

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

06.04. – МР. 2158 «С». 2023.11.23.06 ПЗ

КРИВЕНКО ЄВГЕН ВОЛОДИМИРОВИЧ

2024

Національний університет біоресурсів і природокористування України**Факультет захисту рослин, біотехнологій та екології**

ПОГОДЖЕНО
Декан факультету
Захисту рослин, біотехнологій та
екології
Ю.В. Коломієць
«__» _____ 2024 р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри
екології агросфери та екологічного
контролю
О.І. Наумовська
«__» _____ 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА
на тему: **Екологічний аналіз стану біогеоценозу методом біоіндикації**

Спеціальність 101 «Екологія»
(код і назва)
Освітня програма Екологічний контроль та аудит
(назва)
Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Гарант

К.С.-Г.Н., доцент
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис)

Ладика М.М.
(ПІБ)

Керівник магістерської роботи

К. С.-Г. наук, доцент
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис)

Наумовська О.І.
(ПІБ)

Виконав

(підпис)

Кривенко Є.В.
(ПІБ студента)

Київ – 2024

**Національний університет біоресурсів
і природокористування України**

Факультет захисту рослин, біотехнологій та екології
Кафедра екології агросфери та екологічного контролю
Спеціальність 101 «Екологія»
Освітня програма Екологічний контроль та аудит
Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
екології агросфери та
екологічного контролю
Наумовська О. І.
“ _____ ” _____ **2024р.**

З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ
Кривенка Євгена Володимировича
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «**Екологічний аналіз стану біогеоценозу методом біоіндикації**»
керівник роботи Наумовська Олена Іванівна завідувач кафедри, кандидат сільськогосподарських наук, доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затвержені наказом НУБіП України від «23» листопада 2024 р. № 2159
«С»
2. Строк подання студентом роботи 15 листопада 2024р. _____
3. Вихідні дані до роботи: методичні матеріали, літературні та інтернет джерела за напрямом дослідження, нормативно-правові документ, БД Scopus та WoS
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Провести аналіз матеріалів щодо здійснення біоіндикації, визначити методи які будуть застосовуватись, провести дослідження з біоіндикації на практиці та дослідити вплив на біогеоценози.

5. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1,2, 3, висновки	Наумовська О.І.		

6. Дата видачі завдання 10 листопада 2023р.**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

	Назва етапів виконання випускної магістерської роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
	Ознайомлення із літературними і методичними публікаціями	I квартал 2024р.	
	Аналіз існуючих методик проведення біоіндикації	II декада 2024р.	
	Написання другого розділу дипломної роботи	II декада 2024р.	
	Проведення дослідів	III декада 2024р.	
	Написання дослідної частини роботи	III декада 2024р.	
	Остаточне оформлення роботи і формування висновків	IV декада 2024р.	

Студент

_____ **Кривенко Є.В.**

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ **Наумовська О. І.**

Реферат

Дипломна робота виконана на 62 сторінках, містить 3 розділи, 12 рисунків, 5 таблиць, 55 використаних джерел.

Метою цієї роботи є комплексне дослідження впливів різноманітних забруднювачів на біогеоценози.

Об'єкт дослідження – біоіндикатори, зокрема медоносна бджола та її реакції на різні види забруднень.

Предмет дослідження – використання біоіндикаторів для визначення стану біогеоценозів та впливу на них токсикантів

У кваліфікаційній магістерській дипломній роботі проаналізовано реакцію біоіндикаторів на різні види забруднень навколишнього природного середовища. Проаналізовано інформацію по різним видам біоіндикаторів. Проведено дослідження, щодо впливу хімічних речовин на біоіндикатори, зокрема медоносну бджолу. Встановлено взаємозв'язки щодо впливу на біоценози забруднюючих речовин.

