МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет лісового господарства та екології

Кафедра екології

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

КОМИНАР ОЛЕКСІЙ МИКОЛАЙОВИЧ

УДК 502.55:638.1(477)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

ВПЛИВ ТЕХНОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА СТАН БДЖІЛЬНИЦТВА У РЕГІОНАХ З ПІДВИЩЕНИМ ЕКОЛОГІЧНИМ РИЗИКОМ

101 «Екологія»

Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавр

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело _____ Олексій КОМИНАР

Керівник роботи:
Дмитро ВИСКУШЕНКО,
кандидат біол. наук, доцент

Житомир – 2025

Висновок кафедри екології

за результатами попереднього захисту:
_____

Протокол засідання кафедри екології
№ __ від «___» _____ 2025 р.

Завідувач кафедри

екології Юрій НИКИТЮК

«___» _____ 2025 р.

Результати захисту кваліфікаційної роботи

Здобувач вищої освіти **Олексій КОМИНАР** захистив кваліфікаційну роботу з оцінкою:

сума балів за 100-бальною шкалою _____

за шкалою ECTS _____

за національною шкалою _____

Секретар ЕК _____ _____
(підпис)

АНОТАЦІЯ

Коминар О.М. Вплив техногенного навантаження на стан бджільництва у регіонах з підвищеним екологічним ризиком. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавра за спеціальністю 101 «Екологія». – Поліський національний університет, Житомир, 2025.

У роботі здійснено аналіз сучасного стану бджільництва в екологічно неблагополучних регіонах України з урахуванням літературних джерел та статистичних даних. Встановлено, що техногенні фактори – забруднення повітря, ґрунтів та води важкими металами, пестицидами та іншими ксенобіотиками – можуть негативно впливати на життєздатність і репродуктивну активність медоносної бджоли. Окрема увага приділена біоіндикаторному значенню *Apis mellifera* як чутливого виду до змін у довкіллі. Розглянуто можливі адаптаційні реакції бджіл на дію забруднюючих речовин та окреслено напрями збереження екологічної стабільності в агроекосистемах з активним техногенним навантаженням.

Ключові слова: медоносна бджола, екологічний ризик, техногенне забруднення, бджільництво, біоіндикація.

ANNOTATION

Kominar O.M. Impact of Technogenic Load on the State of Beekeeping in Regions with Increased Environmental Risk. – Qualification paper manuscript copyrights.

Qualification work for obtaining a Bachelor’s degree in the specialty 101 «Ecology». – Polissia National University, Zhytomyr, 2025.

This paper presents an analysis of the current state of beekeeping in environmentally vulnerable regions of Ukraine based on literature sources and statistical data. It has been established that technogenic factors – such as air, soil, and water pollution with heavy metals, pesticides, and other xenobiotics – can

negatively affect the viability and reproductive activity of honey bees. Particular attention is given to the bioindicator role of *Apis mellifera* as a species sensitive to environmental changes. Possible adaptive responses of bees to pollutants are discussed, along with strategies for maintaining ecological stability in agroecosystems under significant anthropogenic pressure.

Key words: honey bee, environmental risk, technogenic pollution, beekeeping, bioindication.

ЗМІСТ

	Стор.	
	ВСТУП	**6**
1.	**ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ВПЛИВУ ТЕХНОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА БІОТУ**	**9**
1.1.	Поняття техногенного навантаження та його класифікація	9
1.2.	Біологічні особливості медоносної бджоли (*Apis mellifera*) як чутливого до забруднення виду	12
1.3.	Основні шляхи впливу техногенних факторів на ентомофауну	14
2.	**СТАН БДЖІЛЬНИЦТВА В ЕКОЛОГІЧНО НАПРУЖЕНИХ РЕГІОНАХ УКРАЇНИ**	**19**
2.1.	Регіони з підвищеним рівнем екологічного ризику: характеристика та екологічна ситуація	19
2.2.	Аналіз динаміки чисельності бджолосімей і продуктивності пасік у забруднених регіонах	21
2.3.	Основні проблеми, з якими стикаються пасічники в умовах техногенного впливу	23
3.	**ЕКОЛОГІЧНА РОЛЬ БДЖІЛ ТА НАПРЯМИ ПОМ'ЯКШЕННЯ ВПЛИВУ ТЕХНОГЕННИХ ЧИННИКІВ**	**26**
3.1.	Біоіндикаційна функція бджіл у моніторингу довкілля	26
3.2.	Можливості адаптації медоносних бджіл до дії ксенобіотиків	28
3.3.	Шляхи зниження ризиків для бджільництва в умовах техногенного навантаження	30
	ВИСНОВКИ	**33**
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	**35**

ВСТУП

У сучасних умовах техногенне навантаження на природні екосистеми набуває все більшої інтенсивності. Швидкий розвиток промисловості, інтенсифікація сільського господарства, урбанізація та зростання кількості транспортних засобів спричиняють значне забруднення повітря, ґрунту, води, а також зміну кліматичних умов у багатьох регіонах України [36]. У таких умовах особливої уваги заслуговують чутливі до змін у довкіллі живі організми, зокрема запилювачі, до яких належить і медоносна бджола (*Apis mellifera*).

Бджоли відіграють ключову роль у збереженні біорізноманіття, функціонуванні агроекосистем і підтриманні продуктивності сільськогосподарських культур. Разом з тим, останніми роками спостерігається зниження чисельності бджолосімей у багатьох регіонах України, що зумовлюється не лише біотичними факторами, такими як хвороби, паразити чи конкуренція, але й значним антропогенним тиском. Особливо вразливими є пасіки, розташовані поблизу промислових підприємств, у зонах видобутку корисних копалин або поруч із магістралями з високим рівнем викидів.

У зв’язку з цим вивчення впливу техногенного навантаження на стан бджільництва є актуальним не лише з точки зору збереження популяцій запилювачів, а й для забезпечення сталого функціонування аграрного сектору та екосистем загалом. Аналіз сучасних даних щодо впливу забруднення на фізіологічний стан, продуктивність та виживаність бджіл, а також вивчення тенденцій у регіонах із підвищеним екологічним ризиком дозволяє глибше зрозуміти масштаб проблеми та шляхи її подолання.

Мета цієї кваліфікаційної роботи полягає в аналізі впливу техногенного навантаження на стан бджільництва у регіонах України з підвищеним рівнем екологічного ризику на основі літературних джерел, статистичних даних, власних досліджень та наукових узагальнень.

Для досягнення поставленої мети в роботі визначено такі **завдання:**

1. охарактеризувати основні джерела техногенного навантаження та його вплив на біоту;
2. узагальнити біоекологічні особливості *Apis mellifera* як індикатора стану довкілля;
3. проаналізувати стан бджільництва у регіонах з високим рівнем забруднення;
4. з'ясувати можливі адаптаційні реакції бджіл на вплив ксенобіотиків;
5. визначити екологічну роль бджіл і шляхи мінімізації негативного впливу техногенних чинників на пасіки.

Об'єктом дослідження є бджільництво як складова екосистемних процесів у регіонах із підвищеним техногенним навантаженням.

Предмет дослідження – взаємозв'язок між техногенними чинниками і змінами у стані та функціонуванні медоносної бджоли.

Методи дослідження. Під час написання роботи були використані загальнонаукові методи дослідження: аналіз і синтез наукової літератури, систематизація, порівняльний метод, елементи статистичного узагальнення та інтерпретації екологічних даних. У роботі опирались на відкриті джерела офіційної статистики, наукові публікації, доповіді природоохоронних організацій та сучасні екологічні огляди.

Перелік публікацій автора за темою дослідження.

