



# Агроекологія, радіологія, меліорація

УДК 632.937

© 2024

## СВІТОВА ПРАКТИКА ЗАСТОСУВАННЯ БІОКОНТРОЛЮ

*О.І. Гулич*

*кандидат економічних наук*

*Інженерно-технологічний інститут «Біотехніка» НААН*

*вул. Маяцька дорога, 26, смт Хлібодарське Біляївського р-ну Одеської обл., 67667, Україна*

*e-mail: hulych@ukr.net*

*ORCID: 0000-0002-3689-2368*

*Надійшла 29.05.2023*

**Мета.** За результатами узагальнення світової практики застосування біологічного методу захисту рослин (біоконтроль) визначити тенденції, чинники впливу й очікувані особливості його розвитку в майбутньому. **Методи.** Для проведення досліджень використовували методи аналізу і синтезу, узагальнення, порівняльного аналізу, економіко-статистичні, графічні, методи застосування темпових показників та індексів темпорозвитку, коефіцієнтів еластичності. **Результати.** Аналіз та узагальнення даних аналітичних оглядів і розрахунків прогнозів розвитку біоконтролю та ринків біопестицидів свідчить про прискорений розвиток біометоду захисту рослин — з темпами росту, значно вищими за зростання обсягів використання хімічних пестицидів. Установлено, що на розвиток біоконтролю чинять вплив: державна політика в агросекторі, спрямована на загальну екологізацію землеробства, насамперед розвиток органічного землеробства; захист довкілля і біорізноманіття; скорочення обсягів використання хімічних пестицидів; правове поле функціонування біоконтролю. Аналіз показників за 2014–2020 рр. на прикладі країн Європи засвідчив стале зростання як площ під органічним землеробством, так і обсягів реалізації біопестицидів. Однак реалізація біопестицидів зростала за досліджуваний період значно вищими темпами: в середньому на 32% щорічно, тоді як площі під органічним землеробством в середньому зростали на 7%. Коефіцієнт еластичності (відношення темпів росту обсягів реалізації нехімічних діючих речовин (біопестицидів) до темпів росту площ під органічним землеробством) стабільно преревищує 1, що вказує на стійкий позитивний стимулюючий вплив розвитку органічного землеробства на реалізацію біопрепаратів захисту рослин. **Висновки.** У сучасній світовій практиці темпи росту застосування біоконтролю є вищими порівняно з темпами зростання застосування хімічних засобів захисту. Найбільший стимулюючий вплив на розвиток біоконтролю мають: перехід до забезпечення сталого землеробства з дотриманням вимог екологічної безпеки та норм охорони довкілля, гармонізація економічних і екологічних

**цілей агровиробництва; прискорений розвиток екологічного землеробства, насамперед органічного; впровадження в агровиробництві економічно ефективних і екологічно безпечних технологій; скорочення обсягів використання хімічних пестицидів. Україні для швидкого практичного переходу на інтегровані і біологічні методи захисту рослин варто запозичити досвід зарубіжних країн щодо процесів реєстрації й обороту біопестицидів, створення нових біопрепаратів захисту рослин, розроблення державної політики сприяння, стимулювання і підтримки застосування біоконтролю.**

**Ключові слова:** біологічні методи захисту рослин (біоконтроль), біопестициди, ринок біопестицидів, екологізація землеробства, органічне землекористування.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202402-10>

В останні десятиліття основним трендом у розвитку аграрного виробництва є забезпечення його стійкості через екологізацію землеробства з використання методів і технологій, які за умов прийнятної економічної ефективності зменшують соціальні та екологічні проблеми в сільському господарстві. Одним із засобів досягнення стійкості агровиробництва є мінімізація використання хімічних засобів захисту рослин і більш активне та продуктивне використання біологічного методу захисту рослин (біоконтроль) із застосуванням біологічних засобів (біопестицидів). Це створює можливості для агровиробників зменшувати витрати, збільшувати продуктивність виробництва і захищати навколишнє середовище, розв'язувати екологічні й соціальні проблеми.

Особливий інтерес до біологічного методу захисту рослин дав поштовх новим дослідженням біоконтролю [1–3], зокрема його економічних і екологічних аспектів [4–7], умов його включення в загальні процеси екологізації землеробства [8–12], а також розроблення нових технологічних рішень з підвищення ефективності біоконтролю і комплексних методів його застосування [13, 14].

Зростаючий споживчий попит на органічну їжу спонукає агровиробників до розширення органічного виробництва та переходу до екологічних практик у землеробстві, що одночасно активізує біологічні та інтегровані методи захисту сільськогосподарських культур із використанням біопестицидів замість хімікатів.

