

УДК 614.31:632.95.024:661.162(477)

<https://doi.org/10.26641/2307-0404.2026.2.365960>

М.М. Коршун ¹, 
 Ю.В. Мартіянова ²*, 
 О.В. Дема ³ 

МЕДИКО-САНІТАРНА ОЦІНКА КОНТАМІНАЦІЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ СИРОВИНИ ТА ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ АМІКАРБАЗОНОМ, БІЦИКЛОПІРОНОМ ТА ПІДІФЛУМЕТОФЕНОМ

Національний медичний університет ім. О.О. Богомольця
 пр. Берестейський, 34, Київ, 01601, Україна
 Bogomolets National Medical University
 Beresteisky ave., 34, Kyiv, 01601, Ukraine
 *e-mail: ulia.martianova@gmail.com

Цитування: Медичні перспективи. 2026. Т. 31, № 2. С. 219-229

Cited: Medicni perspektivi. 2026;31(2):219-229

Ключові слова: гербіцид, фунгіцид, сільськогосподарські рослини, небезпечність, ризик, організм людини, здоров'я населення, норматив

Key words: herbicide, fungicide, agricultural plants, hazard, risk, human body, public health, standard

Реферат. Медико-санітарна оцінка контамінації сільськогосподарської сировини та харчових продуктів амікарбазоном, біциклопіроном та підіфлуметофеном. Коршун М.М., Мартіянова Ю.В., Дема О.В. Актуальним завданням профілактичної медицини залишається оцінювання ризику шкідливого впливу засобів захисту рослин на організм людини, що є підставою для впровадження дієвих регуляторних заходів щодо мінімізації негативних наслідків застосування пестицидів для здоров'я населення. Тому метою роботи була гігієнічна оцінка потенційної небезпеки для здоров'я людини забруднення сільськогосподарської сировини та харчових продуктів рослинного походження залишковими кількостями амікарбазону (гербіцид з хімічного класу тріазолонів), біциклопірону (трикетоновий гербіцид) та підіфлуметофену (піразолкарбоксамідний фунгіцид), пестицидні формуляції на основі яких були включені в процедуру державної реєстрації в Україні. Комплексне дослідження включало 3 етапи: 1) натурний експеримент у ґрунтово-кліматичних умовах України з вивчення персистентності у вегетуючих сільськогосподарських рослинах досліджуваних діючих речовин (ДР); 2) оцінювання можливого добового надходження (МДН) в організм людини амікарбазону, біциклопірону та підіфлуметофену з харчовими продуктами рослинного походження та 3) розрахунок інтегрального показника небезпечності при вживанні продуктів (ПНВП), контамінованих досліджуваними ДР. Установлено, що за стійкістю у вегетуючих сільськогосподарських рослинах обидва гербіциди є помірно стійкими (III клас небезпечності), підіфлуметофен – від мало- до помірно стійкого (III – IV клас небезпечності). За умови дотримання регламентів застосування препаратів на основі досліджуваних ДР МДН в організм людини з їжею амікарбазону, біциклопірону та підіфлуметофену не перевищить відповідно 0,13%, 2,22% та 1,04% від допустимого добового надходження з усіх середовищ життєзабезпечення, або 0,19%, 3,18% та 1,49% від допустимого добового надходження з харчовими продуктами. Усі досліджувані ДР за ПНВП є помірно небезпечними (III клас небезпечності). Ризик (R) можливого негативного впливу на організм людини досліджуваних ДР при споживанні сільськогосподарської продукції є значно нижчим за одиницю, тобто цілком прийнятним, а застосування препаратів на їх основі в агропромисловому секторі України – безпечним з позицій гігієни харчування.

Abstract. Medical and sanitary assessment of contamination of agricultural raw materials and food products with amicarbazone, bicyclopiron and pydiflumetofen. Korshun M.M., Martiianova Yu.V., Dema O.V. Assessing the risk of adverse effects of plant protection products on the human body remains a relevant task of preventive medicine and provides a scientific basis for the implementation of effective regulatory measures aimed at minimising the negative health consequences of pesticide use for the population. Therefore, the aim of this study was to perform a hygienic assessment of the potential hazard to human health associated with contamination of agricultural raw materials and plant-derived food products with residual amounts of amicarbazone (a triazolinone-class herbicide), bicyclopiron (a triketone herbicide), and pydiflumetofen (a pyrazole carboxamide fungicide), the pesticide formulations which were undergoing the state registration procedure in Ukraine. The comprehensive study comprised three stages. The first stage involved a field experiment conducted under the soil and climatic conditions of Ukraine to investigate the persistence of the investigated active substances (AS) in growing agricultural crops. The second stage included an assessment of the potential daily intake (PDI)

of amicarbazone, bicyclopyrone, and pydiflumetofen into the human body through the consumption of plant-derived food products. The third stage consisted of calculating an integral indicator of hazard while consuming products (IIHCP), contaminated with the investigated AS. It was established that, with respect to persistence in growing agricultural crops, both herbicides were classified as moderately persistent (hazard class III), pydiflumetofen – from low to moderately persistent (hazard classes III-IV). Subject to compliance with the regulations for the use of preparations based on the investigated AS PDI, the intake of amicarbazone, bicyclopyrone, and pydiflumetofen into the human body via food will not exceed 0,13%, 2,22%, and 1,04%, respectively, of the acceptable daily intake from all environmental media, or 0,19%, 3,18%, and 1,49% of the acceptable daily intake from food products. According to the IIHCP, all investigated AS are moderately hazardous (hazard class III). The risk (R) of a possible negative impact on the human body from the investigated AS when consuming agricultural products is significantly less than one, which is considered fully acceptable, and the use of preparations based on them in the agro-industrial sector of Ukraine is safe from a food hygiene perspective.

