

# ПОРІВНЯЛЬНА ГІГІЄНІЧНА ОЦІНКА СТІЙКОСТІ У ҐРУНТІ ТА РИЗИКУ ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТОВИХ ВОД ІНСЕКТИЦИДАМИ РІЗНИХ ХІМІЧНИХ КЛАСІВ І ПРОГНОЗ НЕБЕЗПЕЧНОСТІ ДЛЯ ЛЮДИНИ ПРИ ВЖИВАННІ КОНТАМІНОВАНОЇ ВОДИ

**А.М. Антоненко, кандидат мед. наук, доцент, О.П. Вавріневич, кандидат мед. наук, доцент,  
С.Т. Омельчук, доктор мед. наук, професор, М.М. Коршун, доктор мед. наук, професор**  
Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, м. Київ, Україна

**РЕЗЮМЕ.** У статті наведено результати порівняльної гігієнічної оцінки стійкості у ґрунті в ґрунтово-кліматичних умовах України та країн Європи інсектицидів наступних хімічних класів: фосфорорганічних сполук, синтетичних піретроїдів, неонікотиноїдів, піразолів, бензосечовин. Оцінено ризик забруднення ґрунтових вод інсектицидами різних хімічних класів і здійснено прогнозування небезпечності для людини при вживанні контамінованої води.

**Ключові слова:** ґрунтові води, інсектициди, ризик, максимальна концентрація, допустиме надходження.

**Вступ.** До небезпечних речовин антропогенного походження, що потрапляють у довкілля, крім промислових відходів, належать також хімічні засоби боротьби зі шкідливими організмами — пестициди. Обсяг цих біологічно активних і переважно високотоксичних для людини і тварин речовин, що використовуються щорічно у світовій практиці, нині перевищує 2 млн. т. За даними ЮНЕСКО, пестициди в загальному обсязі забруднення біосфери землі на 8–9-у місці після таких речовин як нафтопродукти, ПАР (поверхнево-активні речовини), фосфати, мінеральні добрива, важкі метали, окиси азоту, сірки, вуглецю та інші сполуки [1, 2].

Пестициди застосовують головним чином на сільськогосподарських угіддях (а 32,8 % населення України — це сільські жителі), однак внаслідок циркуляції в об'єктах довкілля вони можуть інтенсивно поширюватися в природних ландшафтах, потрапляючи в ґрунт, воду, харчові продукти, і завдавати шкоди тваринному світу і здоров'ю людини [1, 3, 4].

У структурі асортименту пестицидів по кількості препаратів, дозволених до використання в Україні, інсектициди посідають одне з останніх місць [5]. Однак за своєю токсичністю та

небезпечністю при потрапленні до організму людини вони на першому місці [6].

**Мета роботи.** Зробити порівняльну гігієнічну оцінку стійкості у ґрунті найпоширеніших інсектицидів, що використовуються у сільському господарстві України та прогноз ризику несприятливого впливу на населення води, забрудненої ними.

**Матеріали та методи.** Нами були вивчені представники наступних хімічних класів інсектицидів, які широко використовуються у сільському господарстві, зокрема: фосфорорганічні сполуки (хлорпірифос, диметоат); синтетичні піретроїди (біфентрин, альфа-циперметрин, циперметрин, лямбда-цигалотрин), неонікотиноїди (тіаметоксам, імідаклоприд), піразоли (тебуфенпірад, хлорантраніліпрол), бензосечовини (новалурон). Фізико-хімічні властивості досліджуваних інсектицидів наведено в табл. 1 [7].

Протягом останніх 10 років в Інституті гігієни та екології Національного медичного університету імені О.О. Богомольця були вивчені параметри стійкості вищезазначених інсектицидів у ґрунтово-кліматичних умовах Полісся (Київська, Житомирська області), Лісостепу (Вінницька, Київська, Полтавська, Черкаська

Фізико-хімічні властивості досліджуваних речовин [7]

