

Р. В. Петрук¹
Н. М. Кравець¹
Г. Д. Петрук²
Р. Д. Крикливий²

МОДИФІКОВАНИЙ МЕТОД ЕКОТОКСІВ ДЛЯ ІНТЕГРАЛЬНОГО ОЦІНЮВАННЯ ПОТЕНЦІЙНОЇ ЕКОЛОГІЧНОЇ НЕБЕЗПЕКИ СУЧАСНИХ ПЕСТИЦИДНИХ ПРЕПАРАТІВ

¹Вінницький національний технічний університет;

²Вінницький державний педагогічний університет ім. Михайла Коцюбинського

Проблема пестицидного забруднення усіх прошарків біосфери залишається гострою не тільки в Україні, але й у всьому світі. При цьому пестициди та їх препарати (ПП) є небезпечно токсичними речовинами, «їхні сполуки чи суміші речовин, що мають хімічний чи біологічний склад, головним призначенням яких є знищення, регуляція і припинення росту шкідливих організмів, а також гризунів, бур'янів, деревної, чагарникової рослинності, засмічуючих видів риб» [1]. Внаслідок дії таких організмів вражаються рослини, тварини, людський організм, а також завдаються значні збитки. Тобто це хімічні сполуки, які застосовуються для захисту рослинних насаджень і сільськогосподарських продуктів, та для боротьби з переносниками небезпечних хвороб. Проте всі вони, або абсолютна їх більшість є токсичними і становлять значну небезпеку для людини і довкілля. Тому необхідно розробити такий спрощений і універсальний, але водночас, ефективний метод градації за ступенем їхньої токсичності.

Суть модифікованого методу екотоксів полягає у тому, що такий метод розрахунків має передбачати основні токсикологічні параметри виявленої в довіллі хімічної речовини та показники самовільного розщеплення (розкладання) сполуки у певному середовищі.

В світі використовуються тисячі торгових марок пестицидів від багатьох виробників. Постійно розробляються нові ефективніші пестицидні суміші, які реєструються в Україні. Проте діючих речовин пестицидів відносно небагато. Загальновідомою є небезпека для довкілля та здоров'я людини від використання пестицидів, проте малодослідженими є залежності залишкової активності пестицидів об'єктах довкілля.

Актуальність: при використанні пестицидів основним параметром безпеки вважається ЛД50 на щурах чи інших теплокровних. Проте для визначення токсичності не враховуються такі показники як час впливу чи об'єми внесення пестицидів. Досить часто дуже токсичні пестициди досить швидко розкладаються в ґрунті і навпаки, малотоксичні пестициди отруюють довкілля протягом довгих місяців чи навіть років.

Хоча й існує велика кількість запатентованих торгових марок пестицидів, їхній хімічний склад відрізняється не так суттєво. Однакові за складом пестицидні препарати патентуються під різними назвами для отримання прибутків без сплати патентовласнику відсотків і, відповідно, для отримання додаткових прибутків. Зазвичай діюча речовина у пестицидів різних виробників може бути аналогічною. Відмінними є співвідношення діючої речовини до розчинника, кількість і склад розчинників, суміш в певному співвідношенні декількох діючих речовин пестицидів. Подані торгові назви пестицидів, які використовуються в Україні та поставляються міжнародними гігантами хімічного виробництва.

Ключові слова: пестициди, екотокс, токсичність, екологічна безпека.

Вступ

У світовій практиці в наш час виготовляється понад 10 тис. найменувань ПП. Науково-практична проблема полягає у тому, щоб знайти метод, який допоможе серед цієї велетенської кількості типоміналів ПП виокремити ті, які є найприйнятнішими і екологічно безпечними для застосування у сільськогосподарському виробництві, зокрема, за ступенем їх токсичності для

всього живого. Для цього введено поняття екотоксу і розроблені відповідні методики його розрахунку в контексті відносної токсичності пестицидів [2]—[7].

Мета роботи полягає у розробленні модифікованого методу і відповідних методик розрахунку потенційної екологічної небезпеки сучасних пестицидних препаратів.

Результати дослідження

Як відомо, пестициди класифікуються за різними ознаками і насамперед за об'єктом дії, а саме: гербіциди — для боротьби з бур'янами; інсектициди — проти комах; акарициди — проти кліщів; фунгіциди — проти грибків, — та ще декілька інших класів цих речовин.