Потужним стимулом для застосування біоконтролю у майбутньому є також

боротьба із наслідками кліматичних змін у світі. В Європі це втілюється у пакет системних політичних рішень — ухвалену Європейським Союзом стратегію Green Deal («Зелений курс») [15]. Європейський зелений курс доповнюють стратегії з ключових напрямів розвитку. Так, стратегія A Farm to Fork Strategy («Від ферми до виделки») спрямована на скорочення обсягів використання пестицидів на 50%, а добрив на 20% за умови збереження родючості ґрунтів на тому ж рівні. Водночас кількість зібраної з гектара продукції не має скорочуватись [16]. Окрім того, стратегія заохочує розвиток дружнього до довкілля способу господарства — органічного фермерства. 25% сільськогосподарських земель мають бути відведені під органічне фермерство. Досягти зазначених цілей заплановано до 2030 р.

Використанню засобів захисту рослин на біологічній основі сприяє реалізація завдання захисту довкілля та збереження здоров'я населення. Біопестициди чинять значно менший вплив на навколишнє середовище і здоров'я кінцевого споживача, а їх виробництво набагато дешевше порівняно з традиційними хімічними препаратами.

Передбачається, що ринок біопрепаратів захисту рослин продовжить зростати в майбутньому через підвищення стійкості препаратів до шкідників та високий попит на безпечні й якісні продукти харчування. Використання біопестицидів уже зараз розглядається як безпечна альтернатива боротьбі зі шкідниками і хворобами, оскільки вони становлять менший ризик для людини та довкілля.

**Мета досліджень.** За результатами узагальнення світової практики застосування біологічного методу захисту рослин визначити тенденції, чинники впливу й очікувані особливості його розвитку в майбутньому.

**Матеріали і методи досліджень.** Узагальнення світової практики застосування біоконтролю, тенденцій розвитку ринку біопрепаратів захисту рослин, міжнародного й окремих національних законодавств із біоконтролю проводили з використанням методів аналізу і синтезу, порівняльного аналізу, економіко-статистичних методів. Для визначення чинників впливу та характеру їх дії на розвиток біоконтролю застосовували темпові показники, індекси темпорозвитку, коефіцієнти еластичності. Для побудови трендів росту обсягів світового ринку біопестицидів, темпів росту площ під органічним землеробством і реалізації нехімічних діючих речовин (біопестицидів) у Європі в 2014–2020 рр. використали графічний метод. На всіх етапах дослідження застосовували метод узагальнення.

**Результати досліджень.** Згідно з результатами досліджень компанії Research and Markets, світовий ринок біопестицидів у 2021 р. оцінювався в 4,55 млрд дол. США [17], в 2022 р. — у 9,5 млрд дол. США і, за прогнозами, у 2030 р. він становитиме 28 млрд дол. США [18], зростаючи на 14,5% щорічно (рис. 1). Середньорічне зростання найбільшого сегмента біопестицидів, а саме біоінсектицидів, за прогнозами становитиме 15,1% і досягне до 2030 р. 14,5 млрд дол. США. Зростання в сегменті біофунгіцидів скориговано на 14,2% до переглянутого

сукупного середньорічного темпу росту CAGR (Compound Annual Growth Rate) на наступний 8-річний період [18].

Станом на 2022 р. ринок біопестицидів у Сполучених Штатах оцінювався в 2,8 млрд дол. США. Середньорічне зростання аналогічного ринку у Китаї за період з 2022 по 2030 р., за прогнозами, становитиме 13,4% і, ймовірно, досягне 4,7 млрд дол. США. Серед інших ринків, що активно розвиватимуться, — ринки Японії та Канади, для яких прогнозується зростання відповідно на 13,3% та 12,3%. Серед європейських країн найвищі показники зростання ринку біопрепаратів прогноуються для Німеччини — близько 10,2% CAGR [18].

Біофунгіциди досліджуються здебільшого на *Trichoderma Harzianum* і *Trichoderma Viride*, біоінсектициди — на *Bacillus Thuringiensis*, *Beauveria Bassiana*, *Metarhizium Anisopliae* та *Verticillium Lecanii*, біонематоциди — на *Bacillus Firmus* і *Paecilomyces Lilacinus*.

Сьогодні до складу майже 90% усіх комерційних біопестицидів входять різні види та штами *Bacillus thuringiensis* (Bt). Далі, за ступенем комерціалізації, йдуть ентомопатогенні нематоди, біопрепарати на основі ряду видів мікроміцетів та бактеріальні біопрепарати. Понад 75% біопестицидів та біоконтролюючих видів членистоногих виробляють у США та ЄС. Причому в США переважають біопестициди, а в країнах ЄС (Бельгія, Франція, Іспанія) — біоконтролюючі види членистоногих.

Загальносвітовий продаж біоконтролюючих агентів і біопестицидів у 2020 р.

