

Новохацька Олеся Олексіївна,

доктор філософії (PhD),

асистент кафедри гігієни та екології № 1,

Національний медичний університет імені О.О. Богомольця

alesya.novohacka@ukr.net

<https://orcid.org/0000-0003-1834-7953>

м. Київ, Україна

Вавріневич Олена Петрівна,

доктор медичних наук, професор,

професор кафедри гігієни та екології № 1,

Національний медичний університет імені О.О. Богомольця

elena-vavrinevich@ukr.net

<https://orcid.org/0000-0002-4871-0840>

м. Київ, Україна

Бардов Василь Гаврилович,

член-кореспондент НАМН України,

доктор медичних наук, професор,

завідувач кафедри гігієни та екології № 1

Національний медичний університет імені О.О. Богомольця

<https://orcid.org/0000-0002-9846-318X>

м. Київ, Україна

Гігієнічна оцінка ризику при споживанні населенням контамінованої води пестицидами, рекомендованими для захисту насаджень картоплі

Широке застосування ксенобіотиків – хімічних сполук, що не мають природних біогеохімічних циклів, щороку призводить до забруднення ґрунтів України сільськогосподарського призначення. Забруднена хімікатами води може бути причиною алергічних захворювань, порушення обміну речовин, патології органів дихальної, серцево-судинної систем та онкологічних захворювань.

Мета. Гігієнічна оцінка ризику при споживанні населенням контамінованої води пестицидами, рекомендованими для захисту насаджень картоплі.

Матеріали і методи. Прогнозування можливої міграції досліджуваних пестицидів у підземні води проводили з урахуванням показників швидкості руйнації пестицидів у ґрунті (τ_{50}), коефіцієнту сорбції органічним вуглецем та розчинності у воді за індексом потенційного вимивання (GUS), SCI-GROW – скринінг концентрація в ґрунтових водах.

Результат. Результати оцінки ризику показали, що значення максимально можливого добового надходження досліджуваних пестицидів з водою (0,027-2,2740 мкг/добу) значно нижчі допустимого добового надходження досліджуваних діючих речовин (120-6000 мкг/добу), з урахуванням результатів польових досліджень, проведеними в Україні та інших європейських країн. Результати свідчать про відносно низький ризик для людини через надходження води, контамінованої пестицидами досліджуваних груп.

Висновки. 1. Доведено високу небезпечність забруднення підземних вод в ґрунтово-кліматичних умовах України досліджуваними гербіцидами, інсектицидами та фунгіцидами за показником GUS – індексом потенційного вимивання в ґрунтові води, який потрібно враховувати при їх застосуванні в системі хімічного захисту та вирішенні питання проведення моніторингових досліджень. 2. На підставі оцінки ризику для населення, встановлено відносно низький ризик для людини при споживанні води, контамінованої пестицидами досліджуваних груп. 3. Зазначене свідчить про необхідність врахування процесу міграції більшості досліджуваних пестицидів при вирішенні питання проведення моніторингових досліджень у ґрунті та воді.

Ключові слова: пестициди, ризик, вода, ґрунт, хімічний захист картоплі.

Novokhatskaa Olesia Oleksiivna, doctor of philosophy (PhD), Assistant of the Department of Hygiene and Ecology № 1 Bogomolets National Medical University, alesya.novohacka@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0003-1834-7953>, Kyiv, Ukraine

Vavrynevich Olena Petrivna, doctor of medical sciences, professor, Professor of the Department of Hygiene and Ecology № 1 Bogomolets National Medical University, elena-vavrinevich@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-4871-0840>, Kyiv, Ukraine

Bardov Vasylyl Gavrylovych, Corresponding member of the NAMS of Ukraine, doctor of medical sciences, professor, head of the Department of Hygiene and Ecology № 1 Bogomolets National Medical University, <https://orcid.org/0000-0002-9846-318X>, Kyiv, Ukraine

Hygienic assessment of the population risk due to consumption of water contaminated by pesticides recommended for the protection of potato plants

Widespread use of xenobiotics – chemical compounds that do not have natural biogeochemical cycles, annually leads to contamination of agricultural soils in Ukraine. Water contaminated with chemicals can cause allergic diseases, metabolic disorders, pathology of the respiratory, cardiovascular systems and cancer.