Зрозуміло, що всі ці класи ПП є тою чи іншою мірою токсичними для екосистем. Небезпека пестицидів для довкілля зумовлена їхнім впливом на сільгоспугіддя, тобто персистентністю, можливістю міграції, стійкістю, залежністю від рН-середовища тощо. Також токсичність ПП залежить від: виду активної речовини (тобто її складу, хімічної формули, будови), концентрації в робочому розчині, специфіки взаємодії з організмами, шляхів потрапляння, механізмів і тривалості дії, температури та інших умов зовнішнього середовища. При цьому хімізацію в сільському господарстві можна оцінювати з двох позицій — як економічно вигідну, але як екологічно небезпечну для довкілля і самої людини, яка їй і продукує. Застосування ПП призводить до пригнічення біологічної активності, зокрема ґрунтів, перешкоджанню природному відновленню родючості, втрати харчової цінності та смакових якостей сільськогосподарської продукції, зниженню врожайності культур внаслідок загибелі комах-запилювачів. Крім того, ПП мають небезпечні для здоров'я ефекти впливу: канцерогенні, мутагенні, тератогенні, алергійні тощо. На сучасному етапі для оцінювання токсичності ПП використовують спрощені розрахунки ризиків для здоров'я і довкілля, використовуючи теорію ймовірності, зокрема, відому формулу Байєса та ін. [6]. При цьому для екологічних систем, пов'язаних з хімічними речовинами, викидами, скидами, відходами можна за базову одиницю вимірювання використовувати кратність перевищення ГДК i -ї хімічної речовини $C_{\text{відн}}$

$$C_{\text{відн}} := \frac{C_{\text{хім.реч.}}}{\text{ГДК}_{\text{хім.реч.}}}, \quad (1)$$

де $C_{\text{хім.реч.}}$ — концентрація, а ГДК — гранично допустима концентрація токсиканта. Крім цього, у світовій практиці використовують інші системи розрахунків, наприклад: NOEL, LOAEL, ГДЕН, ЛД₅₀, ЛД₃₀ та ін. [6]. Проте, жодна з наведених характеристик в Україні нормативно не закріплена, а для визначення екотоксикологічних параметрів ПП використовується лише ГДК, що розраховується через ЛД₅₀, яка встановлює межу загибелі 50 відсотків піддослідних організмів (частіше — піддослідних щурів). У цьому контексті найприйнятнішим є метод ектоксів, який використовується здебільшого у пострадянських країнах і базується на порівнянні токсичності речовини агрохімікату з показниками токсичності пестициду ДДТ, який порівнюється до одиниці

$$E = \frac{P \cdot N}{\text{ЛД}_{50}}, \quad (2)$$

де P — період напівзникнення речовини з навколишнього середовища, тижні; N — середня норма витрати препарату, кг/га; ЛД₅₀ — середня смертельна доза при пероральному надходженні в організм щурів, мг/кг; E — відносне значення екотоксу. Проте цей вираз не може бути універсальним і, до прикладу, не може бути використаним до деяких промислових відходів, шкідливих газів тощо, а тому потребує вдосконалення внесенням певних поправочних коефіцієнтів для інших забруднювальних речовин і небезпечних впливів [8].

Є також інші методики розрахунків, наприклад: метод розподілу рівноваги (ЕРМ) для передбачення значень концентрації небезпечної речовини, яка не викликає негативних наслідків. Проте і він має обмеження, зокрема, внаслідок його складності.

Наразі є потреба у спрощеному методі розрахунку ризиків екологічних впливів, який би чисельно дозволяв порівнювати хімічні впливи на різні об'єкти довкілля. Такий метод розрахунків має передбачати основні токсикологічні параметри виявленої в довкіллі хімічної речовини та показники самовільного розщеплення (розкладання) сполуки у певному середовищі. При цьому, як базис для спрощених розрахунків, можна використовувати методику ектоксів, запропоновану М. М. Мельниковим [5]. Але ця методика призначена виключно для ґрунтового середовища. Тому, для того щоб одиниці розрахунку екотоксичності були безрозмірними запропоновано вираз спрощеного розрахунку ектоксів, який дозволяє цю методику поширити і на воду, і на ґрунт, і на атмосферу з ура-

хуванням певного проміжку часу, частіше 1 рік, бо здебільшого, саме за цей час пестицид майже повністю розкладається у навколишньому середовищі. Відтак

$$E = 52 \frac{P \cdot C}{ДК}, \quad (3)$$

де P — період напівзникнення хімічної речовини з довкілля за рахунок власного розкладання та біологічної деструкції мікроорганізмами, тваринами, рослинами тощо, тижні; C — концентрація хімічної речовини: мг/кг — для ґрунту, мг/м³ — для повітря; ДК — допустима концентрація хімічної речовини, одиниці вимірювання такі ж, як і для C ; 52 — це кількість тижнів у році. Така методика також дозволяє враховувати ефект підсумовування, тобто синергічний ефект декількох хімічних речовин на певній території [8].