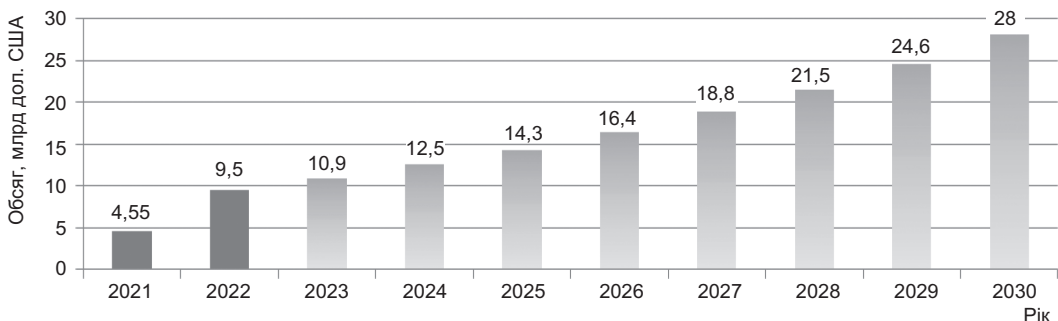


Рис. 1. Обсяг світового ринку біопестицидів, млрд дол. США (розраховано за даними Research and Markets, 2022, 2023)

становив 4,66 млрд дол. США [19], у 2021 р. — 5,4 млрд дол. США [20]. При цьому обсяги продажів мікробних біопестицидів становлять 65%, біологічних контролюючих агентів — 16, а феромонів — 19% від усіх продажів.

Комерційне виробництво та продаж біопестицидів у світі регулюються міжнародним та національним законодавством. У США контроль за їх реєстрацією та промисловим виробництвом здійснюють Агенція з охорони довкілля (Environmental Protection Agency (EPA)) та Офіс пестицидних програм (Office of Pesticide Programs (OPP)), що діють у рамках Федерального закону про інсектициди, фунгіциди та родентициди [21]. Створено Управління з реєстрації біопестицидів. Реєстрація одного їх виду в Сполучених Штатах потребує річних випробувань і коштує приблизно 1 млн дол. США. Більшості біопестицидних компаній країни надається підтримка.

Американські державні програми передбачають активний розвиток досліджень з біологічного контролю. Особлива увага приділяється розробці методів біологічного контролю інвазій. Реєстрація та застосування біологічних контролюючих агентів регулюються Законом про захист рослин. Міністерство сільського господарства США ставить особливі вимоги до 47 видів членистоногих, які можуть бути імпортовані в країну. У США зареєстровані та використовуються 50 феромонів комах (у країнах ЄС — 30 феромонів). Будь-який феромон реєструється окремо в кожній країні.

У ЄС регулювання процесів реєстрації та обороту біопестицидів здійснюють Європейська комісія та Європейське агентство з безпеки харчових продуктів (European Food Safety Authority (EFSA)), спочатку на основі Директив 91/414 та 2001/36/ЄС з Додатками II та III, які пізніше, у 2011 р., були замінені на Регламент № 1107/2009 [22]. Агентство оцінює наукові дані, необхідні для реєстрації біопестицидів, а остаточне рішення ухвалює комісія. До числа біоагентів, які дозволено використовувати, належать гриби (54%), бактерії (34%) та віруси (12%). Під час реєстрації біопестицидів враховують токсичність, патогенність, інфекційність, екоотоксикологію,

інтенсивність загибелі біоагентів у природному середовищі в місцях їх застосування. Велику увагу приділяють оцінці екологічного ризику у разі імпорту чи експорту біопестицидів, коли біоагенти можуть стати потенційно шкідливими організмами.

Нормативна база ЄС для реєстрації активних речовин пестицидів регулює всі види пестицидів — як хімічні, так і органічні. Процедура складається з двох етапів, а саме реєстрації діючих речовин на рівні ЄС та реєстрації засобів захисту рослин на рівні держав-членів. Відповідно до Регламенту № 1107/2009 [22] на реалізацію цих двох кроків у середньому витрачається 65,7 міс. У США реєстрація займає близько 25,7 міс. Тобто ця процедура в США є більш гнучкою, залучає меншу кількість учасників і потребує менше часу. До того ж вона краща за систему ЄС через «відмову» від необов'язкових даних, існування фінансових винятків та можливість умовної реєстрації.

В ЄС додатковим чинником, що перешкоджає скороченню часу реєстрації біопестицидів, є етап реєстрації на рівні держав-членів, оскільки більшість із цих держав не дотримуються регуляторних стандартів, тож затримують процес. Реєстрація на рівні держав-членів потребує у майбутньому додаткового врегулювання.

В усіх розвинених країнах постійно відбувається гармонізація законодавства про обіг біопестицидів. Провідну роль у цьому відіграють Організація економічного співробітництва та розвитку, в структурі якої створено спеціальну групу з регламентації біопестицидів, та Міжнародна асоціація з біоконтролю.