The purpose. Hygienic assessment of the population risk due to consumption of water contaminated by pesticides recommended for the protection of potato plants.

Materials and methods. Prediction of possible migration of studied pesticides into groundwater was carried out taking into account the rate of destruction of pesticides in soil (τ_{50}), the coefficient of sorption by organic carbon and solubility in water by the index of potential leaching, index of potential pollution of groundwater and surface water (GUS), SCI-GROW – screening concentration in groundwater.

Result. The results of the risk assessment showed that the values of the maximum possible daily intake of test pesticides with water (0.027-2.2740 $\mu\text{g}/\text{day}$) are significantly lower than the allowable daily intake of test substances (120-6000 $\mu\text{g}/\text{day}$), taking into account the results of field studies Ukraine and other European countries. The results indicate a relatively low risk to humans due to the inflow of water contaminated with pesticides of the studied groups.

Conclusions. 1. High risk of groundwater pollution in soil and climatic conditions of Ukraine by studied herbicides, insecticides and fungicides according to GUS – index of potential leaching into groundwater, which should be taken into account when using them in the chemical protection system and solving monitoring studies. 2. Based on the risk assessment for the population, a relatively low risk for humans due to the inflow of water contaminated with pesticides of the studied groups. 3. This indicates the need to take into account the migration process of most of the studied pesticides in addressing the issue of monitoring studies in soil and water.

Key words: pesticides, risk, water, soil, potato chemical protection.

Вступ. Широке застосування ксенобіотиків – хімічних сполук, що не мають природних біогеохімічних циклів, щороку призводить до забруднення ґрунтів України сільськогосподарського призначення [1, 2]. До таких сполук належать пестициди, які є однією із основних складових вирощування сільськогосподарської продукції. Однак, обираючи такий шлях захисту рослин, не слід забувати про наслідки їх впливу на навколишнє середовище [3]. Дослідження вчених показали, що використовуючи пестициди, фермер має можливість заощадити до 1 га родючих земель.

Хімічні засоби захисту рослин забезпечують лише тимчасову допомогу, оскільки з часом призводять до стійкості та розвитку резистентності. Даний факт зумовлює необхідність використання нових, більш дієвих речовин, які можуть мати негативний вплив на ґрунт, воду, повітря, якість продукції, на корисну флору і фауну, що у свою чергу, може призвести до прискорення процесів порушення біологічної рівноваги в природному середовищі [4].

В різних регіонах України щорічно зростають обсяги використання пестицидів, як складової успішного ведення сільськогосподарського виробництва [5]. Використання хімічних засобів захисту рослин в сільському господарстві може бути причиною їх потрапляння у воду поверхневих і підземних джерел. Забруднена хімікатами води може бути причиною алергічних захворювань, порушення обміну речовин, патологій органів дихальної, серцево-судинної систем та онкологічних захворювань [6].

Мета. Гігієнічна оцінка ризику при споживанні населенням контамінованої води пестицидами, рекомендованими для захисту насаджень картоплі.

Матеріали і методи. Проведені натурні експерименти з вивчення динаміки залишкових азоксістробіну, металаксилу-М, флуфенацету, метрибузину, імадаклоприду, диметоморфу, манкоцебу, фамоксадону, оксатіапіролін та диквату в об'єктах агроценозу (ґрунті, сільськогосподарській сировині) при застосуванні препаратів за Крузер, Юніформ, Артист, Колт Пауер, Філдер, Зорек Інкантія, Реглон Форте для захисту картоплі. Визначення залишків пестицидів здійснювали з використанням методів високоефективної рідинної та газорідинної хроматографії.