Отже, такий підхід і така методика дозволяє оперативно і ефективно встановлювати відносну екологічну небезпеку різних хімічних впливів на довкілля, що дає можливість підбирати оптимальні механізми мінімізації цих шкідливих впливів.

При цьому у світі використовується безліч торгових марок пестицидів та ПП від багатьох виробників. Постійно розробляються нові та ефективніші пестицидні суміші, частина яких реєструється і в Україні. Проте, хоча існує велика кількість запатентованих торгових марок ПП, їх хімічний склад не так суттєво відрізняється, а тільки, здебільшого, співвідношенням діючої речовини і розчинника, кількісним складом тощо, табл. 1.

Таблиця 1

Перелік пестицидів найбільших хімічних виробників, що імпортуються в Україну [7]

Дюпон	Аканто Плюс, Кораген, Танос, Таск Екстра, Гранстар Голд, Тітус Екстра, Хармоні, Сальса, Експрес, Вареон
Bayер	<i>Гербіциди:</i> Аденго, Апстейдж, Аркан, Артист, Ачіба, Баста, БетаналЕксперт, БетаналМаксПро, ГалаксіУльтра, Гроділмаксі, ЗенкорЛіквід, Капуеро, Лаудіс, Майстер, МайстерПауер, МаксіМокс, Мерлін, ПумаСупер, Торгіл, Целмітрон, Челендж; <i>Інсектициди:</i> К-ОбіольЕС25, К-Обіоль ULV6, Белт, Біскайя, Децисф-Люкс, Дециспрофі, Енвідор, Каліпсо, Коннект, Конфідор, Мовенто, Протеус; <i>Фунгіциди:</i> Авіатор Хрго, Альет, Антракол, БлуБордо, Дерозал, Інфініто, Консенто, Коронет, ЛунаЕкспіріенс, ЛунаСенсейшн, Медісон, МелодіДуо, Зірам, Натіво, Наутіл, Пасадобль, ПревікурЕнерджі, Порпульс, Скайвей Хрго, Скала, Солігор, СфераМакс, Тельдор, Тілмор, Фалькон, Фанданго, ФлінтСтар, Фолікур
Монсанто	Раундап, Хернес, Монітор, Гардіан тетра
Chemnova	<i>Фунгіциди:</i> Імпакт К, Імпакт Т, Імпакт 25, Імпакт 500; <i>Інсектициди:</i> Вантекс, Варант 200, Данадим, Золон, Фуфанон; <i>Гербіциди:</i> Адор 750, Гліфос Супер, Ленацил Бета, Нікіт 240, Протруювачі, Вініцит Форте, Вініцит 050
Basf	<i>Фунгіциди:</i> Абакус, Альтерно, Капало, Карамба Турбо, Піктор, Сігнум, Систіва, Кабріо Топ, Осіріс Стар; <i>Гербіциди:</i> Бутізан Авант, Євро-Лайтнінг, Нопасаран, Пульсар 40, Регаліс
Syngenta	Ця компанія в Україні має близько 600 різних сумішей пестицидних препаратів під різними назвами

Як випливає з табл. 1, в основному це фосфорвмісні інсектициди та гербіциди, що містять також хлорвмісні сполуки та катіони важких металів.

Проаналізуємо окремо по основних класах дію пестицидів на об'єкти довкілля та їх екотоксичність, зокрема інсектицидів (табл. 2).

Таблиця 2

Токсикологічні властивості інсектицидів

Міжнародна назва сполуки (Українська поширена назва)	ЛД ₅₀ , мг/кг	Середня норма витрати препарату (N), кг/га	Персистентність (P), тижні	Клас небезпеки	Фрази ризику**	Екологічна небезпека (E), екотокс
Асепхате (Ацетамідофос)	1400	1,31	0,42...0,84	III	Xn, N: R22	3,93 10 ⁻⁴ ... 7,86 10 ⁻⁴
Bifentrin (Талстар)	55	0,4	4,3...8,7	I	Xn: R22, R65	3,1273 10 ⁻² ... 6,3273 10 ⁻²
Carbaryl (Карбатокс)	850	8	1...4	II	Xn, N, Carc Cat. 3: R22, R36/37, R40, R50	9,412 10 ⁻³ ... 37,647 10 ⁻³