Сучасне сільськогосподарське виробництво неможливе без застосування засобів захисту рослин (ЗЗР) від бур'янів, шкідників та хвороб, які забезпечують підвищення урожайності та сприяють зростанню економічної ефективності аграрного сектору. Процедура державної реєстрації пестицидів в Україні передбачає комплексне оцінювання їхньої токсикологічної безпечності, екологічного впливу та біологічної ефективності відповідно до чинного законодавства та міжнародних рекомендацій. Станом на 2024 рік з понад 10 тисяч найменувань ЗЗР, що відомі у світовій практиці, 3503 препарати отримали дозвіл на використання в Україні та включені до Державного реєстру пестицидів й агрохімікатів [1].

Проте широке застосування пестицидів супроводжується потенційними ризиками для здоров'я населення, які зумовлені, переважно, залишковими кількостями діючих речовин (ДР) ЗЗР у харчових продуктах. Особливу стурбованість викликають хімічні сполуки з високою біологічною активністю та стійкістю в об'єктах довкілля, які можуть депонуватися в ґрунті, мігрувати в товарні частини сільськогосподарських культур, накопичуватися в рослинній сировині та, за короткими та довгими харчовими ланцюгами, надходити в організм людини. Доведено, що пестициди здатні викликати як гострі отруєння (переважно в сільськогосподарських працівників), так і хронічні захворювання, у тому числі в населення, професійно не пов'язаного із застосуванням ЗЗР, зокрема неврологічні розлади, порушення репродуктивного здоров'я, онкологічну патологію, когнітивні розлади в дітей як найбільш вразливої групи населення [2, 3].

Тому актуальним завданням профілактичної медицини залишається оцінювання ризику шкідливого впливу пестицидів на організм людини при споживанні харчових продуктів рослинного походження, що є підставою для впровадження дієвих регуляторних заходів, які спрямовані на мінімізацію негативних наслідків застосування ЗЗР для здоров'я дорослого та дитячого населення.

Метою роботи була гігієнічна оцінка потенційної небезпеки для здоров'я людини забруднення сільськогосподарської сировини та харчових продуктів рослинного походження залишковими кількостями амікарбазону (гербіцид з хімічного класу тріазолонів), біциклопірону (трикетонівий гербіцид) та підіфлуметофену (піразолкарбоксамідний фунгіцид), пестицидні формуляції на основі яких були включені в процедуру державної реєстрації в Україні.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Для досягнення мети проведено комплексне дослідження, першим етапом якого був натурний експеримент у ґрунтово-кліматичних умовах України з вивчення персистентності у вегетуючих сільськогосподарських культурах (СК) досліджуваних ДР та визначення їх залишкових кількостей у товарних частинах рослин на момент збору врожаю.

Польові випробування проводили протягом двох вегетаційних сезонів по кожній СК за допустимих метеорологічних умов, керуючись настановами, що викладені в [4]. Кожного вегетаційного сезону обробляли не менше 6 ділянок посівів/посадок кожної СК, з яких одна була призначена для вивчення динаміки вмісту амікарбазону, біциклопірону та підіфлуметофену в рослинах (пагонах, листі, плодах) протягом вегетаційного періоду від моменту останньої обробки до збору врожаю включно, інші – для визначення залишкових кількостей досліджуваних ДР у товарних частинах СК на момент збору врожаю. Дослідні ділянки по кожній СК знаходилися у різних (2-3) регіонах України з різними гідротермічними коефіцієнтами.

У дослідженнях використовували пестицидні формуляції, які на той час були включені в План державних випробувань, а натепер – уже зареєстровані в Україні [1]: монопрепарати Акурон Уно 200 SL, РК (на основі біциклопірону) та Міравіс 200 SC, КС (на основі підіфлуметофену); комбіновані препарати Віжн ВГ (ДР – амікарбазон та мезотріон), Міравіс Прайм 400 SC, КС (ДР – підіфлуметофен та флудіоксоніл) і Міравіс Нео 300 SE, СЕ (ДР – підіфлуметофен,

пропіконазол й азоксистробін). Гербіциди Акурон Уно 200 SL, РК та Віжн ВГ застосовували виключно для обробки посівів кукурудзи, оскільки на інші СК вони чинять фітотоксичну дію. Фунгіциди на основі підіфлуметофену використовували для захисту широкого спектра СК.

Інформація щодо застосованих препаратів, вмісту в них досліджуваних ДР, оброблених СК, норм витрати препарату та ДР, кратності обприскувань, місця та агрокліматичної зони проведення польових випробувань з оцінювання динаміки залишкових кількостей амікарбазону, біциклопірону та підіфлуметофену наведена в таблиці 1.

Обробки здійснювали наземним методом шляхом штангового (посіви ячменю озимого, насад-

ження кукурудзи, капусти, моркви, цибулі, кавунів та полуниці), вентиляторного (черешневі та перикові сади, виноградники) та ранцевого (насадження огірків та томатів в умовах закритого ґрунту) обприскування. Для цього використовували відповідно обприскувачі штанговий ОПШ-2000 або вентиляторний ОПВ-2000, які були агреговані з трактором МТЗ-82, та обприскувач ранцевий «Оріон-5». Площа обробки однорічних (відкритий ґрунт) та багаторічних насаджень становила 1 га кожного разу, витрата робочого розчину – (250-300) л/га при штанговій та 500 л/га при вентиляторній обробці; в умовах теплиць витрата робочого розчину становила 10 л на 100 м².