Коминар О.М. Стійкість бджіл до дії техногенних факторів у контексті збереження біорізноманіття. The XXIII International scientific and practical conference «Technologies, methods and theories: current problems of science»: Plovdiv. Bulgaria, 2025. P. 53-54

Вискушенко Д.А., Коминар О.М. Зміни біоценотичних зв'язків у запилювачів під впливом техногенних чинників. The XXIII International scientific and practical conference «Technologies, methods and theories: current problems of science»: Plovdiv. Bulgaria, 2025. P. 51-52

Практичне значення роботи полягає в узагальненні інформації, що може бути використана для покращення умов ведення бджільництва у зонах з підвищеним рівнем антропогенного впливу. Одержані результати можуть стати підґрунтям для подальших досліджень, екологічного моніторингу, а також для розробки природоохоронних заходів і рекомендацій для пасічників.

Структура та обсяг роботи. Робота викладена на 38 сторінках комп'ютерного тексту, кількість таблиць – 6, кількість рисунків – 3. Список використаної літератури – 40 джерел.

РОЗДІЛ 1
ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ВПЛИВУ ТЕХНОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА БІОТУ

1.1. Поняття техногенного навантаження та його класифікація.

У сучасній екологічній науці поняття техногенного навантаження охоплює всі форми антропогенного впливу на природне середовище, які виникають унаслідок господарської діяльності людини. До них належать забруднення повітря, води та ґрунтів, зміна природних ландшафтів, деградація екосистем, руйнування середовищ існування живих організмів, а також акумуляція шкідливих речовин у трофічних ланцюгах [3]. Техногенне навантаження формується під впливом різних галузей: промисловості, транспорту, енергетики, сільського господарства, і має як прямий, так і опосередкований вплив на біоту [6]. Особливо чутливими до таких змін є запилювачі, зокрема медоносні бджоли, що функціонують як ключові біоіндикатори стану довкілля [24].

У межах екологічного аналізу техногенне навантаження поділяється за різними критеріями [20]. Перш за все, за джерелом походження виокремлюють промислове, транспортне, сільськогосподарське та енергетичне навантаження. Їх характеристику подано в таблиці 1.1.1.

Крім джерел, техногенне навантаження класифікують за характером впливу на довкілля [11]. Найбільш поширеними формами є фізичне, хімічне, біологічне та механічне навантаження. Фізичне охоплює такі чинники, як шум, вібрація, електромагнітне випромінювання та зміни температури. Хімічне навантаження виникає внаслідок надходження до екосистем важких металів, пестицидів, ксенобіотиків. Біологічне навантаження пов’язане з порушенням структури біоценозів: наприклад, появою інвазивних видів чи масовим розмноженням патогенів. Механічне навантаження охоплює ущільнення ґрунтів, вирубку лісів, знищення біотопів. Узагальнену

характеристику цих типів впливу представлено в таблиці 1.1.2.

Таблиця 1.1.1

Основні джерела техногенного навантаження та їх характеристика

Джерело навантаження	**Основні характеристики**	**Потенційний вплив на біоту**
Промислове	Викиди важких металів, фенолів, сірководню, вуглеводнів	Токсичне ураження організмів, мутагенні зміни, загибель
Транспортне	Викиди оксидів азоту, чадного газу, важких металів	Накопичення токсинів у тканинах, зниження репродуктивності
Сільськогоспо-дарське	Використання пестицидів, гербіцидів, азотних добрив	Загибель запилювачів, отруєння кормових рослин
Енергетичне	Викиди CO_2, теплова дія, зміна мікроклімату	Зміни у фенології організмів, тепловий стрес

Ще одним критерієм поділу техногенного навантаження є просторовий масштаб впливу [13]. Залежно від поширеності наслідків, розрізняють глобальне, регіональне та локальне навантаження. Глобальні форми пов’язані зі зміною клімату, озонового шару, мікропластиковим забрудненням океанів. Регіональні охоплюють великі індустріальні чи аграрні зони. Локальне навантаження стосується конкретних ділянок, як-от пасовища, поля, території поблизу підприємств. Такий підхід дозволяє визначити зони підвищеного ризику для біоти, зокрема для медоносної бджоли, яка часто

перебуває в межах локального або регіонального техногенного впливу.

Таблиця 1.1.2

Класифікація техногенного навантаження за характером впливу

Тип навантаження	**Приклади проявів**	**Вплив на екосистеми**
Фізичне	Шумове забруднення, вібрація, електромагнітне поле	Порушення орієнтації тварин, зміна поведінки
Хімічне	Викиди NO_2, SO_2, пестициди, важкі метали	Отруєння, пригнічення росту, репродуктивні порушення
Біологічне	Інвазії чужорідних видів, патогенні спалахи	Витіснення місцевих видів, руйнування харчових мереж
Механічне	Урбанізація, забудова, розорювання	Втрата середовища існування, ерозія ґрунтів

Важливою є й класифікація за тривалістю впливу. Імпульсне навантаження виникає при аваріях або одноразових забрудненнях. Хронічне навантаження є результатом постійної або періодичної дії техногенних чинників протягом тривалого часу [18]. Саме хронічне навантаження найбільше загрожує запилювачам, оскільки веде до поступового ослаблення популяцій через накопичення токсичних речовин, зниження імунітету та деструкцію поведінкових механізмів.

Таким чином, техногенне навантаження є складним багатокомпонентним явищем, що чинить системний тиск на природні екосистеми. Його класифікація за джерелами, формами, масштабами та тривалістю дозволяє комплексно оцінити ризики для біоти. У рамках цієї

роботи основну увагу приділено впливу техногенних чинників на запилювачів, зокрема на бджільництво, як чутливу галузь, тісно пов’язану з екологічною стабільністю агроландшафтів.

1.2. Біологічні особливості медоносної бджоли (Apis mellifera) як чутливого до забруднення виду

Медоносна бджола (*Apis mellifera*) є ключовим запилювачем як дикорослої, так і сільськогосподарської флори, забезпечуючи стійкість агроекосистем і біорізноманіття [1]. Завдяки своїй екологічній пластичності, здатності до колективної організації та високій залежності від стану навколишнього середовища, *Apis mellifera* вважається індикаторним видом, особливо чутливим до змін, спричинених техногенними чинниками [40].

Біологічна унікальність цього виду полягає, насамперед, у складній соціальній організації [8]. Бджолина сім’я складається з матки, робочих бджіл і трутнів, що виконують чітко визначені функції. Робочі особини, які здійснюють збирання нектару, пилку, прополісу, води, активно контактують із зовнішнім середовищем, що зумовлює їхню максимальну вразливість до екологічних ризиків [2]. Саме робочі бджоли найчастіше піддаються дії токсичних агентів, зокрема важких металів, пестицидів, продуктів згоряння та інших шкідливих речовин [25].

Особливості морфофізіології бджіл визначають їх високу чутливість до забруднювачів. Зокрема, травна система, яка складається з медового зобика, середньої і задньої кишки, відіграє ключову роль у накопиченні токсинів. Так, нектар або вода, зібрані з хімічно забруднених джерел, можуть містити пестициди, солі важких металів, феноли. Потрапляючи в організм бджоли, ці речовини не лише викликають гостре отруєння, а й чинять кумулятивний ефект, впливаючи на фізіологічні процеси, зокрема на ферментну активність, імунну відповідь та когнітивні функції [27].

Не менш вразливою є нервова система медоносної бджоли, яка забезпечує навігацію, орієнтацію в просторі, здатність до повернення в гніздо та комунікацію з іншими бджолами. Доведено, що навіть низькі концентрації нейротоксичних речовин (особливо неонікотиноїдів) здатні викликати дезорієнтацію бджіл, порушення пам’яті, зниження здатності до навчання, а в деяких випадках – повну втрату здатності повернутися до вулика. Це явище отримало назву «синдром колапсу бджолиної сім’ї» (Colony Collapse Disorder, CCD), що дедалі частіше фіксується в районах із високим техногенним навантаженням [30].

