

ПРОФЕСІЙНІ РИЗИКИ ПРИ ВНЕСЕННІ ПЕСТИЦИДІВ ЗА ДОПОМОГОЮ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ: ОСОБЛИВОСТІ ТА ПОРІВНЯЛЬНА ГІГІЄНІЧНА ОЦІНКА

¹*Борисенко А.А.* <https://orcid.org/0000-0002-0211-607X>

¹*Антоненко А.М.* <https://orcid.org/0000-0001-9665-0646>

¹*Омельчук С.Т.* <https://orcid.org/0000-0003-3678-4241>

¹*Бардов В.Г.* <https://orcid.org/0000-0002-9846-318X>

²*Борисенко А.В.* <https://orcid.org/0000-0002-2148-0934>

¹*Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, Київ, Україна*

²*ДУ «Вінницький обласний Центр контролю та профілактики хвороб МОЗ України», Київ, Україна*

andrey-b.07@ukr.net

Актуальність. Все ширшого застосування в світі, і в Україні зокрема, набуває спосіб внесення пестицидів з повітря за допомогою безпілотних літальних апаратів (БПЛА, або дрони). Очікується, що на світовому сільськогосподарському ринку в період з 2018 по 2026 рр. темп приросту використання дронів становитиме до +18,5 %.

Ціль: гігієнічна оцінка умов праці та професійних ризиків при внесенні пестицидів за допомогою БПЛА, аналіз їх особливостей і порівняння з іншими найпоширенішими в сільському господарстві видами обробки.

Матеріали та методи. Натурні дослідження були проведені в 2018-2021 роках. При внесенні препарату використовували сертифіковану техніку: ранцевий оприскувач SOLO-10, причіпний штанговий оприскувач AMAZON 1201 UF, суміщений з трактором МТЗ 82.1 «Білорус», безпілотний літальний апарат для обприскування полів Aggas T16 виробництва компанії DJI, літак АН-2 суміщений з ОЖ-2 (оснащення з безклапанним відсіканням рідини). Відбір проб повітря здійснювали із застосуванням переносного аспіратора «Тайфун».

Результати. Аналіз розрахунків з визначення інгаляційного по азоксистробіну ($0,12 \pm 0,004$) та ципроконазолу ($54,2 \pm 1,23$); комплексного по азоксистробіну ($0,52 \pm 0,01$) та ципроконазолу ($58,4 \pm 1,8$) та комбінованого ($0,59 \pm 0,01$) ризиків показав, що вони є найвищим для сигнальника, який вказує пілоту напрямом польоту. Достовірно нижчі ризики негативного впливу виробничого середовища на здоров'я заправників баку оприскувача, ніж оператора/тракториста, пілота літака та сигнальника. Зазначимо, що інгаляційний, перкутанний, комплексний та комбінований ризики достовірно вищі тільки у заправника баку дрону в порівнянні з даними для зовнішнього пілота при внесенні пестициду з повітря.

Висновок. Встановлено, що ризики для працівників, задіяних у обробці сільськогосподарських культур за допомогою БПЛА, є достовірно нижчими в порівнянні з авіаобробкою, та знаходяться в одному діапазоні з ризиками при проведенні інших видів обробок (штангова, вентиляторна, ранцева).

Ключові слова: пестициди, виробниче середовище, умови праці, професійний ризик, комплексний ризик, інгаляційний ризик, комбінований ризик.

Актуальність. При використанні дозволених до застосування пестицидів головною метою є внесення формуляції у правильних дозах при мінімальних втратах в результаті зносу за межі поля, з використанням спеціалізованого, ефективного обладнання для обприскування. За даними ВООЗ, щорічно у світі відбувається від 500 тис. до 1 млн отруєнь пестицидами. До 20 тис. осіб унаслідок інтоксикації гине. Близько 50 % отруєнь та 75 % смертей припадає на людей, які безпосередньо контактують із пестицидами, – переважно працівників сільського господарства. Відомі й побутові випадки, пов'язані з неправильним застосуванням засобів для боротьби зі шкідниками у будинках та на присадибних ділянках [1]. Саме тому пестициди підлягають обов'язковій державній реєстрації, а з позиції медицини та екології, потребують суворої регламентації, особливих комплексних науково-методологічних підходів до оцінки їх небезпечності, дотримання спеціального порядку поводження, проведення дієвого державного нагляду за застосуванням, що закріплено