Таблиця 1

Умови проведення натурних експериментів з оцінювання динаміки залишкових кількостей досліджуваних діючих речовин у вегетуючих сільськогосподарських рослинах

Препарат (діюча речовина, вміст у препараті)	Культура (фаза вегетації)	Норма витрати препарату (діючої речовини), кратність обробки	Місце застосування (агрокліматична зона)
Віжн ВГ (амікарбазон, 280 г/кг)	Кукурудза (3-4 листки)	0,5 кг/га (0,14 кг/га), однократно	Київська область, Кисво-Святошинський район (лісостеп)
Акурон Уно 200 SL, РК (біциклопірон, 200 г/л)	Кукурудза (до 3 листків)	0,75 л/га (0,15 кг/га), однократно	Київська область, Сквирський район (лісостеп)
Міравіс Нео 300 SE, SE (підіфлуметофен, 75 г/л)	Ячмінь озимий	1,0 л/га (0,075 кг/га), однократно	Черкаська область, Корсунь-Шевченківський район (лісостеп)
Міравіс 200 SC, KC (підіфлуметофен, 200 г/л)	Капуста	0,35 л/га (0,07 кг/га), двократно	Київська область, Фастівський район (лісостеп)
	Морква	0,5 л/га (0,1 кг/га), двократно	
	Цибуля	0,5 л/га (0,1 кг/га), двократно	
	Кавун	0,5 л/га (0,1 кг/га), двократно	Черкаська область, Уманський район (лісостеп)
	Черешня	0,75 л/га (0,15 кг/га), двократно	
	Персик	0,5 л/га (0,1 кг/га), двократно	Харківська область, Харківський район (лісостеп)
	Огірок (закритий ґрунт)	0,35 л/га (0,07 кг/га), двократно	
Міравіс Прайм 400 SC, KC (підіфлуметофен, 150 г/л)	Томати (закритий ґрунт)	1,0 л/га (0,15 кг/га), двократно	Київська область, Фастівський район (лісостеп)
	Полуниця	1,0 л/га (0,15 кг/га), двократно	
	Виноград	1,2 л/га (0,18 кг/га), двократно	Херсонська область, Білозерський район (сухостепова зона)

При вивченні динаміки вмісту амікарбазону, біциклопірону та підіфлуметофену у вегетуючих СК (табл. 1) відбирали проби пагонів, листя та плодів (на різних стадіях стиглості), починаючи з дня обробки і в подальшому 4-6 разів через певні проміжки часу, включно з товарними частинами СК під час збирання врожаю. З інших дослідних ділянок відбирали проби лише товарних частин рослин (зерна, плодів, ягід) при збиранні врожаю. Підготовку проб зеленої маси, плодів, ягід та зерна, а також кількісне визначення амікарбазону, біциклопірону та підіфлуметофену в них методом обернено-фазової високоефективної рідинної хроматографії з ультрафіолетовим детектуванням здійснили за участі співробітників Інституту оцінки відповідності, гігієни та екології НМУ імені О.О. Богомольця за розробленими ними та затвердженими в чинному порядку методичними вказівками № 1527-2018, № 1688-2020, № 1690-2020, № 1691-2020, № 1706-2020, № 1707-2020, № 1708-2020, № 1709-2020, № 1743-2021, № 1750-2021, № 1751-2021, № 1765-2021. Застосовані в дослідженні аналітичні методи відповідали вимогам до референс-методик, які використовують для контролю державних медико-санітарних нормативів, зокрема максимально допустимих рівнів (МДР) у сільськогосподарській сировині та харчових продуктах, під час здійснення державного нагляду [5]. Межі кількісного визначення (МКВ) та межі виявлення (МВ) досліджуваних ДР за значеними методиками становили (мг/кг): амікарбазону в зерні кукурудзи – 0,02 та 0,007; біциклопірону в зерні кукурудзи – 0,02 та 0,006; підіфлуметофену в усіх матрицях – 0,01 та 0,003 відповідно.

Персистентність кожної досліджуваної ДР у вегетуючих СК оцінювали за періодами зникнення 50% і 95% її вихідної кількості із зеленої маси пагонів, листя, плодів та ягід – DT_{50} і DT_{95} відповідно. Для їх розрахунку використали метод математичного моделювання, для чого емпіричні дані піддали регресійному аналізу, методом найменших квадратів визначили константу швидкості руйнації ДР у матриці (k) та отримали рівняння, яке відтворює процес зниження концентрації ДР у матриці залежно від часу, що пройшов з моменту останньої обробки, та дозволяє в подальшому прогнозувати параметри персистентності досліджуваних ДР [6].

Стійкість амікарбазону, біциклопірону та підіфлуметофену в рослинних матрицях оцінювали за DT_{50} згідно з ДСанПін 8.8.1.2.002-98 «Гігієнічна класифікація пестицидів за ступенем небезпечності» [7].

На наступному етапі дослідження, згідно із запропонованим у [8] алгоритмом комплексного

оцінювання можливого негативного впливу на організм людини пестицидів при вживанні сільськогосподарської продукції, визначили можливе добове надходження (МДН) в організм людини амікарбазону, біциклопірону та підіфлуметофену з харчовими продуктами рослинного походження. МДН зіставили з допустимим добовим надходженням (ДДН) досліджуваних ДР, розрахованим виходячи з величини затвердженої в Україні допустимої добової дози (ДДД), та з допустимим добовим надходженням з харчовими продуктами (ДДНХП), яке становить 70% від ДДН. Ризик (R) негативного впливу на організм людини досліджуваних ДР знаходили як співвідношення МДН з ДДНХП та, згідно з [8], вважали прийнятним, якщо отримане значення R було меншим за одиницю ($R < 1$).

На заключному етапі для оцінювання потенційного ризику шкідливого впливу досліджуваних ДР на здоров'я людини, який може виникнути внаслідок забруднення амікарбазоном, біциклопіроном та підіфлуметофеном харчових продуктів рослинного походження, використали методику, що викладена в [9] та передбачає розрахунок інтегрального показника небезпечності при вживанні продуктів (ПНВП) на підставі бальної оцінки трьох критеріїв: ДДД (критерій токсичності та кумулятивності), DT_{50} (критерій тривалості контамінації) та середньодобового споживання продукту (критерій загальної експозиції). ПНВП амікарбазону, біциклопірону та підіфлуметофену визначали як суму балів за трьома критеріями та оцінювали небезпечність ДР за шкалою, що наведена в [9].

