництво і застосування інсектицидів з групи органічних сполук фосфору, що володіють кишково-контактною дією. Згодом були відкриті системні препарати, що відрізняються достатньою вибірковістю<sup>6</sup>.

### **2. Токсичний вплив діючих речовин інсектицидів на біогеоценози**

Екологічна активність інсектицидів залежить від характеру екосистеми (цілої або її частини), а також від фізико-хімічних властивостей використовуваних препаратів.

<sup>4</sup> Трахтенберг И. Книга о ядах и отравлениях: Киев, «Наукова думка», 2000. 368 с.

<sup>5</sup> Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении / Орлов Д.С. и др. М.: Высш. шк., 2002. 334 с.

<sup>6</sup> Мельников Н.Н., Волков Н.Н., Короткова О.А. Пестициды и окружающая среда. М: Химия, 1977. 240 с.

Несприятливий вплив інсектицидів на окремі популяції виражається в знищенні корисних організмів (здебільшого комах-запилувачів і ентомофагів), а отже, в порушенні стабільності екосистеми з подальшим розмноженням небажаних для людини видів. Тривалий час у сільському господарстві як хімічні засоби захисту рослин застосовувалися переважно неорганічні інсектициди, що містять миш'як, фтор, ртуть, котрі мають надзвичайно високу токсичність<sup>7</sup>. Разом із тим інсектициди цього класу не дуже здатні накопичуватися в організмі й досить швидко розкладаються в умовах зовнішнього середовища. Більш значні порушення в біогеоценозах відзначаються в разі систематичного застосування стійких високотоксичних пестицидів, головню хлорорганічних сполук. Значні збитки природному середовищу надають інсектициди ще в таких аспектах, як пошкодження культурних рослин, зміни у складі мікрофлори, загибель ссавців, птахів, риб.

Інсектициди, маючи певну стійкість, не тільки накопичуються в ґрунті, воді, продуктах харчування, але й беруть участь у кругообігу речовин<sup>8</sup>.

Залишки пестицидів у навколишньому середовищі можуть поглинатися рослинами або тваринними організмами, які у свою чергу споживаються більшими тваринами, в котрих концентрація пестицидів зростає. Це веде до накопичення їх в їжі й до подальшого споживання людиною<sup>9</sup>. Циркуляція пестицидів може відбуватися за такими схемами:

- 1) повітря – ґрунт – рослини – трав'яниста тварина – людина;
- 2) ґрунт – вода – зоопланктон – риба – людина<sup>10</sup>.

Мірою токсичності інсектицидів для різних організмів є доза – кількість інсектициду, що викликає певний ефект. Дозу виражають в одиницях маси інсектициду по відношенню до одиниці маси комахи (в міліграмах на 1 кг).

Розрізняють дози порогові, летальні і сублетальні. Порогова доза – найменша кількість речовини, що викликає зміни в організмі за відсутності зовнішніх ознак отруєння. Летальна доза – найменша кількість отрути, що викликає в певних умовах загибель об'єкта. Сублетальна доза – доза речовини, яка викликає порушення життєдіяльності організму без смертельного результату.

Певний вплив інсектициди чинять на ґрунтову мікрофлору і мікрофауну. У результаті цього може відбутися або посилення, або

---

<sup>7</sup> Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование / Мелехова О.П. и др.; под ред. О.П. Мелеховой и Е.И. Егоровой. М.: Издательский центр «Академия», 2007. 288 с.

<sup>8</sup> Федоров Л.А., Яблоков А.В. Пестициды – удар по биосфере и человеку. М.: Наука, 1999. 462 с.

<sup>9</sup> Яблоков А.В. О недооценке отрицательных последствий применения пестицидов и о важности разработки иных путей развития сельского хозяйства. Пушино, 1988. 100 с.

<sup>10</sup> Матвеева Р.А. Экологическая оценка миграции пестицидов в природных средах. М.: Колос, 1982. 126 с.

послаблення процесів утворення в ґрунті резерву доступних рослинні поживних речовин, структуроутворення ґрунту, що загалом впливає на його родючість<sup>11</sup>.

### **3. Способи пом'якшення негативної дії пестицидів на довкілля**

Частка хімічних засобів захисту рослин у забрудненні навколишнього середовища порівняно невелика, однак ці речовини в кілька разів більш токсичні, рівномірно розподіляються по земній поверхні, в більшій мірі забруднюють продукти харчування.