| Торгова назва              | Назва IUPAC  | log P<br>K <sub>ow</sub> | Розчинність<br>у воді, мг/л | K <sub>oc</sub> |
|----------------------------|--|--------------------------|-----------------------------|-----------------|
| фосфорорганічні сполуки    |  |                          |                             |                 |
| хлорпіри-<br>фос           | O,O-діетил O-3,5,6-трихлор-2-піридилфосфоротіоат   | 4,7                      | 1,05                        | 8151            |
| диметоат                   | O,O-диметил S-метилкарбамоїлметил фосфородитіо-<br>ат; 2-диметоксифосфінотіолтіо-N-метилацетамід   | 0,704                    | 39800                       | 28,3            |
| піретроїди                 |  |                          |                             |                 |
| біфентрин                  | 2-метилбіфеніл-3-ілметил(Z)-(1RS,3RS)-3-(2-хлоро-<br>3,3,3-трифторпроп-1-етил)-2,2-диметилциклопропан-<br>карбоксилат  | 6,6                      | 0,001                       | 236610          |
| ципермет-<br>рин           | (RS)- $\alpha$ -ціано-3-феноксibenзил (1RS,3RS;1RS,3SR)-<br>3-(2,2-дихлорвініл)-2,2-диметилциклопропанкарбок-<br>силат   | 5,3                      | 0,009                       | 156250          |
| альфа-<br>ципермет-<br>рин | (R)- $\alpha$ -ціано-3-феноксibenзил(1S)-цис-3-(2,2-дихлор-<br>вініл)-2,2-диметилцикло-пропанкарбоксилат та (S)- $\alpha$ -<br>ціано-3-феноксibenзил (1R)-цис-3-(2,2-дихлорвініл)-<br>2,2-диметилциклопропанкарбоксилат  | 6,94                     | 0,004                       | 57889           |
| лямбда-<br>цигалотрин      | (R)- $\alpha$ -ціано-3-феноксibenзил (1S)-цис-3-[(Z)-2-<br>хлоро-3,3,3-трифторпропеніл]-2,2-диметилциклопро-<br>панкарбоксилат та (S)- $\alpha$ -ціано-3-феноксibenзил (1R)-<br>цис-3-[(Z)-2-хлоро-3,3,3-трифторпропеніл]-2,2-дime-<br>тилциклопропанкарбоксилат | 5,5                      | 0,005                       | 283707          |
| неонікотиноїди             |  |                          |                             |                 |
| тіаметок-<br>сам           | (EZ)-3-(2-хлоро-1,3-триазол-5-ілметил)-5-метил-<br>1,3,5-оксадіазінан-4-іліден(нітро)амін  | -0,13                    | 4100                        | 56,2            |
| імідакло-<br>прид          | (E)-1-(6-хлоро-3-піридилметил)-N-нітроімідазолідин-<br>2-іліденамін  | 0,57                     | 610                         | 225             |
| піразоли                   |  |                          |                             |                 |
| тебуфенпі-<br>рад          | N-(4-тетр-бутилбензил)-4-хлоро-3-етил-1-метилпіра-<br>зол-5-карбоксамід  | 4,93                     | 2,39                        | 5992            |
| хлорантра-<br>ніліпрол     | 3-бромо-4'-хлоро-1-(3-хлоро-2-піридил)-2'-метил-6'-<br>(метилкарбомоїл)піразол-5-карбоксанлід  | 4,22                     | 0,88                        | 362             |
| бензосечовини              |  |                          |                             |                 |
| новалурон                  | ( $\pm$ )-1-[3-хлоро-4-(1,1,2-трифторо-2-трифторметок-<br>сietокси)феніл]-3-(2,6-дифторбензоїл)сечовина  | 4,3                      | 0,003                       | 9598            |

області) та Степу (Одеська, Херсонська обла-  
сті, АР Крим).

Умови застосування досліджуваних груп  
інсектицидів та характеристику ґрунтів назва-  
них регіонів наведено в табл. 2.

Для оцінки поведінки досліджуваних пести-  
цидів в об'єктах агроценозу України розрахо-  
ували період напівруйнування ( $\tau_{50}$ ) речовини  
в ґрунті. Для цього використовували метод  
математичного моделювання, який передба-

чає розрахункове відтворення процесів руй-  
нації пестицидів за фактичними даними, що  
дозволило прогнозувати їхню персистент-  
ність.

При класифікації речовин за стабільністю та  
міграційною здатністю у ґрунті використано  
українську класифікацію пестицидів за ступе-  
нем небезпечності ДСанПін 8.8.1.002-98 [8],  
згідно з якою оцінювали результати власних  
досліджень. Дана класифікація передбачає