Значну роль у вразливості *Apis mellifera* до забруднення відіграють також фізіологічні особливості обміну речовин [4]. На відміну від багатьох інших комах, бджоли не мають ефективної системи детоксикації ксенобіотиків, яка б забезпечувала швидке виведення пестицидів або важких металів з організму [31] Їхній метаболізм не адаптований до умов забрудненого середовища, адже еволюційно *Apis mellifera* формувалася в умовах стабільних природних екосистем. Тому навіть при короткочасному впливі сублетальних доз токсикантів спостерігаються зміни в репродуктивній поведінці, морфогенезі личинок, зниження тривалості життя дорослих особин [27].

Окремо слід відзначити значення бджолиної продукції (меду, воску, перги) як біоіндикаторів забруднення довкілля. Дослідження показують, що ці продукти здатні акумулювати важкі метали, залишки пестицидів, поліхлоровані біфеніли, радіонукліди тощо. Таким чином, аналіз складу бджолопродуктів дозволяє з високою точністю ідентифікувати рівень техногенного навантаження у конкретному регіоні.

У цілому, *Apis mellifera* є особливо чутливим біологічним об’єктом до змін у навколишньому середовищі, зокрема до антропогенно обумовленого хімічного забруднення. Її висока екологічна інформативність, еволюційна нестійкість до ксенобіотиків та тісний зв’язок із флористичним складом біотопу роблять її незамінним біоіндикатором у моніторингових

дослідженнях техногенного навантаження. Розуміння біологічних особливостей цього виду є необхідною передумовою для розробки дієвих заходів захисту бджільництва в умовах зростаючої антропогенної трансформації ландшафтів [26].

1.3. Основні шляхи впливу техногенних факторів на ентомофауну

Серед усіх компонентів наземних екосистем ентомофауна вирізняється особливою чутливістю до змін у середовищі існування, зокрема до антропогенних перетворень, пов’язаних із техногенним навантаженням [7, 10]. Враховуючи короткий життєвий цикл, високий рівень спеціалізації та складну систему взаємозв’язків із рослинністю, ґрунтом і мікробіотою, комахи швидко реагують на навіть незначні порушення екологічної рівноваги (рис. 1.3.1). У сучасних умовах урбанізації, індустріалізації та зростання рекреаційного тиску ентомокомплекси зазнають суттєвих змін, що проявляються як у структурі популяцій, так і у функціональних характеристиках угруповань [22].

Першим і найбільш очевидним шляхом впливу техногенних чинників на ентомофауну є хімічне забруднення середовища [11]. Забруднювачі антропогенного походження (важкі метали, пестициди, продукти згоряння, леткі органічні сполуки тощо) надходять у ґрунт, воду та атмосферу, звідки через ланцюги трофічних зв’язків потрапляють в організми комах. Найбільш вразливими до цього впливу є фітофаги, пилко- та нектароїдні види, а також хижі форми, які споживають здобич, що вже містить токсичні речовини. Кумулятивний ефект таких речовин часто призводить до зниження фертильності, порушення морфогенезу, ослаблення імунітету та загибелі на різних стадіях онтогенезу.

Іншим важливим шляхом техногенного впливу є фізичне перетворення середовища, зокрема зміна структури біотопів, ущільнення ґрунту, вирубка або деградація рослинного покриву, фрагментація природних екосистем [14].

Ці зміни призводять до порушення екологічних ніш, унеможливлюють нормальне функціонування запилювачів, порушують життєві цикли, а також спричиняють локальне зникнення спеціалізованих або рідкісних видів (рис. 1.3.1). Наприклад, у межах сильно змінених людиною територій часто спостерігається зменшення кількості дрібних середовищ існування, необхідних для розвитку личинок жуків, метеликів, бджіл та інших комах. Одночасно скорочується розмаїття рослин, придатних для живлення, що спричиняє зникнення як всеїдних, так і вузькоспеціалізованих видів.

Рис. 1.3.1. Занедбані вулики в сільській місцевості: результат техногенного впливу на навколишнє середовище

Не менш суттєвим є світлове й шумове забруднення, що прямо або опосередковано впливає на комах, особливо нічних [15]. Надлишкове штучне освітлення порушує фототактичну поведінку нічних метеликів, жуків, цикад і деяких двокрилих, дезорієнтує їх у просторі, заважає нормальній навігації та репродуктивній поведінці. У результаті зменшується успішність парування, змінюється ритм активності, спостерігається передчасна загибель або втрата адаптивної стратегії. Аналогічно шумове забруднення, особливо в межах міських агломерацій і вздовж транспортних артерій, негативно впливає на

комах із комунікативною поведінкою (наприклад, цикади, саранові), ускладнюючи звукову сигналізацію між особинами.

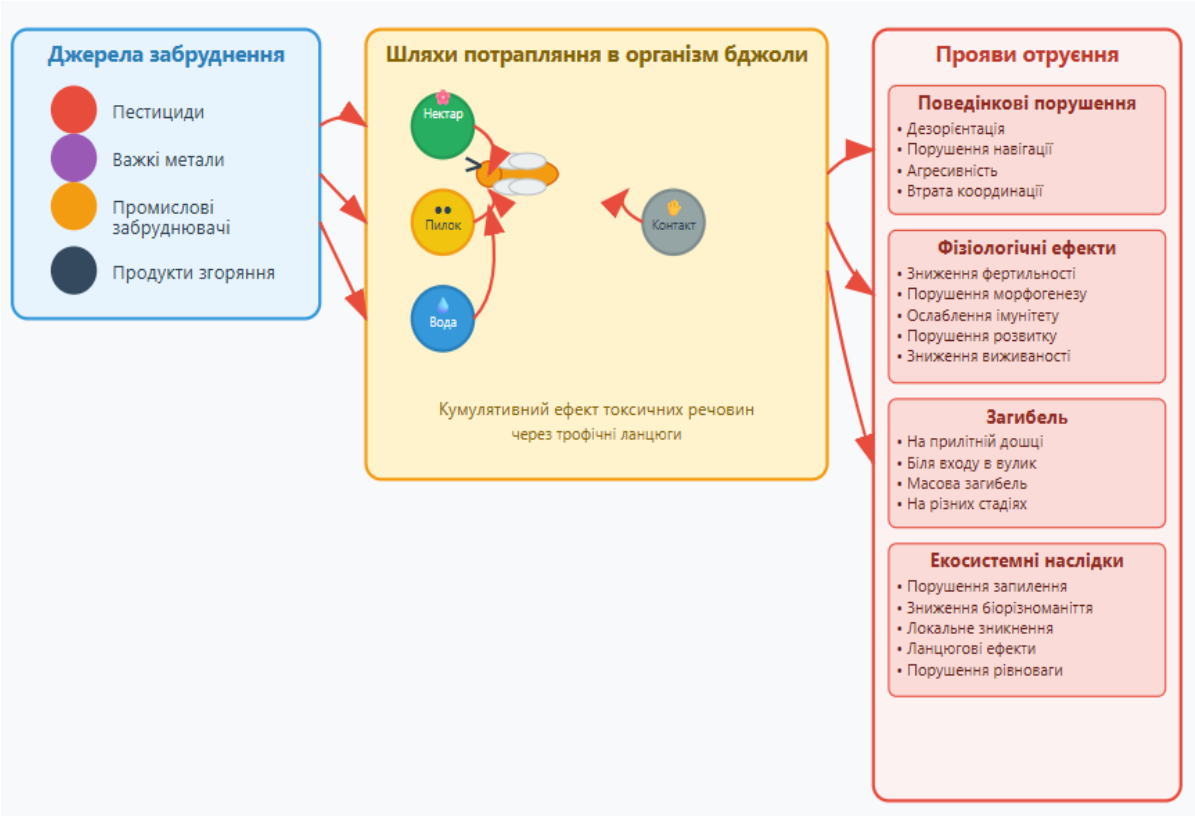

Рис. 1.3.1. Схема впливу токсичних речовин на бджіл та прояви отруєння

Ще одним каналом впливу є біоінвазії, пов’язані з техногенними процесами: інтенсивною логістикою, переміщенням ґрунтів, інтродукцією рослин. Потрапляння чужорідних видів часто порушує баланс локальної ентомофауни. Інвазивні комахи можуть витісняти аборигенні види, змінювати структуру харчових ланцюгів і споживати ресурси, критичні для місцевих запилювачів і фітофагів. Наприклад, заселення агресивними видами мурах або ос може мати суттєвий тиск на місцеві популяції метеликів або диких бджіл.

