

УДК: 613.6+632.95: 001.5

ВИКОРИСТАННЯ ЕКСПОЗИЦІЙНОЇ МОДЕЛІ ОЦІНКИ РИЗИКУ В ОБҐРУНТУВАННІ ПРОФІЛАКТИЧНИХ ЗАХОДІВ ЩОДО ЗНИЖЕННЯ НЕБЕЗПЕЧНОЇ ДІЇ ПЕСТИЦИДІВ НА ПРАЦЮЮЧИХ

Яструб Т.О.

Інститут медицини праці АМН України, м. Київ

В роботі представлено можливість практичного використання експозиційної моделі оцінки ризику в гігієнічних дослідженнях умов праці при застосуванні пестицидів. Проведено розрахунки ступеню ризику інгаляційного та кризьшкірного впливу пестицидів на працюючих. На основі диференційованої оцінки ризику пропонуються профілактичні заходи, які спрямовано на зниження небезпечної дії пестицидів на здоров'я працюючих залежно від пріоритетних шляхів надходження до організму.

Ключові слова: пестициди, умови праці, оцінка ризику комплексного впливу, профілактичні заходи

Вступ

При проведенні гігієнічних досліджень умов праці при застосуванні пестицидів на етапі їх реєстраційних (державних) випробувань, які мають на меті розробку гігієнічних нормативів та регламентів їх безпечного застосування, виникає важливе питання кількісного визначення ступеня можливої небезпеки цих робіт. Такі дослідження проводять з використанням розрахункових моделей, що дозволяють отримувати порівнювані дані на різних стадіях технології застосування пестицидів — приготування робочих розчинів, заправлення технічного устаткування, обприскування. Найбільш поширеною з них є експозиційна модель оцінки ризику [8], використання якої в гігієнічній оцінці умов праці дозволяє не лише кількісно оцінити ступінь небезпечної дії пестицидів при їх застосуванні, а й передбачає розробку профілактичних заходів та контроль за їх виконанням.

Мета, об'єкт та методи дослідження

Мета роботи полягала в застосуванні експозиційної моделі оцінки ризику в гігієнічних дослідженнях умов праці з пестицидами на етапі їх державних випробувань та обґрунтування профілактичних заходів, які направлено на зниження їх небезпечної дії на працюючих в залежності від пріоритетних шляхів надходження пестициду до організму.

Об'єктом дослідження були умови праці в процесі державних випробувань гербіциду «Ларен СП, з.п.» (д.р. метсульфурон-метил); фунгіциду «Сумілекс, 50% з.п.» (д.р. процимідон); інсектицидів: «Парашут, 40% к.е.» (д.р. паратіон-метил), «Фуфанон, 57% к.е.», «Фуфанон, 2,4% к.е.» (д.р. малатіон).

Для досягнення мети вирішували такі задачі: проведення гігієнічної оцінки умов праці з досліджуваними пестицидами; використання основних положень методології оцінки ризику [7] і експозиційної моделі [8] для розрахунку ризику їх сумарного (інгаляційного та кризьшкірного) впливу на працюючих; запропонування профілактичних заходів щодо зниження їх дії залежно від пріоритетних шляхів надходження до організму; використання отриманих результатів при вирішенні питання впровадження досліджуваних препаратів у сільськогосподарську практику.

Гігієнічну оцінку умов праці при застосуванні пестицидів проводили відповідно до методичних вказівок [4] на основі визначення діючих речовин препаратів у таких об'єктах: повітря робочої зони під час виконання робочих операцій; змиви з відкритих ділянок шкіри працюючих після закінчення робочих операцій; нашивки — клаптики бавовняної тканини, які прикріплюють на період робочої зміни до робочого одягу. Фактичні дані щодо вмісту діючих речовин у повітрі робочої зони та на поверхні шкіри було використано для визначення експозиційних інгаляційних (I^*) та нашкірних (D^*) доз.