Таблиця 2

## Умови застосування досліджуваних груп інсектицидів

| Діюча речовина          | Препарат                       | Норма витрати препарату, л(кг)/га | Культура   | Місце обробки   | Тип ґрунту                    |
|-------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|--|---|-------------------------------|
| фосфорорганічні сполуки |                                |                                   |  |   |                               |
| хлорпірифос             | Ципі Плюс, к.е.                | 1,5                               | яблуна   | АР Крим   | чорноземи                     |
|                         | Суперкіл 440, к.е.             | 0,75-1,0                          | картопля, яблуна                                       | Київська обл.   | дерново-підзолисті            |
|                         | Піринекс Супер 420, КЕ         | 1,0-1,25                          | кукурудза, соя, ячмінь                                 | Черкаська, Київська обл.                                | дерново-підзолисті, чорноземи |
|                         | Гранфос, Г                     | 5,0                               | кукурудза  | Вінницька обл.  | дерново-підзолисті            |
|                         | Рембек                         | 7,0                               | картопля   | Київська обл.   | дерново-підзолисті            |
|                         | Весарел, к.е.                  | 0,8                               | цукровий буряк   | Київська обл.   | дерново-підзолисті            |
| диметоат                | Данадим Мікс, КЕ               | 1,0                               | пшениця  | Київська обл.   | дерново-підзолисті            |
|                         | Дамбер 40 ЕС, КЕ               | 1,5                               | ріпак  | Київська обл.   | дерново-підзолисті            |
|                         | Булворк ЕС, КЕ                 | 1,5                               | пшениця  | Київська обл.   | дерново-підзолисті            |
| піретроїди              |                                |                                   |  |   |                               |
| біфентрин               | Цезар, к.е.                    | 0,2                               | виноградник  | АР Крим   | чорноземи                     |
|                         | Ротам Біфентрин, КЕ            | 0,5                               | яблуна   | Черкаська обл.  | чорноземи                     |
|                         | Балазо, КЕ                     | 0,3-0,6                           | соя, яблуна  | Київська, Одеська обл.                                  | дерново-підзолисті            |
|                         | Ацетаміпрід + Біфентрин, КЕ    | 1,0                               | соя  | Черкаська обл.  | чорноземи                     |
|                         | Римон Фаст, КС                 | 0,6                               | кукурудза  | Київська обл.   | дерново-підзолисті            |
|                         | Піринекс Супер 420, КЕ         | див. хлорпірифос                  |  |   |                               |
| циперметрин             | Весарел, к.е., Ципі Плюс, к.е. | див. хлорпірифос                  |  |   |                               |
|                         | Суперкіл 440, к.е.             | див. хлорпірифос                  |  |   |                               |
| альфа-циперметрин       | Циклон, к.е.                   | 0,25                              | пшениця  | Запорізька обл.   | чорноземи                     |
|                         | Альфа-циперметрин, 10% к.е     | 0,3                               | пшениця  | Київська обл.   | дерново-підзолисті            |
|                         | Альфасайд 100 ЕС, к.е.         | 0,15                              | ріпак  | Київська обл.   | дерново-підзолисті            |
|                         | Динго, к.е.                    | 0,15                              | пшениця  | Київська обл.   | дерново-підзолисті            |
| лямбда-цигалотрин       | Енжео 247 SC, к.с.             | 0,18-0,4                          | томати, яблуна, пшениця, хміль, цукровий буряк, ячмінь | Київська, Черкаська, Херсонська, Полтавська Житомирська | дерново-підзолисті, чорноземи |

Таблиця 2 (продовження)

## Умови застосування досліджуваних груп інсектицидів

| Діюча речовина     | Препарат                 | Норма витрати препарату, л(кг)/га | Культура                  | Місце обробки                         | Тип ґрунту                    |
|--------------------|--------------------------|-----------------------------------|---------------------------|---------------------------------------|-------------------------------|
| неонікотиноїди     |                          |                                   |                           |                                       |                               |
| тіаметоксам        | Актара 25 WG, в.г.       | 0,6                               | томати, капуста, картопля | Київська обл.                         | дерново-підзолисті, чорноземи |
|                    | Енжео 247 SC, к.с.       | див. лямбда-цигалотрин            |                           |                                       |                               |
|                    | Воліам Флексі 300 SC, КС | 0,4-0,5                           | хміль, яблуня, томати     | Житомирська, Черкаська, Київська обл. | дерново-підзолисті, чорноземи |
| імідаклоприд       | Вектор, в.р.к.           | 0,3                               | яблуня, капуста           | Київська обл.                         | дерново-підзолисті            |
|                    | ЦС 200 в.р.к.            | 0,2-0,3                           | картопля, цукровий буряк  | Черкаська обл.                        | чорноземи                     |
|                    | Імідор 200 SL, р.к.      | 0,25                              | пшениця                   | Київська обл.                         | дерново-підзолисті            |
|                    | Контур, КС               | 0,1                               | картопля                  | Київська обл.                         | дерново-підзолисті            |
|                    | Кольт Пауер, ВГ          | 0,05-0,07                         | картопля, яблуня          | Київська, Одеська обл.                | дерново-підзолисті, чорноземи |
| піразоли           |                          |                                   |                           |                                       |                               |
| тебуфенпірад       | Масай, СП                | 0,75-0,8                          | яблуня, соя               | Київська обл.                         | дерново-підзолисті            |
| хлорантранілі-прол | Воліам Флексі 300 SC, КС | див. тіаметоксам                  |                           |                                       |                               |
| бензосечовини      |                          |                                   |                           |                                       |                               |
| новалурон          | Римон 10 к.е.            | 0,3-0,6                           | картопля, яблуня          | Київська, Черкаська обл.              | дерново-підзолисті, чорноземи |
|                    | Римон Фаст, КС           | див. біфентрин                    |                           |                                       |                               |

поділ речовин за стабільністю у ґрунті на 4 класи: 1 — високостійкі (при  $\tau_{50}$  більше 120 діб), 2 — стійкі (31-60 діб), 3 — помірно стійкі (11-30 діб), 4 — малостійкі (менше 11 діб).