Дослідження схвалене Комісією з питань біоетичної експертизи та етики наукових досліджень при Національному медичному університеті імені О.О. Богомольця (протокол № 188 від 28.10.2024 р).

Математичну обробку отриманих результатів здійснювали методами описової статистики, кореляційного та регресійного аналізів; достовірність розходжень між середніми арифметичними значеннями, достовірність коефіцієнтів кореляції та коефіцієнтів рівнянь регресії оцінювали за t -критерієм Стюдента (результат вважали значущим, якщо $p \leq 0,05$); адекватність регресійних моделей – за F -критерієм Фішера. Статистичну обробку проводили згідно з [10] за допомогою програмних продуктів Microsoft Excel та MedCalc v.19.4.1 (MedCalc Software Inc, Broekstraat, Belgium, 1993-2020).

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

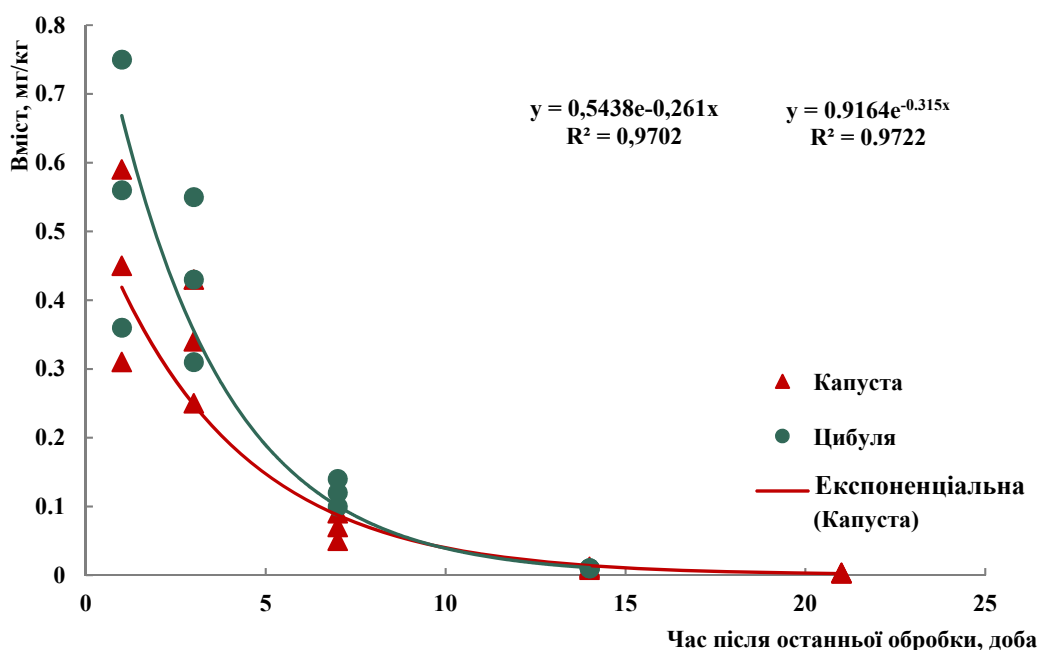
Отримані результати засвідчили, що після останньої обробки посадок (посівів) СК наведеними

в таблиці 1 пестицидними формуляціями вміст досліджуваних ДР у зразках зеленої маси рослин поступово знижувався протягом вегетаційного сезону, особливо стрімко в перші (2-3) тижні після обприскування, і на час збору врожаю в товарних частинах рослин (зерні, плодах, ягодах) був на рівні або нижче за МВ відповідного методу, тобто не перевищував затверджених у чинному порядку медико-санітарних нормативів. Так, концентрація амікарбазону в зеленій масі рослин кукурудзи через 28 діб після обробки була на рівні та нижче МКВ (0,02 мг/кг), у початках через 83 доби та зерні через 97 діб (врожай) – меншою за МВ (0,007 мг/кг), що значно нижче за МДР (0,02 мг/кг). Вміст біциклопірону в зеленій масі рослин кукурудзи через 30 діб після обробки, у початках через 60 діб та зерні через 115 діб (врожай) був нижчим за МВ (0,006 мг/кг), яка втричі нижча за МДР (0,02 мг/кг). Залишки підфлуметофену в зеленій масі ячменю озимого за перші 7 діб після обробки знизилися з $0,29 \pm 0,05$ мг/кг до $0,075 \pm 0,009$ мг/кг, тобто майже в 4 рази, а за 28 діб – до $0,030 \pm 0,005$ мг/кг, тобто майже в 10 разів.

На підставі математичної обробки динамічних рядів встановлено, що процес зникнення

досліджуваних ДР з рослинних матриць підкорявся експоненціальній залежності (рис.), що збіглося з даними літератури щодо математичних моделей деструкції у вегетуючих рослинах не лише інших піразолкарбоксамідних (флуксапіроксад [9, 11], ізопіразам, пентіопірад та седаксан [9]) фунгіцидів та тріазолонових (тіенкарбазон-метил [14]) гербіцидів, а й представників багатьох хімічних класів, зокрема тріазольних (дифеноконазол [11, 12], ципроконазол, метконазол та протіоконазол [12]), стробілуринових (крезоксим-метил [11], азоксистробін [12]) та оксазольних (фамоксадон [13]) фунгіцидів; імідазолінових (імазапир та імазамокс [15]), сульфонілсечовинних (форамсульфурон [14], тритоссульфурон, просульфурон та метсульфурон-метил [16]), оксазольних (ізоксафлютол та топрамезон [14]), тріазинонових (метрибузин [13]) та оксіацетамідних (флуфенацет [13]) гербіцидів.

Результати розрахунків константи швидкості руйнації (k), періоду напівзникнення (DT_{50}) та майже повного зникнення (DT_{95}) досліджуваних ДР у сільськогосподарських рослинах наведені в таблиці 2.