на законодавчому рівні. Відповідно до [2], машини для внесення пестицидів повинні бути спроектовані та побудовані з урахуванням результатів оцінки ризику, що забезпечить високий рівень захисту здоров'я та безпеки людей і, де це доречно, домашніх тварин та майна і навколишнього середовища. Все ширшого застосування в світі, і в Україні зокрема, набуває спосіб внесення пестицидів з повітря за допомогою безпілотних літальних апаратів (БПЛА, або дрони). На основі прогнозу Міжнародної Асоціації безпілотних транспортних систем, легалізація комерційних БПЛА може створити економічний вплив на понад 80 млрд. доларів з 2015 по 2025 рік, а потреба сільського господарства у БПЛА досягне до 80 % від загальної кількості [3]. Очікується, що на світовому сільськогосподарському ринку в період з 2018 по 2026 рр. темп приросту використання дронів становитиме до +18,5 %.

Ціль: гігієнічна оцінка умов праці та професійних ризиків при внесенні пестицидів за допомогою безпілотних літальних апаратів, аналіз їх особливостей і

порівняння з іншими найпоширенішими в сільському господарстві видами обробки.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Натурні дослідження були проведені в 2018-2021 роках на базі Білоцерківської дослідної станції ТОВ «Syngenta» у Київській області при використанні препарату Амістар Екстра 280 SC, КС (80 г/л ципроконазолу та 200 г/л азоксистробіну) у максимальній нормі витрат препаративної форми (0,75 л/га) на посівах сої. При внесенні препарату використовували сертифіковану техніку: ранцевий оприскувач SOLO-10 (об'єм внесення робочого розчину – 15 л/га), причіпний штанговий оприскувач AMAZON 1201 UF (об'єм внесення робочого розчину – 250 л/га) та оприскувач вентиляторний ОПВ-2000 (об'єм внесення робочого розчину – 300 л/га) суміщений з трактором МТЗ 82.1 Білорус, безпілотний літальний апарат для оприскування полів Agras T16 компанії DJI (об'єм внесення робочого розчину – 10 л/га), літак АН-2 суміщений з ОЖ-2 з безклапанним відсіканням рідини (об'єм внесення робочого розчину – 50 л/га).

Робітники, задіяні в обробках, – заправник (тривалість операції 7-10 хв.), тракторист (тривалість роботи 30-40 хв.), оператор (тривалість роботи 5-7 хв.), сигнальник (тривалість роботи 20-30 хв.), пілот (тривалість роботи 20-30 хв.) – при виконанні виробничих операцій були одягнені у спеціальний захисний одяг: комбінезон з синтетичної тканини та черевики. В якості індивідуальних засобів захисту використовували гумові рукавички та респіратори.

Відбір проб повітря здійснювали із застосуванням переносного аспіратора «Тайфун» на паперовий

фільтр «синя стрічка» і силікагель. При виконанні кожної виробничої операції в трьох паралельних точках послідовно відбирали 3 проби.

Дослідження вмісту пестицидів на поверхні шкіри працівників проводили після завершення операцій за допомогою знежирених і змочених етиловим спиртом, розведеним у воді в співвідношенні 1:1, марлевих серветок та методом нашивок (зовнішній шар – бавовняна тканина, середній шар – медична марля, внутрішній – фільтр «синя стрічка») на спецодязі.

Кількісне визначення вмісту діючих речовин в повітрі робочої зони, атмосферному повітрі, в змивах з відкритих поверхонь шкіри та рукавичок, нашивках на спецодязі працівників проводили методами високоефективної рідинної та газорідинної хроматографії.

Розрахунок та оцінку професійного ризику здійснювали згідно з методичними рекомендаціями [4]. Статистичну обробку результатів проводили з використанням пакету ліцензійних статистичних програм IBM SPSS Statistics Base v.22.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

В результаті проведених досліджень умов праці працівників при виконанні виробничих операцій по застосуванню пестицидів було встановлено, що концентрація азоксистробіну і ципроконазолу у повітрі робочої зони заправника та зони можливого зносу в усіх варіантах дослідів була нижче межі кількісного визначення методу (табл. 1).