Прогнозування можливої міграції досліджуваних пестицидів у підземні води проводили з урахуванням показників швидкості руйнації пестицидів у ґрунті (τ_{50}),

коефіцієнту сорбції органічним вуглецем (K_{oc}) та розчинності у воді за індексом потенційного вимивання (GUS), SCI-GROW – скринінг концентрація в ґрунтових водах [7, 8].

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 оцінки отриманих показників був використаний розроблений фахівцями Інституту гігієни та екології метод комплексної оцінки можливого негативного впливу на організм людини пестицидів при їх 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) [9]. Ризик вважається допустимим, якщо отримана величини (P) ≤ 1 .

Статистичну обробку одержаних результатів проводили з використанням пакету статистичних програм IBM SPSS StatisticsBase v.22 та MS Excel.

Результати досліджень. Результати натурних досліджень показали, що в ґрунті через 1 годину, 3 і 7 діб після застосування досліджуваних препаратів вміст діючих речовин (д.р.) поступово знижувався та при зборі врожаю картоплі залишки пестицидів не перевищували орієнтовні допустимі концентрації в ґрунті.

На підставі результатів проведених натурних досліджень, з використанням методу математичного моделювання були розраховані параметри швидкості руйнації пестицидів у ґрунті (табл. 1). Аналіз даних наведених дозволив встановити класи небезпечності досліджуваних д.р. за показником стійкість у ґрунті.

Отримані результати показали, що період напівруйнації (T_{50}) манкоцебу склав менше 11 діб, що дозволило віднести речовину до IV класу небезпечності згідно з ДСанПіН 8.8.1.002-98 [10]. До III класу небезпечності віднесено азоксістробін, металаксил-М, метрибузин, фамоксадон, оксатіапіролін, які мають T_{50} у ґрунті в діапазоні від 11 діб до 30 діб. Тіаметоксам, флуфенацет, імадаклоприд, диметоморф належать до стійких сполук (II класу небезпечності), оскільки їх T_{50} складало 30-60 діб, а дикват – до високостійких сполук (I класу небезпечності) – $T_{50} > 60$ діб.

Отримані нами результати математичного моделювання поведінки досліджуваних д.р. у ґрунті корелюють з даними літератури. Аналіз даних літератури

показав, що флуфенацет при проведенні натурних експериментів у ґрунтово-кліматичних умовах Німеччини розкладається в ґрунті з T_{50} 15-53 доби, північної частини Франції – 16-38 діб, південної частини Франції – 36-42 доби, Італії 38-48 діб. За даними досліджень проведених у Великобританії флуфенацет розкладається у ґрунті з T_{50} 16,5 діб. Відповідно, д.р. швидко піддається деградації в ґрунті до CO_2 [11].

Стійкість оксатіапіпроліну у ґрунті в ґрунтово-кліматичних умовах України склала 17,2 доби. Аналіз

даних літератури показав, що фотодеградація у вологих ґрунтах складає 28,2 доби, у сухих – 36,3 доби. В десяти польових дослідах проведених в Європі та північній Америці встановлено, що речовина розкладається зі швидкістю від 5 до 205 діб [11].

Аналогічні результати отримані при порівняльній оцінці стійкості інших досліджуваних діючих речовин в ґрунтово-кліматичних умовах України з країнами ЄС (табл. 2) [11]. В більшості випадків дані по стійкості д.р., отриманими за даними натурних досліджень