Експозиційну інгаляційну дозу розраховували за формулою:

$$I^* = \frac{C \cdot V \cdot t}{M\phi}, \text{ мг/(люд} \cdot \text{кг д.р.)}$$

де: C — концентрація пестициду у повітрі робочої зони, мг/м³;

V — об'єм легеневої вентиляції (1,74 м³/год);

t — тривалість операції, год;

$M\phi$ — фактична кількість затраченої діючої речовини за робочу операцію, кг.

Експозиційну шкірну дозу розраховували за формулою:

$$D^* = \frac{D_p + D_r + D_t}{M_f}, \text{ мг/(люд} \cdot \text{кг д.р.)}$$

де: D_p , D_r , D_t – фактичні експозиційні шкірні дози за вмістом діючої речовини у змивах з поверхні шкіри рук, обличчя та у нашивках на грудях і плечовому поясі, відповідно, мг/люд.

До основи розрахунків максимально можливих за даних умов застосування пестициду інгаляційних (I_m) та шкірних (D_m) доз покладено принцип аерації (припускалася можливість впливу на організм працюючого усієї кількості речовини, що містилася у повітрі робочої зони та на поверхні шкіри за всю робочу зміну):

$$I_m = I^* \cdot R \cdot S, \text{ мг/люд}; D_m = D^* \cdot R \cdot S, \text{ мг/люд},$$

де: R , кг/га – норма витрати діючої речовини, кг/га;

S , га – максимальна площа обробки за робочу зміну (4 години для пестицидів II класу небезпеки,

6 годин – для пестицидів III-IV класів небезпеки згідно [1]).

Результати та їх обговорення

Умови застосування пестицидів (табл. 1) свідчать, що досліджувані препарати характеризуються, перш за все, різними нормами діючих речовин. Так, найбільш ефективним є гербіцид «Ларен СП, з.п.», норма витрати якого складає лише 6 г/га за метсульфурон-метилом. Тривалість робочої операції при застосуванні пестицидів перебувала в прямій залежності від площі обробленої ділянки.

Вміст діючих речовин в об'єктах виробничого середовища, величини їх експозиційних інгаляційних та шкірних доз наведено в таблиці 2.

Аналіз отриманих даних свідчить, що при застосуванні пестицидів в усіх випадках мало місце надходження їх у зону дихання працюючих та забруднення незахищених ділянок шкіри та робочого одягу. Розраховані значення I_m та D_m у великій мірі

Таблиця 1

Вихідні дані щодо застосування пестицидних препаратів

Препарат (діюча речовина)	Засоби обробки	Норма витрати д.р., кг/га	Площа обробки, га	Час обробки, год
Ларен СП, з.п. (метсульфурон-метил)	ШО	0,006	2	0,51
Фуфанон, 57% к.е. (малатіон)	ШО	0,297	4 0,5	0,42
	ВО	0,236		0,42
Фуфанон, 2,4% к.е. (малатіон)	РО	0,236	0,002	0,08
Парашут, 40% к.е. (паратіон-метил)	ШО	0,294	1,2	0,67
	ВО	0,175	0,5	0,47
Сумілекс, 50% з.п. (процимідон)	РО	2	1	1,75

Тут та в табл. 2, 3 – ШО; ВО; РО – штангове, вентиляторне обприскування та ручні засоби обробки, відповідно.

Таблиця 2

Вміст діючих речовин в об'єктах виробничого середовища та розраховані експозиційні інгаляційні і шкірні дози досліджуваних пестицидів

Препарат (діюча речовина)	Фактичний вміст діючої речовини		Експозиційні дози		Максимальні експозиційні дози	
	повітря робочої зони, мг/м ³	шкіра, мг/люд	I^*	D^*	I_m	D_m
Ларен СП, з.п. (метсульфурон-метил)	0,033	0,064	2,44	5,33	0,676	0,75
Фуфанон, 57% к.е. (малатіон)	0,068	0,735	0,042	0,62	0,624	9,2
		0,464	0,093	3,93	0,66	27,82
Фуфанон, 2,4% к.е. (малатіон)	0,11	1,075	32,58	2296	7,69	541,9
		0,034	0,003	0,093	0,049	1,36
Парашут, 40% к.е. (паратіон-метил)	0,013	0,135	0,123	1,54	0,65	8,01
		0,084	0,122	0,703	0,88	9,84
Сумілекс, 50% з.п. (процимідон)		1,405				

залежали від використаної техніки для обприскування (штангові, вентиляторні, ручні засоби обробки) та норми витрат діючої речовини.