Прогнозування можливості міграції досліджуваних інсектицидів у підземні води в ґрунтово-кліматичних умовах України здійснювали за рядом показників.

Індекс потенційного вимивання (GUS — Groundwater Ubiquity Score) [9] розраховували за формулою:

$$GUS = \log D \tau_{50} \times [4 - \log K_{oc}]$$

де  $\tau_{50}$  — стійкість (період напівруйнування) у ґрунті, доба;

$K_{oc}$  — коефіцієнт сорбції органічним вуглецем.

Якщо величина GUS > 2,8 — пестицид ймовірно вимивається у ґрунтові води; якщо < 1,8 — пестицид ймовірно не вимивається в ґрунтові води; 1,8–2,8 — можливість вимивання пестициду в ґрунтові води незначна.

Для визначення потенційного ризику для довкілля та здоров'я людини при вживанні води, що містить залишкові кількості препаратів, використано скринінг-модель їхньої максимальної концентрації в ґрунтових водах SCI-GROW, яка розроблена фахівцями Агентства по захисту навколишнього середовища (EPA) США [10]. Даний показник враховує швидкість деградації речовини у ґрунті, коефіцієнт сорбції органічним вуглецем, норму витрати та кратність використання пестициду. В результаті розрахунку отримували максимально можливу

концентрацію речовини у ґрунтових водах в мг/л при нормі витрати 1кг/га або 1 л/га.

Для оцінки одержаних показників SCI-GROW використали розроблений нами метод комплексної оцінки можливого негативного впливу на організм людини пестицидів при їхньому вимиванні у воду, що базується на встановленні максимально можливого добового надходження пестициду з водою (ММДНВ) та подальшому порівнянні з допустимим добовим надходженням пестициду з водою (ДДНВ), та складається з двох етапів [11].

На першому, використовуючи комп'ютерну програму, представлену на офіційному сайті EPA, було розраховано показник SCI-GROW. Максимально можливе добове надходження пестициду з водою (ММДНВ) встановлювали за рівнянням:

$$\text{ММДНВ} = \text{SCI-GROW} \times V \text{ (мкг/добу),}$$

де

SCI-GROW — скринінг концентрації пестицидів у ґрунтових водах, мкг/л;

V — добова норма споживання води людиною, л (3 л — у помірному кліматі, 5–10 л — у жаркому кліматі).

На наступному етапі встановлювали допустиме добове надходження пестициду (ДДН) за рівнянням:

$$\text{ДДН} = \text{ДДД} \times M \times 1000 \text{ (мкг/добу), де}$$

ДДД — допустима добова доза пестициду, мг/кг;

M — середня вага людини (60 кг);

1000 — коефіцієнт для перерахунку в мікрограми.

Допустиме добове надходження пестициду з водою (ДДНВ) розраховували за рівнянням:

$$\text{ДДНВ} = \text{ДДН} \times 0,2.$$

Після чого величини ММДНВ та ДДНВ співставляли.

Ризик вважали допустимим, якщо отримана величина (P) ≤ 1.

**Результати та обговорення.** У результаті математичного моделювання даних натурних досліджень, проведених в ґрунтово-кліматичних умовах України, був розрахований період напівруйнування досліджуваних сполук у ґрунті ( $\tau_{50}$ ) (табл. 3). Статистична обробка

отриманих результатів показала, що  $\tau_{50}$  у ґрунті речовин одного хімічного класу практично не відрізнялись. Отже, одержані результати доводять: особливості хімічної структури та фізико-хімічні властивості досліджуваних речовин із одного хімічного класу не впливають на швидкість їхнього метаболізму у ґрунті. Також ці дані свідчать, що найбільш стійким в об'єктах агроценозу в ґрунтово-кліматичних умовах України є новалурон, в умовах інших країн — біфентрин (табл. 3).

