

ЕКОЛОГІЧНІ РИЗИКИ ЗА ВПЛИВУ ПЕСТИЦИДНОГО НАВАНТАЖЕННЯ В АГРОЦЕНОЗАХ ПОПЕРЕДНИКІВ КРУП'ЯНИХ КУЛЬТУР

А.М. Ліщук

кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник
Інститут агроекології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)
e-mail: lishchuk.alla.n@gmail.com;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8339-9365>

А.І. Парфенюк

доктор біологічних наук, професор
Інститут агроекології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)
e-mail: vereskp@ukr.net;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0169-4262>

Н.В. Карачинська

кандидат біологічних наук
Інститут агроекології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)
e-mail: karachinskan051177@gmail.com;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6571-8430>

Ю.В. Терновий

кандидат сільськогосподарських наук
Скви́рська дослідна станція органічного виробництва ІАП НААН (м. Сквиря, Україна)
e-mail: ternowoj@i.ua;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5829-5089>

Стаття присвячена дослідженню впливу пестицидного навантаження на агроценози попередників круп'яних культур та виникнення в них екологічних ризиків. Проведено оцінку екологічних ризиків в агроценозах дослідного поля державного підприємства "Дослідне господарство "Скви́рське" ІАП НААН" за використання пестицидів упродовж вегетаційних періодів 2021–2023 рр. Використано методику оцінки екологічних ризиків потенційного пестицидного забруднення агроценозів за показниками агроекотоксикологічного індексу (АЕТІ). Визначено, що рівень екологічного ризику за пестицидного тиску в сівозміні дослідного поля за АЕТІ знаходиться в межах від $1,47 \cdot 10^{-3}$ до $2,24 \cdot 10^{-1}$ у.о. та характеризується як мало небезпечний, що свідчить про мінімальний екологічний ризик застосування пестицидів. Отримані результати є ознакою того, що навантаження застосованих пестицидів на агроценози дослідного господарства відповідає здатності території до самоочищення. Показано, що раціональне використання хімічних методів захисту рослин у боротьбі зі шкідниками, збудниками хвороб і бур'янами створює передумови для отримання екологічно безпечної зернової та насінневої продукції, а також мінімізує вірогідність виникнення екологічних ризиків забруднення пестицидами зерна та насіння вирощуваних культур. Зазвичай тривале та багаторазове застосування пестицидів у будь-якому випадку веде до накопичення їхніх залишків чи метаболітів у ґрунті і, як наслідок, є джерелом забруднення продукції рослинництва та об'єктів довкілля. Тому використання результатів оцінювання пестицидного навантаження на агроекосистеми, за врахування здатності території до самоочищення, можна розглядати як один із важелів управління екологічними ризиками. Для мінімізації екологічних ризиків за пестицидного забруднення агроценозів і підвищення екологічної безпеки агроекосистем слід вживати заходи з регуляції застосування хімічних засобів захисту рослин. Це варто здійснювати шляхом заборони чи обмеження застосування пестицидів, які мають високий рівень екотоксичності та є персистентними в ґрунті.

Ключові слова: агроекотоксикологічний індекс, ступінь небезпечності пестицидів, сільськогосподарські культури, сівозміна, мінімізація екологічного ризику, управління екологічними ризиками.

ВСТУП

Важливим аспектом підвищення безпеки агроєкосистем за вирощування сільськогосподарських культур є розроблення механізму управління екологічними ризиками. У світі вагоме значення приділяється екологічним ризикам, що виникають внаслідок впливу антропогенних чинників, передусім використання системи хімічного захисту культурних рослин. Такі ризики безпосередньо пов'язані із застосуванням пестицидів, які призводять до накопичення токсичних хімічних речовин у ґрунті та, як наслідок, до забруднення ними сільськогосподарської рослинницької та тваринницької продукції, водних джерел, до зниження родючості та хімічної деградації ґрунтів тощо [1; 2].

Як свідчить аналіз зарубіжних і вітчизняних джерел літератури [3; 4], система управління ризиком у галузі екологічної безпеки навколишнього природного середовища повинна базуватися на принципах зниження екологічного ризику. В Україні настанови щодо вибору методів оцінювання ризику, концепції їхнього застосування та структури керування ризиком представлено на законодавчому рівні в ДСТУ ІЕС/ISO 31010:2013 “Керування ризиком. Методи загального оцінювання ризику” [5].

Актуальність питання управління екологічними ризиками в агроєкосистемі тісно пов'язана з необхідністю дослідження пестицидного навантаження на ґрунті за вирощування сільськогосподарських культур. Наразі особливо важливою та недостатньо дослідженою залишається проблема виникнення екологічних ризиків в агроценозах за інтенсивного використання засобів хімізації. Адже за впливу хімічного захисту попередника впродовж сівозміни може погіршитися якість сільськогосподарської продукції поточного року.

У зв'язку із цим **метою дослідження** було оцінювання екологічних ризиків в агроценозах круп'яних сільськогосподарських культур (гречки та вівса).

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Залежність формування екологічних ризиків від впливу антропогенних або техногенних змін природних об'єктів і чинників доведена низкою авторів [6; 7]. Вони розглядають екологічні ризики як нанесення економічних збитків навколишньому природному середовищу і стверджують про важливість управління такими ризиками для мінімізації негативних наслідків їхнього впливу. В аграрному секторі, як зазначають О. Фурдичко та О. Шкуратов [8], постає потреба в розробленні методичних підходів до управління екологічними ризиками,

які забезпечать мінімізацію їхнього впливу на агроценози та підвищення безпеки агроєкосистем. На думку В. Мазур із колегами [9], вимоги щодо забезпечення збереження екологічної рівноваги шляхом мінімізації екологічних ризиків у навколишньому природному середовищі повинні регулюватися нормативами антропогенного навантаження на агроєкосистеми.

Інформаційно-аналітичні дослідження показали, що підходи до визначення поняття екологічного ризику та причин його виникнення різняться. Однак, відповідно до ДСТУ 2156-93 [10], прийнято визначення екологічного ризику як “ймовірність негативних наслідків від сукупності шкідливих впливів на навколишнє середовище, які спричиняють незворотню деградацію екосистем”.

Екологічні ризики, як вважає G. Suter II [11], виникають унаслідок тиску факторів природного, антропогенного або техногенного характеру на забруднення навколишнього природного середовища. За даними В. Marambe та S. Wijesundara [12], найбільша небезпека екологічних ризиків, спричинена довгостроковим впливом глобальних змін клімату на екосистему. За цих умов, унаслідок зміни ареалу та щільності популяцій, посилюються проблеми розповсюдження бур'янів та інвазійних чужорідних рослин в агроєкосистемах.

Дослідженнями науковців Інституту агроєкології і природокористування НААН (ІАП НААН) [13] науково обґрунтовано вірогідність виникнення екологічних ризиків за впливу чинників зміни клімату на адаптаційну спроможність агроєкосистем. Зокрема, у роботі колективу авторів [14] визначено та узагальнено основні чинники (абіотичні, біотичні, антропогенні) прояву екологічних ризиків, джерела їх виникнення та екологічні наслідки для агроценозів за вирощування сільськогосподарських культур. Показано, що основні ризики в агроценозах виникають унаслідок впливу низки чинників в умовах змін клімату, деградації ґрунтів, техногенного забруднення ґрунтів, незадовільного фітосанітарного стану посівів тощо.

Чисельні наукові дослідження [15–17] підтверджують виникнення екологічних ризиків унаслідок застосування агрохімікатів і пестицидів, які є неодмінною складовою сучасних технологій у землеробстві. Результатом є забруднення ґрунтів важкими металами, залишками стійких пестицидів та іншими токсичними речовинами, а також погіршення стану мікробіоценозу ґрунтів та агроєкосистеми загалом. Пестицидне навантаження на агроценози за впровадження інтенсивних технологій здебільшого призводить до забруднення сільськогосподарської рослинної продукції токсичними

речовинами [18]. Особливо вираженою здатністю до біокумуляції вирізняються хлорорганічні пестициди.