Продовження табл. 2

Міжнародна назва сполуки (Українська поширена назва)	ЛД ₅₀ , мг/кг	Середня норма витрати препарату (N), кг/га	Персистентність (P), тижні	Клас небезпеки	Фрази ризику**	Екологічна небезпека (E), екотокс
Fipronil	750	0,2	4,8...17,4	II	Xn: R10, R20/21/22, R36,	1,28 10 ⁻³ ... 4,64 10 ⁻³
Imidacloprid (Конфідор)	131	1	14,2...27	II	T: R23/25-48	0,108397... 0,206107
Malathion (Карбофос)	400	0,8	0,14...0,43	II	F,Xn,N: R11, R38, R50/53, R65, R67	2,8 10 ⁻⁴ ... 8,6 10 ⁻⁴
Permetrin	1725	0,1	2...4	III	Xn: R20/22 R43 N:R50/53	0,000116...0,000232
Trichlorfon (Хлорофос)	660	8,8	0,42...3,85	II	Xn, N: R21/22, R26, R36/38, R43, R50	5,6 10 ⁻³ ... 51,333 10 ⁻⁴

Примітка: Xn — шкідливість, T — токсичність, Xi — Подразнення, N — небезпечність для навколишнього середовища, Carc. Cat — канцерогенність, Muta. Cat. — мутагенність [7].

*Норма витрати (N) для пестицидів усереднюється.

**Фрази ризику (англ. Risk Statements) — стандартні фактори ризику при поводженні з небезпечними речовинами, встановлені в додатку III директиви 67/548/ЕЕС Європейського союзу та перевидано у Директиву 2001/59/ЕС [10]—[12]. Зазвичай, фрази ризику пишуться на упаковці пестициду та всіх інших небезпечних та шкідливих речовин.

З рис. 1 випливає, що інсектицидом який найбільше шкодить довкіллю є Імідаклопрід, що випускається під торговою маркою Конфідор (Bayer). Він використовується для боротьби з колорадським жуком, попелицею, сисними комахами та ін. Цей пестицид повсюдно використовується в Україні для захисту від комах урожаю картоплі і томатів, що свідчить також про його поширеність. За показниками токсичності Імідаклопрід відноситься до 2 класу небезпеки і є менш токсичний за, наприклад, Біфентрин, що відноситься до 1 класу небезпеки [13].

Серед гербіцидів (рис. 2) [11] за показниками еко-токсичності виділяються одразу два пестициди — Бенсулід і Дикват Дибромід. Бенсулід входить до складу багатьох пестицидних сумішей різних виробників назвами: Комерційні назви — Бетамек, Бетасан, Дісан, Експорсан, Префар, Пресан. Використовується для боротьби однолітніми травами, широколистяними бур'янами. Основний виробник Basf та PBI Gordon, табл. 3.

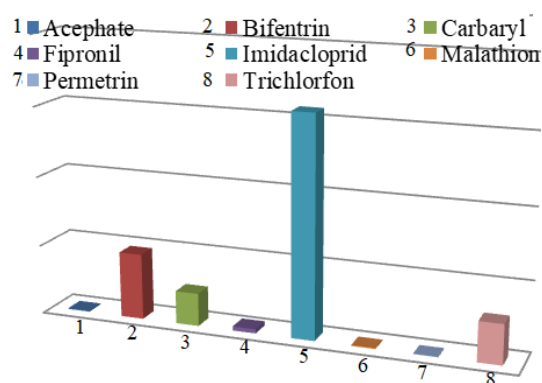


Рис. 1. Діаграма відносної екологічної токсичності інсектицидів [11]

Таблиця 3

Токсикологічні властивості гербіцидів [14]

Міжнародна назва сполуки (Українська поширена назва)	ЛД ₅₀ , мг/кг	Середня норма витрати препарату (N), кг/га	Персистентність (P), тижні	Клас небезпеки	Фрази ризику**	Екологічна небезпека (E), екотокс
Benfuralin	3000	1	8,57...18,8	III	T, N: R21, R23/25, R50/53	28,57 10 ⁻⁴ ... 62,67 10 ⁻⁴
Bensulide	270	5,5	12,85...17,10	II	R22	0,2617...0,3483
Clopyralid	4300	0,56	5...5,7	III	Xi,N: R41-51/53	6,51 10 ⁻⁴ ... 7,42 10 ⁻⁴
Dicamba	1300	2	2...2,2	III	Xn,N,F: R22-41-52/53-36-20/21/22-11	30,77 10 ⁻⁴ ... 33,85 10 ⁻⁴
Diquat Dibromide	120	2	10,57...38,57	II	T+, T, Xn, Xi, N: R26, R48/25, R22, R43, R36/37/3, R50, R53	0,1761...0,6428
Dithiopyr	5000	0,3	3,57...9,85	III	R36/38, R43, R50, R53	2,14 10 ⁻⁴ ... 5,91 10 ⁻⁴
Fluaziprop-p-butyl	3528	2	2...3	III	R63, R65, R66, R50/53	11,34 10 ⁻⁴ ... 17,01 10 ⁻⁴
Gliphosate	3800	1	2,85...14,2	III	Xi, N: R41, R51/53	7,5 10 ⁻⁴ ...37·10 ⁻⁴
Imazapyr	5000	2,8	3,57...20,1	III	R36/38, R52/53	19,99 10 ⁻⁴ ...112,5 10 ⁻⁴