В повітрі зони обробки (над полем) через 1 годину, 3 доби, 7 днів при ранцевому внесенні та обробці за допомогою БПЛА, а також через 3 та 7 днів для решти видів внесення концентрації діючих речовин препа-

Таблиця 1

Вміст діючих речовин препарату Амістар Екстра 280 SC, к. с. у пробах повітря при застосування різних способами внесення, мг/м³

Спосіб застосування	Діюча речовина	Повітря в зоні дихання:				Повітря в зоні обробки через:			10 м від краю поля	100 м від краю поля	500 м від краю поля
		заправник	оператор / тракторист	пілот	сигнальник	1 год.	3 доби	7 днів			
Ранцеве	Азоксистробін	0,002	0,035	-	-	<0,001*	<0,001*	<0,001*	<0,001*	<0,001*	<0,001*
	Ципроконазол	0,08	0,09	-	-	<0,008*	<0,008*	<0,008*	<0,008*	<0,008*	<0,008*
Штангове	Азоксистробін	<0,001*	<0,001**	-	-	0,001	<0,001*	<0,001*	0,001	<0,001*	<0,001*
	Ципроконазол	<0,05	<0,05**	-	-	0,008	<0,008*	<0,008*	0,008	<0,008*	<0,008*
Вентиляторне	Азоксистробін	<0,001*	0,0015	-	-	0,025	<0,001*	<0,001*	0,015	0,01	<0,001*
	Ципроконазол	<0,05*	0,085	-	-	0,01	<0,008*	<0,008*	0,25	0,021	<0,008*
Безпілотне з повітря	Азоксистробін	0,002	-	<0,001	-	<0,001*	<0,001*	<0,001*	<0,001*	<0,001*	<0,001*
	Ципроконазол	0,06	-	<0,05	-	<0,008*	<0,008*	<0,008*	<0,008*	<0,008*	<0,008*
Авіаційне	Азоксистробін	<0,001*	-	0,025	0,01	0,03	<0,001*	<0,001*	0,025	0,25	<0,001*
	Ципроконазол	<0,05*	-	0,09	0,008	0,008	<0,008*	<0,008*	0,2	0,02	<0,008*

Примітки: * – нижче межі кількісного визначення методу в повітрі робочої зони та атмосферному повітрі.

рату були нижче межі кількісного визначення методу в атмосферному повітрі (азоксистробіну <0,001 мг/м³, ципроконазолу <0,008 мг/м³).

Аналогічно – в зоні можливого зносу на відстані 10 м, 100 м та 500 м від краю ділянки через 1 годину, 3 доби, 7 діб концентрації діючих речовин при ранцевому внесенні і за допомогою БПЛА, а також на відстані 500 м для решти видів внесення. В решті випадків концентрації азоксистробіну та ципроконазолу у вказаних точках варіювали від 0,001 до 0,25 мг/м³. В повітрі робочої зони працівників у більшості випадків були виявлені незначні кількості досліджуваних сполук (від 0,002 до 0,09 мг/м³).

Аналіз розрахунків з визначення інгаляційного по азоксистробіну (0,12±0,004) та ципроконазолу (54,2±1,23); комплексного по азоксистробіну (0,52±0,01) та ципроконазолу (58,4±1,8) та комбінованого (0,59±0,01) ризиків, показав, що вони є найвищим для сигнальника, який вказує пілоту напрямок польоту, місце початку розпилення ХЗЗР. Розходження різниці по азоксистробіну (0,04±0,003) та ципроконазолу (12,4±0,5) для заправника баку БПЛА та зовнішнього пілота БПЛА в проведених натурних дослідженнях є достовірним за критерієм Ст'юдента (p>0,05). Для оператора, що вносив пестицид ранцевим оприскувачем, трактористів при штанговому та вентиляторному внесенні величини інгаляційних ризиків були достовірно більшими, ніж у заправників баку оприскувача при p>0,05 (табл. 2). Розрахований перкутанний ризик працівника, зайнятого при заправці баку дрону, є також достовірно вищим для ципроконазолу. Достовірно вищі рівні інгаляційного

та перкутанного ризиків заправника баку оприскувача БПЛА обумовили достовірне розходження різниці комплексного (по азоксистробіну та ципроконазолу) та комбінованого ризиків. Величини комбінованого ризику заправника БПЛА (0,15±0,004) значно перевищували отриманні дані для зовнішнього пілота (0,009±0,003) (табл. 2).