Результати натурних досліджень, проведених у різних ґрунтово-кліматичних зонах України, показали, що між мінімальними та максимальними значеннями  $\tau_{50}$  немає значної різниці (табл. 3). У ґрунтово-кліматичних умовах інших країн Європи — навпаки: мінімальна та максимальна стійкість досліджуваних інсектицидів у ґрунті в деяких випадках відрізняється більше, ніж у 50 разів. Крім того, мінімальні значення стійкості, розраховані нами, та отримані іншими дослідниками [7], практично співпадають, максимальні ж значення відрізняються в десятки разів. Таку відмінність можна пояснити особливостями натурних досліджень: в Україні вони проведені на чорноземах та дерново-підзолистих ґрунтах (табл. 2), за даними літератури в інших країнах — ґрунти від піщаних кислих до гірських [7].

Встановлено, що на 7–10 день після обробки концентрації досліджуваних речовин у ґрунті були дуже низькими, що зумовлено дуже малими нормами витрат. На момент збору врожаю залишкові кількості даних інсектицидів у ґрунті оброблених ділянок не були виявлені (рис. 1).

Найточніше складний процес зникнення досліджуваних інсектицидів з ґрунту можна проілюструвати експоненціальною функцією [12]:

$$C_t = C_0 \times e^{-kt},$$

де  $C_t$  — концентрація речовини в момент часу t, мг/кг;

$C_0$  — вихідна концентрація речовини, мг/кг;

k — константа швидкості руйнації, доба<sup>-1</sup>;

t — час після останньої обробки, доба.

Найстійкішим у об'єктах агроценозу виявився інсектицид класу бензоїлсечовин — новалурон. Максимальне значення  $\tau_{50}$  для нього — 35,4 доби. Згідно з ДСанПін 8.8.1.002-98 [8] інсектицид класу бензоїлсечовин — новалу-

Таблиця 3

**Норми витрати, параметри стійкості та міграції в ґрунтові води досліджуваних пестицидів**

| Діяча речовина    | Норма витрати діючої речовини, кг/га при максимальній кількості обробок (МНВ) |       | $\tau_{50}^1$ ґрунт, доба |       | $\tau_{50}^2$ ґрунт, доба |       | GUS <sup>1</sup> | GUS <sup>2</sup> | SCI-GROW <sup>1</sup> , мкг/л | Добове надходження з 3 л води, мкг/добу | SCI-GROW <sup>2</sup> , мкг/л | ДДД <sup>3</sup> , мкг/добу | ДДД з водою, мкг/добу | ДДД <sup>4</sup> , мкг/добу |
|-------------------|---|-------|---------------------------|-------|---------------------------|-------|------------------|------------------|-------------------------------|---|-------------------------------|-----------------------------|-----------------------|-----------------------------|
|                   | мін.  | макс. | мін.                      | макс. | мін.                      | макс. |                  |                  |                               |   |                               |                             |                       |                             |
| хлорпірифос       | 3,5   | 720   | 10,0                      | 18,9  | 2,0                       | 65,0  | 0,11             | 0,17             | $0,00 \times 10^{+00}$        | 0,0000                                  | $6,45 \times 10^{-03}$        | 60                          | 12                    | 60                          |
| диметоат          | 400   | 600   | 6,5                       | 10,9  | 4,6                       | 9,8   | 2,64             | 1,06             | $0,00 \times 10^{+00}$        | 0,0000                                  | $2,36 \times 10^{-03}$        | 30                          | 6                     | 60                          |
| біфентрин         | 20  | 60    | 15,2                      | 25,3  | 5,4                       | 267,0 | -1,93            | -2,76            | $0,00 \times 10^{+00}$        | 0,0000                                  | $5,35 \times 10^{-03}$        | 1200                        | 240                   | 900                         |
| циперметрин       | 30  | 75    | 14,8                      | 24,2  | 14,0                      | 199,0 | -1,65            | -2,19            | $0,00 \times 10^{+00}$        | 0,0000                                  | $5,35 \times 10^{-03}$        | 180                         | 36                    | 3000                        |
| альфа-циперметрин | 15  | 30    | 13,4                      | 24,3  | 14,0                      | 112,0 | -1,06            | -1,53            | $0,00 \times 10^{+00}$        | 0,0000                                  | $5,35 \times 10^{-03}$        |                             |                       |                             |
| лямбда-цигалотрин | 19,1  | 42,4  | 9,8                       | 16,9  | 10,1                      | 47,5  | -1,78            | -3,28            | $0,00 \times 10^{+00}$        | 0,0000                                  | $5,35 \times 10^{-03}$        |                             |                       |                             |
| тіаметоксам       | 25,4  | 150   | 7,1                       | 16,9  | 7,0                       | 72,0  | 2,76             | 4,69             | $0,00 \times 10^{+00}$        | 0,0000                                  | $3,14 \times 10^{+00}$        |                             |                       |                             |
| імідаклопруд      | 35  | 60    | 20,4                      | 41,3  | 104,0                     | 228,0 | 2,66             | 3,74             | $0,00 \times 10^{+00}$        | 0,0000                                  | $9,29 \times 10^{-03}$        |                             |                       |                             |
| тебуфенпірад      | 150   | 160   | 10,4                      | 22,1  | 0,05                      | 22,4  | 0,30             | 0,58             | $0,00 \times 10^{+00}$        | 0,0000                                  | $1,11 \times 10^{-03}$        |                             |                       |                             |
| хлорантраніліпрол | 40  | 50    | 18,8                      | 26,5  | 123,0                     | 561,0 | 2,05             | 4,22             | $0,00 \times 10^{+00}$        | 0,0000                                  | $1,86 \times 10^{+00}$        |                             |                       |                             |
| новалурон         | 30  | 60    | 15,6                      | 35,4  | 33,0                      | 160,0 | 0,03             | 0,02             | $0,00 \times 10^{+00}$        | 0,0000                                  | $5,20 \times 10^{-03}$        |                             |                       |                             |