Одним з основних принципів державної політики за використання пестицидів, визначених Законом України “Про пестициди і агрохімікати” (№ 86/95-ВР від 02.03.1995), є мінімізація використання пестицидів шляхом впровадження екологічно безпечних методів ведення землеробства, використання біологічних чи інших нехімічних засобів захисту рослин тощо.

Дослідники Ю. Мартіянова, М. Коршун та ін. [19–21] встановили лімітуючий показник шкідливості пестицидів, за якого фактично визначена провідна ланка міграції токсикантів. Виявлено, що у 60% випадків міграція токсикантів проявляється в системі “грунт – рослина”. Поміж тим, у системі “грунт – вода” мігрувало 23% з 93 досліджених ними ксенобіотиків. Тобто міграція пестицидів в екосистемі є дуже важливою для оцінювання ризиків їхнього небезпечного впливу. Особливо це стосується залишків високостійких речовин, які здатні депонуватися, тобто накопичуватися та тривалий час зберігатися в ґрунті. Наступного вегетаційного сезону за сприятливих умов накопичені в ґрунті стійкі токсиканти транслюкують із ґрунту в культури сівозміни та накопичуються в рослинній сільськогосподарській продукції, залучаються до “харчового ланцюга” та проявляють значні екологічні ризики для здоров'я людини. Особливо це властиво рослинам, які є гіпернакопичувачами токсичних речовин.

Так, за даними Я. Цицюри та ін. [22; 23], які досліджували фітореMediaційні властивості понад 450 видів рослин-гіперакумуляторів, встановлено, що до їхнього числа належить багато сільськогосподарських культур. Серед них особливо важливо виокремити високопродуктивні рослини з високою швидкістю винесення з ґрунту елементів-забруднювачів. Їхні особливості культивування характерні для ґрунтово-кліматичних умов зони Лісостепу України. Серед таких культур вагоме місце займають рослини родини хрестоцвітих, гірчиця сарпентська (*Brassica juncea*), ріпак ярий (*Brassica napus*), сорго зернове (*Sorghum bicolor*), гречка (*Polygonum L.*), сафлор (*Carthamus*), гірчиця біла (*Sinapis alba*), овес (*Avena sativa*) та багато інших.

Попри актуальність і широку дослідженість питання пестицидного навантаження на ґрунти за вирощування сільськогосподарських культур, нині недостатньо уваги, як учені, так і аграрії, приділяють екологічним ризикам в агроценозах за використання засобів хімічного захисту рослин. Особливо важливим, на нашу думку, є дослідження екологічних ризиків за

агроекотоксичної дії пестицидів і пестицидного навантаження на агроекосистему впродовж тривалого періоду. Зацікавленість таких досліджень наразі стосується вивчення екологічного стану ґрунтів поточного року за пестицидного навантаження на агроценози культурних рослин після використання хімічного захисту культур-попередників у сівозміні.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Інформаційною базою дослідження були матеріали щодо умов традиційної технології вирощування сільськогосподарських культур упродовж вегетаційного періоду 2021–2023 рр. на виробничому полі державного підприємства “Дослідне господарство “Сквирське” ІАП НААН” (далі — ДГ “Сквирське”). Польові дослідження проводили на посівах гречки сорту Софія та вівса сорту Парламентський на земельних ділянках загальною площею 76,59 га (рілля), що розташовані на території ДГ “Сквирське”. Схема досліду включала вирощування культур у науково обґрунтованій сівозміні, де попередниками гречки були пшениця озима і горох (дослід № 1), а вівса — гречка і пшениця озима (дослід № 2). Повторність досліду на кожній ділянці — триразова. Дослід № 1 проведено на полях №№ 8, 11/4 та 12 загальною площею 37,01 га; дослід № 2 — на полях №№ 3, 11, 15 загальною площею 39,58 га (табл. 1).

Територія дослідних ділянок виробничого поля розташована в Правобережному Лісостепу України й характеризується помірно теплим, помірно вологим кліматом, сприятливим для росту й розвитку сільськогосподарських культур. Ґрунт дослідних ділянок — чорнозем мало-гумусний, крупнопилувато-середньосуглинковий на карбонатному лесі.

Оцінку потенційного екологічного ризику застосування засобів захисту рослин на дослідних ділянках ДГ “Сквирське” впродовж 2021–2023 рр. проводили за використання моделі визначення агроекотоксикологічного індексу (АЕТИ), що враховує навантаження пестицидів на агроценоз за сумарною нормою витрати препаратів і здатністю території до самоочищення [24].

Агроекотоксикологічний індекс характеризується такими показниками: 0–1 — мало небезпечний, за якого навантаження пестицидів на агроценози порівнюється зі здатністю території до самоочищення; 1–4 — середньо небезпечний; 4–8 — підвищеної небезпеки; 8–10 — високо небезпечний індекс, за якого зростає небезпека для виживання фауни та збереження гігієнічних нормативів якості сільськогосподарської продукції [24].

Таблиця 1

Попередники в сівозміні за вирощування круп'яних культур гречки і вівса в ДГ “Сквирське”, 2021–2023 рр.

№ дослідю	№ дослідного поля	Площа поля, га	2021	2022	2023
1	Поле: № 8 № 11/4 № 12	15,01	Горох	Пшениця озима	Гречка
		6,36			
		15,64			
Площа дослідю № 1 — 37,01					
2	Поле: № 3 №11 № 15	1,42	Пшениця озима	Гречка	Овес
		17,08			
		21,08			
Площа дослідю № 2 — 39,58					
	Загальна площа	76,59			

Джерело: сформовано авторами на основі власних досліджень.

Модель розрахунку АЕТИ має вигляд такого рівняння (1):

$$AETI = \frac{10 \frac{H_{п}}{Q \cdot I_{зон}} \left(1 + \frac{H_{п}}{Q \cdot I_{зон}} \right)^3}{\left(1 + \frac{H_{п}}{Q \cdot I_{зон}} \right)^4 + 5000}, \quad (1)$$

де $H_{п}$ — сумарна витрата пестицидів упродовж сезону, л, кг/га; Q — середньозважений ступінь небезпечності асортименту пестицидів; $I_{зон}$ — зональний індекс здатності до самоочищення агроценозів.

Середньозважений ступінь небезпечності асортименту пестицидів (Q) є показником властивостей пестицидних препаратів, його визначали за формулою (2):

$$Q = \frac{C_{n_1} \cdot m_1 + C_{n_2} \cdot m_2 + \dots + C_{n_n} \cdot m_n}{M_c}, \quad (2)$$

де C_n — інтегральний ступінь небезпеки застосування пестициду; m — використана кількість цього пестициду, кг, л; M_c — сумарна сезонна витрата пестицидів на площу дослідного поля, кг, л.

Сумарну сезонну витрату пестицидів (M_c), що використовували в агроценозах сільськогосподарських культур для захисту від шкідників і бур'янів, розраховували за формулою (3):

$$M_c = H_1 \cdot S + H_2 \cdot S + \dots + H_n \cdot S, \quad (3)$$

де H_n — норма витрати кожного застосованого препарату; S — площа ділянки поля.

Аналіз та узагальнення інформації, розрахунково-статистичні методи проводили в лабораторії біоконтролю агроєкосистем і орга-

нічного виробництва відділу агробіоресурсів і екологічно безпечних технологій ІАП НААН.

У роботі використовували такі методи досліджень: польові, систематизації, аналізу та узагальнення інформації, розрахунково-статистичні. Для обробки отриманих результатів використовували стандартні математичні методи аналізу даних і побудови діаграм за допомогою програми Microsoft Office Excel 2000.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Оцінювання системи хімічного захисту сільськогосподарських культур на дослідному полі ДГ “Сквирське” у 2023 р. та 2021–2022 рр. Відомо, що система хімічного захисту сільськогосподарських культур передбачає використання широкого асортименту пестицидів, який передусім залежить від фітосанітарного стану агроценозу. У зв'язку із цим проаналізовано систему хімічного захисту агроценозів у сівозміні ДГ “Сквирське” за вирощування круп'яних культур гречки і вівса у 2023 році. Встановлено, що система хімічного захисту рослин корегувалася за врахування сортових особливостей сільськогосподарських культур гречки сорту Софія та вівса сорту Парламентський і фітосанітарного стану агроценозів.