Ключові слова: БІОІНДИКАЦІЯ, АПІМОНІТОРИНГ, БДЖОЛА, ЕНТОМОБІОІНДИКАЦІЯ, МЕД, ПАСІКА, ЦИНК, СВИНЕЦЬ, МІДЬ КАДМІЙ.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ.....	8
ВСТУП.....	9
РОЗДІЛ 1. ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ БІОІНДИКАЦІЇ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ЕКОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ....	12
1.1. Історія виникнення та розвитку біоіндикації.....	13
1.2. Біоіндикація як спосіб екологічного дослідження.....	17
1.3. Основні принципи біоіндикації.....	20
1.4. Комахи – як біоіндикатори	22
1.5. Бджоли як індикатори забруднення навколишнього природного середовища	27
РОЗДІЛ 2. УМОВИ ТА МЕТОДОЛОГІЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	32
2.1. Місце та об’єкт проведення досліджень.....	32
2.1.1. Природно-кліматичні умови с. Гопчиця та м. Погребище Погребищенської територіальній громади.....	32
2.1.2. Екологічний стан довкілля с. Гопчиця, та м. Погребища Вінницького р-н, Вінницької обл.	35
2.1.3. Основні джерела забруднення с.Гопчиця та Погребищенського р-н Вінницької обл.....	37
2.2. Методи досліджень.....	39
РОЗДІЛ 3. АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ АНТРОПОГЕННОГО ЗАБРУДНЕННЯ БІОЦЕНОЗІВ ПОГРЕБИЩЕНСЬКОЇ ГРОМАДИ.....	44
ВИСНОВКИ.....	50
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	52

	7
Додаток Б.1	58
Додаток Б.2	59
Додаток Б.3	61

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

ООН – Організація Об'єднаних Націй

ГДК – гранично допустимі концентрації

ФАО – Продовольча та сільськогосподарська організація ООН

ГХЦГ – Гексахлоран (інсектецид)

ЮНЕП – Програма ООН з довкілля

ТЕЦ – теплова електростанція,

ДДТ – Дихлордифенілтрихлорметилметан (інсектецид)

Cd – кадмій;

Cu – мідь;

Pb – свинець;

Zn – цинк

t – температура;

с. – село

м. – місто

км. - кілометр

ВСТУП

Актуальність теми. Розвиток економіки, індустріалізація суспільства, а особливо інтенсифікація способів виробництва в промисловості та сільському господарстві, все це спричиняє підвищення експлуатації природних ресурсів і серйозне втручання у довкілля. На сьогодні майже не залишилося екосистеми, яка б не зазнала людського впливу. Антропогенний вплив викликає забруднення всіх біологічних систем, в зв'язку із чим виникає необхідність вчасно виявляти виродження біогеоценозів, які спричинені антропогенними втручаннями, щоб зміни на довкілля не стали невідворотними для існування людини і всього живого.

Враховуючи глибоку трансформацію довкілля, що відбувається під дією впливу людської діяльності, яка за своєю силою випереджає вплив природи, а за масштабами вийшла на рівень планети, загострюються і стають актуальними проблеми збереження біорізноманіття в окремих екосистемах та біосфери в цілому. У той же час чітке усвідомлення всієї складності та багатогранності структури екосистеми як багатокомпонентної системи вимагає від суспільства з усією відповідальністю поставитися до збереження різноманіття всіх форм живих організмів, що населяють нашу планету.

В умовах світових екологічних змін, застосування біоіндикаторів для аналізу та моніторингу стану біосфери набуває популярності завдяки особливостям і кількісним перевагам організмів – біоіндикаторів. Одними із найбільш розповсюджених біоіндикаторів є комахи. При визначенні екологічного стану різноманітних біогеоценозів, у якості критеріїв використовують такі їх характеристики, як зміна забарвлення, покривів, пропорцій та розмірів, популяції. Особливо ефективним є використання у якості біоіндикаторів комах-запилювачів, оскільки вони є найважливішою складовою екосистеми, сприяють відтворенню та розвитку флори.