Біоконтролюючими агентами для боротьби зі шкідниками сьогодні визнано понад 100 видів бактерій, 800 видів грибів та 300 видів нематод, для контролю бур'янів — 50 видів бактерій і грибів, для боротьби зі збудниками хвороб рослин — 20 видів бактерій та грибів.

Компанії, що виготовляють біопестициди та біоконтролюючі агенти, приділяють велику увагу молекулярно-біологічним дослідженням факторів патогенності видів, що входять в рецептури препаратів біопестицидів та біоконтролюючих агентів, а також

розробці нових технологій їх застосування [23]. На високому науковому рівні ведуться роботи з отримання генномодифікованих біоагентів [24, 25].

Загальними труднощами, пов'язаними з розробкою та комерціалізацією біопестицидів, є відносно висока ціна реєстрації біопрепаратів, причому біопестициди слід реєструвати в кожній країні, де їх застосовують.

Розширенню біопестицидного бізнесу сприяють допомога, яку надають передові країни та країни, що розвиваються, своїм виробникам біопрепаратів; загальносвітова тенденція екологізації захисту рослин від хвороб і шкідників, що постійно набирає сили; використання для харчування органічних продуктів. Цьому сприяє і швидка розробка нових біопестицидів, заснованих на виділених та очищених природних біологічно активних речовинах. За своєю активністю вони не надто поступаються відповідним хімічним пестицидам, але не залишають токсичних залишків у сільськогосподарській сировині та продуктах, не індукують процесів підвищення резистентності об'єктів контролю, відносно безпечні для людини і сільськогосподарських тварин.

Основним каталізатором прискореного розвитку біометоду є загальна тенденція до збільшення об'ємів органічного виробництва і розширення площ під органічним і екологічним землеробством. За даними Дослідного інституту органічного сільськогосподарства (Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL) і Міжнародного підрозділу Міжнародної федерації органічних сільськогосподарських рухів (IFOAM — Organics International), площа органічних земель у світі продовжує зростати: станом на кінець 2019 р. під органічним виробництвом було зайнято понад 72,3 млн га сільськогосподарських земель, що на 1,1 млн га більше, ніж у попередньому році [26].

За даними FiBL, органічні площі в Європі зросли з 14,4 млн га у 2017 р. до 17,1 млн га у 2020 р. [27]. Австралія має найбільшу площу органічних сільськогосподарських земель (35,7 млн га). Другою за цим показником є Аргентина (3,7 млн га), а третьою — Іспанія (2,4 млн га). Серед європейських країн найбільшу частку органічних

земель від загальної площі сільськогосподарських земель мають Ліхтенштейн (41%) та Австрія (26,1%).

Взаємні впливи росту площ під органічним землеробством і реалізації нехімічних діючих речовин досліджувалися на прикладі країн Європи з використанням статистичних даних 2014–2020 рр. (табл. 1, рис. 2). Вони засвідчили стале позитивне зростання як площ під органічним землеробством, так і обсягів реалізації біопестицидів.

Реалізація біопестицидів впродовж досліджуваного періоду зростала значно вищими темпами: в середньому на 32% щорічно, тоді як зростання площ під органічним землеробством становило 7%.

Розрахунок коефіцієнтів еластичності вказує на стійкий позитивний стимулюючий вплив розвитку органічного землеробства на реалізацію біопрепаратів для захисту рослин (див. табл. 1). Причому помітний стрибок обсягів їх реалізації відбувся у 2020 р., що, ймовірно, спричинено зростанням як площ під органічним землеробством у перехідному періоді, так і площ, щодо яких застосовувалися інтегровані методи захисту рослин. Використання біопрепаратів у системі інтегрованого захисту рослин дає змогу мінімізувати використання хімічних пестицидів [30].

Загалом прослідковується стійке прискорене зростання об'ємів реалізації біопрепаратів захисту рослин, що відповідає загальній політиці поступового скорочення хімічних методів захисту рослин із заміною на біологічний та інтегрований методи захисту. Це, безумовно, потрібно враховувати під час формування та реалізації державної політики в агросекторі та безпосередньо у програмах захисту рослин від шкідників і хвороб.

Державна політика розвитку аграрного сектору економіки, спрямована на загальну екологізацію землеробства, також є важливим, а подекуди й визначальним чинником розвитку біометоду. Уряди можуть реалізувати політику сприяння та стабільної підтримки біоконтролю трьома різними способами, визначеними Організацією економічного співробітництва та розвитку (ОЕСР). *По-перше*, це політика, заснована на результатах, коли уряд встановлює цілі застосування біологічного контролю,

1. Площі під органічним землеробством і реалізація нехімічних діючих речовин в Європі у 2014–2020 рр.\*

Показник	Роки							Темпи росту						
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2015/2014	2016/2015	2017/2016	2018/2017	2019/2018	2020/2019	Середнє значення за 2014–2020
Площа під органічним землеробством, млн га	11,6	12,7	13,5	14,6	15,6	16,5	17,1	1,09	1,06	1,08	1,07	1,06	1,04	1,07
Реалізація нехімічних діючих речовин, т	220,5	230,3	271,0	319,6	407,0	509,7	1022,5	1,04	1,18	1,18	1,27	1,25	2,0	1,32
Коефіцієнт еластичності**								0,94	1,11	1,09	1,19	1,18	1,92	1,24

Примітка. \* За даними [26, 28, 29].