Нарешті, кліматичні зміни, значною мірою обумовлені техногенними викидами, є додатковим чинником трансформації ентомофауни. Підвищення середньої температури, зростання частоти екстремальних погодних явищ,

зміна вологості безпосередньо впливають на фенологію розвитку, успішність репродукції та ареали поширення багатьох комах. Спостерігається зсув термінів метаморфозу, збільшення генерацій протягом року в теплолюбних видів, або, навпаки, скорочення тривалості життєвих циклів у холодостійких форм.

У таблиці 1.3.1 узагальнено основні техногенні фактори та шляхи їхнього впливу на ентомофауну:

Таблиця 1.3.1.

Основні техногенні чинники та характер їхнього впливу на ентомофауну

Техногенний чинник	**Основний шлях впливу**	**Тип реакції ентомофауни**
Хімічне забруднення	Токсикологічна дія через воду, повітря, рослини	Зниження виживаності, порушення розвитку
Руйнування біотопів	Втрата середовищ існування	Локальне зникнення, зниження біорізноманіття
Світлове та шумове забруднення	Дезорієнтація, порушення поведінки	Зменшення розмноження, порушення навігації
Біоінвазії	Витіснення, конкуренція за ресурси	Зниження чисельності автохтонних видів
Кліматичні зміни	Зміна фенології та температурних режимів	Зсув ареалів, адаптивні порушення

З огляду на викладене, стає очевидним, що ентомофауна не лише віддзеркалює стан середовища, а й є ключовим елементом у його регуляції. Зміни в чисельності або структурі комах спричиняють ланцюгові ефекти в екосистемах, порушують процеси запилення, детритного розкладу, ґрунтотворення та трофічної регуляції. Тому аналіз техногенного навантаження на ентомофауну є критично важливим для збереження екологічної рівноваги, особливо в межах урбанізованих і рекреаційно освоєних територій, зокрема в умовах ботанічного саду.

РОЗДІЛ 2
СТАН БДЖІЛЬНИЦТВА В ЕКОЛОГІЧНО НАПРУЖЕНИХ РЕГІОНАХ УКРАЇНИ

2.1. Регіони з підвищеним рівнем екологічного ризику: характеристика та екологічна ситуація

Підвищений рівень екологічного ризику формується у результаті інтенсивного антропогенного впливу, який порушує сталі природні процеси в екосистемах. Такі території в Україні вирізняються перевищенням допустимих навантажень на довкілля, що проявляється у зниженні якості повітря, води, ґрунтів і погіршенні умов існування живих організмів, зокрема медоносних бджіл.

До регіонів з підвищеним екологічним ризиком насамперед відносяться промислово розвинені території, райони із високою щільністю транспортної мережі, зони довготривалого сільськогосподарського освоєння, а також місцевості, що зазнали техногенних аварій чи воєнних дій. Відповідно до аналітичних даних Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України та результатів багаторічного екологічного моніторингу, до найбільш напружених у цьому сенсі належать Донецька, Дніпропетровська, Запорізька, Харківська та Київська області, а також окремі райони Львівської та Полтавської областей [37, 38].

Особливе занепокоєння викликають агломерації з високим рівнем забруднення атмосферного повітря важкими металами, пилом, діоксинами, оксидами азоту, сірки та вуглецю. В таких умовах відбувається накопичення токсичних речовин у рослинності та ґрунті, що, своєю чергою, має негативний вплив на комах-запилювачів. Бджоли втрачають здатність орієнтуватися в просторі, зменшується їхня тривалість життя, порушується репродуктивна здатність.

Ще однією групою регіонів підвищеного екологічного ризику є

території з активним використанням хімічних засобів захисту рослин та мінеральних добрив, зокрема в межах лісостепової та степової зон України. Надмірне і нерегламентоване застосування пестицидів та гербіцидів у сільському господарстві призводить до деградації природних кормових угідь для бджіл, скорочення видової різноманітності нектароносів і отруєнь робочих особин.

Таблиця 2.1.1

Типи регіонів з підвищеним екологічним ризиком та їх характеристики

Тип регіону	**Характерні риси**	**Приклади областей**
Промислово-індустріальні	Викиди важких металів, діоксинів, сірки, оксидів азоту; висока щільність транспорту	Донецька, Дніпропетровська, Запорізька
Сільськогосподарські зони	Надмірне використання агрохімікатів; деградація нектароносної флори	Кіровоградська, Полтавська, Вінницька
Зони аварійного або воєнного впливу	Радіоактивне забруднення, зруйновані ґрунти, знищення екосистем	Київська (Чорнобиль), Харківська, частково Чернігівська
Урбанізовані райони	Зменшення зелених зон, шум, світлове забруднення, забруднення повітря	Київ, Харків, Львів, Одеса

Крім того, варто враховувати екологічно нестабільні території, що постраждали внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС. Незважаючи на зниження рівня радіоактивного забруднення впродовж останніх десятиліть, окремі зони Полісся залишаються небезпечними для сталого розвитку природних популяцій, зокрема через мутагенні чинники та порушення ґрунтових процесів.

Наведені чинники можна згрупувати в таблицю 2.1.1, де коротко подано основні типи екологічно напружених регіонів та їх характерні риси.

Таким чином, значна частина території України зазнає екологічного тиску, який безпосередньо впливає на стійкість природних та сільськогосподарських екосистем. Найбільш чутливими до таких змін є запилювачі, зокрема медоносна бджола, що реагує на погіршення стану середовища порушенням навігації, зменшенням продуктивності та високою смертністю [5]. Саме тому аналіз стану бджільництва в таких регіонах набуває виняткової ваги у контексті збереження біорізноманіття та продовольчої безпеки.

2.2. Аналіз динаміки чисельності бджолосімей і продуктивності пасік у забруднених регіонах

Оцінка стану бджільництва в екологічно напружених регіонах України є ключовим завданням у контексті збереження біорізноманіття, забезпечення продовольчої безпеки та стабільності агроекосистем [12]. Медоносна бджола (*Apis mellifera*), як запилювач сільськогосподарських культур і диких рослин, особливо чутлива до змін довкілля, зокрема до забруднення повітря, води та ґрунтів важкими металами, пестицидами, викидами промислових підприємств.

Впродовж останніх двох десятиліть спостерігається чітка тенденція до зниження чисельності бджолосімей у низці областей із підвищеним техногенним навантаженням. Найбільш помітні негативні зміни зафіксовано в Донецькій, Дніпропетровській, Запорізькій, Харківській та Київській областях. У цих регіонах відмічаються як загальне скорочення кількості пасік, так і зниження медопродуктивності на одну бджолосім’ю.

У таблиці 2.2.1 наведено динаміку кількості бджолосімей у деяких екологічно напружених регіонах України за період 2015–2022 рр. [34]. Дані за 2023 та 2024 роки наразі недоступні через обмеження в статистичному

звітуванні, пов'язані з воєнним станом в Україні.