Серед комах-запилювачів одним з найліпших біоіндикаторів екосистем є медоносна бджола, родини справжніх бджолиних, широко розповсюджена в

світі, а особливо в Україні. Недарма бджола відноситься до свійської комахи і є справжнім багатством України. Необхідно звернути увагу, що запилення бджолами рослин в Україні призводить до збільшення врожайності до 25%-30%, а взагалі бджоли запилюють понад 80 % ентомольфних рослин.

В дипломній роботі розглянуто використання медоносної бджоли та продуктів життєдіяльності, як біологічного індикатору, оскільки медоносна бджола може виступати у якості оптимального критерію із досконало описаними і вивченими поведінковими, екологічними та морфологічними характеристиками, включаючи ефективність бджіл, їх сімей, яка залежить від факторів зовнішнього середовища. Додатковою перевагою цього виду є стійкість бджолиних сімей до критичних факторів навколишнього середовища, їх здатність накопичувати забруднювачі та реагувати на них.

Мета роботи - комплексне дослідження впливів різноманітних забруднювачів на біогеоценоз.

Для досягнення зазначеної мети було поставлено та виконано такі **завдання**:

- збір інформації про реакцію живих організмів, на забруднення навколишнього природного середовища;
- аналіз інформації про різні види біологічних індикаторів;
- аналіз реакції різних біоіндикаторів на різноманітні забруднення;
- збір інформації щодо різних методів біоіндикації;
- обрання найпідходящих методів для проведення біоіндикації;
- проведення досліджень методом біоіндикації, з метою виявлення екологічного впливу на біогеоценоз

Об'єкт дослідження – біоіндикатори, зокрема медоносна бджола та її реакції на різні види забруднень.

Предмет дослідження – використання біоіндикаторів для визначення стану біогеоценозів та впливу на них токсикантів.

Методологія – під час написання дипломної роботи використовувалися:

Польовий метод: збір бджіл, ґрунту, рослин та меду

Спеціальні: аналітичні дослідження проводились у лабораторії «Наземних екосистем» кафедри екології агросфери та екологічного контролю та в навчально-науково-виробничій лабораторії «Оцінка впливу на довкілля» Національного університету біоресурсів і природокористування України.

Для написання роботи були використані літературні джерела

Новизна роботи. Вперше проведено дослідження екологічного стану біогеоценозу методом біоіндикації в Погребищанській громаді Вінницької області. Отримані дані та встановлено зв'язок між конкретними забрудненнями і впливом на біогеоценоз, зокрема на життєдіяльність бджолиних сімей.

Практичне значення. Проведена робота репрезентує екологічний стан місцевості знаходження пасік на околиці міста, поблизу автомагістралі і в екологічно чистому регіоні

РОЗДІЛ 1

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ БІОІНДИКАЦІЇ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ЕКОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

В сучасному світі, у зв'язку із діяльністю людського суспільства, змінюється природне середовище, змінюється наша планета. Масштабам змін, може позаздрити навіть індустріальна революція ХІХ століття. При цьому швидкість і сила впливу на довкілля зростають кожного дня. В зв'язку із цим гостро постають питання збереження окремих біогеоценозів і біосфери в цілому, піднімаються на обговорення проблеми сталого розвитку суспільств. Необхідно щоб кожен розумів, що вкрай необхідно зберегти крихку рівновагу між задоволенням сучасних потреб суспільства і захистом виживання майбутніх поколінь.

Антропогенного впливу зазнає кожний біогеоценоз, навіть більше, кожен живий організм, в тій чи іншій мірі відчуває на собі вплив життєдіяльності людини. Такий вплив відбувається, в одних випадках, якраз через діяльність людини, а в інших через її бездіяльність. Вплив людини на довкілля різноманітний, це і знищення рослинного і тваринного світу, і порушення природного балансу флори і фауни, і створення умов, які порушують звичний спосіб життя організмів, виснаження надр, забруднення Землі, особливо водоймищ та атмосфери, забруднення ґрунту важкими металами, радіацією, деякими хімічними сполуками, накопичення яких в живих організмах порушує нормальний метаболізм, впливає на розмноження, процеси які відбуваються всередині організму та в цілому погіршує стан популяції. Визначення критичних антропогенних навантажень на біогеоценози, на основі реакцій на них біоіндикаторів та їх угруповань і є біоіндикацією.