а реалізація та досягнення цілей здійснюються ринковими методами; *по-друге*, політика сприяння, коли уряд використовує політичні заходи як стимул для того, щоб зробити впровадження біоконтролю привабливим для фермерів за рахунок підтримки широкого набору інструментів для дослідження, передачі знань, підтримки прийняття рішень та залучення зацікавлених сторін; *по-третє*, директивна політика, коли уряд встановлює цілі та визначає конкретні очікування щодо впровадження через нормативні акти, вимоги та контрольні дії. ОЕСР

рекомендує урядам надавати перевагу застосуванню політики розвитку біоконтролю за рахунок створення стимулів, включаючи коротко- та довгострокові фінансові механізми підтримки безперервності та стабільності біоконтролю, а також запобігання поверненню виробників до традиційного виробництва на основі пестицидів [31].

Аналіз і узагальнення даних щодо застосування біологічного методу захисту рослин у сучасній світовій практиці засвідчив, що темпи росту застосування біоконтролю є вищими за темпи зростання застосування

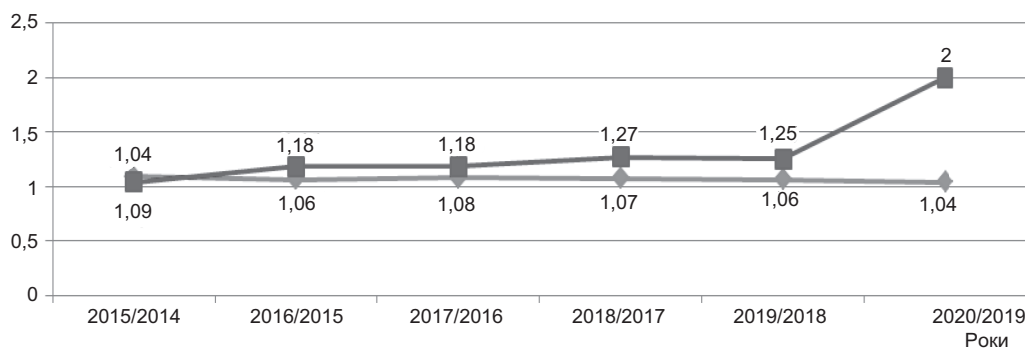


Рис. 2. Коефіцієнт росту площі під органічним землеробством і реалізації нехімічних діючих речовин в Європі у 2014–2020 рр.: — ромб — площі під органічним землеробством; — квадрат — реалізація нехімічних діючих речовин

хімічних засобів захисту і їх частка у методах захисту рослин невинно зростає; посилюється інтерес до використання комплексних препаратів захисту рослин, які поєднують захист і стимулювання розвитку рослин, покращення стану ґрунтів; світовими регіонами, які найактивніше застосовують біоконтроль, є Північна Америка (США і Канада), ЄС, Австралія і Нова Зеландія, Китай.

Про актуальність і невідворотність переходу до політики загальної екологізації землеробства свідчать найостанніші рішення світової спільноти щодо оздоровлення навколишнього середовища і скорочення хімічного навантаження на довкілля. Це і згадувана вище стратегія ЄС Green Deal [15], і стратегія A Farm to Fork Strategy [16], спрямована на скорочення використання пестицидів на 50% та заохочення розвитку органічного фермерства: до 2030 р. 25% сільськогосподарських земель мають бути задіяні під органічне фермерство.

Наступним потужним кроком у напрямку екологізації землеробства стало прийняття на XV Конференції сторін Конвенції ООН про біологічне різноманіття, яка проходила 7–19 грудня 2022 р., Kunming-Montreal Global Biodiversity Framework («Куньмінсько-Монреальська глобальна структура біорізноманіття»), що включає чотири цілі та 23 завдання, які мають бути досягнуті до 2030 р., і серед них — «Зменшити наполовину як надлишок живих речовин, так і загальний ризик, пов'язаний із пестицидами та дуже небезпечними хімікатами» [32].

У травні 2020 р. ЄС запропонував план скорочення обсягів використання 505 хімічних пестицидів у майбутньому та збільшення обсягів використання біопестицидів, що може сприяти розвитку їх ринку протягом прогнозованого періоду. Задля сприяння використанню біопестицидів країни ЄС спростили вимоги до реєстрації біопестицидів, надають гранти на дослідження, розробки та створення виробничих підрозділів.