Захист навколишнього середовища від забруднення отрутохімікатами важливо здійснювати в декількох напрямках. По-перше, необхідно правильно застосовувати наявні у виробництві хімічні препарати; по-друге, створювати і використовувати пестициди, малотоксичні для людини, теплокровних тварин, риб та інших тварин; по-третє, вдосконалювати способи застосування пестицидів з метою зменшення витрат препаратів та скорочення оброблюваних площ, по-четверте, використовувати екологічно безпечні методи боротьби зі шкідливими організмами<sup>12</sup>.

Дотримання регламенту застосування пестицидів у ряді випадків здатне запобігти прямому отруєнню населення і навколишнього середовища. У місцях роботи з пестицидами і на прилеглих до них ділянках, куди можуть бути випадково занесені частинки препаратів, необхідно встановлювати попереджувальні знаки. Не допускається згодовування худобі зеленої маси, скошеної поблизу оброблюваних ділянок, а також випас худоби на них.

Слід по можливості виключати хімічні обробки по квітучій рослинності, вдаватися до спеціальних заходів обережності в районах розміщення пасік для попередження загибелі бджіл. Рекомендується використання найменш токсичних інсектицидів<sup>13</sup>. Але, як ми вже переконалися, абсолютно безпечних інсектицидів людиною ще не створено.

Ведуться розроблення принципово нових апаратів для внесення пестицидів у середовище проживання шкідників культурних рослин. До них відносяться електростатичні, контактні, тунельні (рециркуляційні) обприскувачі. Застосування таких обприскувачів дозволяє: значно зменшити забруднення природного середовища за рахунок вирішення

---

<sup>11</sup> Проданчук М.Г., Великий В.І., Кучак Ю.А. Методологічні підходи до оперативної екогігієнічної оцінки асортименту та обсягів застосування пестицидів у сільському господарстві України. *Довкілля та здоров'я*. 2003. № 1. С. 75–78.

<sup>12</sup> Мотузова Г.В., Карпова Е.А. Химическое загрязнение биосферы и его экологические последствия. М.: Изд-во МГУ, 2013. 304 с.

<sup>13</sup> Врочинский К.К., Маковский В.Н. Применение пестицидов и охрана окружающей среды. Киев: Вища школа, 1979. 208 с.

проблеми знесення пестицидів, зменшити витрату отрутохімікатів, поліпшити контакт пестициду з оброблюваною рослиною<sup>14</sup>.

#### **4. Застосування методів біотестування для екологічного моніторингу інсектицидів**

Біотестування являє собою комплекс різних підходів для оцінки стану різних організмів, що знаходяться під впливом комплексу як природних, так і антропогенних факторів. Фундаментальним показником їх стану є ефективність фізіологічних процесів, що забезпечують нормальний розвиток організму. В оптимальних умовах організм реагує на вплив середовища за допомогою складної фізіологічної системи буферних гомеостатичних механізмів. Ці механізми підтримують оптимальне протікання процесів розвитку. Під впливом несприятливих умов механізми підтримки гомеостазу можуть бути порушені, що призводить до стану стресу. Такі порушення можуть відбуватись до появи змін звичайно використовуваних параметрів життєдіяльності. Таким чином, методологія біотестування, заснована на дослідженні ефективності гомеостатичних механізмів, дозволяє вловити присутність стрес-фактору раніше, ніж багато методів, які використовуються зазвичай.

Цей метод передбачає використання в контрольованих умовах біологічних об'єктів як засіб виявлення сумарної токсичності середовища<sup>15</sup>. Біотестування являє собою методичний прийом, оснований на оцінці дії фактора середовища, в тому числі й токсичного, на організм, його окрему функцію або систему органів і тканин<sup>16, 17</sup>.

Крім вибору біотеста, істотну роль відіграє вибір тест-реакції – того параметра організму, який вимірюється під час тестування. Найбільш інформативними є інтегральні параметри, що характеризують загальний стан живої системи відповідного рівня. Для окремих організмів до інтегральних параметрів зазвичай відносять характеристики виживаності, росту, народжуваності, тоді як фізіологічні, біохімічні, гістологічні та інші параметри відносять до приватних. Для популяцій інтегральними параметрами є чисельність і біомаса, а для екосистем – характеристики видового складу, активності продукції і деструкції органічної речовини.