Таблиця 2.2.1

Динаміка чисельності бджолосімей у вибраних регіонах України (2015-2022 рр.), тис. сімей

Рік	Донецька	Дніпропетровська	Запорізька	Харківська	Київська
2015	98	185	120	140	215
2016	95	180	118	138	210
2017	89	170	110	125	205
2018	85	165	105	120	200
2019	76	160	98	113	190
2020	70	150	95	110	180
2021	60	144	90	105	175
2022	53	130	82	92	160

Наведені дані свідчать про скорочення бджолиних родин у зазначених регіонах щонайменше на 20–30% упродовж останніх восьми років. Причинами цього, за даними бджолярів, є підвищене використання агрохімікатів, зниження кормової бази, масові отруєння у період цвітіння сільськогосподарських культур, а також порушення мікроклімату через вирубування лісосмуг і зменшення площ дикорослої флори [19].

Ще одним важливим показником є середня медопродуктивність пасік: кількість меду, яку виробляє одна бджолосім’я. У таблиці 2.2.2 наведено динаміку цього показника для регіонів з високим рівнем антропогенного навантаження [34].

Як видно з таблиці, за останнє десятиліття продуктивність скоротилась на 20–30% у більшості аналізованих регіонів. Це не лише послаблює економічну основу бджільництва як галузі, а й загрожує стабільності екосистем через зменшення запилення культурних і дикорослих рослин.

Таблиця 2.2.2

Середня медопродуктивність у вибраних областях України (2015–2022 рр.), кг/сім’ю

Рік	**Донецька**	**Дніпропетровська**	**Запорізька**	**Харківська**	**Київська**
2015	14	18	16	20	22
2016	13	17	15	19	21
2017	13	17	15	18	21
2018	12	16	14	17	20
2019	12	16	14	17	20
2020	11	15	13	16	19
2021	10	15	13	15	18
2022	9	13	11	14	17

Крім того, за свідченнями пасічників, у багатьох забруднених зонах збільшується кількість випадків загибелі бджіл навесні й влітку, що може бути пов’язано з хімічними обробками полів, накопиченням важких металів у пилку, а також імунним пригніченням бджолиних організмів.

Таким чином, ситуація в екологічно напружених регіонах вимагає оперативного реагування як з боку контролюючих органів, так і наукової спільноти. Проведення детальних екотоксикологічних досліджень, впровадження агроекологічних практик та жорсткіше регулювання використання отрутохімікатів здатні пом’якшити негативні наслідки техногенного впливу на галузь бджільництва та біоту в цілому.

2.3. Основні проблеми, з якими стикаються пасічники в умовах техногенного впливу

У сучасних умовах активного антропогенного впливу бджільництво, як

одна з найбільш чутливих до змін у навколишньому середовищі галузей сільського господарства, стикається з численними проблемами [16]. Особливо гостро ці труднощі виявляються у регіонах із підвищеним рівнем техногенного навантаження, де забруднення повітря, ґрунтів і води створює небезпечне середовище для існування як самих бджіл, так і рослин, що забезпечують їх поживою [21, 23].

Однією з головних проблем є загибель бджолосімей унаслідок отруєння токсичними речовинами, зокрема важкими металами, залишками пестицидів, гербіцидів та іншими хімічними сполуками, що потрапляють у навколишнє середовище з промислових підприємств, транспортних засобів та сільськогосподарських угідь. Особливо небезпечним є несвоєчасне оповіщення пасічників про обробку полів засобами захисту рослин, що призводить до масової загибелі робочих бджіл під час збирання нектару.

Ще однією гострою проблемою є скорочення кормової бази. Забруднення середовища спричиняє зниження флористичного різноманіття, особливо зменшення кількості дикорослих медоносних рослин. Урбанізація, вирубка зелених насаджень, інтенсивне сільське господарство з використанням монокультур ведуть до того, що бджоли не можуть знайти достатньої кількості якісного пилку й нектару, особливо у періоди між основними медозборами.

Проблемою також є накопичення шкідливих речовин у продуктах бджільництва. Мед, віск, перга можуть містити залишки отрутохімікатів, важких металів та інших небезпечних сполук, що знижує їхню якість і ринкову цінність. У деяких випадках продукція стає непридатною до реалізації, що завдає економічних збитків пасічникам.

Серйозні наслідки для здоров’я бджіл має також зміна мікроклімату, спричинена викидами промислових підприємств. Підвищення температури повітря, сухість клімату, зменшення вологості та поява локальних зон перегріву негативно позначаються на фізіології бджіл. Це веде до зниження тривалості життя робочих особин, зменшення інтенсивності льоту, порушень

у термінах розвитку розплоду.

Не менш важливою проблемою є зростання захворюваності бджіл. Умови екологічного неблагополуччя послаблюють імунітет бджолиних сімей, що сприяє поширенню таких хвороб, як вароатоз, нозематоз, американський і європейський гнилець. Крім того, порушення біологічної рівноваги в природі, спричинене техногенними чинниками, часто супроводжується зростанням чисельності паразитів і збудників хвороб.

У структурі проблем, з якими стикаються пасічники, важливе місце займають і соціально-економічні аспекти. Зменшення обсягів прибутку від пасік унаслідок втрат бджолосімей і погіршення якості продукції бджільництва змушує деяких пасічників зменшувати обсяги виробництва або зовсім залишати цю діяльність. Також бракує дієвих механізмів відшкодування збитків, пов’язаних із масовою загибеллю бджіл, а контроль за використанням хімічних речовин у сільському господарстві залишається недостатнім.

Нарешті, слід відзначити брак належної інформаційної підтримки й екологічної просвіти. У багатьох випадках пасічники не володіють повною інформацією про джерела забруднення, потенційні ризики для бджіл і шляхи їх мінімізації. Відсутність налагодженого діалогу між аграріями, промисловими підприємствами, органами місцевої влади та бджолярами поглиблює екологічну кризу.

Отже, проблеми, що виникають у бджільництві під впливом техногенних чинників, є комплексними та потребують системного вирішення. Вони охоплюють як безпосередній вплив на біологічний стан бджолосімей, так і ширший соціально-економічний контекст, у якому функціонує сучасне українське бджільництво. Для подолання цих викликів необхідне посилення державного контролю, екологічного моніторингу, розвитку законодавчої бази та підтримки місцевих ініціатив зі збереження бджіл у природному та аграрному ландшафті.

РОЗДІЛ 3
ЕКОЛОГІЧНА РОЛЬ БДЖІЛ ТА НАПРЯМИ ПОМ'ЯКШЕННЯ ВПЛИВУ ТЕХНОГЕННИХ ЧИННИКІВ

3.1. Біоіндикаційна функція бджіл у моніторингу довкілля

Медоносні бджоли (*Apis mellifera*) відіграють не лише важливу екосистемну роль як запилювачі, а й виступають природними індикаторами стану довкілля. Їхня здатність активно контактувати з різними компонентами середовища (повітрям, водою, рослинністю, ґрунтом) у процесі збирання нектару, пилку та води робить бджіл надзвичайно чутливими до забруднень. Завдяки цьому бджільництво може бути цінним інструментом біоіндикації, а саме виявлення змін у навколишньому середовищі на ранніх стадіях.

Однією з ключових особливостей бджіл як біоіндикаторів є їхній радіус обльоту: до 3-5 км від вулика. Таким чином, навіть одна бджолина сім'я здатна дати інформацію про екологічний стан площі в кількадесят квадратних кілометрів. Бджоли збирають нектар, пилок, прополіс, воду, і разом з ними – усі хімічні домішки, які можуть міститися в навколишньому середовищі: важкі метали, залишки пестицидів, радіонукліди, продукти нафтопереробки, мікропластик тощо. Ці речовини накопичуються в тканинах самих бджіл, а також у продуктах бджільництва, таких як мед, віск, перга, забрус.