Отримані результати гігієнічних досліджень відображають реальність небезпеки для працюючих. Вже на даному етапі експозиційну інгаляційну дозу може бути оцінено кількісно відносно гранично-допустимої концентрації в повітрі робочої зони. У відношенні ж до наскірної дози така оцінка носить описовий характер і припускає лише констатацію факту наявності пестициду на шкірі, що є показником несприятливих гігієнічних умов праці [4].

Кількісну оцінку ступеню ризику несприятливого впливу пестицидів на працюючих було проведено з використанням положень моделі [8] та власних методичних підходів до оцінки ризику [3].

Кількісним вираженням ризику впливу пестицидів є відношення максимально можливих інгаляційних (Ім) та наскірних (Дм) доз до допустимих рівнів при відповідному шляху надходження до організму. Ризик вважається припустимим, якщо сума цих відношень не перевищує 1.

Допустимий рівень впливу встановлюють на основі результатів експериментальних токсикологічних досліджень на лабораторних тваринах – за ефективними рівнями, що не викликають шкідливої дії (NOAEL) при субхронічному пероральному введенні чи нанесенні на шкіру. Такий вибір рівнів обу-

мовлено короткочасною дією пестицидів на організм працюючого в умовах професійного контакту.

Розраховані за таким принципом допустимі рівні впливу (Ідоп та Ддоп) та показники ступеню ризику досліджуваних пестицидів при даних шляхах надходження до організму наведено в таблиці 3.

Результати розрахунків показали, що ризик сумарного (інгаляційного та крізьшкірного) впливу метсульфурон-метилу на працюючих не перевищує 0,022, що свідчить про достатній ступінь безпечності при застосуванні препарату «Ларен СП, з.п.» на культурах хлібних злаків з використанням штангового обприскування при дотриманні загально прийнятих правил безпеки. У межі допустимого (Есум = 0,92) можна вважати ризик при роботах з фунгіцидом «Сумілекс, 50% з.п.» (д.р. – процимідон).

Особливої уваги при оцінці ризику крізьшкірної дії пестицидів заслуговують інсектициди малатіон та паратіон-метил, які належать до класу фосфор-органічних сполук і мають властивість всмоктуватися через неушкоджену шкіру та викликати інтоксикацію. Так, ступінь ризику сумарного впливу малатіону при ранцевому обприскуванні посадок огірків препаратом «Фуфанон, 2,4% к.е.» на рівні 2,39 вказує на несприятливі умови праці. Отримані результати підкріплюються дослідженням активності ацетилхолінестерази (АХЕ) під час проведення таких робіт (табл. 4).

Таблиця 3

Допустимі рівні впливу пестицидів на працюючих (Ідоп, Ддоп, мг/(люд·добу)) та показники ступеню інгаляційного (Еі) та крізьшкірного (Еш) впливу досліджуваних пестицидів

Препарат (діюча речовина)	NOAEL, мг/кг		Ідоп	Ддоп	Еі	Еш	Есум = Еі + Еш
	per os	derm					
Ларен СП, з.п. (метсульфурон-метил)	13,5	125	37,8	350	0,02	0,002	0,022
Фуфанон, 57% к.е. (малатіон)	5	300	7	420	0,09	0,02	0,11
ШО					0,09	0,07	0,16
Фуфанон, 2,4% к.е. (малатіон)	0,9	5	1,26	7	1,10	1,29	2,39
РО							
Парашут, 40% к.е. (паратіон-метил)	7,5	–	5,25	13,13	0,04	0,20	0,24
ШО					0,52	1,14	1,66
ВО							
Сумілекс, 50% з.п. (процимідон)					0,17	0,75	0,92

Таблиця 4

Активність АХЕ крові оператора після впливу на шкіру малатіона при ручному засобі його застосування

Показник	Час дослідження, год			
	фон	1	24	72
Активність АХЕ, ммоль/(год·л)	169,7	111,7	157,8	160,6
Пригнічення активності АХЕ, %	–	34,18	7,0	5,36

Вже через 1 годину після обробки рослин у оператора відмічалось зниження АХЕ крові на 34,18% у порівнянні з фоновим значенням – 169,7 ммоль/(год·л), що свідчить про наявність резорбтивної дії малатіону. Через 1–3 доби відмічалось повільне відновлення АХЕ до 95% вихідного рівню.