Зі збільшенням інтегральності тест-реакції підвищується «екологічний реалізм» тесту, але зазвичай знижуються його оперативність і

---

<sup>14</sup> Логвиновский В.Д. Пестициды. Современные проблемы природоиспользования. Воронеж, 2003. 32 с.

<sup>15</sup> Ляшенко О.А. Биоиндикация и биотестирование в охране окружающей среды: учебное пособие. СПб ГТУРП. СПб., 2012. 67 с.

<sup>16</sup> Никифоров В.В., Штрбова Э.Д. Биотестирование в системе гидроэкологического мониторинга. *Екологічна безпека*. № 1. 2001. С. 31-35.

<sup>17</sup> Верголяс М.Р. Визначення токсичної вплив гербіцидів на тест-організми у воді. *Екологічні науки ДЕА*, 2019. № 26. С. 84-87.

чутливість. Функціональні параметри виявляються більш лабільними, ніж структурні, а параметри клітинного і молекулярного рівнів програють відносно екологічної інформативності, але виграють у відношенні чутливості, оперативності та відтворюваності<sup>18</sup>.

Для того щоб бути придатними для вирішення комплексу сучасних завдань, методи біотестування, використовувані для оцінки середовища, повинні відповідати таким вимогам: бути застосовними для оцінки будь-яких екологічних змін середовища проживання живих організмів; характеризувати найбільш загальні й важливі параметри життєдіяльності біоти; бути досить чутливими для виявлення навіть початкових екологічних змін; бути адекватним і для будь-якого виду живих істот, і будь-якого типу впливу; бути зручними не лише для лабораторного моделювання, але також і для досліджень у природі; бути досить простими і не занадто дорогими для широкого використання<sup>19, 20</sup>.

Однією з найбільш важливих вимог під час оцінки стану середовища є чутливість застосовуваних методів. Потреба в таких методах особливо зростає нині, коли в силу підвищеної уваги до проблем охорони природи і у зв'язку з розвитком природоохоронних заходів стає необхідним оцінювати не тільки вже незворотні зміни в середовищі, але й незначні відхилення, коли ще можливо повернути систему в нормальний стан<sup>21</sup>.

Інша важлива вимога – універсальність як у відношенні фізичного, хімічного або біологічного оцінюваного впливу, так і типу екосистем і виду живих істот, по відношенню до яких така оцінка проводиться. Причому це необхідно як відносно окремих агентів, так і кумулятивного впливу будь-якого їх поєднання (включаючи весь комплекс як антропогенних, так і природних факторів)<sup>22, 23</sup>.

Серед можливостей застосування підходів біотестування слід відзначити їх придатність у моніторингу районів з інтенсивним розвитком промисловості та сільського господарства. Крім того, біотестування дозволяє провести сканування великих просторів з метою ранньої діагностики екологічних порушень. У даному випадку достатньо обмежитися найбільш простими, але ефективними методами,

---

<sup>18</sup> Методические рекомендации по биотестированию природных, сточных вод и отдельных загрязняющих веществ. М.: ВНИРО, 1982. 117 с.

<sup>19</sup> Никифоров В.В., Штрбова Э.Д. Биотестирование в системе гидроэкологического мониторинга. *Екологічна безпека*. № 1. 2001. С. 31–35.

<sup>20</sup> Верголяс М.Р. Визначення токсичної вплив гербіцидів на тест-організми у воді. *Екологічні науки ДЕА*, 2019. № 26. С. 84–87.

<sup>21</sup> Vergolyas M. Safety analysis of drinking water on the test-organisms. *Біоресурси і природокористування*. 2019. Т. 11. № 3–4. URL: <https://docs.google.com/viewerng/viewer?url=http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Bio/article/viewFile/bio2019.03.004/11350>

<sup>22</sup> Никифоров В.В., Штрбова Э.Д. Биотестирование в системе гидроэкологического мониторинга. *Екологічна безпека*. № 1. 2001. С. 31–35.

<sup>23</sup> Методические рекомендации по биотестированию природных, сточных вод и отдельных загрязняющих веществ. М.: ВНИРО, 1982. 117 с.

заснованими, наприклад, на морфологічних або фізіологічних показниках.