Аналіз наукової літератури свідчить, що суттєві недобори і втрати врожаю цінної круп'яної медоносною культурою гречки зазвичай спричинені передусім численними хворобами різної етіології. До основних видів збудників хвороб гречки належать переноспороз (неправжня борошниста роса), аскохітоз, бактеріоз, церкоспороз, філостиктоз, мозаїка, сіра гниль. Основними шкідниками є гречана блоха, греча-

ний довгоносик, гречана листоблішка, попелиця, пшенична совка, трипс, личинки коваликів. Залежно від ступеня ураження рослин гречки фітофторозом недобір урожаю може коливатись у межах 10–20%, несправжньою борошнистою росю та сірою гниллю — 20–25%, аскохітозом, бактеріозом — 10% і більше [25].

За дослідженням сортових особливостей гречки Софія встановлено високу стійкість сорту до несприятливих і посушливих, спекотних періодів, притаманних ґрунтово-кліматичним умовам Правобережного Лісостепу України. Сорту культури властиві детермінантність, одночасне дозрівання зерна, висока стійкість до полягання та осипання, висока урожайність (21,7–42,6 ц/га). Сорт стійкий до найбільш небезпечних і поширених хвороб (борошниста роса, переноспороз і аскохітіоз) та поширення комах-шкідників, які зазвичай притаманні агрофітоценозам гречки.

Однак у посівах гречки 2023 р. встановлено незначне ураження рослин гречки збудниками хвороб переноспороз, борошниста роса, аскохітоз, бактеріоз, мозаїка. Перевищення економічного порогу шкодочинності (ЕПШ) основних видів збудників хвороб в агроценозі гречки не виявлено. Відмічено відсутність основних шкідників і бур'янів у посівах гречки.

На сьогодні в “Переліку пестицидів і агрохімікатів, дозволених для використання в Україні, 2023” (далі — Перелік) [26] не зареєстровано жодного фунгіциду чи хімічного протруйника для використання на посівах гречки. Переліком дозволено лише застосування гербіциду Фюзілад Форте 150 (д.р. — флуазіфоп-П-бутил, 150 г/л) для досягнення фітосанітарної чистоти в посівах.

Однак у дослідному господарстві “Сквирське” на гречці сорту Софія пестициди взагалі не застосовували. Це пов'язано з тим, що в посівах цієї культури були відмічені лише поодинокі ураження рослин шкідниками та збудниками хвороб і, відповідно, це цілком нівелювало екологічний ризик виникнення перевищення економічного порогу шкодочинності шкідливих організмів.

Відмічено також і відсутність бур'янів і шкідників у посівах гречки на дослідних ділянках господарства “Сквирське”. Чистоту посівів забезпечували біологічні особливості вирощуваної круп'яної культури гречки сорту Софія, зумовлені його стійкістю до основних видів шкідників, хвороб і бур'янів, притаманних цій культурі. Водночас належний фітосанітарний стан агроценозів гречки забезпечували застосовані агротехнології за дотримання науково обґрунтованої сівоzmіни та належного обробітку ґрунту.

За свідченням В. Іванишин та ін. [27], С. Танчик та ін. [28], вчасно застосовані належні заходи та агротехнології щодо регуляції фітосанітарного стану в агроценозах істотно обмежують джерело первинної вірусної та бактеріальної інфекції більшості збудників хвороб. Тому посіви гречки переважно не потребують застосування засобів захисту рослин, передусім інсектицидів та фунгіцидів.

Сортовими біологічними особливостями вівса сорту Парламентський є його середньостиглість, стійкість до осипання, посухи, до основних збудників хвороб. Овес посівний, хоч і вважається найменш вибагливою до родючості ґрунтів і попередників культурою, однак численні хвороби можуть спричинити значні недобори врожаю вівса, низьку якість зерна й зеленої маси.

Серед основних хвороб вівса високою шкідливістю вирізняються покрити та летюча сажки, стеблова іржа, корончаста іржа, борошниста роса, септоріоз, червоно-бура плямистість, коричнева плямистість, смугастий бактеріоз. Зменшити їхню шкідливість до невідчутного економічного рівня можливо лише за умов своєчасного виявлення хвороб і ретельного проведення ефективних профілактичних захисних заходів [29; 30].

Поміж тим, у посівах вівса сорту Парламентський (2023 р.) встановлено незначне ураження рослин збудниками хвороб (гельмінтоспоріоз, смугаста плямистість, септоріоз, борошниста роса, бактеріальна бура плямистість) та шкідниками (злакова попелиця, хлібна п'явица, швецька муха, хлібні блішки). Однак перевищення ЕПШ основних видів хвороб і шкідників в агроценозах вівса не спостерігали.

Натомість для захисту посівів вівса від хвороб і бур'янів на дослідному полі господарства застосовували пестициди різної хімічної дії та спрямування. Обробку культури пестицидами здійснювали, запобігаючи активному розвитку бур'янів, хвороб і шкідників, враховуючи тривалість дії препарату, рівень поширення хвороб, ступінь забур'яненості посівів та ураженості рослин шкідниками (табл. 2).

Зокрема, для захисту від бур'янів на посівах вівса використовували системний післясходовий гербіцид Гренадер Максі (д.р. — трибенурон-метил, 562,5 г/кг + д.р. — тифенсульфурон-метил, 187,5 г/кг) з високою селективністю до культурних рослин. Препарат контролює широкий спектр однорічних та багаторічних видів дводольних бур'янів. Фунгіцид Тіназол (д.р. — пропіконазол, 250 г/л) забезпечував захист рослин культури від поширення грибних інфекцій. Норма витрат пестицидів

Таблиця 2

Система хімічного захисту та удобрення посівів круп'яних культур гречки і вівса на дослідному полі ДГ "Сквирське", 2023 р.

Культура	Препарат	Діюча речовина	Призначення	Норма витрати препарату
Гречка*	—	—	—	—
Овес	Гренадер Максї, в.г.	Трибенурон-метил, 562,5 г/кг + тифенсульфурон-метил, 187,5 г/кг	Гербицид	0,025 кг/га
	Тїназол, к.е.	Пропїконазол, 250 г/л	Фунгіцид	0,5 л/га

Джерело: сформовано авторами на основі власних досліджень.

Примітка: * — засоби захисту рослин у посівах гречки (2023 р.) не застосовувалися.

відповідала рекомендаціям виробників засобів захисту рослин, які гарантують отримання високих врожаїв сільськогосподарських культур та ефективність дії препаратів.

Для більш об'єктивного оцінювання екологічних ризиків в агроценозах дослідного поля ДГ "Сквирське", унаслідок застосування пестицидів, аналізували пестицидне навантаження на агроценози за врахування хімічного захисту попередників у сівозміні упродовж 2021 та 2022 рр.

Система хімічного захисту попередників круп'яних культур на дослідному полі господарства наведена в таблиці 3.

У посівах пшениці озимої, яка була попередником гречки (у 2021 та 2022 рр.), проводили передпосівну обробку для протруювання насіння фунгіцидом Вітавакс 200 (д.р. — карбоксин, 200 г/л + тирам, 200 г/л). Від бур'янів посіви пшениці озимої захищали післясходовим гербицидом системної дії Гранстар Голд 75 (д.р. — трибенурон-метил, 562,5 г/кг;

Таблиця 3

Система хімічного захисту та удобрення попередників круп'яних культур гречки та вівса у сівозміні ДГ "Сквирське", 2021–2022 рр.

