

Електронний журнал «Ефективна економіка» включено до переліку наукових фахових видань України з питань економіки (Категорія «Б», Наказ Міністерства освіти і науки України № 975 від 11.07.2019). Спеціальності – 051, 071, 072, 073, 075, 076, 292. Ефективна економіка. 2025. № 2.

DOI: <http://doi.org/10.32702/2307-2105.2025.2.100>

УДК 631.1

*A. P. Kіrіchek,
аспірант,
Національний університет біоресурсів і природокористування України
ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0002-1933-3430>*

ХАРАКТЕРИСТИКА, ВИДИ Й ІСТОРИЧНА ПАРАДИГМА РОЗВИТКУ ЗАСОБІВ ЗАХИСТУ РОСЛИН

*A. Kirichek,
Postgraduate student,
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*

CHARACTERISTICS, TYPES AND HISTORICAL PARADIGM OF PLANT PROTECTION PRODUCTS DEVELOPMENT

Протягом останніх років спостерігається суттєве світове збільшення виробництва сільськогосподарської продукції. Одним із вагомих факторів, який сприяє розвитку галузі рослинництва виступає ефективне використання засобів захисту рослин (ЗЗР). Метою дослідження є виявлення й узагальнення особливостей, історичних тенденцій та видів засобів захисту рослин. У статті досліджено сутність категорії ЗЗР. Визначено, що ЗЗР можна класифікувати за такими ознаками: хімічний склад, об'єкти застосування, характер дії, спосіб проникнення. Історія використання пестицидів включає три періоди: до 1870-х років; 1870-1945 роки; після 1945 року. Установлено, що пестициди поділяються за класифікаційними термінами, такими як: цілі шкідників, функціональні групи, механізми дії та токсичність. До основних переваг використання засобів захисту рослин

віднесено: захист від шкідників і хвороб; підвищення урожайності; покращення якості продукції; швидка ефективність дії; економічна ефективність (оптимізація витрат, підвищення точності прогнозування, рентабельності). Недоліками є небезпека для здоров'я і довкілля, короткий термін дії, термін дії на визначені фактори. Перспективним напрямом дослідження вважаємо вивчення регулюючих регламентів у вітчизняному й іноземному законодавстві та дослідження оцінки попиту й пропозиції на українському ринку.

In recent years, there has been a significant global increase in agricultural production. One of the important factors contributing to the development of the crop production industry is the effective use of plant protection products (PPPs). The purpose of the study is to identify and summarise the features, historical trends and types of plant protection products. The article investigates the essence of the category of plant protection products. It is determined that plant protection products can be classified according to the following features: chemical composition, objects of application, nature of action, and method of penetration. The history of pesticide use includes three periods: before the 1870s; 1870-1945; and after 1945. The modern stage is characterised by the popularisation of biological means of protection. It is established that pesticides are divided by classification terms, such as: pest targets, functional groups, mechanisms of action and toxicity. The most common groups of pesticides are herbicides, fungicides and insecticides. Plant protection products are used in various forms: as liquids for spraying plants (solutions, extracts, suspensions, concentrations), powders for dusting, gases for fumigation, etc. Plant protection products are applied by mechanical ground vehicles, aircraft and drones, and in small volumes manually. The main advantages of using plant protection products include: protection against pests and diseases; increased yields; improved product quality; rapid effectiveness of action; and economic efficiency (cost optimisation, improved forecasting accuracy, and profitability). The disadvantages are the danger to health and the environment, short duration of action, and the duration of action on certain factors. We believe that a promising area of research is the study of regulatory regulations in domestic and foreign legislation and the study of supply and demand assessment in the Ukrainian market.

Ключові слова: засоби захисту рослин, пестициди, сільське господарство, аграрне виробництво, агроєкосистеми

Keywords: plant protection products, pesticides, agriculture, agrarian production, agroecosystems.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. Засоби захисту рослин (ЗЗР) виступають значущим компонентом сучасного аграрного виробництва, оскільки вони орієнтовані на боротьбу зі шкідниками, бур'янами й хворобами. Але надмірне й неправильне використання пестицидів може спровокувати забруднення навколишнього середовища та негативно впливати на здоров'я людей. У даному контексті необхідно врахувати історичний розвиток засобів захисту, їх види та особливості. Також доволі важливо оцінити соціально-економічні наслідки використання різних ЗЗР, оскільки нераціональне співвідношення між вигодами й витратами в екологічній і економічній системах, у тому числі і через неправильне законодавче регулювання, може спровокувати порушення в екології й виведення з експлуатації сільськогосподарських угідь.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Досліджувана тематика доволі актуальний напрям в умовах сьогодення, враховуючи цілі сталого розвитку. Тому значна кількість вітчизняних і іноземних праць присвячені даній галузі. Зокрема над питаннями, пов'язаними із ЗЗР працювали такі науковці як: Oerke E.-C., Dehne H. W., Alavanja M. C. R., Rezende E. C. N., Carneiro F. M., Mansfield B., Werner M., Berndt C., Tudi M., Ruan H. D., Wang L., Council N. R., Zhang W., Garcia F. P., Ascencio S. Y. C., Mnif W., Hassine A. I. H., Antunes S. C., Brittain C. A., Vighi M., С. Станкевич, О. Косилович, Л. Василенко, В. Крутякова та багато інших.

Незважаючи на наявні публікації питання значення, видів та історичних етапів розвитку ЗЗР потребує детальнішого вивчення й поглибленого аналізу.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Метою дослідження є виявлення й узагальнення особливостей, історичних тенденцій та видів засобів захисту рослин.