Динаміка вмісту підфлуметофену в листі капусти та зелені (перо) цибулі

Медико-санітарна оцінка отриманих параметрів персистентності дозволила віднести амікарбазон та біциклопірон за значенням DT_{50} у вегетуючих рослинах кукурудзи (табл. 2) до помірно стійких пестицидів (III клас небезпечності) згідно з ДСанПіН 8.8.1.2.002-98 [7].

За стійкістю в рослинах ячменю озимого фунгіцид підфлуметофен визнано помірно стійким (III клас), що збігається з даними Яструб А.М. (2023) щодо стійкості речовини в рослинах іншого хлібного злаку – пшениці [17].

**Персистентність досліджуваних діючих речовин
у вегетуючих сільськогосподарських рослинах, сировині та харчових продуктах**

Діюча речовина	Культура	Параметри персистентності (M±m)			DT ₅₀ **	
		к, доба	DT ₅₀ , доба	DT ₉₅ , доба	доба	оцінка, бали
Амікарбазон	Кукурудза (ЗР)	0,049±0,002	14,1±0,4	61,2±1,9	14,1	2
Біциклопірон	Кукурудза (ЗР)	0,067±0,006	10,4±0,9	45,1±4,0	10,4	2
Підфлуметофен	Ячмінь озимий (ЗР)	0,064±0,001	10,7±0,2	46,4±0,7	10,7	2
	Капуста (Л)	0,260±0,011	2,7±0,1	11,5±0,5	5,4	2
	Морква (П)	0,084±0,008	8,3±0,8	36,0±3,3	16,6	3
	Цибуля (Л)	0,315±0,016	2,2±0,1	9,5±0,5	4,4	1
	Кавун (ЗР)	0,142±0,004	4,9±0,1	21,1±0,6	9,8	2
	Томати (ЗР)	0,083±0,008	8,5±0,8	36,9±3,5	–	–
	Томати (П)	0,271±0,011	2,5±0,1	11,0±0,4	5,0	2
	Огірки (ЗР)	0,318±0,014	2,2±0,1	9,4±0,4	4,4	1
	Черешня (Л)	0,208±0,004	3,3±0,1	14,4±0,3	–	–
	Черешня (П)	0,089±0,008	7,8±0,8	34,0±3,3	15,6	3
	Персик (Л)	0,202±0,004	3,4±0,1	14,8±0,3	–	–
	Персик (П)	0,107±0,010	6,6±0,6	28,5±2,8	13,2	2
	Полуниця (ЗР)	0,321±0,003	2,2±0,02	9,3±0,09	–	–
	Полуниця (Я)	0,156±0,011	4,5±0,3	19,4±1,4	9,0	2
	Виноград (ГЯ)	0,070±0,003	9,9±0,5	42,9±2,2	19,8	3
	Пшениця	0,094*	7,37*	–	7,37	2
	Картопля	0,184*	3,77*	–	3,77	1
	Яблука	0,135*	5,13*	–	10,26	2

Примітки: ЗР – зелена рослина, Л – листя, П – плоди, ГЯ – грона та ягоди; * – значення наведені за даними Яструб А.М. (2023) [17]; DT₅₀** – період напівруйнування, використаний для бальної оцінки згідно з [9].

Період напівруйнування підфлуметофену в досліджених овочах відкритого ґрунту дозволив віднести речовину до малостійких (IV клас) у листі капусти й зелені (перо) цибулі та до помірно стійких (III клас) у коренеплодах моркви, що добре кореспондується з результатами Яструб А.М. (2023) щодо стійкості речовини в картоплі [17].

Зникнення підфлуметофену з плодів томатів закритого ґрунту відбувалося швидше, ніж із зелених рослин, що дозволило віднести речовину за DT₅₀ у цих матрицях до IV і III класів небезпечності відповідно. Швидкість деградації підфлуметофену в рослинах огірків була доволі

високою, унаслідок чого в плодах на 14 і 21-ту добу після останньої обробки вміст ДР був нижчим за МКВ і МВ відповідно (IV клас небезпечності).

За періодом напівзникнення з листя черешень та персиків (табл. 2) підфлуметофен є малостійким (IV клас), з плодів черешні та персиків – помірно стійким (III клас), що збігається з даними Яструб А.М. (2023) щодо стійкості речовини в яблуках [17]. У кавунах (зелені рослини) та полуниці (зелені рослини, ягоди) підфлуметофен є малостійким (IV клас); у гронах та ягодах винограду – помірно стійким (III клас).

Отже, підіфлуметофен за персистентністю у широкому спектрі досліджених СК є мало або помірно стійким, що дозволяє його віднести до мало або помірно небезпечних пестицидів (III-IV клас небезпечності) за критерієм стійкості у вегетуючих СК та сільськогосподарській сировині згідно з [7].

Оскільки на час збирання врожаю залишкові кількості досліджуваних ДР у сільськогосподарській сировині та харчових продуктах не перевищували затверджених в Україні медико-санітарних нормативів, можливе добове надходження (МДН) амікарбазону, біциклопірону та підіфлуметофену в організм людини розраховували

за умови, що їх вміст у харчових продуктах знаходиться на рівні МДР (табл. 3).

Медико-санітарна оцінка отриманих параметрів персистентності дозволила віднести амікарбазон та біциклопірон за значенням DT_{50} у вегетуючих рослинах кукурудзи (табл. 2) до помірно стійких пестицидів (III клас небезпечності) згідно з ДСанПіН 8.8.1.2.002-98 [7].

За стійкістю в рослинах ячменю озимого фунгіцид підіфлуметофен визнано помірно стійким (III клас), що збігається з даними Яструб А.М. (2023) щодо стійкості речовини в рослинах іншого хлібного злаку – пшениці [17].