Таблиця 1

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

Діюча речовина	Норма витрати діючої речовини, кг/га при максимальній кількості обробок (МНВ)		τ_{50}^1 ґрунт, доба	τ_{50}^2 ґрунт, доба		GUS ¹	GUS ²
	мін.	макс.		мін.	макс.		
тіаметоксам	0,090	0,090	47,8	7,0	72,0	3,78	4,69
азоксистробін	0,483	0,483	16,6	120,9	261,9	1,5	2,65
металаксил-М	0,186	0,186	21,1	9,3	30,9	2,9	1,71
флуфенацет	0,600	0,600	32,9	38,0	43,0	2,1	2,23
метрибузин	0,438	0,4375	20,6	5,3	17,7	3,2	2,57
імідаклоприд	0,035	0,035	39,1	104,0	228,0	2,6	3,74
діметоморф	0,540	0,540	37,1	34,0	54,0	2,3	2,56
манкоцеб	3,600	3,600	6,9	1,0	3,0	0,84	-1,00
фамоксадон	0,653	0,6534	14,9	8,0	104,3	0,48	1,35
оксатіапіпролін	0,059	0,0594	17,2	31,5	138,5	0,01	0,43
дикват	0,600	0,600	64,2	598,0	>1000	-4,2	-6,85

Примітки:

- ¹ – результати отримані в ґрунтово-кліматичних зонах України;
- ² – дані отримані в країнах ЄС;
- ³ – з урахуванням значення ДДД затвердженої в Україні;
- ⁴ – з урахуванням значення ADI затвердженої в ЄС.

Таблиця 2

Комплексна оцінка можливого негативного впливу на організм людини досліджуваних пестицидів при їх вимиванні у воду

Діюча речовина	SCI-GROW ¹ , мкг/л	Добове надходження з 3 л води, мкг/добу	SCI-GROW ² , мкг/л	ДДД ¹	ДДН ³ , мкг/добу	ДДН з водою, мкг/добу	ДДД ²	ДДН ⁴ , мкг/добу	Величини ризику у.о.
тіаметоксам	$1,37 \times 10^{-01}$	0,4110	$3,14 \times 10^{-00}$	0,02	1200	240	0,026	1560	$1,7 \times 10^{-03}$
азоксистробін	$1,73 \times 10^{-02}$	0,0519	$1,98 \times 10^{-01}$	0,03	1800	360	0,2	12000	$1,4 \times 10^{-04}$
металаксил-М	$3,61 \times 10^{-02}$	0,1083	$8,56 \times 10^{-03}$	0,03	1800	360	0,08	4800	$3,0 \times 10^{-04}$
флуфенацет	$1,94 \times 10^{-01}$	0,5820	$9,99 \times 10^{-02}$	0,004	240	48	0,005	300	$1,0 \times 10^{-02}$
метрибузин	$7,58 \times 10^{-01}$	2,2740	$7,64 \times 10^{-02}$	0,004	240	48	0,013	780	$4,7 \times 10^{-02}$
імідаклоприд	$9,77 \times 10^{-03}$	0,0293	$9,29 \times 10^{-01}$	0,06	3600	720	0,06	3600	$4,0 \times 10^{-05}$
діметоморф	$6,70 \times 10^{-02}$	0,201	$1,69 \times 10^{-01}$	0,1	6000	1200	0,05	3000	$1,7 \times 10^{-04}$
манкоцеб	$3,06 \times 10^{-02}$	0,0918	$2,84 \times 10^{-06}$	0,005	300	60	0,05	3000	$1,5 \times 10^{-03}$
фамоксадон	$2,03 \times 10^{-02}$	0,0609	$3,19 \times 10^{-02}$	0,01	600	120	0,012	720	$5,0 \times 10^{-04}$
оксатіапіпролін	$1,16 \times 10^{-02}$	0,0348	$9,26 \times 10^{-03}$	0,1	6000	1200	1,04	62400	$2,9 \times 10^{-05}$
дикват	$9,00 \times 10^{-03}$	0,0270	$5,35 \times 10^{-03}$	0,002	120	24	0,002	120	$1,1 \times 10^{-03}$

Примітки:

- SCI-GROW – скринінг концентрація в ґрунтових водах;
- ДДН – допустиме добове надходження (ДДД × 60);
- у.о. – умовні одиниці;
- ¹ – результати отримані в ґрунтово-кліматичних зонах України;
- ² – дані отримані в країнах ЄС;
- ³ – з урахуванням значення ДДД затвердженої в Україні;
- ⁴ – з урахуванням значення ADI затвердженої в ЄС.