Виклад основного матеріалу дослідження. Засоби захисту рослин – це препарати, призначені для захисту рослин від шкідливих впливів бур'янів, хвороб або комах. Вони містять одну або кілька активних речовин разом з іншими допоміжними речовинами, такими як розчинники, носії, інертні матеріали, зволожувачі або ад'юванти, складені для забезпечення оптимальної ефективності продукту [1].

На українському ринку ЗЗР зустрічається доволі велика чисельність препаратів різних груп. Їх можна систематизувати за такими ознаками: хімічний склад, об'єкт застосування; характер дії і спосіб проникнення (Рис. 1).

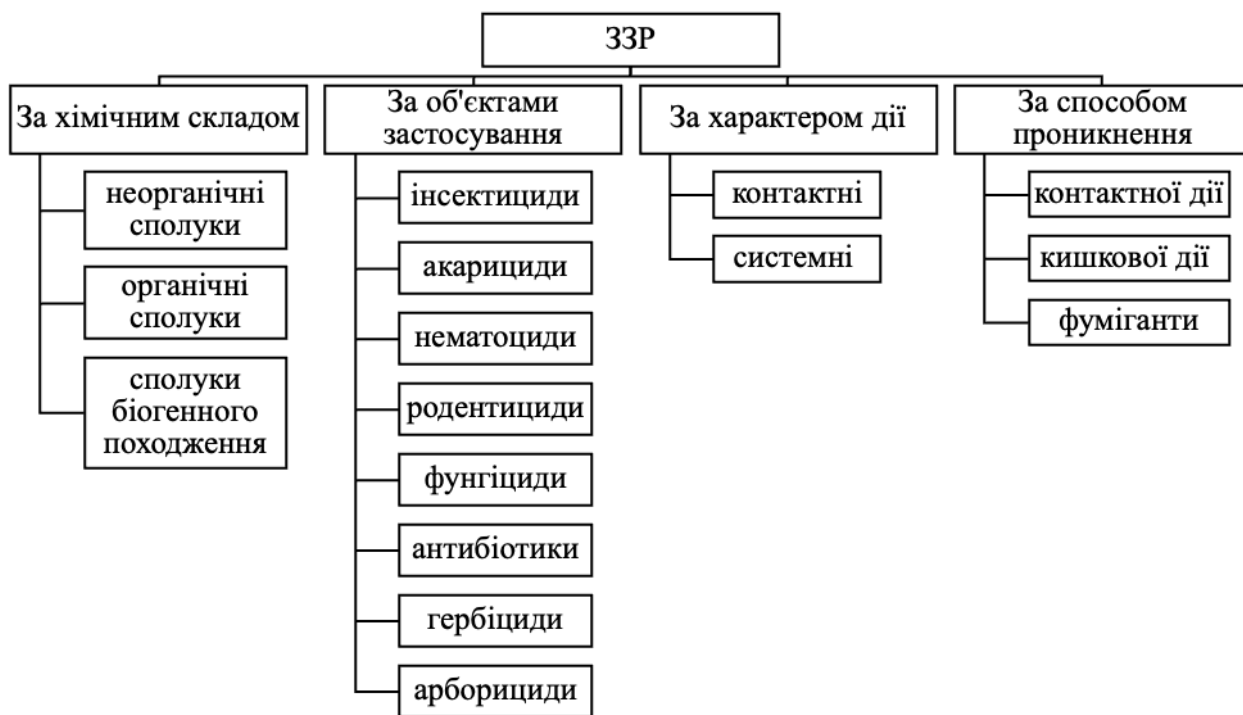


Рис. 1. Класифікація засобів захисту рослин за різними ознаками

Джерело: побудовано автором на основі [2].

Пестициди, найбільший клас засобів захисту рослин, – це хімічні речовини, призначені для знищення або пригнічення росту небажаних організмів, зазвичай вибірково. Удосконалені системи управління рослинництвом на основі генетично покращених (високопродуктивних)

сортів, підвищення родючості ґрунту за допомогою хімічних добрив, боротьби зі шкідниками за допомогою синтетичних пестицидів та зрошення були ознаками Зеленої революції. Оскільки врожайність трав і деяких товарних культур, таких як соя, бавовна й цукровий буряк, позитивно реагує на високі рівні виробництва та/або вирощування може бути значною мірою механізоване, у останні десятиліття всесвітнє рослинництво було зосереджено на обмеженій кількості видів рослин. У багатьох регіонах різноманітні екосистеми замінені простими агроекосистемами, які більш вразливі до нападу шкідників. Щоб зберегти врожайність на рівні, необхідному для задоволення попиту, ці культури потрібно захистити від шкідників [3].

З огляду на те, що 1,8 мільярда людей у світі зайняті в сільському господарстві [4], ця інтенсифікація використання агрохімікатів викликає нагальні питання щодо безлічі способів, за допомогою яких ці хімікати змінюють навколишнє середовище та соціальне життя. Зростаюча кількість академічної та неакадемічної літератури демонструє шкоду пестицидів для навколишнього середовища, здоров'я та благополуччя людини [5]. Перехід до заборони або обмеження старих, більш токсичних пестицидів породив сполуки наступного покоління, але обіцянки щодо їхньої безпеки також у багатьох випадках були підірвані науковими дослідженнями токсикантів. Стійкість до пестицидів залишається давньою проблемою, оскільки бур'яни, комахи та патогени розвивають резистентність особливо до найбільш широко використовуваних хімікатів. Проте дефіцит нових хімічних речовин для заміни сполук, оскільки вони стають менш ефективними, призвів до відродження старих сполук, які часто є більш залишковими або гостро токсичними. Перед обличчям цих взаємопов'язаних проблем тривають гострі битви за те, як регулювати використання пестицидів. Територія цих конкурсів також змінюється, оскільки деякі місцеві юрисдикції обмежують використання на основі нових наукових відкриттів, які ще мають бути визнані національними регуляторами. Парадоксально, але десятиліття таких

матеріальних, соціальних і політичних викликів моделі хімікоінтенсивного сільського господарства збіглися з її консолідацією та розширенням [6].