Таблиця 3

Вихідні дані та результати розрахунку можливого добового надходження досліджуваних діючих речовин в організм людини з харчовими продуктами

Діюча речовина	Харчовий продукт	Споживання продукту однією особою				МДР, мг/кг	МДН, мг/доба
		кг/рік*	г/доба**	оцінка, бали	кг/доба**		
Амікарбазон	Крупи	7,1	19,5	1	0,0195	0,02	0,00039
Біциклопірон	Крупи	7,1	19,5	1	0,0195	0,02	0,00039
Підіфлуметофен	Хліб, хлібні продукти	101	277	3	0,280	0,03	0,00840
	Картопля	95	260	3	0,260	0,01	0,00260
	Капуста	28	77	1	0,077	0,01	0,00077
	Огірки, томати	25	68,5	1	0,069	0,01	0,00069
	Морква	9	25	1	0,025	0,01	0,00025
	Цибуля	9,1	25	1	0,025	0,01	0,00025
	Баштанні	16	44	1	0,044	0,01	0,00044
	Фрукти, ягоди свіжі	60	164	2	0,164	–	–
	Яблука	–	33	1	0,033	0,01	0,00033
	Персики	–	33	1	0,033	0,01	0,00033
	Черешні	–	33	1	0,033	0,01	0,00033
	Полуниця	–	33	1	0,033	0,04	0,00132
	Виноград	–	33	1	0,033	0,03	0,00099
	Соки	–	200	2	0,200	0,01	0,00200
	Разом	–	940,5***	4***	–	–	0,01870****

Примітки: * – наведено згідно з Постановою Кабінету міністрів України від 11.10.2016 № 780 «Про затвердження наборів продуктів харчування...» [20]; ** – результати перерахунку; МДР – максимально допустимий рівень діючої речовини в харчовому продукті згідно з [18, 19]; МДН – можливе добове надходження діючої речовини з харчовим продуктом; *** – сумарне споживання продуктів, в яких може міститися підіфлуметофен, та його бальна оцінка за методикою [9]; **** – сумарне можливе добове надходження підіфлуметофену в організм людини з усіма харчовими продуктами.

Для оцінки отриманих результатів визначили допустиме добове надходження (ДДН) амікарбазону, біциклопірону та підіфлуметофену в організм людини масою 60 кг з усіх середовищ

життєзабезпечення (продуктів харчування, питної води, атмосферного повітря), виходячи із затвердженої в Україні ДДД (табл. 4). Також визначили ДДНХП, яке становить 70% від ДДН.

Таблиця 4

**Зіставлення можливого та допустимого добового надходження
в організм людини досліджуваних діючих речовин з харчовими продуктами**

Діюча речовина	ДДД, мг/кг	ДДН, мг	ДДНХП, мг	Можливе добове надходження з харчовими продуктами			Ризик (R)
				мг	% від ДДН	% від ДДНХП	
Амікарбазон	0,005	0,3	0,21	0,0004	0,13	0,19	$1,9 \times 10^{-3}$
Біциклопірон	0,0003	0,018	0,0126	0,0004	2,22	3,18	$3,2 \times 10^{-2}$
Підіфлуметофен	0,03	1,8	1,26	0,0187	1,04	1,49	$1,5 \times 10^{-2}$

Результати, наведені в таблиці 4, свідчать, що МДН в організм людини амікарбазону, біциклопірону та підіфлуметофену з харчовими продуктами рослинного походження (0,0004; 0,0004 та 0,0187 мг відповідно) не перевищить відповідно 0,13; 2,22 та 1,04% від ДДН, або відповідно 0,19; 3,18 та 1,49% від ДДНХП, тобто буде цілком безпечним. Розрахований згідно з [8] ризик (R) можливого негативного впливу на організм людини досліджуваних ДР при споживанні сільськогосподарської продукції виявився значно нижчим за одиницю (табл. 4), тобто прийнятним.

Варто зазначити, що отримані результати добре кореспондуються з даними щодо ризику шкідливого впливу фунгіцидів з багатьох хімічних класів [8], у тому числі й піразолкарбоксамідів – ізопіразаму [8] та флуксапіроксаду [8, 11], препарати на основі яких застосовують на багатьох сільськогосподарських культурах, так само, як і формуляції на основі підіфлуметофену.

На заключному етапі провели оцінювання потенційної небезпеки для здоров'я людини амікарбазону, біциклопірону та підіфлуметофену при вживанні контамінованих ними харчових продуктів рослинного походження, для чого здійснили бальну оцінку ДДД, DT_{50} та середньодобового споживання харчового продукту згідно з методикою, що викладена в [9].

При оцінюванні тривалості контамінації, крім результатів власних досліджень (табл. 2), скористалися даними Яструб А.М. (2023) щодо стійкості підіфлуметофену в пшениці, картоплі та яблуках [17]. Відповідно до [9] для бальної оцінки тривалості контамінації капусти, моркви, цибулі, томатів, огірків, кавунів, яблук, персиків,

черешні, полуниці та винограду, які вживають у сирому вигляді, DT_{50} підіфлуметофену в них збільшили вдвічі (табл. 2). Отже, за критерієм « DT_{50} у рослинах» амікарбазон і біциклопірон отримують по 2 бали кожний, а підіфлуметофен, відповідно до принципу агравації, – 3 бали.

Для бальної оцінки критерію експозиції визначили середньодобове споживання продуктів дорослим працездатним населенням згідно з [20] (табл. 3). Порівняння рекомендованого в [20] набору харчових продуктів зі статистичними даними щодо фактичного споживання основних продуктів харчування населенням України, наведеними в [21], засвідчило, що реальне споживання хліба і хлібних продуктів, свіжих фруктів та ягід майже відповідає рекомендованому, тоді як картоплі, овочів і баштанних культур перевищує обсяги, передбачені нормативним харчовим набором. Виходячи з прийнятого в гігієнічних дослідженнях принципу агравації, для бальної оцінки критерію експозиції підіфлуметофену ми також використали й наведені у [21] значення фактичного споживання картоплі, овочів і баштанних культур, але це не вплинуло на кінцеву оцінку критерію експозиції підіфлуметофену в балах.