Культура	Препарат пестициду	Діюча речовина препарату пестициду	Призначення препарату	Норма витрати пестициду	
				2021	2022
Гречка*	—	—	—	—	—
Пшениця озима	Вітавакс 200 ФФ	Карбоксин, 200 г/л + тирам, 200 г/л	Фунгіцид-протруювач насіння	3,0 л/т	3,0 л/т
	Гранстар Голд 75	Трибенурон-метил, 562,5 г/кг + тифенсульфурон-метил, 187,5 г/кг	Гербицид	0,025 кг/га	0,025 кг/га
	Рекс Дуо	епоксиконазол, 187 г/л + тіофанат-метил, 310 г/л	Фунгіцид	0,6 л/га	0,6 л/га
	Тїлт 250	пропїконазол, 250 г/л	Фунгіцид	0,5 л/га	0,5 л/га
Горох	Агрітокс	2-метил-4-хлорфенокси-оцтова кислота у формі диметиламїної солї, 500 г/л	Гербицид	0,5 л/га	—
	Фосорган Дуо	Хлорпїрифос, 500 г/л + циперметрин, 50 г/л	Інсектицид	4,0 л/га	—
	Димефос	Диметоат, 400 г/л	Інсектицид	1,0 л/га	—

Джерело: сформовано авторами на основі власних досліджень.

Примітка: * — засоби захисту рослин у посівах гречки (2022 р.) не застосовувалися.

тифенсульфурон-метил, 187,5 г/кг) проти одно-річних і багаторічних дводольних бур'янів. Для захисту від збудників захворювань (аскоміцетів, базидіоміцетів, ооміцетів, дейтеромицетів) обробку посівів проводили фунгіцидом Тілт 250 (д.р. — пропіконазол, 250 г/л) у фазі кущення — початок виходу в трубку та фунгіцидом Рекс Дуо (д.р. епоксиконазол, 187 г/л + д.р. тіофанат-метил, 310 г/л) у фазу початку колосіння.

Захист посівів гороху від бур'янів, який був попередником озимої пшениці у 2021 році, забезпечував гербіцид Агрітокс (д.р. — 2-метил-4-хлорфеноксіоцтова кислота у формі диметиламіної солі, 500 г/л). Для захисту агроценозів гороху від широкого спектру шкідників у господарстві використовували двокомпонентний контактний інсектоакарицид системної дії з репелентними та акарицидними властивостями Фосорган Дуо (д.р. — хлорпірифос, 500 г/л + д.р. — циперметрин, 50 г/л) у фазу бутонізації гороху та інсектицид Димефос (диметоат, 400 г/л) у фазу утворення стручків.

Оцінка екологічних ризиків за використання хімічних пестицидів в агроценозах сільськогосподарських культур на дослідному полі ДГ “Сквицьке” за показниками агро-екотоксикологічного індексу (АЕТІ). Проведено оцінку ризику застосування пестицидів в агроценозах дослідного поля ДГ “Сквицьке” за використання моделі визначення агроекотоксикологічного індексу (АЕТІ) [24]. Розрахунки проводили за формулами (1)–(3) з урахуванням таких вихідних даних: середньої норми витрати пестицидів упродовж сезону (H_n), зонального індексу самоочищення ($I_{зон}$), площі ділянки (S) та інтегрального ступеню небезпеки застосування пестициду (C_n). Вихідні дані пестицидного навантаження та результати розрахунку показників оцінки потенційного екологічного ризику застосування пестицидів в агроценозах на дослідному полі ДГ “Сквицьке” наведено в табл. 4.

Потенційний екологічний ризик застосування пестицидів прямо пропорційно залежить від норми їхньої витрати та обернено — від ступеню небезпечності препаратів і толерантності території. Зональний індекс здатності систем до самоочищення (Ізон) характеризує толерантність території до пестицидного навантаження та інтенсивність розпаду пестицидів залежно від ґрунтово-кліматичних умов. Згідно з інтегральною класифікацією Л. Бублик [31], індекси здатності до самоочищення території класифікують таким чином: дуже інтенсивна — $>0,80$; інтенсивна — $0,80-0,61$; помірна — $0,60-0,41$; слабка — $0,40-0,20$; дуже слабка — $<0,20$. В умовах України індекс самоочищення варіює

в межах від 0,23 до 0,78 оціночних балів. Зокрема, для агроценозу в умовах Правобережного Лісостепу України Київської області індекс самоочищення (Ізон) становить 0,55 [24; 31].

За шкалою інтегральної класифікації, яка враховує екотоксикологічні й токсикологічні показники та має 7 ступенів, пестициди поділяють на: дуже небезпечні — 1 та 2 ступінь; небезпечні — 3; помірно небезпечні — 4 та 5; мало небезпечні — 6 та 7 ступінь [31].

Визначено, що, за показником інтегрального ступеню небезпечності (C_n) (за Л. Бублик) [31], до небезпечного третього ступеню належать такі пестициди: Гренадер Максі, Тіназол, Вітавакс 200, Рекс Дуо, та Димефос. До помірно небезпечних — 4 ступеню небезпеки — належать Тілт 250 та Фосорган Дуо, а до 5 ступеню — Гранстар Голд 75 та Агрітокс. Проведені розрахунки середньо зваженого ступеня небезпеки пестицидів (Q) (за формулою (2)) показали, що для агроценозів дослідного поля (2021–2023 рр.) цей показник знаходився в межах від 2,99 (застосування гербіциду Гренадер Максі і фунгіциду Тіназол на посівах вівса, 2023 р.) до 3,91 (застосування гербіциду Агрітокс та інсектицидів Фосорган Дуо і Димефос на посівах гороху, 2021 р.) та характеризувалися переважно як небезпечні та помірно небезпечні (табл. 4).

Відомо, що потенційна небезпека внесення пестицидів в агроценози для живих організмів збільшується в міру зростання показника вірогідного забруднення сільськогосподарського ландшафту (V). Якщо цей показник не перевищує 4 умовних кілограмів на гектар, це говорить про те, що еколого-гігієнічна ситуація є малонебезпечною. Згідно з даними таблиці 4, найвищий показник вірогідного забруднення ландшафту (V) становить 2,56 кг/га за вирощування гороху (2021 р.), що відповідає малонебезпечній еколого-гігієнічній ситуації.

Результати розрахунку агроекотоксикологічного індексу (АЕТІ) за вегетаційні періоди 2021–2023 рр. показали, що найнижчі показники отримані за використання гербіциду Гренадер Максі і фунгіциду Тіназол на вівсі (2023 р.) — $1,47 \cdot 10^{-3}$ у.о. Деяко вищі показники АЕТІ визначені для пшениці озимої під час застосування комплексу пестицидів (гербіцид Гранстар Голд 75, фунгіцид-протруювач насіння Вітавакс 200 ФФ та фунгіцидів Рекс Дуо та Тілт 250 у 2021 та 2022 рр.), який розраховано на рівні $1,37 \cdot 10^{-2}$ у.о. Найвищий показник індексу АЕТІ встановлено за використання таких пестицидів: гербіциду Агрітокс та інсектицидів Фосорган Дуо й Димефос на посівах бобової культури гороху — $2,24 \cdot 10^{-1}$ у.о.

Таблиця 4

Показники оцінки потенційного екологічного ризику застосування пестицидів в агроценозах дослідного поля ДГ "Сквирське", 2021–2023 рр.*

Рік	Культура	Препарат	C_n	N, л, кг/га	НП, кг/га	M_c , кг, л	Q	V, кг/га	АЕТІ, у.о.
Дослід 1									
2021	Горох	Агрітокс	5	0,5	5,5	203,56	3,91	2,56	$2,24 \cdot 10^{-1}$
		Фосорган Дуо	4	4,0					
		Димефос	3	1,0					
2022	Пшениця озима	Вітавакс 200 ФФ	3	0,6	1,725	63,84	3,32	0,94	$1,37 \cdot 10^{-2}$
		Гранстар Голд 75	5	0,025					
		Рекс Дуо	3	0,6					
		Тілт 250	4	0,5					
2023	Гречка	н.з.**	—	—	—	—	—	—	—
Дослід 2									
2021	Пшениця озима	Вітавакс 200 ФФ	3	0,6	1,725	68,28	3,32	0,94	$1,37 \cdot 10^{-2}$
		Гранстар Голд 75	5	0,025					
		Рекс Дуо	3	0,6					
		Тілт 250	4	0,5					
2022	Гречка	н.з.	—	—	—	—	—	—	—
2023	Овес	Гренадер Максї	3	0,025	0,525	20,78	2,99	0,32	$1,47 \cdot 10^{-3}$
		Тїназол	3	0,5					

Джерело: сформовано авторами на основі власних досліджень.