При оцінці комплексного ризику для трактористів при штанговому та вентиляторному внесенні, встановлено статистично значиму різницю по азоксистробіну та ципроконазолу (p = 0,001). При цьому частка перкутанного ризику при штанговому та вентиляторному внесенні була нижчою по всіх діючих речовинах, ніж частка інгаляційного ризику.

Величини комбінованого ризику при використанні вентиляторного оприскувача (0,46±0,02) значно перевищували отриманні дані при застосуванні штангового оприскувача (0,14±0,006) (табл. 2).

Величини професійного ризику при застосуванні препарату Амістар Екстра 280 SC, КС не перевищували допустимий (менше 1). Величини комбінованого ризику у заправників склали 0,09±0,03, операторів/трактористів – 0,24±0,09, зовнішнього пілота дрону/пілота літака – 0,11±0,02, сигнальника – 0,59±0,01.

Отже, відмічаємо достовірно нижчі ризики негативного впливу виробничого середовища на здоров'я заправників баку оприскувача, ніж оператора/тракториста, пілота літака та сигнальника. Зазначимо, що інгаляційний, перкутанний, комплексний та комбінований ризики достовірно вищі тільки у заправника баку дрону в порівнянні з даними для зовнішнього пілота при внесенні пестициду з повітря. Це можна

Таблиця 2

Величини потенційного ризику небезпечного впливу препарату Амістар Екстра 280 SC, КС при застосуванні різними способами внесення

Спосіб застосування	Діюча речовина	Величини ризику															
		інгаляційний, ×10 ⁻²				перкутанний, ×10 ⁻²				комплексний, ×10 ⁻²				комбінований			
		З	О/Т	П	С	З	О/Т	П	С	З	О/Т	П	С	З	О/Т	П	С
Ранцеве	Azoxystrobin	0,03	0,1**	-	-	0,04	0,03	-	-	0,07	0,13**	-	-	0,1	0,12**	-	-
	Cyproconazole	9,4	11,4**	-	-	0,53	0,5	-	-	9,93	11,9**	-	-				
Штангове	Azoxystrobin	0,01	0,04**	-	-	0,04	0,03	-	-	0,05	0,07**	-	-	0,04	0,14**	-	-
	Cyproconazole	3,4	13,6**	-	-	0,53	0,48	-	-	3,93	14,1**	-	-				
Вентиляторне	Azoxystrobin	0,01	0,12**	-	-	0,04	0,03	-	-	0,05	0,16**	-	-	0,04	0,46**	-	-
	Cyproconazole	3,4	46,2**	-	-	0,53	0,48	-	-	3,93	46,72**	-	-				
Безпілотне з повітря	Azoxystrobin	0,04*	-	0,02	-	0,18	-	0,17	-	0,22*	-	0,19	-	0,15*	-	0,09	-
	Cyproconazole	12,4*	-	7,08	-	2,73*	-	2,51	-	15,13*	-	9,59	-				
Авіаційне	Azoxystrobin	0,04	-	0,1	0,12	0,18	-	0,25	0,4&	0,22	-	0,35	0,52&	0,13	-	0,13	0,59&
	Cyproconazole	10,2	-	9,2	54,2&	2,43	-	2,91	4,2&	12,63	-	12,1	58,4&				

Примітки: З – заправник; О/Т – оператор/тракторист; П – пілот; С – сигнальник;

* – величини ризику заправника баку достовірно вищі за критерієм Ст'юдента при p>0,05 (df=17);

** – величини ризику оператора/тракториста достовірно вищі за критерієм Ст'юдента при p>0,05 (df=17);

&- величини ризику сигнальника достовірно вищі за критерієм Ст'юдента при p>0,05 (df=17);

пояснити меншим продуктивним часом роботи пілота БПЛА (28-30 хв.), ніж часу на заправку оприскувача дрону (42-45 хв.) в досліджуваній технології внесення пестицидів. Також дана технологія відокремлює особу, що вносить пестицидний препарат (зовнішнього пілота) від прямого контакту з розпилювачем, і в результаті експоненціально знижує ризики до рівня не більше, ніж у стороннього спостерігача, приблизно на 2-3 порядки менше [5].

Порівнюючи умови праці заправника БПЛА та заправника ранцевого оприскувача, можемо констатувати відсутність значимих розбіжностей. Перевагою застосування штангового та вентиляторного обприскування є одноразова заправка баку оприскувача і наявність автоматизованої системи перемішування робочого розчину.