Комплексна оцінка якості середовища проживання, крім використання різних підходів і тест-об'єктів біотестування, передбачає організацію спостережень за всіма природними середовищами, насамперед за повітряними, водними та ґрунтовими компонентами біосфери<sup>24</sup>.

### **5. Дослідження, що описують, як використання інсектицидів відбивається на об'єктах навколишнього середовища**

Під час проведення інструментальних, найчастіше досить дорогих методів досліджень стану навколишнього середовища (газова, газорідинна і високоефективна рідинна хроматографія), що дають якісну оцінку, важливий моніторинг забруднення біогеоценозів інсектицидами шляхом спостереження за видовим спектром і динамікою живих організмів. Різноманітність видового складу і висока біомаса дозволяють зібрати статистично достовірний матеріал на невеликих виробничих ділянках.

Вчені з Центру досліджень навколишнього середовища імені Гельмгольца (Німеччина) описують, як використання інсектицидів відбивається на безхребетних, пов'язаних із річками, струмками та іншими поточними прісноводними водоймами (тут маються на увазі не тільки суто водні види, а й ті, в яких лише частина життя проходить під водою, наприклад, бабки).

Такі дослідження вже проводилися, але екологи вперше спробували оцінити зміни в біорізноманітності на досить великій території. Вони перевірили, як почують себе хребетні в шістдесяти трьох струмках і річках на території Німеччини, Франції та Австралії. Всі водойми були розділені на три категорії: 1) незабруднені; 2) слабкозабруднені і 3) сильнозабруднені. У водах категорії № 3 безхребетних виявилося на 42% (Європа) і на 27% (Австралія) менше, ніж у незабруднених<sup>25</sup>.

Екологи наголошують, що біорізноманіття знижувалося навіть у тому випадку, якщо рівень забруднення зізнавався наглядними органами допустимим. А це означає, що треба або переглянути діючі норми, або визнати, що безпечних доз інсектицидів просто не буває.

Популярності у всьому світі протягом останніх двох десятиліть набули неонікотиноїди, оскільки вважалися менш шкідливими для людини і навколишнього середовища, ніж ті хімічні речовини, що використовувалися для дезінсекції раніше. Проте все більше число

---

<sup>24</sup> Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование / Мелехова О. П. и др.; под ред. О.П. Мелеховой и Е.И. Егоровой. М.: Издательский центр «Академия», 2007. 288 с.

<sup>25</sup> Николенко А.Г., Амирханов Д.В. Сравнительная оценка опасности инсектицидов из разных классов химических веществ для коллембол и полезной энтомофауны в лабораторных и полевых условиях. *Агрехимия*. 1992. С. 117–125.

наукових робіт пов'язує використання цих речовин із радикальним зменшенням чисельності бджіл по всьому світу.

У квітні 2013 р. Європейський союз ввів дворічний мораторій на застосування декількох типів подібних хімічних речовин. Представники ЄС заявили про своє побоювання з приводу двох типів неонікотиноїдів – імідаклоприду та ацетаміприду. Швидше за все, вони здатні вплинути на нервову систему людини, що розвивається.

Було запропоновано знизити допустимий рівень цих речовин на час проведення подальших досліджень. Таке рішення було засноване на дослідженнях, проведених на щурах. Раніше перевірки на свавцях не проводилися, оскільки вважалося, що подібні хімікати впливають лише на ацетилхолінові рецептори комах<sup>26</sup>.

Однак в одній з останніх робіт вчені перевіряли вплив імідаклоприду на молодих гризунах, і виявилось, що він викликає зменшення мозку, втрату ваги і зниження рухливості. Неонікотиноїди можуть негативно вплинути на розвиток нейронів і структур мозку, пов'язаних з функціями навчання і пам'яті<sup>27</sup>.

В іншій статті Дейв Гулсон з Університету Стірлінга (Великобританія) звертає увагу на те, що ці речовини також знищують гнойових хробаків (один із видів дощових черв'яків). Грунтові черв'яки є корисними тваринами, але оскільки на полі використовуються неонікотиноїди, земля ризикує залишитися без них: інсектициди мають властивість накопичуватися і вбивати тих, у чий шлунок вони потрапляють<sup>28</sup>. Гнойові черв'яки, до речі, не єдині жертви – сірі куріпки гинуть, з'ївши всього п'ять рослинних насінин, оброблених неонікотиноїдами.