Примітка: * — S — площа ділянки, га; N — норма внесення пестициду, л, кг/га; C_n — інтегральний ступінь небезпеки препарату [31]; НП — сумарна норма витрати пестициду, кг/га; M_c — сумарна сезонна витрата пестициду, кг, л; Q — середньозважений ступінь небезпечності асортименту пестицидів; V — вірогідне забруднення ландшафту, кг/га; у.о. — умовні одиниці; ** н.з. — засоби захисту рослин у посівах гречки (2022, 2023 рр.) не застосовувалися.

Отже, встановлено, що всі отримані показники індексу АЕТІ свідчать про мало небезпечний рівень небезпечності, оскільки не перевищують встановлену величину ($АЕТІ \leq 1$), за якої існують потенційні можливості виживання фауни та забезпечення належної якості сільськогосподарської продукції [24]. Водночас отримані результати є ознакою того, що навантаження застосованих пестицидів на агроценози ДГ "Сквирське" відповідає здатності території до самоочищення.

Графічне зображення рівня агроекотоксикологічного індексу (АЕТІ) за застосування досліджуваних препаратів в агроценозах сільськогосподарських культур на дослідному полі ДГ "Сквирське" (дослід 1, дослід 2) наведено на *рисунку 1*.

Отже, отримані показники агроекотоксикологічного індексу (АЕТІ) свідчать про мало небезпечний рівень потенційної небезпечності застосування пестицидів у сівозміні дослідного поля ДГ "Сквирське". Це передбачає, що екологічний ризик пестицидного навантаження на агроценози круп'яних культур гречки і вівса, попередниками яких у сівозміні 2021–2023 рр. були пшениця озима і горох, є мінімальним. Отримані результати свідчать про незначну вірогідність екологічного ризику забруднення пестицидами зерна та насіння вирощуваних культур, що створює передумови для отримання екологічно безпечної зернової та насінневої продукції.

Отримані результати є надзвичайно важливими з огляду на те, що круп'яні культури

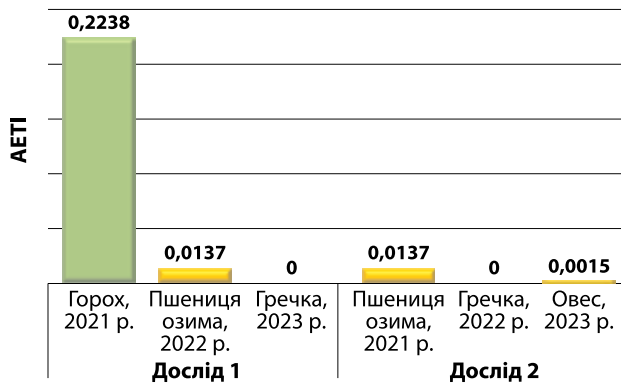


Рис. 1. Рівень потенційної небезпечності застосування пестицидів у сівозміні дослідного поля ДГ “Сквирське” за показниками агроекотоксикологічного індексу, 2021–2023 рр.

Джерело: сформовано авторами на основі власних досліджень.

(гречка та овес), які вирощуються в ДГ “Сквирське”, призначені для дієтичного харчування. Однак для достовірності гіпотези безпечності отриманої зернової і круп'яної продукції вважаємо за доцільне подальше проведення екологічної експертизи за вмістом залишків пестицидів для підтвердження її якості. Адже з метою забезпечення життя і здоров'я людини від шкідливих факторів, які можуть бути присутніми в продуктах харчування, сільське господарство має забезпечувати населення якісною та екологічно безпечною продукцією.

Тривале багаторазове застосування пестицидів, безумовно, веде до накопичення їхніх залишків чи метаболітів у ґрунті. Це призводить до забруднення продукції рослинництва та об'єктів довкілля. Тому використання результатів оцінювання пестицидного навантаження на агроєкосистеми за врахування здатності території до самоочищення можна розглядати як один із важелів управління екологічними ризиками. Зокрема, для мінімізації екологічних ризиків для агроєкосистеми та запобігання забрудненню навколишнього природного середовища необхідно вживати заходи з контролю застосування пестицидів: обмеження чи заборони; зниження норми внесення; підбору найменш токсичних; заміни хімічних засобів захисту рослин біологічними; застосування екологічно безпечних агротехнологій у землекористуванні тощо.

ЛІТЕРАТУРА

1. Палапа Н.В., Гончар С.М. Екологічні ризики, пов'язані із сільськогосподарською діяльністю людини. *Агроєкологічний журнал*. 2022. №1. С. 68–80. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2022.255189>
2. Сидорчук П.С. Екологічні ризики та наслідки застосування пестицидів. *Multidisciplinary academic notes. Theory, methodology and practice: The XXVII International Scientific and Practical Conference* (Prague, Czech Republic, July 12–15, 2022). P. 60–62.
3. Accastello C., Blanc S., Brun F.A. framework for the integration of nature-based solutions into environ-

ВИСНОВКИ

Визначено, що рівень екологічного ризику використання пестицидів у сівозміні дослідного поля ДГ “Сквирське”, яке належить до Сквирської дослідної станції органічного виробництва ІАП НААН (вегетація 2021–2023 рр.), за середньозваженими показниками агроекотоксикологічного індексу (АЕТИ) характеризується як мало небезпечний та знаходиться в межах від $1,47 \cdot 10^{-3}$ до $2,24 \cdot 10^{-1}$ у.о., а екологічний ризик застосування пестицидів є мінімальним. Отримані результати є ознакою того, що навантаження застосованих пестицидів на агроценози ДГ “Сквирське” відповідає здатності території до самоочищення.

За раціонального використання хімічних засобів захисту рослин у боротьбі зі шкідниками, збудниками хвороб та бур'янами у сівозміні господарства не спостерігається ризиків забруднення пестицидами зерна та насіння вирощуваних культур, що створює передумови для отримання екологічно безпечної зернової та насінневої продукції.

Однак, з огляду на те, що круп'яні культури (гречка та овес), які вирощуються в господарстві, призначені для дієтичного харчування, для підтвердження достовірності гіпотези безпечності отриманої зернової і круп'яної продукції доцільними є подальші дослідження її якості за вмістом залишків пестицидів.

Використання результатів оцінювання пестицидного навантаження на агроєкосистеми за врахування здатності території до самоочищення можна розглядати як один із важелів управління екологічними ризиками. Зокрема, з погляду управління екологічними ризиками для агроценозів, слід вживати заходи з регулювання використання хімічних засобів захисту рослин шляхом заборони чи обмеження застосування певних пестицидів, які мають високий ступінь небезпечності, зниження норми внесення, відбору і використання найменш токсичних для запобігання та мінімізації екологічних ризиків пестицидного забруднення агроєкосистеми та навколишнього природного середовища тощо.

Науково обґрунтовані методичні підходи до оцінювання екологічних ризиків за використання хімічних засобів захисту рослин в агроценозах сприятимуть мінімізації потенційних загроз погіршення екологічного стану ґрунтів і забезпеченню сталого землекористування.