Примітки:

1 — результати, отримані в ґрунтово-кліматичних умовах України;

2 — дані літератури [7];

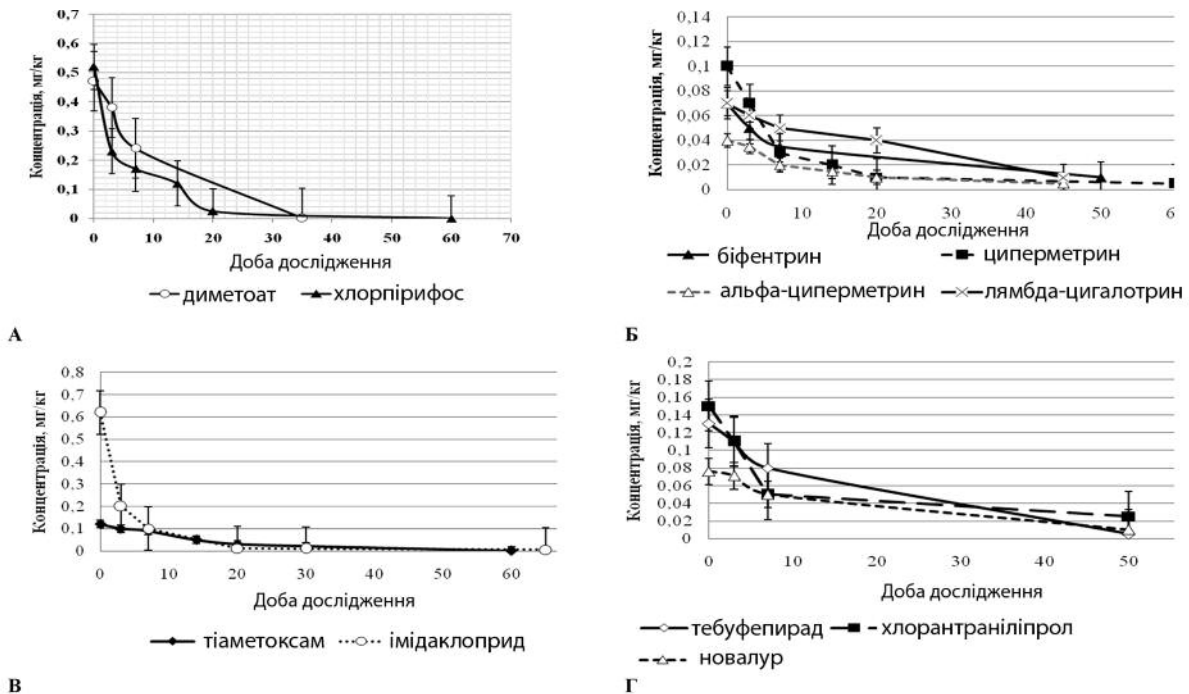
3 — з урахуванням величини ДДД, затвердженої в Україні;

4 — з урахуванням величини ADI, затвердженої в ЄС [7];

GUS — індекс потенційного вимивання;

SCI-GROW — скринінг концентрації в ґрунтових водах;

ДДД — допустиме добове надходження.



**Рис. 1.** Динаміка залишкових кількостей інсектицидів наступних класів: фосфорорганічних сполук (А), піретроїдів (Б), неонікотіноїдів (В), піразолів, бензосечовин (Г) у ґрунті

рон за стійкістю в ґрунтово-кліматичних умовах України може бути віднесений до стійких (2 клас небезпечності, небезпечні сполуки); органофосфат диметоат — до малостійких (4 клас, малонебезпечні); решта досліджуваних сполук — до помірно стійких (3 клас, небезпечні сполуки).