Досліди на тваринах показали, що імідаклоприд спричиняє патології розвитку скелета в ембріонів. У нього не виявлено канцерогенних властивостей, однак ці речовини гепатотоксичні і здатні пошкоджувати щитовидну, підшлункову і деякі інші залози. У щурів за хронічного вживання імідаклоприду знижується згортання крові, причому цей ефект зберігається протягом тривалого часу.

Імідаклоприд токсичний для бджіл та джмелів. Згідно з дослідженнями, постійний вплив цих речовин знижує виживання джмелиних маток. Передбачається, що неонікотиноїди сприяють виникненню синдрому руйнування колоній, за якого робочі бджоли рою

---

<sup>26</sup> Beketov M.A. Comparative sensitivity to insecticides deltamethrin and esfenvalerate of several aquatic insects (Ephemeroptera and Odonata) and *Daphnia magna*. *Russian Journal of Ecology*. 2004. P. 200-204.

<sup>27</sup> Николенко А.Г., Амирханов Д.В. Сравнительная оценка опасности инсектицидов из разных классов химических веществ для коллембол и полезной энтомофауны в лабораторных и полевых условиях. *Агрохимия*. 1992. С. 117–125.

<sup>28</sup> Vergolyas M. Safety analysis of drinking water on the test-organisms. *Біоресурси і природокористування*. 2019. Т. 11. № 3–4. URL: <https://docs.google.com/viewerng/viewer?url=http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Bio/article/viewFile/bio2019.03.004/11350>



несподівано й одночасно залишають вулик. Механізми такої дії імідаклоприду досі не встановлені. Відомо, що бджоли піддаються впливу цих інсектицидів під час контактів з нектаром або пилюком оброблених рослин.

## 6. Використання інсектицидів у роботі

Імідаклоприд – представник хімічного класу неонікотиноїдів. У роботі розглянуто вплив інсектицидів хімічного класу неонікотиноїди на прикладі препарату «Імідаклоприд». Його хімічна формула –  $C_9H_{10}ClN_5O_2$ . За способом проникнення в організм комахи – це контактний і системний пестицид. Його використовують під час обробки насіння (протравлювання), за допомогою обприскування. ГДК цієї речовини у водоймах дорівнює  $0,03 \text{ мг/дм}^3$ , а в ґрунті –  $0,1 \text{ мг/кг}$ .

Дія на шкідливі організми полягає в тому, що препарат, як й інші неонікотиноїди, зв'язується з постсинаптичними нікотиновими ацетилхоліновими рецепторами центральної нервової системи комах, у результаті чого в них розвиваються паралічі і конвульсії, що призводять їх до загибелі. Ефект впливу спостерігається через 3–5 днів після обробки. Діюча речовина проявляє високу залишкову активність.

Дослідження резистентності препарату за його механізмом дії виключають виникнення цієї проблеми.

Завдяки трансламінарним і системним властивостям інсектициди на основі імідаклоприду можна застосовувати для обробки бульб. Це дозволяє захистити рослини, починаючи з періоду сходів, навіть у разі раннього заселення їх шкідниками. Діюча речовина має високу стійкість у ґрунті, період напіврозпаду становить до 100 днів. Зникнення з ґрунту і водойм відбувається в основному через фотоліз. Швидкість фотолізу зростає за високої вологості ґрунту і високої інсоляції.

Імідаклоприд середньотоксичний для теплокровних тварин і людини; високотоксичний для бджіл. Ефективність його не залежить від температури. Вченими встановлено, що діюча речовина надає загальнотоксичну дію на організми тварин з переважним впливом на стан печінки. Це проявлялося у вигляді зменшення споживання води, зниження приросту маси тіла, в плазмі відзначалося незначне підвищення холестерину, в печінці – цитохрому Р-450, збільшення її маси. За гострого отруєння діючою речовиною виникає утруднене дихання, загальмовані рухи, незначний тремор, хитка хода, звуження очних щілин.

Препарати на основі імідаклоприду відносяться до 3 класу небезпеки для людини і 1 класу небезпеки для бджіл.

## 7. Дослідження інгібіторів синтезу хітину

Препарат «Люфенурон» відноситься до так званих інгібіторів синтезу хітину, тобто блокаторів утворення хітину в комах. Його хімічна формула –  $C_{17}H_8Cl_2F_8N_2O_3$ . Також він відноситься до кишково-контактних пестицидів. Потрапляє в середовище під час обприскування шкідників сільського господарства. ГДК у водоймах –  $0,005 \text{ мг/дм}^3$ , тоді як у ґрунті вона становить  $0,1 \text{ мг/кг}$ .