Таким чином, результати розрахунків оцінки ризику інгаляційного та кризьшкірного впливу у наведеному прикладі з «Фуфаномом, 2,4% к.е.» дуже тісно співпали з результатами клінічних біохімічних досліджень і підкреслили необхідність застосування допоміжних заходів безпеки.

Подібна ситуація має місце при аналізі результатів визначення ризику у випадку з паратіон-метилом при вентиляторному обприскуванні яблуневого саду препаратом «Парашут, 40% к.е.», коли ступінь ризику кризьшкірного впливу перебував на рівні 1,14, що також вважається неприйнятним.

Ослаблення імовірності небезпечних наслідків використання пестицидів практично може бути реалізовано шляхом застосування засобів індивідуального захисту від впливу через конкретну ділянку тіла, яка дає найбільший внесок у значення ступеню ризику (табл. 5).

Так, для послаблення інгаляційного впливу малатіону та паратіон-метилу можна рекомендувати фільтруючий газопилезахисний респіратор «Сніжок ГП-Е», який застосовується для захисту органів дихання від впливу шкідливих речовин, що знаходяться у повітрі робочої зони у вигляді газів та аерозолів. При цьому ступінь ризику інгаляційного впливу даних пестицидів зменшиться до 0,02 та 0,01, відповідно.

Великою перевагою використаної моделі є те, що вона дозволяє об'єктивно визначити напрям профілактичних заходів завдяки диференціюванню

внесків регіональних експозиційних нашкірних доз у компоненту ризику кризьшкірного впливу. Як свідчать наведені у таблиці 5 приклади, у випадку застосування препарату «Фуфанон, 2,4% к.е.» найбільший внесок у значення ступеню ризику кризьшкірного впливу малатіону дає ділянка тіла, що включає верхні та нижні кінцівки ($E_{ш}(т) = 0,99$). На цій підставі при роботах з даним пестицидом рекомендується застосування захисного комбінезону та гумового взуття, які дозволять знизити імовірність впливу малатіону через цю ділянку тіла до значення 0,05 ($0,05 = 0,99 \cdot 0,05$), а загального ступеню ризику – до значення 0,35.

На основі диференційованої оцінки кризьшкірної дії паратіон-метилу було встановлено, що найбільший внесок у значення ступеню ризику при вентиляторному обприскуванні яблуневого саду привносить ділянка кистів рук ($E_{ш}(р) = 0,77$). Рекомендація, яка слідує із такої оцінки – застосування засобів захисту рук від впливу паратіон-метилу, що дозволить зменшити ступінь ризику дії пестициду через дану область до значення 0,039 ($0,039 = 0,77 \cdot 0,05$). Тоді значення ступеню ризику кризьшкірного впливу паратіон-метилу через всі регіональні ділянки тіла буде на рівні 0,41, що вважається допустимим.

Висновки

Таким чином, застосування експозиційної моделі оцінки ризику дало змогу більш об'єктивно кількісно оцінити умови праці при застосуванні досліджуваних препаратів. За результатами такої оцінки встановлено ступінь ризику їх інгаляційної та кризьшкірної несприятливої дії. На основі диференційованої оцінки ризику запропоновано профілактичні заходи щодо зниження такої дії на здоров'я працюючих залежно від пріоритетних шляхів надходження пестициду до організму.