Враховуючи, що при застосуванні інсектицидів для передпосівної обробки насіння або внесення їх у вигляді гранул у ґрунт біля кореня рослини на різну глибину існує велика ймовірність забруднення ґрунтових вод, нами було проведено оцінку ризику такої ймовірності з використання показника GUS в ґрунтово-кліматичних умовах України та інших країн Європи (табл. 3).

Встановлено, що при використанні в ґрунтово-кліматичних умовах України пестицидних препаратів на основі хлорпірифосу, диметоату, біфентрину, циперметрину, альфа-циперметрину, лямбда-цигалотрину, тебуфенпіраду та новалурону, останні ймовірно не вимиваються в ґрунтові води; тіаметоксаму, імідаклоприду, хлорантраніліпролу — ризик вимивання низький. Ризик вимивання із ґрунту в інших європейських країнах при використанні препаратів на основі хлорпірифосу, диметоату, біфентрину, циперметрину, альфа-циперметрину, лямбда-цигалотрину, тебуфенпіра-

ду та новалурону — низький (ймовірно не вимиваються), тіаметоксаму, імідаклоприду, хлорантраніліпролу — дуже високий [7]. Різницю ризику потенційного вимивання тіаметоксаму, імідаклоприду, хлорантраніліпролу із ґрунтів України та інших європейських країн можна пояснити значною різницею їхньої стійкості у ґрунті.

Варто відзначити, що загалом ризик забруднення ґрунтових вод для інсектицидів, значно нижчий, ніж для фунгіцидів та гербіцидів, як в ґрунтово-кліматичних умовах України, так і решти європейських країн [11, 13].

Для оцінки ймовірного негативного впливу на організм людини пестицидів при їх вимиванні у воду нами розрахований показник SCI-GROW. Було встановлено, що в ґрунтово-кліматичних умовах України максимально можливі концентрації досліджуваних інсектицидів практично дорівнюють 0, а в інших країнах — значно вищі, але не перевищують 1 мкг/л (табл. 3). Така різниця показників пояснюється, в першу чергу, значними відмінностями у максимальних нормах витрат, кратності обробок та в деяких випадках — різною стійкістю речовин у ґрунті.

Нами було розраховано допустиме добове надходження досліджуваних речовин до організму людини (табл. 3). Отримані величини

коливались від 30 до 3600 мкг/добу, з урахуванням величини допустимої добової дози (ДДД), затвердженої в Україні, та від 60 до 93600 мкг/добу, з урахуванням величини ADI, затвердженої в ЄС [7].

Виходячи з принципів комплексного гігієнічного нормування, прийнятих в Україні, з водою до організму людини може надійти 20 % від ДДН пестициду. Таким чином, розраховане ДДНВ (табл. 2) становило від 6 до 720 мкг/добу. Результати розрахунків та порівняння величин показали, що значення ММДНВ значно нижче ДДНВ як для ґрунтово-кліматичних умов України, так й інших країн Європи.

Одержані результати показують, що максимально можливі концентрації досліджуваних інсектицидів у ґрунтових водах незначні (вони практично відсутні) та набагато нижчі допустимих, що пов'язане, в першу чергу, з низь-

кими нормами витрат та свідчать про відносну безпечність для людини при вживанні води, в яку могли потрапити досліджувані сполуки при їхньому використанні в сільському господарстві проти шкідників сільськогосподарських культур.

### Висновки

1. Встановлено, що в ґрунтово-кліматичних умовах України та інших європейських країн більшість досліджуваних речовин, крім тіаметоксаму, імідаклоприду та хлорантраніліпролу, ймовірно, не вимиваються в ґрунтові води.