В Україні біоконтроль не має належної підтримки, тож його обсяги навіть почали скорочуватись [33–35]. Суттєвим гальмом розвитку біоконтролю виступає нерозвинутість ринку біопрепаратів захисту [36, 37], відсутність підтримки виробників біологічних засобів захисту для посилення конкурентоспроможності їх продукції, а також відсутність підтримки агровиробників у питанні стимулювання переходу на біологічні та інтегровані методи захисту.

Оцінюючи загальносвітові тренди застосування біоконтролю, слід зазначити, що Україні в перспективі слід подбати про швидкий перехід на інтегровані і біологічні методи захисту рослин задля забезпечення конкурентоспроможності агропродукції і сталого землекористування, розширення площ під екологічним та органічним землеробством. Реалізація цих складних і комплексних завдань неможлива без належної державної підтримки загальної екологізації землеробства з одночасним удосконаленням законодавства, економічних, організаційно-економічних механізмів розвитку біоконтролю та проведення широких наукових досліджень у цій царині.

## **Висновки**

*У сучасній світовій практиці темпи росту застосування біоконтролю є вищими порівняно з темпами зростання застосування хімічних засобів захисту. Найбільший стимулюючий вплив на розвиток біоконтролю мають: перехід до забезпечення сталого землеробства з дотриманням вимог екологічної безпеки та норм охорони довкілля, гармонізації економічних і екологічних цілей агровиробництва; прискорений розвиток екологічного землеробства, насамперед органічного;*

*впровадження в агровиробництві новітніх технологій, які є не лише економічно ефективними, а й екологічно безпечними (інтегрованого захисту рослин); зростання вимог до безпечності харчових продуктів та до скорочення обсягів використання хімічних пестицидів та пестицидного навантаження на ґрунти і водні ресурси. Прискорений розвиток біоконтролю у світі спонукає Україну до швидкого практичного переходу на інтегровані й біологічні методи захисту рослин задля забезпечення*

конкуреноспроможності агропродукції і сталого землекористування. Для цього мають бути застосовані комплексні методи переходу, що включатимуть, зокрема, приведення у відповідність до вимог ЄС процесу реєстрації та обороту біопестицидів. Належну увагу слід приділити створенню нових біопрепаратів захисту, зокрема препаратів комплексної дії, дослідженням факторів патогенності

складових біопрепаратів, отриманню генномодифікованих біоагентів. При розробленні державної політики розвитку аграрного сектору економіки, спрямованої на загальну екологізацію землеробства, перевагу варто надавати питанням сприяння, стимулювання і підтримки застосування біоконтролю. Це створить належні умови для його ефективнішого застосування в Україні.

#### Hulych O.

*Engineering and Technology Institute "Biotechnica" of NAAS, 26 Mayatska Doroga Str., vil, Khlibodarske, Biliaivskiyi district, Odesa oblast, 67667, Ukraine; e-mail: hulych@ukr.net; ORCID: 0000-0002-3689-2368*

#### World practice of biocontrol application

**Goal.** Based on the results of the generalization of the world practice of applying the biological method of plant protection (biocontrol), determine the trends, influencing factors, and expected features of its development in the future. **Methods.** The methods of analysis and synthesis, generalization, peer-to-peer analysis, economic-statistical, graphic methods, methods of applying tempo indicators and indices of tempo development, and elasticity coefficients were used to conduct the research. **Results.** The analysis and generalization of the data of analytical reviews and calculations of forecasts of the development of biocontrol and biopesticide markets indicated the accelerated development of biomethods of plant protection — with growth rates significantly higher than the growth in the use of chemical pesticides. It was established that the development of biocontrol was influenced by: state policy in the agricultural sector, aimed at the general greening of agriculture, primarily the development of organic agriculture; protection of the environment and biodiversity; reducing the use of chemical pesticides; the legal field of functioning of biocontrol. The analysis of indicators for 2014–2020, using the example of European countries, showed a constant growth of both the area under organic farming and the volume of sales of biopesticides. However, the sale of biopesticides grew at a significantly higher rate

during the study period: on average 32% annually, while the area under organic farming grew by an average 7%. The coefficient of elasticity (the ratio of the growth rates of the volume of sales of non-chemical active substances (biopesticides) to the growth rates of areas under organic agriculture) consistently exceeded 1, which indicated a stable positive stimulating effect of the development of organic agriculture on the sale of biological plant protection products.