- mental risk management strategies. *Sustainability*. 2019. Vol. 11 (2). P. 489. DOI: <https://doi.org/10.3390/su11020489>
4. Назарук М.М., Бота О.В. Дослідження екологічних ризиків як ключовий елемент оцінки впливу на довкілля. Людина та довкілля. *Проблеми неоекології*. 2020. № 34. С. 100–107. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2020-34-10>
 5. Керування ризиком. Методи загального оцінювання ризику: ДСТУ ІЕС/ISO 31010:2013. Чинний від 2013-12-11. Київ: Мінекономрозвитку України, 2015. 80 с. (Національний стандарт України).
 6. Азаров С.І., Сидоренко В.Л., Задунай О.С. Проблеми аналізу ризику проявлення небезпечних процесів та оцінка економічного збитку в межах сельбищної території. *Математичне моделювання в економіці*. 2018. № 2 (11). С. 84–92. URL: <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/162035> (дата звернення: 15.10.2023).
 7. Лисиченко Г.В., Хміль Г.А., Барбашев С.В., Забулонов Ю.Л., Тищенко Ю.Є. Екологічний ризик: методологія оцінювання та управління: навчальний посібник. Київ: Наукова думка, 2014. 328 с.
 8. Фурдичко О.І., Шкуратов О.І. Стратегічне управління екологічною безпекою в аграрному секторі. *АгроСвіт*. 2016. № 8. С. 3–8.
 9. Мазур В.А., Ткачук О.П., Яковець Л.А. Екологічна безпека зернової та зернобобової продукції: монографія. Вінниця: Твори, 2020. 442 с.
 10. Безпечність промислових підприємств. Терміни та визначення: ДСТУ 2156-93. Чинний від 1995-01-01: Державний стандарт України, 1993. URL: https://dnaop.com/html/41018/doc-ДСТУ_2156-93 (дата звернення: 15.10.2023).
 11. Suter II G.W. Ecological risk assessment. CRC Press is an imprint of Taylor & Francis Group, LCC, 2016. 301 p.
 12. Marambe B., Wijesundara S. Effects of climate change on weeds and invasive alien plants in Sri Lankan agro-ecosystems: policy and management implications. *Frontiers in Agronomy*. 2021. Vol. 3 (36). 641006. DOI: <https://doi.org/10.3389/fagro.2021.641006>
 13. Моклячук Л.І., Ліщук А.М., Драга М.В., Городиська І.М., Плаксюк Л.Б., Терновий Ю.В. Перехід від традиційної до екобезпечної органічної системи землеробства в умовах змін клімату: виклики та шляхи вирішення. *Збалансоване природокористування*. 2020. № 2. С. 100–109. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.2.2020.208819>
 14. Ліщук А.М., Парфенюк А.І., Городиська І.М., Бородай В.В., Драга М.В. Основні важелі управління екологічними ризиками в агроценозах. *Агроекологічний журнал*. № 2. С. 85–95. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2022.263320>
 15. Монарх В.В. Оцінка екологічних ризиків забруднення пестицидами компонентів агроєкосистеми. *Збалансоване природокористування*. 2014. № 1. С. 206–212.
 16. Войціцький В.М., Хижняк С.В., Данчук В.В., Мідик С.В., Грищук І.А., Ушкалов В.О. Екологічні ризики: природа і критерії. *Науково-практичний журнал "Екологічні науки"*. 2020. № 4 (31). С. 131–135. DOI: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2020.eco.4-31.21>
 17. Тохтарь К.І., Гаврилюк Ю.В. Чи можливе безпечне використання пестицидів? *Агрохімія і ґрунтознавство: міжвід. тем. наук. збірник. Харків: ННЦ "ІГА ім. О.Н. Соколовського"*. 2020. Вип. 90. С. 76–85. URL: <http://hdl.handle.net/123456789/8221> (дата звернення: 15.10.2023).
 18. Яковець Л.А. Екотоксикологічна оцінка зернової продукції агроценозів за вмістом залишків пестицидів в умовах Лісостепу Правобережного. *Сільське господарство та лісівництво*. 2020. № 16. С. 226–237. DOI: <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2020-1-16>
 19. Мартіянова Ю.В., Коршун М.М. Прогнозування ступеню небезпечності забруднення ґрунту, підземних та поверхневих вододжерел пестицидами різних хімічних класів залежно від ґрунтово-кліматичних умов. *Український науковий медичний молодіжний журнал*. 2021. Т. 124. № 2. С. 77–88. DOI: [https://doi.org/10.32345/USMJ.2\(124\).2021.77-88](https://doi.org/10.32345/USMJ.2(124).2021.77-88)
 20. Коршун М.М., Мартіянова Ю.В., Коршун О.М. Гігієнічна оцінка транслокації нових пестицидів у системі "ґрунт – рослина". *Вісник медичних і біологічних досліджень*. 2022. № 4. С. 28–34. DOI: <https://doi.org/10.11603/bmbr.2706-6290.2022.4.13261>
 21. Коршун М.М., Мартіянова Ю.В., Горбачевський Р.В. Гігієнічна оцінка міграції нових пестицидів із ґрунту в нижні шари атмосферного повітря. *Доповіді Вінницького національного медичного університету*. 2023. Вип. 27 (1). С. 144–149. DOI: [https://doi.org/10.31393/reports-vnmedical-2023-27\(1\)-26](https://doi.org/10.31393/reports-vnmedical-2023-27(1)-26)
 22. Цицюра Я.Г., Шкатула Ю.М., Забарна Т.А., Пелех Л.В. Інноваційні підходи до фіторемедіації та фіторекультивації у сучасних системах землеробства. Вінниця: ТОВ "Друк", 2022. 1200 с.
 23. Monaci E., Polverigiani S., Neri D., Bianchelli M., Santilocchi R., Toderi M.,... & Vischetti C. Effect of contrasting crop rotation systems on soil chemical and biochemical properties and plant root growth in organic farming: First results. *Italian Journal of Agronomy*. 2017. Vol. 12 (4). P. 364–374. DOI: <https://doi.org/10.4081/ija.2017.831>
 24. Бублик Л.І. Екотоксикологічний ризик застосування хімічних засобів захисту рослин від шкідливих організмів (лабораторії аналітичної хімії пестицидів 50 років). *Захист і карантин рослин*. 2007. Вип. 53. С. 271–281.
 25. Марков І.Л. Хвороби гречки та заходи щодо обмеження їх шкодоочинності. *Агроном*. 2017. URL: <https://www.agronom.com.ua/hvoroby-grechky-ta-zahody-shhodo-obmezheniya-yih-shkodochynnosti/> (дата звернення 19.10.2023).
 26. Державний реєстр пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні, 2023. URL: <https://mepr.gov.ua/upravlinnya-vidhodamy/derzhavnyj-reyestr-pestytsydiv-i-agrohimiaktiv-dozvolenyh-do-vukorystannya-v-ukrayini/> (дата звернення 19.10.2023).
 27. Іванишин В.В., Шувар І.А., Гаврилянчик Р.Ю., Сендецький В.М., Бунчак О.М., Тимофійчук О.Б. Тех-

- нологія вирощування гречки в проміжних посівах. *Зб. наук. праць Подільського ДАТУ*. 2016. Вип. 24. Ч. 1. С.93–100.
28. Танчик С.П., Павлов О.С., Чумбей В.В. Потенційна забур'яненість ґрунту залежно від його обробітку за вирощування гречки посівної в Прикарпатті України. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2020. № 1 (83). DOI: <http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2020.01.006>
 29. Марков І.І. Хвороби вівса: особливості збудників та заходи з обмеження їх поширення. *Агроном*. 2018. URL: <https://www.agronom.com.ua/hvoroby-vivsa-osoblyvosti-zbudnykiv-ta-zahody-z-obmezhennya-yih-poshyrennya/> (дата звернення 19.10.2023).
 30. Gorash A., Armoniené R., Mitchell Fetch J., Liatukas Ž., Danyté V. Aspects in oat breeding: nutrition quality, nakedness and disease resistance, challenges and perspectives. *Annals of Applied Biology*. 2017. Vol. 171 (3). P. 281–302.
 31. Бублик Л.І., Васечко П.І., Васильєв В.П. та ін. Довідник із захисту рослин; за ред. М.П. Лісового. К.: Урожай, 1999. 744 с.

ENVIRONMENTAL RISKS DUE TO THE IMPACT OF PESTICIDE LOAD IN AGROCENOSES OF CEREAL CROP PREDECESSORS

Lishchuk A.

Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher
Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS (Kyiv, Ukraine)
e-mail: lishchuk.alla.n@gmail.com;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8339-9365>

Parfenyuk A.

Doctor of Biological Sciences, Professor
Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS (Kyiv, Ukraine)
e-mail: vereskpar@ukr.net;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0169-4262>

Karachinska N.

Candidate of Biological Sciences, Researcher
Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS (Kyiv, Ukraine)
e-mail: karachinskan051177@gmail.com;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6571-8430>

Ternovyi Yu.