M. Tudi, H. D. Ruan, L. Wang, J. Lyu, R. Sadler, D. Connell, C. Chu, D. Tri Phung [7] історію використання пестицидів розподіляють на три періоди. У перший період до 1870-х років зі шкідниками боролися за допомогою різних природних сполук. Перше зареєстроване використання інсектицидів було приблизно 4500 років тому шумерами. Вони застосовували сполуки сірки для боротьби з комахами та кліщами. Близько 3200 років тому китайці використовували сполуки ртуті та миш'яку для боротьби з вошами. Не було хімічної промисловості, тому всі продукти були отримані безпосередньо з легкодоступних тваринних, рослинних або мінеральних джерел. Наприклад, летючі речовини часто наносили «димком». Принцип полягав у спалюванні соломи, полови, обрізків живої огорожі, крабів, риби, гною або інших продуктів тваринного походження, щоб дим, бажано з неприємним запахом, міг поширюватися садом, посівами чи виноградниками [8]. Зазвичай вважалося, що такий дим знищить фітофтороз або цвіль. Також його застосовували і проти комах. Люди контролювали бур'яни в основному за допомогою ручної прополки, а також повідомлялося про різні хімічні методи [9].

Під час другого періоду, між 1870 і 1945 роками, люди почали використовувати неорганічні синтетичні матеріали. Наприкінці 1800-х років у Швеції використовували сполуки міді та сірки проти грибкової атаки фруктів і картоплі [10]. З тих пір люди використовують багато неорганічних хімікатів, у тому числі бордоську суміш на основі мідного купоросу і вапняного миш'яку, як пестициди, і вони все ще використовуються для профілактики численних грибкових захворювань [11].

Третій період почався після 1945 року, представлений використанням синтетичних пестицидів з відкриттям ефектів дихлордифенілтрихлоретану (ДДТ), β -гексахлорциклогексану (ВНС), альдрину, дільдріну, ендріну, хлордану, паратіону, каптану та 2,4-D [12]. Недоліки багатьох із цих

препаратів полягали у високій нормі витрати, недостатній селективності та високій токсичності. Наприклад, ДДТ широко використовувався в усьому світі, оскільки він мав низьку токсичність для ссавців і зменшував захворювання, що передаються комахами, такі як малярія, жовта лихоманка та тиф [13; 14]. У книзі «Тиха весна» вказано на негативний вплив пестицидів на довкілля та здоров'я людини. Книга викликала великий резонанс серед науковців і громадськості [11]. ДДТ був заборонений у 1972 році в США через його шкоду для нецільових рослин і тварин, а також через проблеми з його значною здатністю накопичуватися в тканинах і зберігатися, завдаючи довгострокової шкоди [15]. Між 1970-ми та 1990-ми роками на ринок з'явилися нові групи хімічних речовин, такі як триазолпіримідинові, трикетонові та ізоксазолові гербіциди, стробілуринові й азолонові фунгіциди, хлорнікотиніл, спінозин, фіпролдіацилгідазин та фосфорорганічні інсектициди, і більшість нових хімічних речовин використовується в грамах а не кілограмах на гектар [11; 14].

У епоху капіталізму в ланцюжку поставок географія виробництва пестицидів також формується під впливом регулятивних наслідків у місцях, де зосереджена діяльність на першому етапі виробництва. Коли Китай запровадив нову політику «блакитного неба», наприклад, для регулювання свого сильно забруднюючого сектору виробництва пестицидів, результатом реорганізації та підвищення цін на агрохімікати були створені можливості для нових виробників генетиків в Індії, які працювали в більш дозволених умовах [16; 17]. У 2021 році, китайське обмеження на промислове споживання енергії в провінції Юньнань призупинило енергоємний видобуток жовтого фосфору для виробництва гліфосату. У поєднанні з потрясіннями пропозиції через зниження виробництва гліфосату в США після повеней узбережжя Мексиканської затоки ціни на генеричний гліфосат зросли втричі протягом 2021 року та на початку 2022 року [18]. Судові позови також можуть вплинути на географію ланцюга постачання, наприклад, оскільки Байер відповідає на свої вражаючі втрати в судах США

через гліфосат, переходячи до припинення продажів Roundup на домашньому ринку США, зберігаючи при цьому ринок сільськогосподарської продукції [19; 6].

У сучасному сільському господарстві вчені намагаються розробити генетично модифіковані культури, призначені для виробництва власних інсектицидів або демонстрації стійкості до гербіцидів широкого спектру дії або шкідників. Ця нова боротьба зі шкідниками може зменшити використання хімікатів та їх негативний вплив на навколишнє середовище [11].

М. Tudi, Н. D. Ruan, L. Wang, J. Lyu, R. Sadler, D. Connell, С. Chu, D. Tri Phung [7] класифікують пестициди за різними класифікаційними термінами, такими як цілі шкідників, функціональні групи, механізми дії та токсичність [20]. По-перше, пестициди класифікуються за різними цілями шкідників, включаючи фунгіциди, інсектициди, гербіциди та родентициди. Наприклад, фунгіциди використовуються для знищення грибків, інсектициди – для знищення комах, а гербіциди – для знищення бур'янів [21]. З точки зору хімічних класів, пестициди класифікуються на органічні та неорганічні інгредієнти. До неорганічних належать сульфат міді, сульфат заліза, мідь, вапно та сірка. Інгредієнти органічних пестицидів складніші [22]. Їх можна класифікувати відповідно до хімічної структури, наприклад, хлорвуглеводневі інсектициди, фосфорорганічні інсектициди, карбаматні інсектициди, синтетичні піретроїдні інсектициди, метаболіти та аналоги гормонів, синтетичні сечовинні гербіциди, триазинові гербіциди, бензімідазолові нематоциди, метальдегідні моллюскоциди, металофосфідні родентициди та родентициди на основі вітаміну D [7].