Люфенурон – інсектицид широкого спектру дії, особливо активний проти видів *Heliothis*, що володіє підвищеною ларвіцидною і контактною овіцидною активністю. Потрапляє в організм комах з їжею і призводить до припинення линьок і харчування личинок. Може діяти і трансваріально. Як й інші представники групи інгібіторів синтезу хітину, перешкоджає процесу генерації епідермісу комах. У разі попадання речовини в організм комах вона гине в періоди зміни епідермісу через нездатність перетворення в дорослу особину. Під впливом люфенурону порушується процес утворення хітину, який становить основну речовину зовнішнього скелета комах.

В аеробних умовах в біологічно активних ґрунтах люфенурон розкладається швидко – період напіврозпаду становить 13–20 днів. Діюча речовина нетоксична для ґрунтових мікроорганізмів, птахів, диких тварин, земляних черв'яків, бджіл; токсична для дафній. Також деякі дослідження встановлюють, що люфенурон токсичний для корисних комах, але для людини загроза є мінімальною. Гостра пероральна токсичність для щурів і мишей  $LD_{50} > 2000 \text{ мг/кг}$ ; гостра дермальна токсичність для щурів  $LD_{50} > 2000 \text{ мг/кг}$ . На шкіру і слизову оболонку очей кролика люфенурон дратівної дії не надає.

Зареєстровані препарати на основі діючої речовини «Люфенурон» відносяться до 3 класу небезпеки для людини і 3 класу небезпеки для бджіл.

## 8. Біотестування гербіцидів на організменному та молекулярному рівнях

Під час проведення біотестування було використано такі тест-об'єкти: цибуля ріпчаста (*Allium cepa*); пшениця (*Triticum*) періодафнія (*Ceriodaphnia affinis*); гідра (*Hydra attenuata*); риби (гупі (*Poecilia reticulata*) та даніо (*Danio rerio*).

Використання рослин тест-об'єктів – пшениці та цибулі – для визначення шкідливого впливу інсектицидів. Для експрес-оцінки впливу інсектициду визначаємо довжину корінця цибулі ріпчастої та його масу у співвідношенні до контролю. Готуємо розчин з концентрацією інсектициду  $0,02$ ;  $0,03$ ;  $0,04 \text{ мг/дм}^3$ . За таблицею 1 наведено результати дослідження.

Також визначаємо кількість мікроядер, двоядерних клітин та мітотичний індекс. Результати дослідження дають змогу визначити, що з підвищенням концентрації інсектициду у водному розчині всі показники експрес-оцінки зменшувались у лінійній залежності, тоді як дефекти на клітинному рівні зростали.

Різниця між найбільшою концентрацією (0,04 мг/дм<sup>3</sup>) та контрольними зразками є суттєвою, вона зменшується майже на 75%. Враховуючи, що вже за коцентрації 0,02 мг/дм<sup>3</sup> інсектицид починає впливати на рослину, то за концентрації ГДК він значно пригнічує живий організм.

Таблиця 1

**Показники впливу різних концентрацій імідаклоприду на довжину корінця та формування клітин цибулі ріпчастої**

Досліджувана концентрація	Довжина корінця (мм)	Вага (г)	Мітотичний індекс	Мікроядра	Подвійні ядра
Контроль	37,91	0,52	192	0	0
№ 1 – 0,02 мг/дм <sup>3</sup>	27,64 (-27%)	0,41(-21%)	145(-24%)	2	2
№ 2 – 0,03 мг/дм <sup>3</sup>	10,78 (-72%)	0,15(-71%)	115(-40%)	4	5
№ 3 – 0,04 мг/дм <sup>3</sup>	9,32 (-75%)	0,15(-71%)	108(-44%)	4	5

Аналогічно для визначення негативного впливу використовуємо пшеницю, готуємо серію таких же розчинів і залишаємо рослину на 96 годин, тобто визначаємо гостру токсичність.

У таблиці 2 приведені дані експрес-оцінки – довжина та маса корінців.