Candidate of Agricultural Sciences
Skvyra Research Station of Organic Production of IAEM of NAAS (Skvyra, Ukraine)
e-mail: ternowoj@i.ua;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5829-5089>

The article is dedicated to the study of the impact of pesticide load on agroceases of cereal crop predecessors and the emergence of ecological risks in them. An assessment of ecological risks in the agroceases of the experimental field of the State Enterprise "Research Farm "Skvyrsk" of IAEM of NAAS" was carried out using pesticides during the growing seasons 2021–2023. The methodology for assessing ecological risks of potential pesticide pollution of agroceases by indicators of agroecotoxicological index (AETI) was used. It was determined that the level of ecological risk from pesticide pressure in the crop rotation of the experimental field by AETI is within the range from $2.86 \cdot 10^{-3}$ to $2.24 \cdot 10^{-1}$ conventional units and is characterized as slightly dangerous, which indicates a minimal ecological risk of pesticide use. The obtained results are a sign that the load of applied pesticides on the agroceases of the experimental farm corresponds to the territory's ability to self-clean. It is shown that rational use of chemical methods of plant protection in combating pests, disease pathogens and weeds creates prerequisites for obtaining environmentally safe grain and seed products, as well as minimizes the likelihood of environmental of grain and seed contamination with pesticides of cultivated crops. Usually, long-term and repeated use of pesticides in any case leads to accumulation of their residues or metabolites in the soil and, as a result, is a source of contamination of crop products and environmental objects. Therefore, using the results of assessing pesticide load on agroecosystems, taking into account the territory's ability to self-clean, can be considered as one of the levers for managing environmental risks. To minimize ecological risks from pesticide pollution of agroceases and increase environmental safety of agroecosystems, measures should be taken to regulate the use of chemical plant protection products. This should be done by banning or restricting the use of pesticides that have a high level of ecotoxicity and are persistent in soil.

Keywords: agroecotoxicological index, degree of danger of pesticides, agricultural crops, crop rotation, minimization of ecological risk, management of environmental risks.

REFERENCE

1. Palapa, N.V., & Honchar, S.M. (2022). Ekolozhichni ryzyky, poviazani iz silskohospodarskoiu diialnistiu liudyny [Ecological risks associated with human agricultural activity]. *Ahroekolozhichni zhurnal — Agroecological journal*, 1, 68–80. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2022.255189> [in Ukrainian].

2. Sydorchuk, P.S. (2022). Ekolohichni ryzyky ta naslidky zastosuvannya pestytsydiv [Ecological risks and consequences of pesticide use]. *Multidisciplinary academic notes. Theory, methodology and practice: The XXVII International Scientific and Practical Conference (July 12–15, 2022, Prague, Czech Republic)*, (p. 60–62) [in Ukrainian].
3. Accastello, C., Blanc, S., & Brun, F. (2019). A framework for the integration of nature-based solutions into environmental risk management strategies. *Sustainability*, 11 (2), 489. DOI: <https://doi.org/10.3390/su11020489> [in English].
4. Nazaruk, M.M., & Bota, O.V. (2020). Doslidzhennia ekolohichnykh ryzykiv yak kliuchovyi element otsinky vplyvu na dovkillia [Environmental risk research as a key element of environmental impact assessment]. *Liudyna ta dovkillia. Problemy neoekologii — Man and environment. Problems of neoecology*, 34, 100–107. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2020-34-10> [in Ukrainian].
5. Keruvannya ryzykom. Metody zahalnoho otsynivannia ryzyku [Risk management. General risk assessment methods]. (2015). *DSTU IEC/ISO 31010:2013 from 2013-12-11*. Kyiv: Ministry of Economic Development of Ukraine [in Ukrainian].
6. Azarov, S.I., Sydorenko, V.L., & Zadunai, O.S. (2018). Problemy analizu ryzyku proiavlennia nebezpechnykh protsesiv ta otsinka ekonomichnoho zbytku v mezhakh selbyshchnoi terytorii [Problems of risk analysis of dangerous processes and assessment of economic damage within the agricultural territory]. *Matematychni modelivannia v ekonomitsi — Mathematical modeling in economics*, 2, 84–92. URL: <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/162035> [in Ukrainian].
7. Lysyuchenko, H.V., Khmil, H.A., Barbashev, S.V., Zabulonov, Yu.L., & Tyshchenko, Yu.E. (2014). *Ekolohichnyi ryzyk: metodolohiia otsynivannia ta upravlinnia: Navchalnyi posibnyk [Environmental Risk: Assessment and Management Methodology: A Study Guide]*. Kyiv: Naukova dumka [in Ukrainian].
8. Furdychko, O.I., & Shkuratov, O.I. (2016). Stratehichne upravlinnia ekolohichnoiu bezpekoiu v ahrarnomu sektori [Strategic management of environmental security in the agricultural sector]. *AhroSvit — AgroSvit*, 8, 3–8 [in Ukrainian].
9. Mazur, V.A., Tkachuk, O.P., & Yakovets, L.A. (2020). *Ekolohichna bezpeka zernovoi ta zernobobovoi produktsii: monohrafiia [Environmental safety of grain and leguminous products: monograph]*. Vinnytsia: Tvory [in Ukrainian].
10. Bezpechnist promyslovykh pidpriemstv. Terminy ta vyznachennia [Safety of industrial enterprises. Terms and definitions]. (1993). *DSTU 2156-93 from 1995-01-01*. Kyiv: Derzhavnyi standart Ukrainy. URL: https://dnaop.com/html/41018/doc-ДСТУ_2156-93 [in Ukrainian].
11. Suter II, G.W. (2016). *Ecological risk assessment*. CRC Press is an imprint of Taylor & Francis Group, LCC [in English].
12. Marambe, B., & Wijesundara, S. (2021). Effects of climate change on weeds and invasive alien plants in Sri Lankan agro-ecosystems: policy and management implications. *Frontiers in Agronomy*, 3 (36), 641006. DOI: <https://doi.org/10.3389/fagro.2021.641006> [in English].
13. Moklyachuk, L.I., Lishchuk, A.M., Draga, M.V., Horodyska, I.M., Plaksyuk, L.B., & Ternovy, Yu.V. (2020). Perekhid vid tradytsiinoi do ekobezpechnoi orhanichnoi systemy zemlerobstva v umovakh zmin klimatu: vyklyky ta shliakhy vyrishennia [Transition from traditional to eco-friendly organic farming system in the conditions of climate change: challenges and solutions]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannia — Balanced nature using*, 2, 100–109. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.2.2020.208819> [in Ukrainian].
14. Lishchuk, A.M., Parfenyuk, A.I., Horodyska, I.M., Borodai, V.V., & Draga, M.V. (2022). Osnovni vazheli upravlinnia ekolohichnymy ryzykamy v ahrotsenozakh [The main levers of environmental risk management in agroecosystems]. *Ahroekolohichni zhurnal — Agroecological journal*, 2, 74–85. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2022.263320> [in Ukrainian].
15. Monarch, V.V. (2014). Otsinka ekolohichnykh ryzykiv zabrudnennia pestytsydamy komponentiv ahroekosystemy [Assessment of ecological risks of pesticide contamination of components of the agroecosystem]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannia — Balanced nature using*, 1, 206–212 [in Ukrainian].
16. Voitsitskyi, V.M., Khyzhniak, S.V., Danchuk, V.V., Midyk, S.V., Hryshchuk, I.A., Ushkalov, V.O. (2020). Ekolohichni ryzyky: pryroda i kryterii [Environmental risks: nature and criteria]. *Naukovo-praktychnyi zhurnal: Ekolohichni nauky — Scientific and practical journal: Ecological sciences*, 4 (31), 131–135. DOI: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2020.eco.4-31.21> [in Ukrainian].
17. Tokhtar, K.I., Havryliuk, Yu.V. Chy mozhlyve bezpechne vykorystannia pestytsydiv? [Is it possible to use pesticides safely?]. (2020). *Ahrokhimiia i gruntoznavstvo: mizhvid. tem. nauk. Zbirnyk Agrochemistry and soil science: interdepartmental thematic scientific collection*, 90, 76–85. Kharkiv: NSC “IGA named after O.N. Sokolovsky”. URI: <http://hdl.handle.net/123456789/8221> [in Ukrainian].
18. Yakovets, L.A. (2020). Ekotoksykologichna otsinka zernovoi produktsii ahrotsenoziv za vmistom zalyshkiv pestytsydiv v umovakh Lisostepu Pravoberezhnoho [Ecotoxicological assessment of grain products of agroecosystems according to the content of pesticide residues in the conditions of the Pravoberezhny Forest Steppe]. *Sil'ske hospodarstvo ta lisivnytstvo — Agriculture and forestry*, 16, 226–237. DOI: <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2020-1-16> [in Ukrainian].
19. Martiianova, Yu.V., & Korshun, M.M. (2021). Prohnozuvannia stupeniu nebezpechnosti zabrudnennia gruntu, pidzemnykh ta poverkhnevnykh vododzherel pestytsydamy riznykh khimichnykh klasiv zalezho vid gruntovo-klimatychnykh umov [Forecasting the degree of contamination of soil, underground and surface water sources by pesticides of different chemical classes depending on soil and climatic conditions]. *Ukrainskyi naukovi medychnyi molodizhnyi zhurnal — Ukrainian scientific medical youth journal*, 124 (2), 77–88. DOI: [https://doi.org/10.32345/USMJ.2\(124\).2021.77-88](https://doi.org/10.32345/USMJ.2(124).2021.77-88) [in Ukrainian].
20. Korshun, M.M., Martiianova, Yu.V., & Korshun, O.M. (2022). Hihienichna otsinka translokatsii novykh pestytsydiv u systemi “grunt — roslyna” [Hygienic evaluation of the translocation of new pesticides in