Отримані результати аналізу повітря зони зносу, відібраного аспіраційним методом, вказують на те, що дрейф пестициду не перевищував 500 м при вентиляторному та авіаційному внесенні препарату. Зона зносу ХЗР до 1% від загальної кількості при внесенні з БПЛА та ранцевим оприскувачем зменшувалася від краю поля на відстань до 10 м за вітром. Це корелює з [6]. Але, на нашу думку, потенціал дрейфу є вищим при застосуванні БПЛА, ніж ранцевого оприскувача, за рахунок роботи роторів дрону, що створюють вихори повітряного потоку і тим самим підсилюють потенціал дрейфу.

Відповідно до [7], заправник баку оприскувача має більший ризик шкідливого впливу, ніж тракторист, який працює на тракторі, агрегованому зі штанговим оприскувачем, що не корелює з отриманими даними у нашому дослідженні. Ми вважаємо, що це пов'язано, перш за все, з тривалістю роботи тракториста та заправника протягом робочої зміни: у тракториста вона значно вища. Очевидним є також значно вищий потенціал до зносу пестициду при штанговій та вентиляторній обробках в порівнянні з ранцевим внесенням та БЛА, відповідно до [8], він може сягати більше 25 м.

При порівнянні технології внесення засобів захисту рослин з повітря за допомогою БПЛА з класичним авіаційним методом [9] треба відмітити, що ризики інгаляційного та перкутанного впливів при останньому є вищими, оскільки повітря зони дихання пілота літака і повітряний простір, в якому розміщено бак оприскувача, є одним цілим. Згідно з [10], дрейф часточок робочого розчину становить більше 300 м, а це є достовірно вищим, ніж отримані нами результати при безпілотному внесенні.

Планується подальше вивчення умов праці працівників та впливу на навколишнє середовище пестицидів при застосуванні з повітря БПЛА. Наукове обґрунтування підходів до гігієнічної регламентації даної технології застосування пестицидів для широкого впровадження у світове сільське господарство,

як більш безпечного для здоров'я працівників та навколишнього середовища методу.

ВИСНОВКИ

Оцінюючи отримані фактичні дані та розраховані величини ризиків для осіб, задіяних у внесенні препарату Амістар Екстра 280 SC, КС з повітря, можемо стверджувати, що безпечність виробничого середовища для працюючих на всіх технологічних етапах роботи достовірно гарантована за умови дотримання вимог до транспортування, зберігання та застосування пестицидів у народному господарстві.

Встановлено найвищий інгаляційний ризик для оператора/тракториста при проведенні вентиляторної обробки та сигнальника при авіаобробці; перкутанних для пілота при авіаобробці, комплексний та комбінований ризики найвищі для оператора/тракториста при вентиляторній та сигнальника при авіаобробці.

Ризики для працівників, задіяних у обробці сільськогосподарських культур за допомогою БПЛА, є достовірно нижчими в порівнянні з авіаобробкою, та знаходяться в одному діапазоні з ризиками при проведенні інших видів обробки обробок (штангова, вентиляторна, ранцева).

REFERENCES

- Garcia F.P., Cortés Ascencio S.Y., Gaytan Oyarzun J.C., Ceruelo Hernandez A. and Vazquez Alavarado P. Pesticides: classification, uses and toxicity. Measures of exposure and genotoxic risks. *Journal of Research in Environmental Science and Toxicology*. 2012; 1(11):279-293.
View at:
URL: <https://www.interesjournals.org/articles/pesticides-classification-uses-and-toxicity-measures-of-exposure-and-genotoxic-risks.pdf>
- Directive 2009/127/EC of the European Parliament and of the Council of 21 October 2009 Amending Directive 2006/42/EC with Regard to Machinery for Pesticide Application.
View at:
Publisher Site: <http://data.europa.eu/eli/dir/2009/127/oj>
- Albeaino G, Gheisari M. Trends, benefits, and barriers of unmanned aerial systems in the construction industry: a survey study in the United States. *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*. 2021; 26: 84-111. DOI: 10.36680/j.itcon.2021.006
View at:
Publisher Site: <https://www.itcon.org/paper/2021/6>
- Guidelines «Study, assessment and reduction of the risk of inhalation and percutaneous exposure to pesticides on persons who work with them or may be affected during and after chemical protection of plants and other objects». Ministry of Health order 324;