Господарська діяльність людини, зокрема сільське господарство, яке є однією із провідних галузей виробничої сфери, значно впливає на природні екосистеми. Гостро постає питання аналізу і контролю стану навколишнього природного середовища, зокрема щодо забруднення біогеоценозів важкими

металами. Саме ці питання можна вирішити за допомогою біоіндикаційної оцінки [9].

1.1. Історія виникнення та розвитку біоіндикації.

Біоіндикація (грец. *bios* - життя лат. *indico* - вказую) - це оцінка якості і стану навколишнього природного середовища або її окремих характеристик за допомогою живих організмів-біоіндикаторів. В інших джерелах визначення Біоіндикація подається як – оперативний моніторинг та оцінка стану середовища за допомогою живих об'єктів (рослин, тварин та ін). Об'єкти живої природи, які є біоіндикаторами - це клітини, популяції, організми, спільноти. Необхідно зазначити, що термін «біоіндикація» притаманний більше європейській науковій літературі, в американській же використовують термін «екотоксикологія».

Метод біоіндикації ґрунтується на спостереженні за живими організмами-біоіндикаторами, за присутністю, реакцією, ступенем розвитку, зміною морфологічних, структурно-функціональних, генетичних характеристик і станом яких можна судити про властивості середовища, в тому числі про присутність і концентрацію поллютантів.

Біоіндикація пройшла довгий шлях у своєму розвитку. Розвиток біоіндикації йшов паралельно з розвитком біології. Ще в роботах стародавніх вчених із Греції зустрічаються згадки про те, що за якістю ґрунтів, ступенем їх зволоженості можна слідкувати по стану рослинного покриву, який проростає на цих ґрунтах. Основою біоіндикації є тісний взаємозв'язок і взаємозалежність усіх природних явищ між собою.

Перші спостереження в цій області були зроблені стародавніми вченими: саме вони виявили зв'язок між зовнішнім виглядом рослин і умовами, в яких вони ростуть, наприклад праця Теофраста «Історія рослин» (рисунок 1.1) де міститься багато порад, як судити про властивості землі за характером рослинності. Подібні відомості можна знайти в працях Плінія і Катона. Так, у

працях Катона, який жив у I столітті до нашої ери є вказівки на те, що густота травостою перед оранкою допомагає вибрати площі, придатні для посіву бобових культур.