Таблиця 2

**Ріст пшениці звичайної в забрудненому інсектицидом «Імідаклоприд» середовищі у відношенні до контролю**

Досліджувана концентрація	Довжина (мм)	Вага (г)
Контроль	51,65	0,28
№ 1 – 0,02 мг/дм <sup>3</sup>	41,61 (-19%)	0,22 (-21%)
№ 2 – 0,03 мг/дм <sup>3</sup>	32,58 (-37%)	0,16 (-43%)
№ 3 – 0,04 мг/дм <sup>3</sup>	28,94 (-44%)	0,15 (-46%)

З даних таблиці спостерігається лінійна залежність між концентрацією імідаклоприду та показниками росту рослини – у разі збільшення дози інсектициду зменшується довжина та вага корінців. Можемо зробити висновок, що спостерігається чітка лінійна залежність «доза-реакція».

## 9. Використання тваринних організмів

### у дослідженнях забруднення екосистем хімічними препаратами

Для дослідження впливу інсектицидів на тваринні організми використовували таку ж саму концентрацію імідаклоприду, як і у визначенні стійкості рослинних організмів. Такий діапазон використовувався, тому що його розширення є недоцільним, адже вже за досягнення концентрацій ГДК можна спостерігати смертність біоти. Показники експрес-аналізу наведені в таблиці 3.

Таблиця 3

### Аналіз токсичності інсектициду «Імідаклоприд» на прикладі представників різних таксономічних категорій тварин

	Контроль	0,02 мг/дм <sup>3</sup>	0,03 мг/дм <sup>3</sup>	0,04 мг/дм <sup>3</sup>
Церіодафнія	100%	90%	90%	80%
Гідра	100%	100%	85%	58%
Риба	100%	100%	90%	90%

Під час дослідження найменш стійкою до дії пестициду виявилась гідра, що за збільшення концентрації імідаклоприду до 0,04 мг/дм<sup>3</sup> показала відсоток виживання 58%. Найвищу стійкість показали риби, за рахунок того, що їхній організм є складнішим, ніж в інших представників експерименту.

За найвищої концентрації 0,04 мг/дм<sup>3</sup> тест-об'єкти показали такий відсоток виживання: церіодафнія – 80%, гідра – 58%, риби – 90%. Отже, за таких концентрацій інсектициду можливе виживання тваринних організмів.

## ВИСНОВКИ

У роботі визначався шкідливий вплив на показники життєдіяльності тваринних та рослинних тест-об'єктів за допомогою біотестування. Для дослідження було вибрано інсектицид системної дії з класу неонікотиноїдів – імідаклоприд, а об'єктами використовувались цибуля ріпчаста, пшениця, риби, гідра та дафнія. Визначали відсоток виживання тваринних організмів, довжину корінця рослин та проводили мікроядерні тести.

Було проведено експеримент на хронічну токсичність, в ході якого використовувались розчини з імідаклопридом концентрацією 0,02; 0,03; 0,04 мг/дм<sup>3</sup>. Нагадаємо, що ГДК у водному середовищі даного інсектициду дорівнює 0,02 мг/дм<sup>3</sup>.

Виявлено, що імідаклоприд пригнічував показники життєдіяльності всіх вивчених тварин. Чутливість до нього підвищувалась в ряду: риби <

періодафнія < гідра. Гідра в цьому експерименті виявилась найчутливішим тваринним організмом, оскільки відсоток її виживання знизився до 58%, причому ефект спостерігався в лінійній залежності. Найвищу стійкість показали риби, тому що їхній організм є складнішим, ніж в інших представників експерименту.

Під час проведення досліджень на цибулі та пшениці виявилось, що за збільшення дози інсектициду зменшується довжина та вага корінців. Такі результати дають змогу сказати, що в даному експерименті спостерігається чітка залежність «доза – реакція».

Отже, проведений комплекс досліджень дозволив виявити різноспрямовану реакцію на дію інсектициду імідаклоприд рослинних та тваринних організмів у концентраційному діапазоні від 0,02 до 0,04 мг/дм<sup>3</sup>. Отримані результати можуть бути використані для оцінки токсичності забруднених інсектицидами вод.