2. Доведено, що максимально можливі концентрації досліджуваних інсектицидів у ґрунтових водах достовірно нижчі допустимих, що пов'язане, в першу чергу, з низькими нормами витрат та свідчить про відносну безпечність для здоров'я людини при вживанні води, в яку могли потрапити досліджувані сполуки.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Писаренко В.Н. Пестициды как фактор загрязнения окружающей среды: загрязнение пестицидами биосферы и их негативное влияние на природу и человека / В.Н. Писаренко, П.В. Писаренко, В.В. Писаренко // *Агроэкология*. — Режим доступа: <http://www.agromage.com/book.php?id=12ю> — Назва з екрану.
2. Онищенко Г.Г. Гигиенические аспекты обеспечения экологической безопасности при обращении с пестицидами и агрохимикатами / Г.Г. Онищенко // *Гигиена и санитария*. — 2003. — № 3. — С. 3–6.
3. Пирогова В.Г. Динаміка захворювань щитоподібної залози, викликаних йододефіцитом, у населення Закарпатської області / В.Г. Пирогова, В.І. Кравченко // *Науковий вісник Ужгородського університету, серія «Медицина»*. — № 3 (42). — 2011. — С. 132–139.
4. Стан здоров'я населення в зонах інтенсивного сільськогосподарського виробництва / Л.Г. Засипка [та ін.] // *Медичні перспективи*. — 2011. — Том XVI. — № 1. — С. 91–96.
5. Перелік пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні. — Офіційне видання. — Київ: Юнівест Медіа, 2016. — 1023 с.
6. Коршун М.М. Токсикологічна оцінка інсекто-акарициду Масай, с.п. та гігієнічне нормування його діючої речовини тебуфенпіраду в повітряному середовищі / М.М. Коршун, В.М. Семененко // *Гігієна населених місць*. — 2011. — № 58. — С. 47–53.
7. PPDB: Pesticide Properties Data Base [Electronic resource]. — Mode of access: <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/footprint/en/>. — Date of access: 27.05.2015.
8. Пестициди. Класифікація за ступенем небезпечності: ДСанПіН 8.8.1.002-98 — [Затв. 28.08.98] // *Зб. важливих офіційних матеріалів з санітарних і протиепідемічних питань*. — Київ, 2000. — Т. 9. — Ч. 1. — С. 249–266.
9. Gustafson, D.I. Groundwater ubiquity score : a simple method for assessing pesticide leachability / D.I. Gustafson // *Environmental Toxicology and Chemistry*. — 1989. — № 8. — P. 339–357.
10. Cohen, S. Recent examples of pesticide assessment and regulation under FQPA / S. Cohen // *Agricultural chemical news*. — 2000. — P. 41–43.
11. Comparative hygienic evaluation and prediction of hazard to human health of groundwater contamination by herbicides of the most common chemical classes / A.M. Antonenko, O.P. Vavrinevych, S.T. Omelchuk, M.M. Korshun // *The unity of science*. — Vienna, 2015. — P. 153–157.
12. Гончарук Е.И. Гигиеническое нормирование химических веществ в почве: Руководство / Е.И. Гончарук Г.И. Сидоренко. — М.: Медицина, 1986. — 320 с.



13. Prediction of pesticide risks to human health by drinkingwater extracted from underground sources / A.M. Antonenko, O.P. Vavrinevych, S.T. Omelchuk, M.M. Korshun // Georgian Medical News. — 2015. — № 7–8 (244-245). — С. 99–106.

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СТОЙКОСТИ В ПОЧВЕ И РИСКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ГРУНТОВЫХ ВОД ИНСЕКТИЦИДАМИ РАЗНЫХ ХИМИЧЕСКИХ КЛАССОВ И ПРОГНОЗ ОПАСНОСТИ ДЛЯ ЧЕЛОВЕКА ПРИ ПОТРЕБЛЕНИИ КОНТАМИНИРОВАННОЙ ВОДЫ**

А.Н. Антоненко, Е.П. Вавриневич, С.Т. Омельчук, М.М. Коршун  
Национальный медицинский университет имени А.А. Богомольца, г. Киев, Украина

**РЕЗЮМЕ.** В статье приведены результаты сравнительной гигиенической оценки стойкости в почве в почвенно-климатических условиях Украины и стран Европы инсектицидов следующих химических классов: фосфорорганических соединений, синтетических пиретроидов, неоникотиноидов, пиразолов, бензомочевин. Дана оценка риска загрязнения грунтовых вод инсектицидами разных химических классов и проведено прогнозирование опасности для человека при употреблении контаминированной воды.

Ключевые слова: грунтовые воды, инсектициды, риск, максимальная концентрация, допустимое поступление.

**COMPARATIVE HYGIENIC ESTIMATION OF RESISTANCE IN SOIL AND RISK OF GROUNDWATER CONTAMINATION WITH INSECTICIDES OF DIFFERENT CHEMICAL CLASSES AND FORECAST OF HAZARDS FOR HUMAN HEALTH WHEN CONSUMING CONTAMINATED WATER**

A. Antonenko, O. Vavrinevych, S. Omelchuk, M. Korshun  
O.O. Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine

**SUMMARY.** The results of the comparative hygienic assessment of resistance in the soil in the soil and climatic conditions of Ukraine and European countries of following chemical classes of insecticides: organophosphorus compounds, synthetic pyrethroids, neonicotinoids, pyrazoles, benzoureas are presents in the article. The hygienic evaluation of risk of groundwater contamination with insecticides of different chemical classes was given and forecasting of danger to humans when consuming contaminated water was conducted.

Key words: groundwaters, insecticides, risk, maximal concentration, allowable intake.

Надійшла до редакції: 06.09.2016 р.