- 13.05.2009. Kyiv. 29 p. [in Ukrainian].
View at:
Publisher Site: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0324282-09#Text>
5. Fargnoli M, Lombardi M, Puri D, Cassori L., Masciarelli E., Mandić-Rajčević S and Colosio C. Risk Assessment Procedure for the Enhancement of Occupational Health and Safety (OHS) Management. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2019; 16(3): 310. DOI: 10.3390/ijerph16030310.
View at:
Publisher Site: <https://www.mdpi.com/1660-4601/16/3/310>
PubMed: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30678137/>
PubMed Central: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6388156/>
6. Franke AC, Kempenaar C, Holterman HJ, Zande JC. Spray drift from Knapsack sprayers : a study conducted within the framework of the Sino-Dutch Pesticide Environmental Risk Assessment Project PERAP. *Plant Research International. B.V. Wageningen*. 2010 January; 1-26.
View at:
Publisher Site: <https://www.wur.nl/en/Publication-details.htm?publicationId=publication-way-333931313438>
URL: <https://edepot.wur.nl/135329>
7. Omelchuk ST, Vavrinevych OP, Antonenko AM, Borysenko AA, Bardov VG, Koziarin IP. [Hygienic assessment of professional risk for employees when applying pesticides for protection of potatoes]. *Medical science of Ukraine*. 2018; 14(3-4): 95-102. DOI:10.32345/2664-4738.3-4.2018.13. [In Ukrainian]
View at:
Publisher Site: <https://msu-journal.com/index.php/journal/article/view/42>
8. Zande JC, Rautmann D, Holterman HJ and Huijsmans J.F.M. Joined spray drift curves for boom sprayers in The Netherlands and Germany. *Plant Research International. Wageningen*. 2015 March; 526: 1-82.
View at:
Publisher Site: <https://research.wur.nl/en/publications/joined-spray-drift-curves-for-boom-sprayers-in-the-netherlands-an>
URL: <https://edepot.wur.nl/353554>
9. Artemova O.V. [Risk of the exposure of pesticides to workers and environment during the aerial treatments]. *Hygiene and Sanitation*. 2016; 95(4): 375-380. DOI:10.18821/0016-9900-2016-95-4-375-380. [In Russian]
View at:
Publisher Site: <https://www.medlit.ru/journalsview/gigan/viewjournal/2016/4/>
Cyberleninka: <https://cyberleninka.ru/article/n/risk-vozdeystviya-pestitsidov-na-rabotayuschih-pri-aviaobrobotkah>
10. Martini AT, Avila LA, Camargo ER, Helgueira DB, Bastiani MO and Loeck AE. Pesticide drift from aircraft applications with conical nozzles and electrostatic system. *Ciência Rural*. 2006; 46(9): 1678-1682. DOI: 10.1590/0103-8478cr20151386.
View at:
Publisher Site: <https://www.scielo.br/j/cr/a/MQcjc6tJWPYt6xKM3QbNHqM/?lang=en>

Article history:
Received: 04.12.2021
Revision requested: 14.12.2021
Revision received: 19.12.2021
Accepted: 23.12.2021
Published: 30.12.2021

ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ РИСКИ ПРИ ВНЕСЕНИИ ПЕСТИЦИДОВ С ПОМОЩЬЮ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ: ОСОБЕННОСТИ И СРАВНИТЕЛЬНАЯ ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА

¹Борисенко А.А., ¹Антоненко А.Н., ¹Омельчук С.Т., ¹Бардов В.Г., ²Борисенко А.В.

¹Национальный медицинский университет имени А.А. Богомольца, Киев, Украина

²ГУ «Винницкий областной Центр контроля и профилактики болезней МЗ Украины», Киев, Украина

andrey-b.07@ukr.net

Актуальность. Все более широкое применение в мире, и в Украине в частности, приобретает способ внесения пестицидов с воздуха с помощью беспилотных летательных аппаратов (БПЛА, или дроны). Ожидается, что на мировом сельскохозяйственном рынке в период с 2018 по 2026 гг. темп прироста использования дронов составит до +18,5%.

Цель: гигиеническая оценка условий труда и профессиональных рисков при внесении пестицидов с помощью БПЛА, анализ их особенностей и сравнение с другими наиболее распространенными в сельском хозяйстве видами обработки.