Міжнародна назва сполуки (Українська поширена назва)	ЛД ₅₀ , мг/кг	Середня норма витрати препарату (N), кг/га	Персистентність (P), тижні	Клас небезпеки	Фрази ризику**	Екологічна небезпека (E), екотокс
Isoxaben	5000	1,12	12,85...17,1	III	N: R50/53	28,78 10 ⁻⁴ ...38,3 10 ⁻⁴
МСПА	765	1,5	3,57...4,28	II	R22 R38 R41 R50/53	70 10 ⁻⁴ ...83,92 10 ⁻⁴
Месропроп (МСПП)	930	2,05	3...3,42	II	Xn,N,F: R22-38-41-50/53-52/53-36-20/21/22-11	66,13 10 ⁻⁴ ...75,39 10 ⁻⁴
Pendimethalin	5000	1,1	10,7...12,8	III	R22, R43, R65, R66, R51/53	23,54 10 ⁻⁴ ...28,16 10 ⁻⁴
Triclopyr	729	4	0,4...0,6	II	R22	21,95 10 ⁻⁴ ...32,92 10 ⁻⁴
Trifluralin	500	1,5	8...9	II	Xi;N,Xn: R36-43-50/53-20/21/22-11-40	0,024...0,027
2,4-D	375	0,5	1,42...1,57	II	R22 R37 R41 R43R52/53	18,93 10 ⁻⁴ ...20,93 10 ⁻⁴

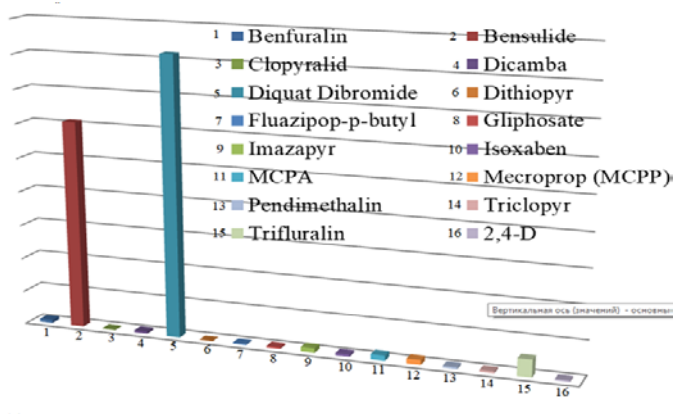


Рис. 2. Діаграма відносної екологічної токсичності гербіцидів [11]

Дикват Дибромід використовується, в основному, як десикант різних бур'янів (Syngenta). В Україні випускається під 23-ма назвами (табл. 4), зокрема, Сантум, Бумеранг, Дикват М, Диглон, Рассел, Пріам, Ргістан і т. п. (рис. 3) [13]—[15].

Таблиця 4

Токсикологічні властивості фунгіцидів та інших пестицидів [14]

Міжнародна назва сполуки (Українська поширена назва)	ЛД ₅₀ , мг/кг	Середня норма витрати препарату (N), кг/га	Персистентність (P), тижні	Клас небезпеки	Фрази ризику**	Екологічна небезпека (E), екотокс
Azoxystrobin	5000	0,15	1,6...1,8	III	N,T: R23-50/53	0,48 10 ⁻⁴ ... 0,54 10 ⁻⁴
Myclobutanil	1360	0,2	9,42...10	III	Xi, Xn, N: R22, R36, R50/53, R63.	13,85 10 ⁻⁴ ... 14,71 10 ⁻⁴
Propiconazole	1517	2	6,12...10	III	Xn,N,T: R22-43-50/53-39/23/24/25-23/24/25-11	80,69 10 ⁻⁴ ... 131,8 10 ⁻⁴
Thiophanate methyl	6640	0,5	1	III	N,Xn: R20-43-50/53-68	7,53 10 ⁻⁵
Ziram	1400	2	7...7,4	III	T+: R26; R22; R48/22; R37; R41; R43	0,01...0,0105

Пропріназол та Зірам є фунгіцидами для боротьби з різними грибами (Bayer). Ці пестициди відносять до 3 класу небезпеки і в порівнянні з інсектицидами і гербіцидами є безпечнішими, однак серед інших ПП цього ж класу значно виділяються за екотоксом [16].