Оскільки гербіциди амікарбазон і біциклопірон планувалося використовувати в Україні виключно на посівах кукурудзи, а середньодобове споживання продуктів на її основі не перевищує 100 г, обидві речовини за цим показником отримали мінімальний бал (табл. 3). Натомість ЗЗР на основі фунгіциду підіфлуметофену застосовують при вирощуванні зернових, баштанних, овочевих культур, фруктів і ягід. Тому, відповідно до методики [9], при прогнозуванні небезпеки для

людини внаслідок вживання контамінованих підіфлуметофеном рослинних харчових продуктів визначили їх сукупне середньодобове споживання (табл. 3), яке перевищує 300 г на добу, що за [9] відповідає 4 балам.

Результати обчислення інтегрального показника небезпечності ПНВП амікарбазону, біциклопірону та підіфлуметофену (6, 7 і 8 балів від-

повідно) дозволяють віднести всі досліджувані ДР до III класу – помірно небезпечні пестициди (табл. 5). До того ж небезпечність гербіцидів, зокрема біциклопірону, переважно завдячує їх токсичним властивостям, тоді як помірний рівень небезпечності фунгіциду підіфлуметофену зумовлений широким спектром культур, на яких застосовують пестицидні формуляції на його основі.

Таблиця 5

Оцінка критеріїв небезпечності досліджуваних діючих речовин при їх надходженні в організм людини з рослинними харчовими продуктами

Діюча речовина	ДДД		DT ₅₀		Середньодобове споживання продукту		ПНВП, бали	Клас
	мг/кг	бали	доба	бали	г	бали		
Амікарбазон	0,005	3	14,1	2	<100	1	6	III
Біциклопірон	0,0003	4	10,4	2	<100	1	7	III
Підіфлуметофен	0,03	1	19,8	3	>300	4	8	III

Примітка. ПНВП – інтегральний показник небезпечності при вживанні продуктів.

Необхідно підкреслити, що оцінка небезпечності для людини піразолкарбоксамідного фунгіциду підіфлуметофену за його можливого надходження в організм з продуктами рослинного походження збіглась з результатами досліджень стосовно інших піразолкарбоксамідів – флуксапіроксаду [9, 11], ізопіразаму, пентіопіраду та седаксану [9], які за величиною інтегрального показника небезпечності при вживанні харчових продуктів так само належать до III класу небезпечності – помірно небезпечні.

ВИСНОВКИ

1. Установлено, що за показником «стійкість у вегетуючих сільськогосподарських рослинах» в агрокліматичних умовах України гербіциди амікарбазон та біциклопірон є помірно стійкими (III клас небезпечності), фунгіцид підіфлуметофен – від мало- до помірно стійкого (III-IV клас небезпечності) згідно з ДСанПіН 8.8.1.2.002-98 «Гігієнічна класифікація пестицидів за ступенем небезпечності».

2. Доведено, що всі досліджувані діючі речовини за величиною інтегрального показника небезпечності при вживанні продуктів (ПНВП) є помірно небезпечними (III клас небезпечності). До того ж небезпека гербіцидів (особливо біциклопірону) зумовлена переважно їх токсичними властивостями, про що свідчать низькі значення ДДД. Визначальним критерієм, який зумовлює небезпеку підіфлуметофену, є високе середньодобове

споживання харчових продуктів, що є наслідком застосування препаратів на його основі для захисту багатьох сільськогосподарських культур.

3. Показано, що за умови дотримання регламентів застосування препаратів Віжн ВГ, Акурон Уно 200 SL, РК, Міравіс 200 SC, КС, Міравіс Прайм 400 SC, КС і Міравіс Нео 300 SE, СЕ можливе добове надходження в організм людини з рослинними харчовими продуктами амікарбазону, біциклопірону та підіфлуметофену не перевищить відповідно 0,13%, 2,22% та 1,04% від допустимого добового надходження з усіх середовищ життєзабезпечення, або 0,19%, 3,18% та 1,49% від допустимого добового надходження з харчовими продуктами. При цьому ризик (R) можливого негативного впливу на організм людини досліджуваних діючих речовин при споживанні сільськогосподарської продукції є значно нижчим за одиницю, тобто цілком прийнятним, а застосування препаратів на їх основі в агропромисловому секторі України – безпечним з позицій гігієни харчування.

Подяка. Автори висловлюють щирю подяку директорів Інституту оцінки відповідності, гігієни та екології НМУ ім. О.О. Богомольця члену-кореспонденту НАМН України, д. мед. н., професору Омельчуку Сергію Тихоновичу та співробітникам лабораторії вискоєфективної рідинної хроматографії вищезазначеного інституту к. б. н. Коршун О.М., к. х. н. Мілохову Д.С., Ліпавській А.О., Аврамчук А.О.

Внески авторів:

Коршун М.М. – концептуалізація, методологія, перевірка, написання – рецензування та редагування, ведення та адміністрування проєкту;

Мартіянова Ю.В. – дослідження, формальний аналіз, написання – початковий проєкт;

Дема О.В. – дослідження, формальний аналіз, візуалізація.

Фінансування. Ця робота є фрагментом ініціативно-пошукової теми: «Наукове обґрунтування оптимізації експериментальних досліджень з гігіє-

нічної регламентації екзогенних хімічних речовин у ґрунті» (№ держреєстрації 0123U102295); господарських науково-дослідних робіт з вивчення препаратів: Віжн ВГ (№ 0115U002943), Акурон Уно 200 SL, РК (№ 0120U100551), Міравіс 200 SC, КС (№ 0120U100601, №0120U100602, № 0120U100603, № 0120U100607), Міравіс Прайм 400 SC, КС (№ 0120U100555, № 0120U100575) і Міравіс Нео 300 SE, СЕ (№ 0120U100549).