в Україні, співпадають з даними отриманих в інших країнах, за винятком азоксистеробіну, імідаклоприду, оксатіапіпроліну, які розкладаються в ґрунтово-кліматичних зонах України швидше, що зумовлено відмінностями в нормах витрат, та особливостями типів ґрунтів.

Небезпечність міграції досліджуваних речовин в ґрунтово-кліматичних умовах України з ґрунту у підземні води за індексом GUS для диметоморфу і манкоцебу – середня, для решти речовин – висока. Отримані результати корелюють з даними отриманими в інших країнах, а також при застосування досліджуваних пестицидів на інших культурах [11, 12].

Зазначене свідчить про необхідність врахування процесу міграції більшості досліджуваних пестицидів в системі «ґрунт-ґрунтові води» при обґрунтуванні їх гігієнічних нормативів у ґрунті розрахунковим методом, а також при вирішенні питання проведення моніторингових досліджень у ґрунті та воді.

Для оцінки ризику для населення при споживанні контамінованої води зазначеною групою хімічних сполук нами було використано показники SCI-GROW, а також ризик ґрунтується на встановленні максимально можливого добового надходження пестициду з водою (ММДНВ) та подальшому порівнянні з допустимим добовим надходженням пестициду з водою (ДДНВ) [9]. Результати оцінки ризику показали, що значення максимально можливого добового надходження досліджуваних пестицидів з водою (0,027-2,2740 мкг/добу) значно нижчі допустимого добового надходження досліджуваних діючих речовин (120-6000 мкг/добу), з урахуванням результатів польових досліджень, проведеними

в Україні та інших європейських країн. Результати свідчать про відносно низький ризик для людини через надходження води, контамінованої пестицидами досліджуваних груп (табл. 2). Величини ризику коливаються в межах від $2,9 \times 10^{-05}$ до $1,1 \times 10^{-03}$.

Отримані результати корелюють з даними оцінки ризику при застосування інших груп та класів пестицидів на різних сільськогосподарських культурах [12, 13, 14].

Висновки.

1. Доведено високу небезпечність забруднення підземних вод в ґрунтово-кліматичних умовах України досліджуваними гербіцидами, інсектицидами та фунгіцидами за показником GUS – індексом потенційного вимивання в ґрунтові води, який потрібно враховувати при їх застосуванні в системі хімічного захисту та вирішенні питання проведення моніторингових досліджень.

2. На підставі оцінки ризику для населення, встановлено відносно низький ризик для людини при споживанні води, контамінованої пестицидами досліджуваних груп.

3. Зазначене свідчить про необхідність врахування процесу міграції більшості досліджуваних пестицидів при вирішенні питання проведення моніторингових досліджень у ґрунті та воді.

Перспективи подальших досліджень. На підставі отриманих результатів є необхідність проведення моніторингових досліджень щодо аналізу залишків пестицидів у воді водойм і оцінки ризику для людини при споживанні води, контамінованої пестицидами, що використовуються на інших культурах.

Інформація про конфлікт інтересів. Конфлікту інтересів немає.

Інформація про фінансування. Автори гарантують, що не отримували жодних винагород у будь-якій формі, здатних вплинути на результати роботи.

Особистий внесок кожного автора у виконання роботи:

Новохацька О.О. – ідея, мета, збір матеріалу дослідження, аналіз отриманих результатів, підготовка тексту статті;

Вавріневич О.П. – ідея, мета, аналіз отриманих результатів;

Бардов В.Г. – ідея, мета, аналіз отриманих результатів.