**Conclusions.** In modern world practice, the rate of growth of the use of biocontrol is higher compared to the rate of growth of the use of chemical means of protection. The greatest stimulating influence on the development of biocontrol has the transition to ensuring sustainable agriculture in compliance with the requirements of ecological safety and environmental protection standards, harmonization of economic and ecological goals of agricultural production; accelerated development of ecological agriculture, primarily organic; implementation of economically efficient and ecologically safe technologies in agricultural production; reduction of the use of chemical pesticides. For a quick practical transition to integrated and biological methods of plant protection, Ukraine should borrow the experience of foreign countries regarding the processes of registration and circulation of biopesticides, the creation of new biological preparations for plant protection, the development of a state policy for the promotion, stimulation and support of the use of biocontrol.

**Key words:** *biological methods of plant protection (biocontrol), biopesticides, market of biopesticides, greening of agriculture, organic land use.*

**DOI:** <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202402-10>

#### Бібліографія

1. van Lenteren J.C., Bolckmans K., Köhl J. et al. Biological control using invertebrates and microorganisms: plenty of new opportunities. *BioControl*. 2018. 63. P. 39–59. doi: 10.1007/s10526-017-9801-4

2. DeLong J.P., Uiterwaal S.F. Predator functional responses and the biocontrol of aphids and

mites. *BioControl*. 2022. 67. P. 161–172. doi: 10.1007/s10526-021-10127-1

3. Nandani S., Erayya A., Negi A. et al. Present Status and Future Prospects of Bio-Agents in Agriculture. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.* 2019. 8(04). P. 2138–2153. doi:10.20546/ijcmas.2019.804.251

4. van Lenteren J.C., Alomar O., Ravensberg W.J.,

Urbaneja A. Biological Control Agents for Control of Pests in Greenhouses. *Integrated Pest and Disease Management in Greenhouse Crops. Plant Pathology in the 21st Century*. Cham: Springer. 2020. V. 9. P. 409–439. doi: 10.1007/978-3-030-22304-5\_14

5. Erisman J.W., van Eekeren N., de Wit J. et al. Agriculture and biodiversity: a better balance benefits both. *AIMS Agric Food*. 2016. 1(2). P. 157–174. doi:10.3934/agrofood.2016.2.157

6. Pimentel D., Burgess M. Environmental and economic costs of the application of pesticides primarily in the United States. *Integrated pest management*. Springer, Dordrecht. P. 47–71.

7. Трибель С.Щ. Екологізація захисту рослин. *Карантин і захист рослин*. 2010. № 5(67). С. 16–20.

8. Fenibo E.O., Ijoma G.N., Matambo T. Biopesticides in Sustainable Agriculture: A Critical Sustainable Development Driver Governed by Green Chemistry Principles. *Front. Sustain. Food Syst*. 2021. N 5. P. 619–658. doi: 10.3389/fsufs.2021.619658

9. Hatt S., Boeraeve F., Artru S. et al. Spatial diversification of agroecosystems to enhance biological control and other regulating services: An agroecological perspective. *Science of the Total Environment*. 2018. 621 P. 600–611. doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.11.296

10. Heimpel G.E., Yang Y., Hill J.D., Ragsdale D.W. Environmental Consequences of Invasive Species: Greenhouse Gas Emissions of Insecticide Use and the Role of Biological Control in Reducing Emissions. *PLoS ONE*. 2013. 8: e72293. doi: 10.1371/journal.pone.0072293

11. Radcliffe E.B., Hutchinson W.D., Cancelado R.E. Integrated pest management: concepts, tactics, strategies and case studies. *Cambridge: Cambridge University Press*, 2009. 549 p. URL: [https://pestcontrol.ru/assets/files/biblioteka/file/10-radcliffe\\_e\\_b\\_hutchison\\_w\\_d\\_cancelado\\_r\\_e\\_eds\\_integrated\\_pest\\_management-cup\\_2009.pdf](https://pestcontrol.ru/assets/files/biblioteka/file/10-radcliffe_e_b_hutchison_w_d_cancelado_r_e_eds_integrated_pest_management-cup_2009.pdf)

12. Патица В.П., Омелянець Т.Г. Екологічні основи застосування біологічних засобів захисту рослин як альтернативи хімічним пестицидам. *Агроекономічний журнал*. 2005. № 2. С. 21–24.

13. *Biological Control: Measures of Success*. Eds. Geoff Gurr, Steve Wratten. 2000. doi.org/10.1007/978-94-011-4014-0

14. Новохацький М.П., Таргоня В.С., Бондаренко О.А. Концепція інтенсифікації біологічного агровиробництва. *Зб. УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого*. 2018. 22(36). 298 с. URL: [http://www.ndipvt.com.ua/zbirnyk\\_2018\\_17.html](http://www.ndipvt.com.ua/zbirnyk_2018_17.html)

15. *The European Green Deal*. Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions (COM (2019) 640 final). URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/>

TXT/?uri=CELEX:52019DC0640

16. *A Farm to Fork Strategy*. Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions (COM(2020) 381 final). URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52020DC0381>