Таблиця 5

Диференційована оцінка ступеню впливу пестицидів та рекомендовані засоби індивідуального захисту (ЗІЗ)*

Пестицид (діюча речовина)	E_i	$E_{ш}(р)^{a)}$	$E_{ш}(г)^{b)}$	$E_{ш}(т)^{c)}$	Рекомендовані ЗІЗ	$K^d)$	$E_i^e) + E_{ш}$
Фуфанон, 2,4% к.е. (малатіон)	1,1	0,02	0,28	0,99	Респіратор Сніжок ГП-Е Захисний комбінезон та гумове взуття	0,02 0,05	0,02 + 0,35
Парашут, 40% к.е. (паратіон-метил)	0,52	0,77	0,08	0,29	Респіратор Сніжок ГП-Е Рукавиці гумові промислові ТУ 38-105-506-72	0,02 0,05	0,01 + 0,41

* – у відповідності із [2,5,6]; $a)$; $b)$, $c)$ – $E_{ш}(р)$, $E_{ш}(г)$, $E_{ш}(т)$ – фактичний рівень впливу пестицидів кризь шкіру кистів рук, голови та решти частини тіла, відповідно; $d)$ K – коефіцієнт ослаблення впливу згідно [8]; $e)$ E_i та $E_{ш}$ – показники ступеню інгаляційного і кризьшкірного впливу при застосуванні ЗІЗ.

Література

1. Гігієнічна класифікація пестицидів за ступенем небезпечності.– ДСанПіН 8.8.1.002–98, К., 1998.– С. 4–8.

2. Лоранский Д.Н., Гуревич Г.П., Красильщиков М.И., Цапко В.Г. Меры безопасности при работах с пестицидами и минеральными удобрениями.– М.: Колос, 1975.– 224 с.

3. Кундієв Ю.І., Кірсенко В.В., Карпенко В.М. та ін. Алгоритм визначення експозиційної дози при крізьшкірному надходженні пестицидів під час їх застосування//Зб. «Гігієна труда».– К., 2002.– С. 240–248.

4. Методические указания по гигиенической оценке новых пестицидов.– К.: ВНИИГИНТОКС, 1988.– 212 с.

5. 17.27. ССБТ. Одежда специальная. Классификация. ГОСТ 12.4.015–76.

6. 17.44. ССТБ. Средства индивидуальной защиты. Рукавицы специальные. Технические условия. ГОСТ 12.4.010–75.

7. IPCS. Human Exposure Assessment//Environmental Health Criteria 214.– 2000.– 375 p.

8. Lundehehn J., Krebs B. Uniform Principles for Safeguarding the Health of Applicators of plant Protection Products.– Berlin: Kommissionsverlag P.Parey, 1992.– 50 p.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭКСПОЗИЦИОННОЙ МОДЕЛИ ОЦЕНКИ РИСКА В ОБОСНОВАНИИ ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО СНИЖЕНИЮ ОПАСНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ПЕСТИЦИДОВ НА РАБОТАЮЩИХ

Яструб Т.А.

Институт медицины труда АМН Украины, г. Киев

В работе представлена возможность практического использования экспозиционной модели оценки риска в гигиенических исследованиях условий труда при применении пестицидов. Проведены расчеты степени риска ингаляционного и чрескожного воздействия пестицидов на работающих. На основании дифференцированной оценки риска предлагаются профилактические мероприятия, направленные на снижение опасного воздействия пестицидов на работающих в зависимости от приоритетных путей поступления в организм.

Ключевые слова: пестициды, условия труда, оценка риска комплексного воздействия, профилактические мероприятия

USING AN EXPOSURE MODEL IN RISK ASSESSMENT FOR PREVENTION OF THE HAZARDOUS EFFECT OF PESTICIDES ON WORKERS

Yastrub T.A.

Institute for Occupational Health of AMS of Ukraine, Kyiv

The possibility of practical use of the exposure model for hygienic assessment of working conditions in pesticide application is considered. The assessment of inhalation and dermal pesticide exposures on workers has been conducted. On the basis of the differentiated risk assessment preventive measures have been proposed for the decrease of pesticide exposure on workers, depending on the priority ways of entering the body.

Key words: pesticides, working conditions, assessment of hazards, combined effect, preventive measure

Надійшла: 09.06.05

Контактна особа: Яструб Тетяна Олександрівна, Інститут медицини праці АМН України, вул. Саксаганського, 75, Київ 01033, Україна, тел.: (044) 289-42-74