Отже, для підвищення рівня екологічної безпеки варто враховувати показники екологічної токсичності і, наскільки можливо:

– використовувати замість екотоксичних пестицидів аналоги з меншими значеннями токсичності;

– зменшувати період напіврозпаду найтоксичніших пестицидів шляхом нанесення їх на сільсь-

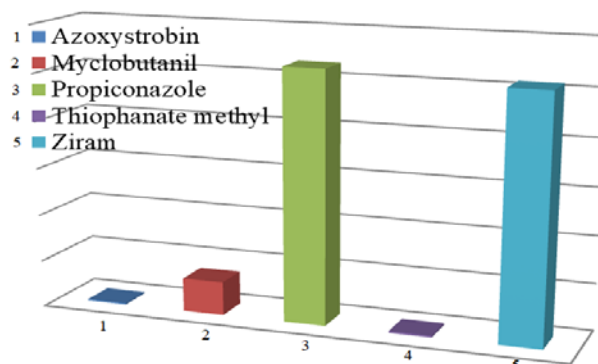


Рис. 3. Діаграма відносної екологічної токсичності фунгіцидів та інших пестицидів [14]

когосподарські культури, що ростуть на кислих або лужних ґрунтах. За таких умов період напіврозпаду і екотокс пестицидів може зменшуватися в десятки разів за сталої ефективності пестициду;

- контролювати значення витрати пестициду на одиницю площі;
- використовувати суміші пестицидів, які значно ефективніші, а тому вносяться в значно менших кількостях, що зменшує екотокс [17].

За незначних відхилень у кислотності ґрунтів період напіврозпаду значно зменшується за рахунок посилення хімічних реакцій гідролізу у ґрунті. Наприклад, для інсектициду Імідаклопрід (Конфідор) період напіврозпаду зменшується з 27 тижнів до 4,2 тижнів за значень рН ґрунту менше 5 або більше 9 [18]. Деякі пестициди стійкі до дії кислих ґрунтів, а деякі навпаки до лужних умов середовища. Отже, підбираючи пестицид відповідно до параметрів ґрунту, можна значно збільшити екологічну безпеку і знизити екотокс [19].

Отримані дані кардинально змінюють відношення до пестицидів, які вважаються небезпечними для довкілля та людини [17]. Отже, серед 30 найвживаніших в Україні і світі отруйними для довкілля і людини є гербіциди Бенсулід та Дикват дибромід, а також інсектициди Імідаклопрід і Біфентрин.