Наукові дослідження свідчать, що за допомогою аналізу складу бджолиних продуктів можна виявити навіть незначні концентрації шкідливих речовин, що дозволяє ефективно здійснювати моніторинг довкілля [29]. Наприклад, підвищений вміст кадмію, свинцю або миш'яку у воску чи меді часто вказує на близькість промислових підприємств або транспортних вузлів. У свою чергу, раптова зміна поведінки бджіл (зниження льотної активності, дезорієнтація, масова загибель) може сигналізувати про гостре забруднення, наприклад, унаслідок хімічних викидів або

необґрунтованого застосування пестицидів [32, 35].

Окрім хімічного забруднення, бджоли можуть бути індикаторами радіоактивного фону. Досвід спостережень після Чорнобильської катастрофи показав, що у районах, де зберігається підвищений рівень радіоактивного забруднення, виявляються залишкові сліди радіонуклідів у меді, пилку та тілі бджіл навіть через десятки років. Це особливо важливо для довгострокового моніторингу територій, що пройшли техногенне навантаження, але залишаються заселеними людьми.

Перевагою бджіл як біоіндикаторів є також економічна доцільність та відносна простота досліджень. У порівнянні з традиційними методами лабораторного контролю за станом повітря чи ґрунтів, використання пасік як природних сенсорів дає змогу одержувати багатовекторну інформацію без значних фінансових витрат. При цьому можна не лише фіксувати факт забруднення, а й оцінювати його просторовий розподіл та динаміку.

Разом із тим, використання бджіл у біоіндикації потребує дотримання певної методики. Зокрема, важливо проводити порівняння з контрольними територіями, вести спостереження впродовж тривалого часу, здійснювати хімічний аналіз зразків за стандартизованими протоколами. Участь пасічників у таких програмах моніторингу також передбачає підвищення їхньої обізнаності в екологічних питаннях, що позитивно впливає на загальний рівень екологічної культури в суспільстві.

Отже, біоіндикаційна функція бджіл є перспективним напрямом у системі екологічного моніторингу. Завдяки високій чутливості до забруднень, доступності та природній здатності охоплювати великі площі, бджоли можуть бути важливими союзниками у справі збереження довкілля. Розширення використання бджолиних індикаторів у державних і регіональних екологічних програмах дозволить своєчасно виявляти загрози і вживати запобіжних заходів, що є особливо актуальним у період зростання техногенного навантаження на природне середовище України.

3.2. Можливості адаптації медоносних бджіл до дії ксенобіотиків

Медоносна бджола (*Apis mellifera*) в процесі еволюції розвинула певні механізми захисту від природних токсинів, однак у сучасних умовах ці біологічні властивості постають перед новими викликами. Одним з таких викликів є зростання рівня техногенного навантаження та, зокрема, поява великої кількості ксенобіотиків – штучно створених хімічних речовин, що не зустрічаються в природному середовищі й можуть негативно впливати на організми, які до них не пристосовані.

Ксенобіотики проникають у довкілля з різних джерел: пестициди, промислові викиди, залишки лікарських препаратів, синтетичні барвники тощо. Бджоли, перебуваючи в тісному контакті з навколишнім середовищем через збір нектару, пилку та води, стають одними з перших організмів, що піддаються дії цих речовин. Проте численні дослідження свідчать, що певні механізми адаптації до таких умов у них усе ж є.

Найперше, слід згадати про детоксикаційні системи бджолиного організму. Бджоли мають набір ферментів, здатних до нейтралізації шкідливих речовин. Серед них важливу роль відіграють ферменти класу монооксигеназ (особливо цитохром P450), глутатіон-S-трансферази та карбоксилестерази [28]. Ці ферменти забезпечують розщеплення деяких ксенобіотиків, роблячи їх менш токсичними для клітин. Утім, ефективність таких захисних механізмів обмежена, зокрема коли йдеться про складні або високотоксичні сполуки.

Другим важливим чинником є поведінкова адаптація. У деяких випадках бджоли здатні розпізнавати непридатні чи забруднені джерела нектару й уникати їх. Проте така здатність не завжди проявляється у випадку із сучасними пестицидами, що мають відстрочену або приховану дію. До того ж багато інсектицидів, зокрема неонікотиноїди, діють на нервову систему бджіл навіть у мізерних дозах, що порушує здатність до орієнтації, навчання та повернення до вулика.

Також відзначено різницю в чутливості між породами бджіл. Наприклад, деякі локальні породи, адаптовані до регіональних екологічних умов, демонструють вищу витривалість до певних типів забруднення. Це відкриває перспективу для відбору та розведення більш стійких до ксенобіотиків бджолиних ліній. Проте такий підхід потребує глибоких генетичних досліджень і дотримання балансу між витривалістю та продуктивністю.

Цікавим напрямом є також впровадження кормових добавок, які здатні стимулювати активність захисних ферментів або нейтралізувати частину шкідливих речовин [2]. Деякі препарати на основі природних антиоксидантів, зокрема флавоноїдів або органічних кислот, демонструють перспективність у зменшенні шкоди від дії забруднювачів, хоча їх ефективність ще потребує ширших досліджень.

Попри наявність певного потенціалу до адаптації, слід підкреслити, що висока концентрація або поєднання кількох ксенобіотиків можуть перевищити компенсаторні можливості бджолиного організму [39]. У результаті спостерігаються не лише індивідуальні ушкодження, а й зниження загальної життєздатності колонії, зменшення чисельності, порушення репродуктивних процесів і втрата здатності до виконання запилювальних функцій.

Таким чином, хоча медоносні бджоли мають низку захисних механізмів, що дозволяють певною мірою протистояти дії ксенобіотиків, ця здатність не є абсолютною. Умови інтенсивного техногенного впливу значно обмежують адаптаційний потенціал, тому питання пом’якшення такого навантаження залишається надзвичайно актуальним як для охорони бджіл, так і для забезпечення стабільності екосистем.

3.3. Шляхи зниження ризиків для бджільництва в умовах техногенного навантаження

З огляду на зростаючий антропогенний тиск на довкілля, питання збереження медоносних бджіл набуває особливого значення як у контексті продовольчої безпеки, так і з точки зору збереження біорізноманіття. В умовах техногенного навантаження бджільництво стикається з низкою екологічних, токсикологічних та соціально-економічних загроз. Отже, актуальним є впровадження системних підходів до мінімізації ризиків, спричинених промисловим забрудненням, використанням агрохімікатів, урбанізацією та зміною клімату (рис. 3.3.1).

Одним з ключових напрямів є просторове планування пасік, що передбачає розміщення вуликів на відстані від джерел забруднення: промислових підприємств, автомобільних магістралей, полігонів твердих побутових відходів, зон інтенсивного сільського господарства з широким застосуванням пестицидів. Досвід передових країн ЄС показує ефективність створення буферних зон навколо пасік, де заборонене застосування отруйних речовин або встановлено суворий контроль за агрохімічними заходами.

Наступний важливий елемент – інформування та координація між пасічниками, аграріями та органами місцевої влади. Практика попереднього сповіщення про обробку полів хімікатами є ефективною профілактикою масових отруєнь бджіл. У цьому контексті доцільно впроваджувати локальні протоколи взаємодії, що зобов’язують аграріїв повідомляти пасічників про заплановане внесення пестицидів мінімум за 72 години до початку обробки. На державному рівні слід активізувати моніторинг порушень та забезпечити дієві механізми відповідальності за недотримання норм.