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

REFERENCES

1. [State register of pesticides and agrochemicals permitted for use in Ukraine. Ministry of environmental protection and natural resources of Ukraine]. [Internet]. 2025 [cited 2025 Dec 28]. Ukrainian. Available from: <https://mepr.gov.ua/upravlinnya-vidhodamy/derzhavnyj-reyestr-pestytsydiv-i-agrohimikativ-dozvolenyh-dovykorystannya-v-ukrayini/>
2. Leng B. Impact of pesticides on food quality and human health. HSET. 2023;74:1285-9. doi: <https://doi.org/10.54097/7wc57g15>
3. Vincent-Orugbo E, Bemgba PT. Assessing chemical contamination of nigeria's agro-food systems and human security. Int J Soc Sci Manag Peace Confl Res. 2025;04(1):280-93. doi: <https://doi.org/10.63532/IJSMPCR.2025.4101>
4. Test No. 509: Crop Field Trial. OECD Guidelines for the Testing of Chemicals, Section 5. Paris: OECD Publishing; 2021. doi: <https://doi.org/10.1787/9789264076457-en>
5. [On determination of reference methodologies used for control of state sanitary-hygienic standards during state supervision. Order No. 1442 Ministry of Health of Ukraine]. [Internet]. 2023 Aug 10 [cited 2025 Dec 28]. Ukrainian. Available from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1490-23#Text>.
6. Furdychko OI, Drebot OI, Demianiuk OS, Tkach YeD, Bunas AA. [Ecology of the agrosphere]. Kyiv: DIA; 2022. 336 p. Ukrainian.
7. [Hygienic classification of pesticides by degree of hazard. Ministry of Health of Ukraine DSP 8.8.1.2.002-98]. Kyiv; 1998. 2 p. Ukrainian.
8. Vavrinevych OP, Antonenko AM, Omelchuk ST. Hygienic assessment of fungicides on human health influence risk after consumption of agricultural products grown in their application. Environ-ment&Health. 2018;1(85):58-62. doi: <https://doi.org/10.32402/dovkil2018.01.058>
9. Antonenko AM, Vavrinevych OP, Omelchuk ST, Korshun MM. [Hygienic substantiation of forecasting model of hazard for human when consuming agricultural products contaminated with pesticides (on pyrazolecarboxamide class fungicides example)]. [Internet]. Unity Sci Int Sci Period J. 2018 [cited 2025 Dec 28];2018:46-48. Ukrainian. Available from: <http://ir.librarynmu.com/bitstream/123456789/705/1/10.pdf>
10. Ji-qian Fang. Statistical methods for biomedical research. World Scientific. 2021;1160. doi: <https://doi.org/10.1142/12060>
11. Ibrahimova IV. [Hygienic Regulation of New Pesticides Proposed for Use in Apple Orchards and Vineyards]. [dissertation]. Kyiv: Bogomolets National Medical University; 2024. 352 p. Ukrainian.
12. Syrota AI, Vavrinevych OP, Omelchuk ST, Blagaia AV. Hygienic assessment of the population risk after consumption of agricultural products grown with the application of triazole class-based fungicides. Environ-ment&Health. 2022;4(105):20-27. doi: <https://doi.org/10.32402/dovkil2022.04.020>
13. Novokhatska OO. [Hygienic assessment and regulation of modern pesticides usage in the system of chemical protection of potatoes]. [dissertation]. Kyiv: Bogomolets National Medical University; 2021. 326 p. Ukrainian.
14. Antonenko AM. [Hygienic substantiation of safe use regulations of modern herbicides in chemical defense systems of maize]. [dissertation abstract]. Kyiv: Bogomolets National Medical University; 2013. 24 p. Ukrainian.
15. Horbachevskyi RV. [Hygienic substantiation of regulations for the use of imidazolinone herbicides based on imazapyr and imazamox in agriculture]. [extended abstract of dissertation]. Kyiv: Bogomolets National Medical University; 2013. 24 p. Ukrainian.
16. Karpenko VV. [Hygienic assessment of herbicides – sulfonylurea derivatives and scientific substantiation of regulation for safe application on grain crops]. [dissertation abstract]. Kyiv: Bogomolets National Medical University; 2009. 20 p. Ukrainian.
17. Yastrub AM. [Risk assessment of the combined effects of pesticides on human health when they enter the body with food of plant origin]. [dissertation]. Kyiv: Bogomolets National Medical University; 2023. 302 p. Ukrainian.
18. [On approval of amendments to hygienic standards and regulations for safe use of pesticides and agrochemicals. Order Ministry of Health of Ukraine No. 1363 of 2018 Jul 20]. [Internet]. 2018 [cited

2025 Dec 28]. Ukrainian. Available from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0937-18#n2>

19. [On approval of amendments to hygienic standards and regulations for safe use of pesticides and agrochemicals. Order Ministry of Health of Ukraine No. 961 of 2021 May 18]. [Internet]. 2021 [cited 2025 Dec 28]. Ukrainian. Available from:

<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0745-21#Text>

20. [On approval of food, non-food goods and service baskets for main social and demographic population groups. Resolution Cabinet of Ministers of

Ukraine No. 780 of 2016 Oct 11]. [Internet]. 2018 [cited 2025 Dec 28]. Ukrainian. Available from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/780-2016-%D0%BF#Text>

21. [Balances and consumption of basic food products by the population of Ukraine, 2021. State statistics service of Ukraine]. [Internet]. 2022 [cited 2025 Dec 28]. Ukrainian. Available from:

https://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2022/zb/07/Zb_bsph2021.pdf

Стаття надійшла до редакції 14.01.2026;
затверджена до публікації 12.05.2026