Висновки

В роботі модифіковано методику розрахунку екотоксичності пестицидів для визначення найнебезпечніших з них для довкілля та людини, що дозволить врахувати наявну небезпеку та зменшити їх використання. Також вперше використано методику розрахунку екотоксичності пестицидів для коригування умов внесення пестицидів у різні за кислотністю ґрунти, що дозволить зменшити період напіврозпаду пестицидів і тим самим зменшити екологічну шкоду довкіллю та людині. Результати цієї роботи можуть бути використані для первинних розрахунків внесення пестицидів під різні сільськогосподарські культури.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Р. В. Петрук, і В. Г. Петрук, *Дослідження забруднень екосистем основними пестицидами за допомогою методики екотоксів*. Вінниця, Україна: ВНТУ, 2020.
- [2] Верховна Рада України, *Закон України № 86/95 «Про пестициди і агрохімікати»*, 1995. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/86/95-%D0%B2%D1%80#Text>.
- [3] Н. Н. Мельников, *Пестициды. Химия, технология и применение*. М.: Химия, 1987, 712 с.
- [4] Н. Н. Мельников, К. В. Новожилов, С. Д. Белан, и Т. Н. Пылова, *Справочник по пестицидам*. М.: Химия, 1985, 352 с.
- [5] Н. Н. Мельников, «К вопросу сравнительной экотоксичности некоторых фунгицидов», *Агрехимия*, № 6, с. 65-66, 1997.
- [6] Н. Н. Мельников, и С. Р. Белан, «Сравнительная экотоксикологическая опасность некоторых инсектицидов — производных фосфорных кислот, карбаминовой кислоты и синтетических пиретроидов», *Агрехимия*, № 1, с. 70-72, 1997.
- [7] І. М. Трахтенберг, *Книга про отрути та отруєння. Нариси токсикології*, Тернопіль, Україна: ТМДУ, 2008, 364 с.
- [8] R. Petruk, and V. Kostyuk, "Ecological safety of pesticide use in ukraine," *Environmental problems*, vol. 2, no. 3, 2017.
- [9] В. П. Крамаренко, *Токсикологічна хімія*, Київ, Україна, 1995, 423 с.
- [10] І. І. Клімкіна, і В. Ю. Грунтова, *Основи екологічної токсикології. Методичні рекомендації*. Донецьк, Україна: НТУ, 2015, 44 с.
- [11] В. М. Ісаєнко, Т. І. Білик, і Л. С. Кіпніс, *Основи екологічної токсикології*, лаб. практикум. Київ, Україна: НАУ, 2007, 68 с.
- [12] Ю. С. Каган, *Общая токсикология пестицидов*. Киев: Здоровье, 1981, 174 с.
- [13] О. О. Сорочан, *Біохімічні основи екотоксикології*, навч посіб. Донецьк, Україна : Оксамит-Текс, 2006, 80 с.
- [14] Р. В. Петрук, «Наукове обґрунтування оптимальних форм інтегрованого управління екологічною безпекою не-придатних пестицидів та пестицидвмісних відходів.» Автореферат дис. д-ра тех. наук. Київ, Україна, 2020
- [15] Р. В. Петрук, «Наукове обґрунтування оптимальних форм інтегрованого управління екологічною безпекою не-придатних пестицидів та пестицидвмісних відходів.» дис. д-ра. тех. наук. Київ, Україна: ДЕАПОУ, 2020, 345 с.
- [16] Th. Plattner, T. Plapp, and V. Hebel, "Integrating public risk perception into formal natural hazard risk assessment," *Nat. HazardsEarthSyst. Sci.*, vol. 6, pp. 471-483, 2006.
- [17] Г. И. Марчук, *Математическое моделирование в проблеме окружающей среды*. Москва: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1982, 320 с.
- [18] *Консолідований державний реєстр пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні за 2008–2015 роки*. [Електронний ресурс]. Режим доступу: www.data.gov.ua.
- [19] А. П. Ранський, Р. В. Петрук, «Повний лужний гідроліз некондиційного пестицидного препарату диметоат з отриманням екологічно безпечних продуктів,» *Вісник НАУ*, № 1, с. 258-265, 2012.
- [20] *Directive on the approximation of laws, regulations and administrative provisions relating to the classification, packaging and labelling of dangerous substances*: coll. of reg.doc. Directive 67/548/EEC L196 European Union laws, 1967, pp. 1-98. [Electronic resource]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:02004R0648-20150601&from=LV>.

Петрук Роман Васильович — д-р техн. наук, доцент, професор кафедри екології та екологічної безпеки, e-mail: prroma07@gmail.com ;

Кравець Наталія Михайлівна — аспірантка кафедри екології та екологічної безпеки.

Вінницький національний технічний університет, Вінниця;

Петрук Галина Дмитрівна — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри хімії та методики навчання хімії;

Крикливий Ростислав Дмитрович — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри хімії та методики навчання хімії.

Вінницький державний педагогічний університет ім. Михайла Коцюбинського, Вінниця

R. V. Petruk¹
N. M. Kravets¹
H. D. Petruk²
R. D. Kryklyvyi²

Modified Ecotoxy Method for of Integrated Assessment of Potential Environmental Hazard of Modern Pesticides

¹Vinnytsia National Technical University;

²Vinnytsia Mykhailo Kotsyubynsky State Pedagogical University

The problem of pesticide pollution of all layers of the biosphere remains acute not only in Ukraine but also around the world. In this case, pesticides and their preparations (PP) are "toxic substances, their compounds or mixtures of substances of chemical or biological origin, designed to destroy, regulate and stop the development of harmful organisms that affect plants, animals, humans and damage property, as well as rodents, weeds, trees, shrubs, clogging fish species "[1]. That is, these are chemical compounds that are used to protect plants and agricultural products, as well as to control vectors of dangerous diseases. However, all of them, or the vast majority of them, are toxic and pose a significant danger to humans and the environment. Therefore, it is necessary to develop such a simplified and universal, but at the same time, effective method of gradation according to the degree of their toxicity.

The essence of the modified method of ecotoxics is that such a method of calculation should include the main toxicological parameters of the chemical detected in the environment and indicators of spontaneous cleavage (decomposition) of the compound in a particular environment.

Thousands of brands of pesticides from many manufacturers are used worldwide. New more effective pesticide mixtures are constantly being developed and registered in Ukraine. However, the active ingredients of pesticides are relatively few. The dangers to the environment and human health from the use of pesticides are well known, but the dependence of pesticide residual activity on the environment is poorly understood.