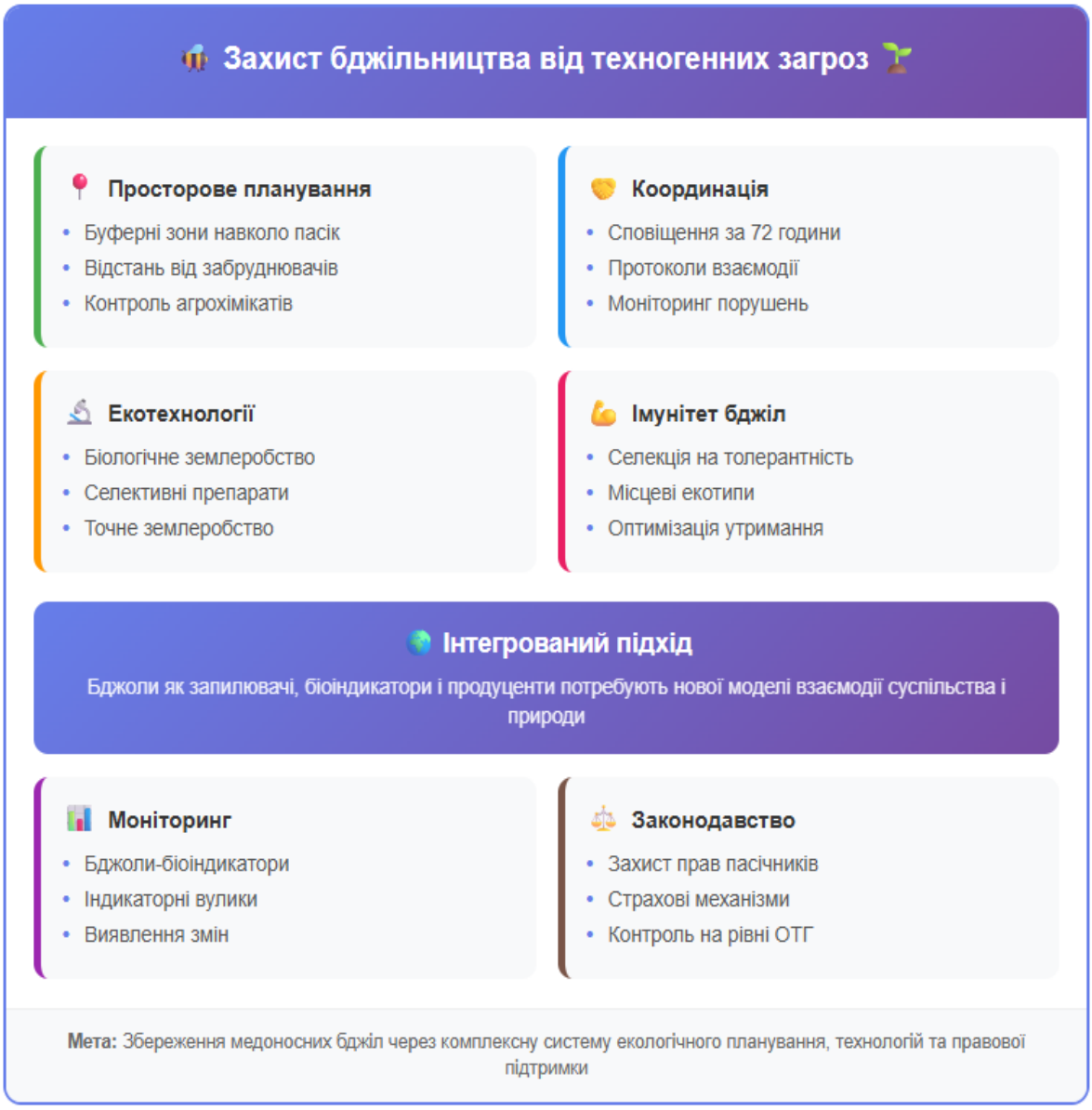

Рис. 3.3.1. Основні шляхи захисту бджільництва від техногенних загроз.

Ще одним напрямом є розвиток екологічно орієнтованих агротехнологій, зокрема інтегрованого захисту рослин, біологічного землеробства та технологій точного землеробства. Заміна токсичних пестицидів на селективні або біологічні препарати значно знижує ризики для апісарійних систем. У низці випадків ефективним може бути також використання феромонних пасток і агротехнічних прийомів замість хімічного втручання. Переорієнтація на органічне землеробство створює

синергію між бджільництвом та рослинництвом, формуючи сталі екосистемні ланцюги.

Не менш важливим є зміцнення імунної та адаптаційної стійкості бджолосімей. Підвищення генетичного потенціалу до толерантності проти ксенобіотиків, хвороб та кліматичних стресів може здійснюватися через цілеспрямовану селекцію, розведення місцевих екотипів, а також створення адаптованих ліній. Крім того, важливим фактором є оптимізація годівлі та умов утримання: доступ до якісного білкового корму (пилку), забезпечення водою, мікроелементами, зменшення стресових чинників (переміщення, шум, світло).

Також перспективним напрямом є впровадження систем моніторингу якості довкілля з використанням бджіл як біоіндикаторів. Встановлення спеціалізованих індикаторних вуликів поблизу потенційно небезпечних об’єктів дозволяє своєчасно виявляти екологічні зміни та запобігати їх негативному впливу на пасіки. Такі системи можуть бути інтегровані в регіональні або національні програми екологічного моніторингу.

Окремої уваги заслуговує необхідність вдосконалення законодавчої бази у сфері охорони бджіл. Нині в Україні діє низка нормативно-правових актів, проте їхня імплементація на практиці часто залишається формальною. Необхідне створення правового механізму захисту прав пасічників, реєстрації випадків загибелі бджіл, а також запровадження страхових механізмів компенсації збитків. Окрім того, варто посилити екологічний контроль за застосуванням агрохімікатів на рівні ОТГ.

Таким чином, зниження ризиків для бджільництва в умовах техногенного навантаження потребує інтегрованого підходу, що охоплює екологічне планування, соціальну відповідальність, науково обґрунтовані технології та правову підтримку. Врахування екосистемної ролі бджіл як запилювачів, біоіндикаторів і продуцентів біологічно цінної сировини вимагає формування нової моделі взаємодії між суспільством і природою, орієнтованої на збереження довкілля і біорізноманіття.

ВИСНОВКИ

✓ Медоносні бджоли (*Apis mellifera*) виконують критично важливу екологічну функцію запилення, підтримуючи стабільність природних екосистем та сприяючи продуктивності агроценозів. Їхня роль у формуванні біорізноманіття та екосистемних послуг є незамінною, особливо в умовах антропогенного навантаження.

✓ Продукти бджільництва, зокрема мед, віск, пилок та прополіс, є природними біоіндикаторами стану довкілля. За їх допомогою можна оперативно виявляти наявність і рівень забруднення важкими металами, пестицидами та іншими ксенобіотиками. Це відкриває перспективи інтеграції бджіл у національні системи екологічного моніторингу.

✓ Організм медоносних бджіл має обмежені адаптивні можливості до дії токсикантів, що пов’язано з функціонуванням ферментативних систем детоксикації. Водночас хронічне або масоване забруднення може перевищувати фізіологічні межі толерантності, призводячи до порушень поведінки, фізіології та загибелі комах.

✓ Техногенне навантаження, особливо у формі пестицидного та важкометального забруднення, є основним фактором ризику для бджільництва в сучасних умовах. Спостерігається негативна динаміка зменшення чисельності бджолосімей, зниження медопродуктивності та порушення репродуктивної функції маток.

✓ Профілактика ризиків для бджільництва має базуватися на інтегрованому підході, що включає екологічне планування пасік, використання екологічно безпечних агротехнологій, посилення селекційної роботи та моніторинг забруднення з використанням бджіл як біоіндикаторів.

✓ Ефективне зниження техногенних ризиків у бджільництві потребує активної міжсекторної взаємодії: між пасічниками, агровиробниками, органами місцевого самоврядування та державними екологічними службами. Надзвичайно важливими є інформування про агрохімічні обробки,

регламентування зон застосування пестицидів і правове забезпечення компенсаційних механізмів.