- the “soil — plant” system]. *Visnyk medychnykh i biolohichnykh doslidzhen — Herald of medical and biological research*, 4, 28–34. DOI: <https://doi.org/10.11603/bmbr.2706-6290.2022.4.13261> [in Ukrainian].
21. Korshun, M.M., Martiianova, Yu.V., & Hhorbachevskyi, R.V. (2023). Hihienichna otsinka mihratsii novykh pestytsydiv iz gruntu v nyzhni shary atmosfernoho povitria [Hygienic assessment of new pesticides migration from soil into the lower atmospheric air layer]. *Dopovidi Vinnytskoho natsionalnoho medychnoho universytetu — Reports of Vinnytsia National Medical University*, 27 (1), 144–149. DOI: [https://doi.org/10.31393/reports-vnmedical-2023-27\(1\)-26](https://doi.org/10.31393/reports-vnmedical-2023-27(1)-26) [in Ukrainian].
 22. Tsytsiura, Ya.H., Shkatula, Yu.M., Zabarna, T.A., & Pelekh, L.V. (2022). *Innovatsiini pidkhody do fitoremediatsii ta fitorekultyvatsii u suchasnykh systemakh zemlerobstva [Innovative approaches to phytoremediation and phytoremediation in modern farming systems]*. Vinnytsia: TOV “Druk” [in Ukrainian].
 23. Monaci, E., Polverigiani, S., Neri, D., Bianchelli, M., Santilocchi, R., Toderi, M.,... & Vischetti, C. (2017). Effect of contrasting crop rotation systems on soil chemical and biochemical properties and plant root growth in organic farming: First results. *Italian Journal of Agronomy*, 12 (4), 364–374. DOI: <https://doi.org/10.4081/ija.2017.831> [in English].
 24. Bublyk, L.I. (2007). Ekotoksykologichnyi ryzyk zastosuvannya khimichnykh zasobiv zakhystu roslyn vid shkidlyvykh orhanizmiv (laboratorii analitychnoi khimii pestytsydiv 50 rokiv) [Ecotoxicological risk of using chemical plant protection agents against harmful organisms (laboratories of analytical chemistry of pesticides for 50 years)]. *Zakhyst i karantyn roslyn — Protection and quarantine of plants*, 53, 271–281 [in Ukrainian].
 25. Markov I.L. (2017). Khvoroby hrechky ta zakhody shchodo obmezhenia yikh shkodochynnosti [Buckwheat diseases and measures to limit their harmfulness]. *Ahronom — Agronomist*. URL: <https://www.agronom.com.ua/hvoroby-grechky-ta-zahody-shhodo-obmezheniya-yih-shkodochynnosti/> [in Ukrainian].
 26. Derzhavnyi reiestr pestytsydiv i ahrokhimikativ, dozvolenykh do vykorystannia v Ukraini [State register of pesticides and agrochemicals approved for use in Ukraine]. URL: <https://mepr.gov.ua/upravlinnya-vidhodamy/derzhavnyj-reyestr-pestytsydiv-i-agrokhimikativ-dozvolenykh-do-vykorystannya-v-ukrayini/> [in Ukrainian].
 27. Ivanyshyn, V.V., Shuvar, I.A., Havrylianchyk, R.Yu., Sendetskyi, V.M., Bunchak, O.M., & Tymofiichuk, O.B. (2016). Tekhnolohiia vyroshchuvannya hrechky v promizhnykh posivakh [Buckwheat cultivation technology in intercropping]. *Zb. nauk. prats Podilskoho DATU — Collection of scientific papers of the Podilsk DATU*, 24 (1), 93–100 [in Ukrainian].
 28. Tanchyk, S.P., Pavlov, O.S., & Chumbei, V.V. (2020). Potentsiina zaburianenist gruntu zalezho vid yoho obrobitku za vyroshchuvannya hrechky posivnoi v Prykarpatti Ukrainy [Potential weediness of the soil depending on its cultivation for the cultivation of seed buckwheat in the Carpathian region of Ukraine]. *Naukovi dopovidi NUBiP Ukrainy — Scientific reports of NUBiP of Ukraine*, 1 (83). DOI: <http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2020.01.006> [in Ukrainian].
 29. Markov, I.L. (2018). Khvoroby vivsa: osoblyvosti zbudnykiv ta zakhody z obmezhenia yikh poshyrennia [Oat diseases: characteristics of pathogens and measures to limit their spread]. *Ahronom — Agronomist*. URL: <https://www.agronom.com.ua/hvoroby-vivsa-osoblyvosti-zbudnykiv-ta-zahody-z-obmezheniya-yih-poshyrennia/> [in Ukrainian].
 30. Gorash, A., Armonienè, R., Mitchell Fetch, J., Liatukas, Ž., & Danytė, V. (2017). Aspects in oat breeding: nutrition quality, nakedness and disease resistance, challenges and perspectives. *Annals of Applied Biology*, 171 (3), 281–302 [in English].
 31. Bublyk, L.I., Vasechko, G.I., Vasiliev, V.P., Lisovuy M.P. (Ed.). (1999). *Dovidnyk iz zakhystu roslyn [Plant Protection Handbook]*. Kyiv: Urozhai [in Ukrainian].

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Ліщук Алла Миколаївна, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, старший науковий співробітник лабораторії біоконтролю агроєкосистем і органічного виробництва відділу агробіоресурсів та екологічно безпечних технологій, Інститут агроєкології і природокористування НААН (вул. Метрологічна, 12, м. Київ, Україна, 03143; e-mail: lishchuk.alla.n@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8339-9365>)

Парфенюк Алла Іванівна, доктор біологічних наук, професор, завідувач відділу агробіоресурсів та екологічно безпечних технологій, Інститут агроєкології і природокористування НААН (вул. Метрологічна, 12, м. Київ, Україна, 03143; e-mail: vereskpar@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0169-4262>)

Карачинська Надія Василівна, кандидат біологічних наук, науковий співробітник, старший науковий співробітник лабораторії біоконтролю агроєкосистем і органічного виробництва відділу агробіоресурсів та екологічно безпечних технологій, Інститут агроєкології і природокористування НААН (вул. Метрологічна, 12, м. Київ, Україна, 03143; e-mail: karachinskan051177@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6571-8430>)

Терновий Юрій Вікторович, кандидат сільськогосподарських наук, директор, Сквирська дослідна станція органічного виробництва Інституту агроєкології і природокористування Національної академії аграрних наук України (вул. Селекційна, 1, м. Сквиря, Сквирський р-н, Київська обл., Україна, 09000; e-mail: ternowoj@i.ua; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5829-5089>)