Relevance: when using pesticides, the main hazard parameter is LD50 in rats or other warm-blooded animals. However, toxicity measures such as exposure time or pesticide application rates are not considered. Quite often very toxic pesticides decompose quite quickly in the soil and on the contrary low-toxic pesticides poison the environment for many months or even years.

Although there are a large number of patented brands of pesticides, their chemical composition does not differ significantly. Pesticides of the same composition are patented under different names to generate profits without paying interest to the patent owner and, accordingly, to generate additional profits. As a rule, the active substance in pesticides from different manufacturers may be similar. The ratio of the active substance to the solvent, the amount and composition of solvents, the mixture in a certain ratio of several active substances of pesticides are excellent. Table 5.9 lists the trade names of pesticides used in Ukraine and supplied by international chemical giants.

Keywords: pesticides, ecotox, toxicity, environmental safety.

Petruk Roman V. — Dr. Sc. (Eng.), Associate Professor, Professor of the Chair of Ecology and Ecological Safety, e-mail: prroma07@gmail.com ;

Kravets Natalia M. — Post-Graduate Student of the Chair of Ecology and Ecological Safety;

Petruk Halyna D. — Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor of Chemistry and Methods of Chemistry;

Kryklyvyi Rostyslav D. — Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor of Chemistry and Methods of Chemistry

Р. В. Петрук¹
Н. М. Кравец¹
Г. Д. Петрук²
Р. Д. Крикливый²

Модифицированный метод экотоксов для интегральной оценки потенциальной экологической опасности современных пестицидных препаратов

¹Вінницький національний технічний університет;

²Вінницький державний педагогічний університет ім. Михайла Коцюбинського

Проблема пестицидного загрязнения всех слоев биосферы остается острой не только в Украине, но и во всем мире. При этом пестициды и их препараты (ПП) — это «токсичные вещества, их соединения или смеси веществ химического или биологического происхождения, предназначенные для уничтожения, регуляции и прекращения развития вредных организмов, вследствие деятельности которых поражаются растения, животные, люди и наносится ущерб материальным ценностям, а также грызунов, сорняков, древесной, кустарниковой растительности, засоряющих видов рыб»[1]. То есть это химические соединения, которые используются для защиты растений и сельскохозяйственных продуктов, а также борьбы с переносчиками опасных заболеваний. Однако все они, или абсолютное их большинство, являются токсичными и представляют значительную опасность для человека и окружающей среды. Поэтому необходимо разработать упрощенный, универсальный, а также эффективный метод градации по степени их токсичности.

Суть модифицированного метода экотоксов заключается в том, что такой метод расчетов должен предусматривать основные токсикологические параметры обнаруженного в окружающей среде химического вещества и показатели самовольного расщепления (разложения) соединения в конкретной среде.

В мире используются тысячи торговых марок пестицидов от многих производителей. Постоянно разрабатываются новые более эффективные пестицидные смеси, которые регистрируются в Украине. Однако действующих веществ пестицидов относительно немного. Общеизвестна опасность для окружающей среды и здоровья человека от использования пестицидов, однако малоисследованными являются зависимости остаточной активности пестицидов объектов окружающей среды.

Актуальность: при использовании пестицидов основным параметром опасности считается ЛД₅₀ на крысах или других теплокровных. Однако при определении токсичности не учитываются такие показатели как время воздействия или количество вносимых пестицидов. Достаточно часто очень токсичные пестициды довольно быстро разлагаются в почве и наоборот, малотоксичные пестициды отравляют окружающую среду в течение долгих месяцев или даже лет.

Хотя и существует большое количество запатентованных торговых марок пестицидов, но их химический состав не так существенно отличается. Одинаковые по составу пестицидные препараты патентуются под разными названиями для получения прибыли без уплаты патентообладателю процентов и, соответственно, для получения дополнительных доходов. Как правило, действующее вещество у пестицидов разных производителей может быть аналогичным. Отличающимся является соотношение действующего вещества к растворителю, количество и состав растворителей, смесь в определенном соотношении нескольких действующих веществ пестицидов. Приведены торговые названия пестицидов, используемых в Украине и поставляемых международными гигантами химического производства.

Ключевые слова: пестициды, экотокс, токсичность, экологическая безопасность.

Петрук Роман Васильевич — д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры экологии и экологической безопасности, e-mail: rpgoma07@gmail.com ;

Кравец Наталья Михайловна — аспирант кафедры экологии и экологической безопасности;

Петрук Галина Дмитриевна — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры химии и методики обучения химии;

Крикливый Ростислав Дмитриевич — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры химии и методики обучения химии