✓ Збереження популяцій медоносних бджіл є необхідною умовою сталого розвитку природних та аграрних систем. Раціональне управління бджільництвом в умовах техногенних загроз має ґрунтуватися на принципах екологічної безпеки, біорізноманіття та біоетики.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бабич І.А., Мегедь О.Г. Бджільництво. К.: Урожай, 1979. 247 с.
2. Броварський В. Д., Папченко О. В. Кормові ресурси, розвиток і продуктивність бджолиних сімей. Вісник житомирського національного агроекологічного університету. 2014. Том 23. №2 (44). С. 155-158.
3. Васюкова Г.Т., Ярошева О.Г. Екологія. К.: Кондор, 2013. 524 с.
4. Вискушенко Д. А., Вискушенко А.П., Свеста Т.Л. Основи природознавства. Словник-довідник. Житомир: Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2009. 31 с.
5. Вискушенко Д.А., Коминар О.М. Зміни біоценотичних зв'язків у запилювачів під впливом техногенних чинників. The XXIII International scientific and practical conference «Technologies, methods and theories: current problems of science»: Plovdiv. Bulgaria, 2025. P. 51-52
6. Вискушенко Д. А., Никитюк Ю. А., Зимароєва А. А., Пазич В. М. Міжнародна екологічна діяльність. навч. посібник. Житомир: Поліський нац. університет, 2025. 187 с.
7. Гайдар В. Еволюція розведення бджіл на пасіках України. Бджолярський круг. 2016. №1. С. 5–7.
8. Галатюк О. Є. Хвороби бджіл та основи бджільництва. Житомир: «Полісся», 2010. 344 с.
9. Гирич О.Т. Екологічна політика у трансформації системи міжнародних відносин : дис. … канд. пол. наук. Київ, 2017. 249 с.
10. Джигирей В.С. Екологія та охорона навколишнього природного середовища. К.: Знання, 2002. 214 с.
11. Заверуха Н.М., Серебряков А.В., Скиба Ю.А. Основи екології: Навч. посібник. К.: Каравела, 2006. 368 с.
12. Коминар О.М. Стійкість бджіл до дії техногенних факторів у контексті збереження біорізноманіття. The XXIII International scientific and practical

conference «Technologies, methods and theories: current problems of science»: Plovdiv. Bulgaria, 2025. P. 53-54

13. Кузьменко О. Б. Андрєєв В. І. Основи екологічного менеджменту. навчальний посібник. Миколаїв : Вид-во ЧДУ ім. Петра Могили, 2013. 160 с.

14. Максименко Ю.В., Вискушенко Д.А. Біоетика та біобезпека: навчальний посібник. Житомир : Вид-во ЖДУ імені Івана Франка, 2022. 126 с.

15. Мирось В.В. Бджільництво. Х., 2007. 278 с.

16. Мирось В.В., Ковтун С.Б. Практикум з бджільництва. Х.: ХНАУ, 2014. 192 с.

17. Приймак Г.М. Бджільництво: запитання та відповіді К.: УААН, 2003. 600 с.

18. Середа О.В. Економіка сталого розвитку : методичні вказівки до виконання самостійної роботи для студентів спеціальності 051 Економіка денної та заочної форм навчання. Луцьк : Луцький НТУ, 2018. 44 с.

19. Скоромна О. І., Разанова О. П. Технологія виробництва продукції бджільництва. Вінниця, 2020. 408 с.

20. Соловій І.П. Політика сталого розвитку лісового сектора економіки: парадигма та інструменти : монографія. Львів : РВВ НЛТУ України, ТзОВ «Ліга-Прес», 2010. 368 с.

21. Сохацька О.М. Екологічна політика в системі публічного управління: виклики сталого розвитку. Філософія та управління. 2024. №2. с. 31-41

22. Степаненко С.М., Владимирова О.Г. Стратегія сталого розвитку: конспект лекцій. Одеса: Одеський державний екологічний університет, 2019. 175 с.

23. Тимочко Т.В. Збереження біологічного та ландшафтного різноманіття. Ніжин: Аспект-Поліграф, 2008. 28 с.

24. Філик Н.В., Грабовська Г.М. Екологічні виклики в контексті кліматичних змін та участь України в їх подоланні. Юридичний вісник, 2021. т. 4(61). с. 30-39

25. Bonmatin J.-M., Giorio C., Girolami V., Goulson D., Kreutzweiser D. P., Krupke C., Liess M., Long E., Marzaro M., Mitchell E. A. D., Noome D. A., Simon-Delso N., Tapparo A. Environmental fate and exposure; neonicotinoids and fipronil. Environmental Science and Pollution Research, 2015. 22(1). P. 35–67

26. Goulson D., Nicholls E., Botías C., RotherayE.L. Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides, and lack of flowers. *Science*, 2015. 347(6229): 1255957

27. Mullin C.A., Frazier M., Frazier J.L., Ashcraft S., Simonds R., vanEngelsdorp D., et al. High levels of miticides and agrochemicals in North American apiaries: implications for honey bee health. *PLOS ONE*, 2010. 5(3): e9754

28. Oakeshott J.G., Johnson R.M., Berenbaum M.R., Ranson H., Cristino A.S., Claudianos C. Metabolic enzymes associated with xenobiotic and chemosensory responses in Nasonia vitripennis. Insect Molecular Biology, 2010. 19 P. 147-163

29. Tokach R., Smart A., Fassbinder-Orth C., Fong C., Wald K., Wu-Smart J. Honey bee colony behavior and ontogeny are adversely affected when exposed to a pesticide-contaminated environment. Journal of Insect Science, 2024. Volume 24, Issue 3, May 2024, 13. doi: 10.1093/jisesa/ieae034.

30. vanEngelsdorp D., Evans J.D., Saegerman C., Mullin C., Haubruge E., Nguyen B.K., et al. Colony Collapse Disorder: a descriptive study. PLOS ONE, 2009. 4(8): e6481.

31. Williamson S.M., Wright G.A. Exposure to multiple cholinergic pesticides impairs olfactory learning and memory in honeybees. Journal of Experimental Biology, 2013. 216 (10). P. 1799–1807

32. BBC news Україна: Встановлена основна причина загибелі бджіл в Україні [веб-сайт] URL: https://www.bbc.com/ukrainian/news-44826366 (Дата перегляду: 29.04.2025)

33. Dreamstime [веб-сайт] URL: https://www.dreamstime.com/ (Дата перегляду: 28.04.2025)

34. Державна служба статистики України: Сільське господарство України за 2022 р. [веб-сайт] URL: https://ukrstat.gov.ua/druk/publicat/ kat_u/2023/zb/09/ S_gos_22.pdf (Дата перегляду: 05.05.2025)

35. Екологія. Право. Людина: Аналітична записка «Безконтрольне використання пестицидів в Україні» [веб-сайт] URL: https://epl.org.ua/environment/analitychna-zapyska-bezkontrolne-vykorystannya-pestytsydiv-v-ukrayini (Дата перегляду: 28.04.2025)

36. Закон України. «Про охорону навколишнього природного середовища» від 25.06.1991 р. № 1264-XII (зі змінами)

37. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України: Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в України у 2020 році [веб-сайт] URL: https://mepr.gov.ua/natsionalna-dopovid-pro-stan-navkolyshnogo-pryrodnogo-seredovyshha-v-ukrayiny-u-2020-rotsi (Дата перегляду: 05.05.2025)

38. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України: Регіональні доповіді про стан навколишнього природного середовища у 2021 році [веб-сайт] URL: https://mepr.gov.ua/regionalni-dopovidi-pro-stan-navkolyshnogo-pryrodnogo-seredovyshha-u-2021-rotsi (Дата перегляду: 05.05.2025)

39. НБУВ [веб-сайт] URL: http://www.nbuv.gov.ua/ (Дата перегляду: 21.04.2025)

40. Національна мережа інформації з біорізноманіття [веб-сайт] URL : https://ukrbin.com/ (Дата перегляду: 19.04.2025)