Найпоширенішою класифікацією відповідно до шкідників, яких вони знищують та факторів, на які впливають є наступна (Табл. 1).

Таблиця 1. Класифікація пестицидів відповідно до шкідників, яких вони знищують та факторів, на які впливають*

Клас	Характеристика
Гербіциди	Активні речовини для знищення бур'янів або запобігання їхньому росту. Найбільший клас за кількістю і вартістю.
Фунгіциди	Активні речовини для знищення грибів та їхніх спор.
Інсектициди	Активні речовини для боротьби з комахами. При використанні інсектицидів необхідно збалансувати сільськогосподарські потреби з питаннями охорони навколишнього середовища та здоров'я.
Альгіциди	Використовується для знищення та запобігання росту водоростей.
Авіциди	Будь-яка речовина (зазвичай хімічна), яку можна використовувати для знищення птахів.
Родентициди	Категорія хімічних засобів боротьби зі шкідниками, призначених для знищення гризунів.
Протруйники	Призначені для захисту насіння від грибків, комах та/або птахів.
Біологічні пестициди (біопестициди)	Призначені для біологічної боротьби зі шкідниками, входять до складу живих організмів і продуктів їх життєдіяльності.
Регулятори росту рослин	Розроблені для покращення врожайності, розпушування дозрілих плодів, швидшого збору врожаю, контролю розміру та твердості плодів, регулювання розміру рослини.
Генетично модифіковані рослини	Рослини, створені за допомогою біотехнологій.

**Джерело: побудовано автором на основі [23].*

Урожай культурних рослин знаходиться під загрозою конкуренції та знищення шкідниками, особливо при вирощуванні у великих монокультурах або з інтенсивним застосуванням добрив. Дані про втрати, включаючи важливість шкідників, основних шкідників та їх контроль і використання пестицидів, є передумовою для економічного управління шкідниками та для оцінки ефективності існуючих методів захисту рослин [3].

Протягом останніх років на вітчизняному ринку спостерігається підвищення попиту на біологічні засоби захисту, які мають меншу токсичність для людей і тварин та характеризуються кращими екологічними показниками. До даної групи належать препарати рослинного, вірусного, бактеріального походження.

ЗЗР використовуються у різних формах: як рідини для обприскування рослин (розчини, екстракти, суспензії, концентрації), порошки для

обпилювання, гази для фумігації тощо. Розчин готується шляхом розчинення твердої речовини в рідині або рідин у воді. Суспензія на відміну від розчину характеризується тим, що сухий порошок не повністю розчиняється у рідині, а перебуває в замуленому стані, тому її можна виділити у механічний спосіб. Екстракт – витяжка з рослинних чи тваринних організмів. Емульсія має вигляд механічної суміші рідин, що мають різну питому вагу і в'язкість. Пестициди також можуть використовувати в газо- і пароподібному стані [24].

Внесення засобів захисту рослин проводиться механічними наземними засобами, за допомогою авіації й дронів та у малих об'ємах ручним способом. За витратними нормами робочих рідин буває звичайне, малооб'ємне та ультрамалооб'ємне обприскування. Дані методи різняться не тільки нормою, а і розміром краплин. Перший фактор дає змогу знизити обсяги використання ЗЗР та відповідно витрати на них, а другий – гарантує високу щільність покриття поверхонь, що обробляються. При малолітражному обприскуванні використовують метод авіації й наземну вентиляторну апаратуру; при ультрамалолітражному – авіацію й вентиляторні обприскувачі [24].

Частота обробки варіюється залежно від погодних умов, сезону, календарних строків, характеристик поля тощо та визначається агрономічною службою підприємства.

Ще одним методом внесення ЗЗР є обпилювання посівів. Від обприскування воно відрізняється тим, що для нього не потрібні вода, агрегати для приготування рідини, транспортні засоби для перевезення розчинів. Недоліком методу є збільшення в середньому в 5 разів кількості самих пестицидів. Процес обпилювання відбувається в механізований спосіб, сільськогосподарською авіацією та вручну. Засторогою даного методу є заборона внесення пестицидів в період цвітіння, оскільки це провокує знищення ентомофагів та зменшення врожаю. За ефективністю обпилювання відстає від обприскування. Серед переваг даного методу варто виокремити: краще проникнення в крону дерев і кущів; вища продуктивність апаратури [24].

Фумігація ґрунту перед посівом є поширеним методом боротьби зі шкідниками, що переносяться ґрунтом у сільському господарстві [25]. Застосування фумігантів до ґрунту перед посадкою культури може змінити не лише чисельність цільових мікроорганізмів (переважно ґрунтових грибкових патогенів), але й нецільові ґрунтові мікробні спільноти. Фумігація ґрунту перед посівом може зменшити чисельність і різноманітність ґрунтових бактеріальних і грибкових спільнот і змінити їх склад, особливо протягом першого місяця після фумігації [26].

Використання ЗЗР сприяють економічному розвитку аграрного бізнесу. Їх застосування зменшує необхідність проведення агротехнічних заходів за допомогою механічного обробітку ґрунту й посівів. Уведення в технологію вирощування рослин засобів захисту сприяє точнішому прогнозуванню врожайності, яка сприяє плануванню фінансових потоків і стабілізації доходів. Особливо актуальним даний фактор є для великих підприємств, які витрачають суттєві кошти на придбання ЗЗР. Крім того, їх застосування дає змогу оптимізувати використання добрив і насіння. У сукупності усі переваги дозволяють мінімізувати витрати, підвищити рентабельність продукції та раціоналізувати виробничий процес загалом. Але при цьому необхідно не забувати і про недоліки, окремі з яких наведено на Рис. 2. У першу чергу це шкоди здоров'ю організмів людини, живим організмам та навколишньому середовищу. Але, за умови налагодження ефективної технології захисту й догляду, шкідливий вплив можна мінімізувати.