## АНОТАЦІЯ

Одним з основних методів боротьби з хворобами та шкідниками сільськогосподарських культур залишається застосування пестицидів. Використання хімічних речовин у світі розглядається як один із найбільш небезпечних екологічних факторів, що чинять шкідливу дію на рослинний і тваринний світ, людину і в цілому біосферу. У монографії наведено теоретичне узагальнення та практичне вирішення наукового завдання щодо методів контролю токсичного впливу пестицидів на живі організми та рослини, зокрема водну сферу. У роботі розглянуто вплив інсектицидів хімічного класу на тест-об'єкти рослинного та тваринного походження за допомогою біотестування. Дослідження показали, що інсектицид пригнічував показники життєдіяльності всіх вивчених тварин, навіть за ГДК (0,02 мг / дм<sup>3</sup>) у водному середовищі.

Одержані результати можуть бути використані для екоотоксикологічної оцінки токсичності забрудненого інсектицидами водного середовища.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Мельников Н.Н., Волков Н.Н., Короткова О.А. Пестициды и окружающая среда. Москва : Химия, 1977. 240 с.
2. Трахтенберг И.М., Тимофиевская Л.А., Квятковская И.Я. Методы изучения хронического действия химических и биологических загрязнителей. Рига : Зинатис, 1987. 172 с.
3. Трахтенберг И. Книга о ядах и отравлениях: Киев : «Наукова думка», 2000. 368 с.
4. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении / Д.С. Орлов и др. Москва : Высш. шк., 2002. 334 с.

5. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование / О.П. Мелехова и др. ; под ред. О.П. Мелеховой, Е.И. Егоровой. Москва : Издательский центр «Академия», 2007. 288 с.
6. Федоров Л.А., Яблоков А.В. Пестициды – удар по биосфере и человеку. Москва : Наука, 1999. 462 с.
7. Яблоков А.В. О недооценке отрицательных последствий применения пестицидов и о важности разработки иных путей развития сельского хозяйства. Пущино, 1988. 100 с.
8. Матвеева Р.А. Экологическая оценка миграции пестицидов в природных средах. Москва : Колос, 1982. 126 с.
9. Проданчук М.Г., Великий В.І., Кучак Ю.А. Методологічні підходи до оперативної екогігієнічної оцінки асортименту та обсягів застосування пестицидів в сільському господарстві України. *Довкілля та здоров'я*. 2003. № 1. С. 75–78.
10. Мотузова Г.В., Карпова Е.А. Химическое загрязнение биосферы и его экологические последствия. Москва : Изд-во МГУ, 2013. 304 с.
11. Врочинский К.К., Маковский В.Н. Применение пестицидов и охрана окружающей среды. Киев : Вища школа, 1979. 208 с.
12. Логвиновский В.Д. Пестициды. Современные проблемы природо-использования. Воронеж, 2003. 32 с.
13. Ляшенко О.А. Биоиндикация и биотестирование в охране окружающей среды : учебное пособие. Санкт-Петербург : ГТУРП, 2012. 67 с.
14. Никифоров В.В., Штрбова Э.Д. Биотестирование в системе гидроэкологического мониторинга. *Екологічна безпека*. 2001. № 1. С. 31–35.
15. Верголяс М.Р. Визначення токсичної вплив гербіцидів на тест-організми у воді. *Екологічні науки ДЕА*, 2019. № 26. С. 84–87.
16. Методические рекомендации по биотестированию природных, сточных вод и отдельных загрязняющих веществ. Москва : ВНИРО, 1982. 117 с.
17. Vergolyas M. Safety analysis of drinking water on the test-organisms. *Біоресурси і природокористування*. 2019. Т.11. № 3–4. URL: <https://docs.google.com/viewerng/viewer?url=http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Bio/article/viewFile/bio2019.03.004/11350>
18. Николенко А.Г., Амирханов Д.В. Сравнительная оценка опасности инсектицидов из разных классов химических веществ для коллембол и полезной энтомофауны в лабораторных и полевых условиях. *Агрехимия*. 1992. С. 117–125.

19. Beketov M.A. Comparative sensitivity to insecticides deltamethrin and esfenvalerate of several aquatic insects (Ephemeroptera and Odonata) and *Daphnia magna*. *Russian Journal of Ecology*. 2004. P. 200–204.

**Information about author:**

**Vergolias M. R.,**

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor,  
Head of the Department of Fundamental Disciplines  
with a Course of Pharmacology  
International Academy of Ecology and Medicine  
121, Kharkiv highway, Kiev, 02000, Ukraine