Материалы и методы. Натурные исследования были проведены в 2018-2021 годах. При внесении препарата использовали сертифицированную технику: ранцевый опрыскиватель SOLO-10, прицепной штанговый опрыскиватель AMAZON 1201 UF, совмещенный с трактором МТЗ 82.1 «Белорус», беспилотный летательный аппарат для опрыскивания полей Agras T16 производства компании DJ, самолет АН-2 совмещенный с ОЖ-2 (с бесклапанным отсечением жидкости). Отбор проб воздуха производили с применением переносного аспиратора «Тайфун».

Результаты. Анализ расчетов по определению ингаляционного по азоксистрибину ($0,12 \pm 0,004$) и ципроконазолу ($54,2 \pm 1,23$); комплексного по азоксистрибину ($0,52 \pm 0,01$) и ципроконазолу ($58,4 \pm 1,8$) и комбинированного ($0,59 \pm 0,01$) рисков показал, что они являются наивысшим для сигнальщика, указывающего пилоту направление полета. Достоверно более низкие риски негативного влияния производственной среды на здоровье заправщиков бака опрыскивателя, чем оператора/тракториста, пилота

самолета и сигнальщика. Отметим, что ингаляционный, перкутанный, комплексный и комбинированный риски достоверно выше только у заправщика бака дрона по сравнению с данными для наружного пилота при внесении пестицида с воздуха.

Вывод. Установлено, что риски для работников, задействованных в обработке сельскохозяйственных культур с помощью БПЛА, достоверно ниже по сравнению с авиаобработкой, и находятся в одном диапазоне с рисками при проведении других видов обработки (штанговая, вентиляторная, ранцевая).

Ключевые слова: пестициды, производственная среда, условия труда, профессиональный риск, комплексный риск, ингаляционный риск, комбинированный риск.

PROFESSIONAL RISKS WHEN APPLYING PESTICIDES USING UNMANNED AIRCRAFT: FEATURES AND COMPARATIVE HYGIENIC ASSESSMENT

¹Borysenko A.A., ¹Antonenko A.N., ¹Omelchuk S.T., ¹Bardov V.G., ²Borysenko A.V.

¹Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine

²State Institution "Vinnytsia Regional Center for Disease Control and Prevention of the Ministry of Health of Ukraine", Kyiv, Ukraine

andrey-b.07@ukr.net

Relevance. More and more widespread use in the world, and in Ukraine in particular, is acquiring a method of applying pesticides from the air using unmanned aerial vehicles (UAVs, or drones). It is expected that in the global agricultural market in the period from 2018 to 2026 the growth rate of drone use will be up to +18.5%.

Objective: hygienic assessment of working conditions and occupational risks when applying pesticides using unmanned aerial vehicles (UAVs), analysis of their features and comparison with other most common types of treatment in agriculture.

Materials and methods. Field studies were carried out in 2018–2021. When introducing the drug, certified equipment was used: a backpack sprayer SOLO-10, a trailed boom sprayer AMAZON 1201 UF combined with an MTZ 82.1 "Belorus" tractor, an Agras T16 unmanned aerial vehicle for spraying fields produced by DJ company, aircraft AN-2 combined with OZh-2 (with valveless liquid cut-off). Air sampling was performed using a "Typhoon" portable aspirator.

Results. Analysis of calculations for the determination of inhalation for azoxystrobin (0.12 ± 0.004) and cyproconazole (54.2 ± 1.23); complex for azoxystrobin (0.52 ± 0.01) and cyproconazole ($58.4 \pm 1, 8$) and combined (0.59 ± 0.01) risks showed that they are the highest for the signalman indicating the direction of flight to the pilot. Reliably lower risks of the negative impact of the working environment on the health of the sprayer tanker than the operator / tractor driver, aircraft pilot and signalman. Note that inhalation, percutaneous, complex and combined risks are reliably higher only for the drone tanker compared to the data for the outdoor pilot when a pesticide is introduced from the air.

Conclusion. It was found that the risks for workers involved in the processing of crops by UAVs are significantly lower compared to aviation treatment, and are in the same range with the risks of other types of processing (rod, fan, knapsack).

Key words: pesticides, working environment, working conditions, occupational risk, complex risk, inhalation risk, combined risk.