Важливою частиною розробки оптимальної політики щодо пестицидів є ретельне порівняння переваг для навколишнього середовища з витратами на скорочення викидів для користувачів пестицидів та адміністративними витратами на впровадження політики [27]. Наприклад, переваги для навколишнього середовища можна кількісно оцінити з точки зору багатства видів [28] або якості прилеглих поверхневих водних об'єктів і водоносних горизонтів.



Рис. 2. Переваги і недоліки використання засобів захисту рослин

Джерело: побудовано автором.

Імовірність зниження ризику для навколишнього середовища, пов'язаного з використанням пестицидів, дуже низька, оскільки виробники вважають, що зниження ризику означає або зменшення виробництва, або збільшення вхідних ресурсів у результаті заміни пестицидів [29]. Таким чином, політика, спрямована на зменшення ризиків, пов'язаних із використанням пестицидів, спричинить витрати для сільськогосподарської спільноти, що, у свою чергу, матиме наслідки для цін на сільськогосподарську продукцію. Це було підтверджено виробничою моделлю на основі функції витрат, яку використали С. J. М. Paul, V. E. Ball, R. G. Felthoven, A. Grube, R. F. Nehring [29]. У ній зазначено, що вимоги щодо зменшення ризику для навколишнього середовища, пов'язаного з використанням пестицидів, спричинять значні витрати для сільськогосподарського сектора, які безпосередньо переплітаються зі збільшенням попиту на ефективні пестициди для певного рівня сільськогосподарської продукції та передбачають інновації для підвищення якості пестицидів, пов'язані зі збільшенням вартості [30].

Погоджуємося з С. А. Damalas і I. G. Eleftherohorinos, що розробка нових пестицидів з новими способами дії та покращеними профілями

безпеки та впровадження альтернативних систем вирощування культур, які менш залежать від пестицидів, можуть мінімізувати вплив пестицидів і небажані наслідки впливу на здоров'я людини. Крім того, використання відповідного та добре обслуговуваного обладнання для розпилення, а також вжиття всіх запобіжних заходів, необхідних на всіх етапах роботи з пестицидами, також може зменшити вплив пестицидів. Загальна оптимізація поводження з пестицидами суворо згідно з правилами, а також врахування занепокоєння громадськості щодо залишків пестицидів у продуктах харчування та питній воді може сприяти зменшенню негативного впливу пестицидів на здоров'я людини та навколишнє середовище. Усе це може здатися складним, але, здається, є багатообіцяючим шляхом для достатнього постачання безпечного харчового виробництва в рамках життєздатної системи сільськогосподарського виробництва [30].

Сучасні підприємства роблять акцент на розвиток технологій точного землеробства з використанням дронів, супутників, GPS-технологій тощо, які сприяють раціональному використанню ЗЗР. Також широкої популярності набуває моніторинг стану полів, завдяки якому втрачання засобів захисту відбувається на конкретних ділянках чи культурах з високою точністю.

Одним з інструментів регулювання використання пестицидів є командно-адміністративні правила. На відміну від ринкових інструментів, які заохочують поведінку фірм через ринкові сигнали, командно-адміністративні правила встановлюють єдині стандарти для фірм. Прикладом командно-адміністративного заходу щодо пестицидної політики є заборона на використання певних пестицидів. R. N. Stavins [31] стверджує, що, незважаючи на доведений успіх ринкових інструментів у зменшенні забруднення навколишнього середовища за низькі витрати, вони не наблизилися до заміни командно-контрольних заходів. З огляду на те, що ринкові інструменти мають обмежений вплив на поведінку аграріїв у короткостроковій перспективі, командно-контрольні заходи (наприклад, заборона пестицидів) з більшою ймовірністю можуть забезпечити бажане

скорочення використання пестицидів для політиків у короткостроковій перспективі [32].

Адміністративні витрати на реалізацію політики можуть включати витрати на моніторинг та ведення обліку фермерських стратегій зменшення викидів, збір податкових надходжень у разі політики, що базується на економічних стимулах, а також на розробку та оновлення системи рейтингу небезпеки для пестицидів. Оскільки спроможність урядів витрачати кошти на регулювання може бути обмеженою, аналіз витрат і вигод може бути цінним посібником для оцінки економічної життєздатності та ефективності різних рамок політики щодо пестицидів. Аналіз витрат і вигод також може допомогти визначити необхідну оптимальну інтенсивність регулювання [32].

Висновки та перспективи подальших розвідок у даному напрямі.
Використання засобів захисту рослин – один із вагомих способів підвищення урожайності сільськогосподарських рослин та покращення їх якості. Нині доволі складно уявити будь-яку виробничу діяльність аграрія без їх використання. Але при цьому ЗЗР, зокрема пестициди, мають ряд недоліків, які справляють негативний вплив на навколишнє середовище. Тому необхідно максимально оптимізувати їх використання, наприклад, завдяки інтегрованим методам.

Перспективним напрямом досліджень вбачаємо вивчення регулюючих регламентів у вітчизняному й іноземному законодавстві, особливо країн ЄС, що є доволі актуальним для України як претендента на членство в ЄС. Ще одним напрямом визначено дослідження оцінку попиту й пропозиції на українському ринку.