ЛІТЕРАТУРА

- Solomenko L.I., Hihashvili N. A. Ekolohichna otsinka vplyvu pestytsydiv na toksychnist ґруntovoho seredovyscha. Ekolohiya, Ymmunolohiya y Byotekhnolohiya SWorld. Modern directions of theoretical and applied researches. [cited Des 13] Available from: <http://www.sworld.com.ua/index.php/ru/conference/the-content-of-conferences/archives-of-individual-conferences/march-2014>.
- Sydorchuk P. S. "Ekolohichni ryzyky ta naslidky zastosuvannya pestytsydiv." Multidisciplinary academic notes. Theory, methodology and practice. 2022; 27: 60. [In Ukrainian].
- Lishchuk, A. M., Parfeniuk, A. I., Horodyska, I. M., Borodai, V. V., Draha, M. V. Osnovni vazheli upravlinnia ekolohichnymy ryzykamy v ahrotsenozakh. Ahroekolohichni zhurnal. 2022; (2):74-85. [In Ukrainian].
- Popp J., Petó K., Nagy J. Pesticide productivity and food security. A review. Agronomy for Sustainable Development. 2012; 33(1):43–255. DOI: 10.1007/s13593-012-0105-x.
- Stankevych S.V. Rynok pestytsydiv Ukrainy. International forum: problems and scientific solutions 104 Agrotechnologies and agricultural industry. 2020:104-107. [In Ukrainian].
- Osokyna N.P. Soderzhanye khlororhanycheskykh pestytsydiv v podzemnykh vodakh y ykh vlyianye na bezopasnost zhyznedielnosti naseleniya Ukrainy. Zbirnyk naukovykh prats instytutu heokhimii navkolyshnoho seredovyscha, 2012; (21):10-15. [In Ukrainian].
- Gustafson, D.I. Groundwater ubiquity score: a simple method for assessing pesticide leachability. Environmental Toxicology and Chemistry. 1989;(8):339-357.
- Cohen, S. Recent examples of pesticide assessment and regulation under FQPA. Agricultural chemical news. 2000:41-43.
- A.M. Antonenko, O.P. Vavrinevych, S.T. Omelchuk, M.M. Korshun Prediction of pesticide risks to human health by drinkingwater extracted from underground sources. Georgian Medical News. 2015; 7-8 (244-245):99–106.
- Pestytsydy. Klyasyfikatsiia za stupenem nebezpechnosti: DSanPiN 8.8.1.002-98. [Zatv. 28.08.98]. Zb. vazhlyvykh ofitsiynykh materialiv z sanitarnykh i protyepidemichnykh pytan. 2000; 9(1): 249—266. [In Ukrainian].

11. PPDB: Pesticide Properties Data Base. [cited 2019 June 13]. Available from: <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/footprint/en/>. Title from screen.
12. Antonenko A. M., Vavrinevych O. P., Omelchuk S. T., Korshun M. M. Comparative hygienic risk assessment of groundwater contamination by herbicides of different chemical classes and hazard prediction for human after consumption of contaminated water. *Journal of Education Health and Sport*. 2016; 6(9):873-882.
13. Antonenko A.M., Vavrinevych O.P., Omelchuk S.T., Korshun M.M. Porivnialna hihienichna otsinka stiikosti u grunti ta ryzyku zabrudnennia hruntovykh vod insektytsydamy riznykh khimichnykh klasiv i prohnoz nebezpechnosti dlia liudyny pry vzhyvanni kontaminovanoi vody. *Problemy kharchuvannia*. 2016; 2(45):31-39. [In Ukrainian].
14. Antonenko A.N., Vavrynevych E.P., Korshun M.M., Omelchuk S.T. Sravnytelnaia otsenka ryska zahiaznenyia hruntovykh vod funhytsydamy raznykh klassov y prohnoz opasnosti dlia cheloveka pry upotreblenyy kotamynyrovannoi vody. *Zdorove y okruzhaiushchaia sreda: sb. nauch.tr. – Mynsk: RNMB*. 2015; 2(25):176-181. [In Ukrainian].