17. *Research and Markets*. Biopesticides Market Research Report by Type (Biofungicides, Bioinsecticides, and Bionematicides), Source, Form, Crop, Application, Region (Americas, Asia-Pacific, and Europe, Middle East & Africa) — Global Forecast to 2027 — Cumulative Impact of COVID-19. 2022. URL: <https://www.researchandmarkets.com/reports/4829869/biopesticides-market-research-report-by-type#rela1-5003583>

18. *Biopesticides: Global Strategic Business Report*. 2023. ID: 347972. URL: <https://www.researchandmarkets.com/publication/mlv3aqe/347972>

19. *ResearchandMarkets*. Global Biopesticides Market 2020–2030 by Product, Source, Formulation, Usage, Application, and Region: Trend Forecast and Growth Opportunity. 2021. URL: <https://www.researchandmarkets.com/reports/5415991/global-biopesticides-market-2020-2030-by-product#rela1-4829869>

20. *Biopesticides Market — Growth, Trends, COVID-19 Impact, and Forecasts*. 2022–2027. URL: <https://www.researchandmarkets.com/reports/5165415/biopesticides-market-growth-trends-covid-19#rela0-347972>

21. *Federal Insecticide, Fungicide and Rodenticide Act*. 2012. URL: <https://www.agriculture.senate.gov/imo/media/doc/FIFRA.pdf>

22. *Regulation (EC) No 1107/2009 of the European Parliament and of the Council of 21 October 2009 Concerning the placing of plant protection products on the market and repealing Council Directives 79/117/EEC and 91/414/EEC* EUR-Lex: URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:02009R1107-20190715>

23. Abu H., Muhammad M., Muhammad U.M. et al. Nano-Biopesticides an Emerging Technology for Pest Management. 2021. doi: 10.5772/intechopen.101285 URL: <https://www.intechopen.com/chapters/79709>

24. Mc Kay F., Sosa A., Cabrera W. Accessing biological control genetic resources: the South American experience. *BioControl*. 2023. 68. P. 261–267. doi: 10.1007/s10526-023-10178-6

25. *Next Generation Biological Control: The Need for Integrating Genetics and Evolution*. Preprint. 2019. November. doi: 10.20944/preprints201911.0300.v1 URL: <https://www.researchgate.net/publication/337535793>

26. *FIBL survey*. 2022. URL: [www.fibl.org.ua](http://www.fibl.org.ua)

27. *The World of Organic Agriculture Statistics and Emerging Trends*. Ed. by Helga Willer, Jan

Trávníček, Claudia Meier and Bernhard Schlatter. 2022. URL: <http://www.organic-world.net/yearbook/yearbook-2022.html>

28. *Organic Europe*. URL: <https://www.organic-europe.net/europe-statistics/statistics-eurostat.html>

29. *Eurostat*. URL: <https://ec.europa.eu/eurostat>

30. *On Member State National Action Plans and on progress in the implementation of Directive 2009/128/EC on the sustainable use of pesticides*. Report from the Commission to the European Parliament and the Council. COM (2017) 587 final. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX%3A52017DC0587>

31. *Barratt B.I.P., Moran V.C., Bigler F.* et al. The status of biological control and recommendations for improving uptake for the future. *BioControl*. 2018. 63. P. 155–167. doi: 10.1007/s10526-017-9831-y

32. *COP15: National Adopt Four Goals, 23 Targets for 2030 in Landmark UN Biodiversity Agreement*. *Official CBD Press Release*. Montreal, 2022 19 December. URL: <https://www.cbd.int/article/cop15-cbd-press-release-final-19dec2022>

33. *Крутякова В.І., Гулич О.І., Пилипенко Л.А.* Біологічний метод захисту рослин: перспективи для України. *Вісник аграрної науки*. 2018. № 11. С. 159–168. doi: 10.31073/agrovisnyk201811-20

34. *Крутякова В.І.* Біометод — основа сталого розвитку вітчизняного землеробства. *Вісник аграрної науки*. 2020. № 9. С. 5–14. doi: 10.31073/agrovisnyk202009-01

35. *Ткаленко Г.М., Борзих О.І., Ігнат В.В.* Сучасний стан застосування біологічних засобів захисту рослин в агроценозах України. *Вісник аграрної науки*. 2020. № 12. С.18–25. doi:10.31073/agrovisnyk202012-03

36. *Крутякова В.І., Гулич О.І., Янсе Л.А.* Стан і проблеми ринку біологічних засобів захисту рослин в Україні. *Вісник аграрної науки*. 2023. № 1. С. 30–39. doi: 10.31073/agrovisnyk202301-04

37. *Аналіз ринку біопрепаратів для захисту рослин в Україні*. 2021. URL: <https://pro-consulting.ua/ua/issledovanie-rynka/analiz-rynka-biopreparatov-dlya-zashity-rastenij-2021-god>