Література

1. Plant Protection Products. URL: <https://www.pcs.agriculture.gov.ie/plantprotectionproducts/>.
2. Герасимчук С. Б. Засоби захисту рослин: класифікація. URL: <https://www.sn timer.com.ua/advice/16/>.

3. Oerke E.-C., Dehne H. W. Safeguarding production-losses in major crops and the role of crop protection. *Crop Prot.* 2004. Vol. 23. Is. 4. P. 275-285.
4. Alavanja M. C. R. Pesticides use and exposure, extensive worldwide. *Reviews on Environmental Health.* 2009. Vol. 24. № 4. P. 303-309. DOI: <https://doi.org/10.1515/REVEH.2009.24.4.303>.
5. Rezende E. C. N., Carneiro F. M., de Moraes J. B., Wastowski I. J. Trends in science on glyphosate toxicity: a scientometric study. *Environmental Science and Pollution Research.* 2021. Vol. 28. P. 56432-56448. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-021-14556-4>.
6. Mansfield B., Werner M., Berndt C., Shattuck A., Galt R., Williams B., Argüelles L., Rafael Barri F., Ishii M., Kunin J., Lapegna P., Romero A., Caicedo A., Abhigya, Soledad Castro-Vargas M., Marquez E., Ojeda D., Ramirez F., Tittor A. A new critical social science research agenda on pesticides. *Agric Hum Values.* 2024. Vol. 41. P. 395-412. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10460-023-10492-w>.
7. Tudi M., Ruan H. D., Wang L., Lyu J., Sadler R., Connell D., Chu C., Tri Phung D. Agriculture Development, Pesticide Application and Its Impact on the Environment. *Int. J. Environ. Res. Public Health.* 2021. Vol. 18. Is. 3. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph18031112>.
8. Unsworth J. History of Pesticide Use. 2010. URL: http://agrochemicals.iupac.org/index.php?option=com_sobi2&sobi2Task=sobi2Details&catid=3&sobi2Id=31.
9. Council N. R. The Future Role of Pesticides in US Agriculture. National Academies Press. Cambridge. MA. USA: 2000.
10. Sheail J. Innovation and Environmental Risks. Belhaven Press. London. UK: 1991. P. 38-46.
11. Bernardes M. F. F., Pazin M., Pereira L. C., Dorta D. J. Toxicology Studies – Cells, Drugs and Environment. IntechOpen; London. UK: 2015. Impact of Pesticides on Environmental and Human Health. P. 195-233.

12. Zhang Q., Xia Z., Wu M., Wang L., Yang H. Human health risk assessment of DDTs and HCHs through dietary exposure in Nanjing, China. *Chemosphere*. 2017. Vol. 177. P. 211-216. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2017.03.003.
13. Ross G. Risks and benefits of DDT. *Lancet*. 2005. Vol. 366. P. 1771-1772. DOI: 10.1016/S0140-6736(05)67722-7.
14. Zhang K., Zhang B.-Z., Li S.-M., Zeng E. Y. Regional dynamics of persistent organic pollutants (POPs) in the Pearl River Delta, China: Implications and perspectives. *Environmental Pollution*. 2011. Vol. 159. Is. 10. P. 2301-2309. DOI: 10.1016/j.envpol.2011.05.011.
15. Barnhoorn I. E. J., Bornman M., Van Rensburg C. J., Bouwman H. DDT residues in water, sediment, domestic and indigenous biota from a currently DDT-sprayed area. *Chemosphere*. 2009. Vol. 77. P. 1236-1241. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2009.08.045.
16. Zhang W., Jiang F., Ou J. Global pesticide consumption and pollution: with China as a focus. *Proceedings of the International Academy of Ecology and Environmental Sciences*. 2011. Vol. 1 (2). P. 125-144.
17. Oliveira G. L. T., He C., Ma J. Global-local interactions in agrochemical industry: relating trade regulations in Brazil to environmental and spatial restructuring in China. *Applied Geography*. 2020. Vol. 123. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2020.102244/>.
18. Li D. China price index: The impact of Sichuan's power restriction and historical high temperature on glyphosate, glufosinate. *AgriBusiness Global*. 2022. URL: <https://www.agribusinessglobal.com/agrochemicals/china-price-index-the-impact-of-sichuans-power-restriction-and-historical-high-temperature-on-glyphosate-glufosinate/>.
19. Hals T. Bayer to rethink Roundup in U.S. residential market after judge nixes \$2 bln settlement. *Reuters*. 2021. URL: <https://www.reuters.com/business/healthcare-pharmaceuticals/us-judge-rejects-bayers-2-bln-deal-resolve-future-roundup-lawsuits-2021-05-26/>.

20. Garcia F. P., Ascencio S. Y. C., Oyarzun J. C. G., Hernandez A. C., Alavarado P. V. Pesticides: Classification, uses and toxicity. Measures of exposure and genotoxic risks. *Int. J. Environ. Sci. Toxic. Res.* 2012. Vol. 1. P. 279-293.
21. Mnif W., Hassine A. I. H., Bouaziz A., Bartegi A., Thomas O., Roig B. Effect of Endocrine Disruptor Pesticides: A Review. *Int. J. Environ. Res. Public Health.* 2011. Vol. 8. P. 2265-2303. DOI: 10.3390/ijerph8062265.
22. Kim K.-H., Kabir E., Jahan S. A. Exposure to pesticides and the associated human health effects. *Sci. Total Environ.* 2017. Vol. 575. P. 525-535. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2016.09.009.
23. Pogăcean M. O., Gavrilescu M. Plant protection products and their sustainable and environmentally friendly use. *Environmental Engineering and Management Journal.* 2009. Vol. 8. № 3. P. 607-627.
24. Damalas C. A., Eleftherohorinos I. G. Pesticide Exposure, Safety Issues, and Risk Assessment Indicators. *Int. J. Environ. Res. Public Health.* 2011. Vol. 8. Is. 5. P. 1402-1419. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph8051402>.
25. Вергелес П. М., Пінчук Н. В. Агрофармакологія. Методичні вказівки для самостійної роботи студентів з дисципліни «Агрофармакологія» ОКР «Бакалавр» напряму підготовки 6.090101 «Агрономія». Вінниця: ОЦ ВДАУ, 2016. 64 с.
26. Castellano-Hinojosa A., Karlsen-Ayala E., Boyd N. S., Strauss S. L. Impact of repeated fumigant applications on soil properties, crop yield, and microbial communities in a plastic-mulched tomato production system. *Science of The Total Environment.* 2024. Vol. 919. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.170659>.
27. Castellano-Hinojosa A., Noling J. W., Bui H. X., Desaeger J. A., Strauss S. L. Effect of fumigants and non-fumigants on nematode and weed control, crop yield, and soil microbial diversity and predicted functionality in a strawberry production system. *Science of The Total Environment.* 2022. Vol. 852. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158285>.

28. Brethour Ch., Weersink A. An economic evaluation of the environmental benefits from. *Agricultural Economics*. 2005. Vol. 25. Is. 2-3. P. 219-226. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1574-0862.2001.tb00202.x>.
29. Brittain C. A., Vighi M., Bommarco R., Settele J., Potts S. G. Impacts of a pesticide on pollinator species richness at different spatial scales. *Basic and Applied Ecology*. 2010. Vol. 11. Is. 2. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.baae.2009.11.007>.
30. Paul C. J. M., Ball V. E., Felthoven R. G., Grube A., Nehring R. F. Effective costs and chemical use in United States agricultural production: using the environment as a 'free' input. *Am. J. Agr. Econ.* 2002. Vol. 84. P. 902-915. DOI: <https://doi.org/10.1111/1467-8276.00356>.
31. Stavins R. N. Experience with market-based environmental policy instruments K. G. Mäler J. R. Vincent Handbook of Environmental Economics. Environmental Degradation and Institutional Responses. Vol. 1. 2003 Elsevier Science. North-Holland, Amsterdam. P. 355-435. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1574-0099\(03\)01014-3](https://doi.org/10.1016/S1574-0099(03)01014-3).
32. Skevas T., Oude Lansink A. G. J. M., Stefanou S. E. Designing the emerging EU pesticide policy: A literature review. *NJAS: Wageningen Journal of Life Sciences*. 2013. Vol. 64-65. Is. 1. P. 95-103. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.njas.2012.09.001>.

References

1. Pesticide Registration and Control Divisions (PRCD) of the Department of Agriculture, Food & the Marine (2025), "Plant Protection Products", available at: <https://www.pcs.agriculture.gov.ie/plantprotectionproducts/> (Accessed 04 January 2025).
2. Gerasymchuk, S. B. (2010), "Plant protection products: classification", available at: <https://www.sn Timer> (Accessed 10 January 2025).

3. Oerke, E.-C. and Dehne, H. W. (2004), “Safeguarding production-losses in major crops and the role of crop protection”, *Crop Prot*, vol. 23, is. 4, pp. 275-285.
4. Alavanja, M. C. R. (2009), “Pesticides use and exposure, extensive worldwide”, *Reviews on Environmental Health*, vol. 24, no. 4, pp. 303-309. <https://doi.org/10.1515/REVEH.2009.24.4.303>.
5. Rezende, E. C. N. Carneiro, F. M. de Moraes, J. B. and Wastowski, I. J. (2021), “Trends in science on glyphosate toxicity: a scientometric study”, *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 28, pp. 56432-56448. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-14556-4>.
6. Mansfield, B. Werner, M. Berndt, C. Shattuck, A. Galt, R. Williams, B. Argüelles, L. Rafael Barri, F. Ishii, M. Kunin, J. Lapegna, P. Romero, A. Caicedo A., Abhigya Soledad Castro-Vargas, M. Marquez, E. Ojeda, D. Ramirez, F. and Tittor, A. (2024), “A new critical social science research agenda on pesticides”, *Agric Hum Values*, vol. 41, pp. 395-412. <https://doi.org/10.1007/s10460-023-10492-w>.
7. Tudi, M. Ruan, H. D. Wang, L. Lyu, J. Sadler, R. Connell, D. Chu, C. and Tri Phung, D. (2021), “Agriculture Development, Pesticide Application and Its Impact on the Environment”, *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 18, is. 3. <https://doi.org/10.3390/ijerph18031112>.
8. Unsworth, J. (2010), “History of Pesticide Use”, available at: http://agrochemicals.iupac.org/index.php?option=com_sobi2&sobi2Task=sobi2Details&catid=3&sobi2Id=31 (Accessed 08 January 2025).
9. Council, N. R. (2000), *The Future Role of Pesticides in US Agriculture*, National Academies Press, Cambridge, MA, USA.
10. Sheail, J. (1991), *Innovation and Environmental Risks*, Belhaven Press, London, UK.
11. Bernardes, M. F. F. Pazin, M. Pereira, L. C. and Dorta D. J. (2015) *Toxicology Studies – Cells, Drugs and Environment*, IntechOpen, London, UK.

12. Zhang, Q. Xia, Z. Wu, M. Wang, L. and Yang, H. (2017), "Human health risk assessment of DDTs and HCHs through dietary exposure in Nanjing, China", *Chemosphere*, vol. 177, pp. 211-216. 10.1016/j.chemosphere.2017.03.003.
13. Ross, G. (2005), "Risks and benefits of DDT", *Lancet*, vol. 366, pp. 1771-1772. 10.1016/S0140-6736(05)67722-7.
14. Zhang, K. Zhang, B.-Z. Li, S.-M. and Zeng, E. Y. (2011), "Regional dynamics of persistent organic pollutants (POPs) in the Pearl River Delta, China: Implications and perspectives", *Environmental Pollution*, vol. 159, is. 10, pp. 2301-2309. 10.1016/j.envpol.2011.05.011.
15. Barnhoorn, I. E. J. Bornman, M. Van Rensburg, C. J. and Bouwman H. (2009), "DDT residues in water, sediment, domestic and indigenous biota from a currently DDT-sprayed area", *Chemosphere*, vol. 77, pp. 1236-1241. 10.1016/j.chemosphere.2009.08.045.
16. Zhang, W. Jiang, F. and Ou, J. (2011), "Global pesticide consumption and pollution: with China as a focus", *Proceedings of the International Academy of Ecology and Environmental Sciences*, vol. 1 (2), p. 125-144.
17. Oliveira, G. L. T. He, C. and Ma, J. (2020), "Global-local interactions in agrochemical industry: relating trade regulations in Brazil to environmental and spatial restructuring in China", *Applied Geography*, vol. 123. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2020.102244/>.
18. Li, D. (2022), "China price index: The impact of Sichuan's power restriction and historical high temperature on glyphosate, glufosinate", *AgriBusiness Global*, available at: <https://www.agribusinessglobal.com/agrochemicals/china-price-index-the-impact-of-sichuans-power-restriction-and-historical-high-temperature-on-glyphosate-glufosinate/> (Accessed 07 January 2025).
19. Hals, T. (2021), "Bayer to rethink Roundup in U.S. residential market after judge nixes \$2 bln settlement. Reuters", available at: <https://www.reuters.com/business/healthcare-pharmaceuticals/us-judge-rejects->

bayers-2-bln-deal-resolve-future-roundup-lawsuits-2021-05-26/ (Accessed 11 January 2025).

20. Garcia, F. P. Ascencio, S. Y. C. Oyarzun, J. C. G. Hernandez A. C. and Alavarado, P. V. (2012), "Pesticides: Classification, uses and toxicity. Measures of exposure and genotoxic risks", *Int. J. Environ. Sci. Toxic. Res*, vol. 1, pp. 279-293.

21. Mnif, W. Hassine, A. I. H. Bouaziz, A. Bartegi, A. Thomas, O. and Roig, B. (2011), "Effect of Endocrine Disruptor Pesticides: A Review. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 8, pp. 2265-2303. 10.3390/ijerph8062265.

22. Kim, K.-H. Kabir, E. and Jahan, S. A. (2017), "Exposure to pesticides and the associated human health effects", *Sci. Total Environ*, vol. 575, pp. 525-535. 10.1016/j.scitotenv.2016.09.009.

23. Pogăcean, M. O. and Gavrilescu, M. (2009), "Plant protection products and their sustainable and environmentally friendly use", *Environmental Engineering and Management Journal*, vol. 8, no. 3, pp. 607-627.

24. Vergeles, P. M. and Pinchuk N.V. (2016), *Ahrofarmakolohiia*. [Agropharmacology], EC VSAU, Vinnytsia, Ukraine.

25. Castellano-Hinojosa, A. Karlsen-Ayala, E. Boyd, N. S. and Strauss S. L. (2024), "Impact of repeated fumigant applications on soil properties, crop yield, and microbial communities in a plastic-mulched tomato production system", *Science of The Total Environment*, vol. 919. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.170659>.

26. Castellano-Hinojosa, A. Noling, J. W. Bui, H. X. Desaegeer, J. A. and Strauss, S. L. (2022), "Effect of fumigants and non-fumigants on nematode and weed control, crop yield, and soil microbial diversity and predicted functionality in a strawberry production system", *Science of The Total Environment*, vol. 852. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158285>.

27. Brethour, Ch. and Weersink, A. (2005), "An economic evaluation of the environmental benefits from", *Agricultural Economics*, vol. 25, is. 2-3, pp. 219-226. <https://doi.org/10.1111/j.1574-0862.2001.tb00202.x>.

28. Brittain, C. A. Vighi, M. Bommarco, R. Settele, J. and Potts S. G. (2010), "Impacts of a pesticide on pollinator species richness at different spatial scales", *Basic and Applied Ecology*, vol. 11, is. 2. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2009.11.007>.
29. Damalas, C. A. and Eleftherohorinos, I. G. (2011), "Pesticide Exposure, Safety Issues, and Risk Assessment Indicators", *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 8, is. 5, pp. 1402-1419. <https://doi.org/10.3390/ijerph8051402>.
30. Paul, C. J. M. Ball, V. E. Felthoven, R. G. Grube, A. and Nehring R. F. (2022), "Effective costs and chemical use in United States agricultural production: using the environment as a 'free' input", *Am. J. Agr. Econ*, vol. 84, pp. 902-915. <https://doi.org/10.1111/1467-8276.00356>.
31. Stavins, R. N. (2003), Experience with market-based environmental policy instruments K. G. Mäler J. R. Vincent Handbook of Environmental Economics. Environmental Degradation and Institutional Responses, Elsevier Science, Amsterdam, North-Holland. [https://doi.org/10.1016/S1574-0099\(03\)01014-3](https://doi.org/10.1016/S1574-0099(03)01014-3).
32. Skevas, T. Oude Lansink, A. G. J. M. and Stefanou, S. E. (2013), "Designing the emerging EU pesticide policy: A literature review", *NJAS: Wageningen Journal of Life Sciences*, vol. 64-65, is. 1, pp. 95-103. <https://doi.org/10.1016/j.njas.2012.09.001>.

Стаття надійшла до редакції 19.01.2025 р.