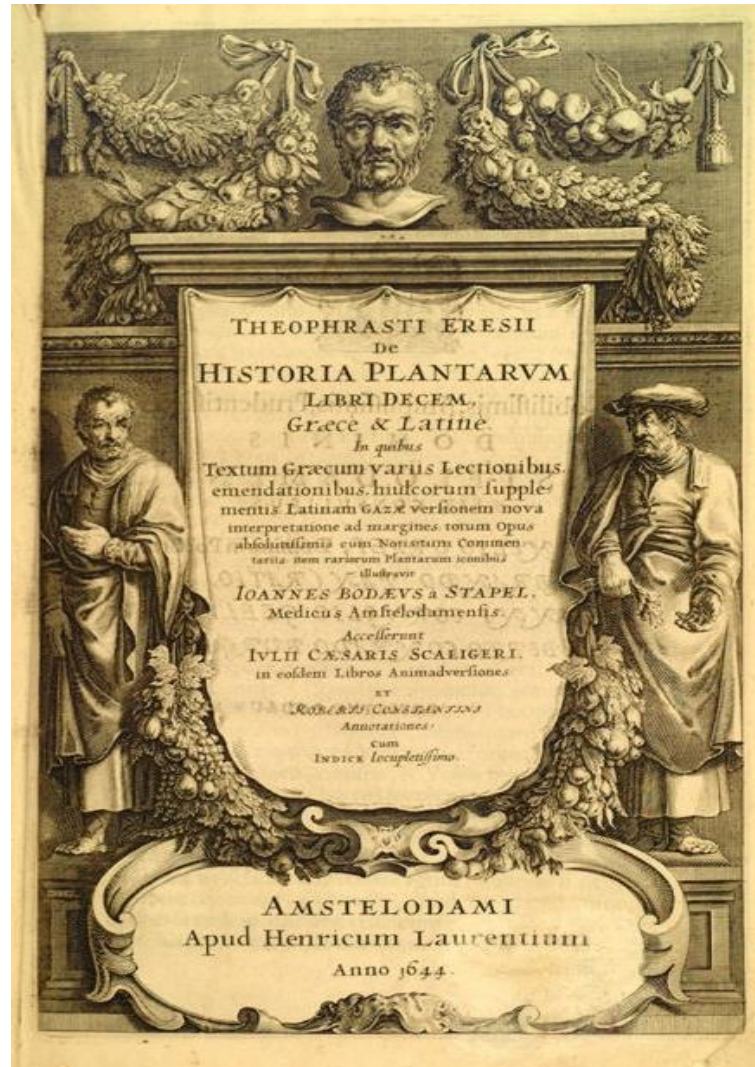


Рис. 1.1 Фронтиспіс до ілюстрованого видання «Історії рослин» (Historia plantarum), 1644 рік

Ідею біоіндикації по рослинам сформулював ще в першому столітті до нашої ери Луцій Модерат Колумелла (вчений і агроном часів ранньої Римської імперії): "Дбайливий господар по листю дерев, по травах або плодах, що вже достигли, має можливість судити про властивості ґрунту і знати, що повинно добре на ньому рости".

На початку 20 ст. екологічні індикатори широко використовувалися при розробці корисних копалин, вивченні клімату, спрямованості геохімічних процесів, розробці і моніторингу сільськогосподарських угідь, ґрунтових вод та гірських порід (ідеї В.І. Вернадського, Л.Г. Раменського, А.П. Виноградова, Ф. Клементса та ін.).

Рослинні біоіндикатори широко використовують при вивченні сільськогосподарських земель, оцінці складу та структури ґрунтів, ступенів деградації пасовищ. Аналіз екологічного стану земель, їх дослідження по рослинності яка на них росте містяться в працях В.І. Ларіна.

Сучасні поняття про біоіндикатори рослин узагальнені в оглядовій статті Б. В. Виноградов «Індикатори рослин...», А. Семпсона «Індикатори рослин», С. В. Вікторов, Г. Л. Ремезова «Індикаційна геоботаніка». В роботі «Індикаційна геоботаніка» значну увагу приділено використанню дистанційних методів біологічної індикації за допомогою фотозйомки земної поверхні з літака чи супутника, що повпливало на створення нового напрямку дослідження – ландшафтної біоіндикації. Також поряд із ландшафтною біоіндикацією, індикація з'являється і в гідробіології (гідробіологічна індикація), де як індикатор стану води використовується планктон, та інші гідробіонти.

Значного розвитку біоіндикація зазнала у другій половині 20 століття. Так в 1960-х роках мохи та лишайники широко використовуються в Скандинавії для оцінки забруднення атмосферного повітря, зокрема було виявлено суттєве зменшення чисельності лишайників через вирубування старих лісів і надходження диму від заводів і підприємств, формується поняття рекреаційної дигресії – в місцях масового відпочинку людей суттєво змінюється природне середовище. На початку 1970-х років досліджується вплив випасу худоби на травостій.

Кінець 20 століття ознаменувався «екологізацією» всіх наук тобто зосередженням людства на вирішенні екологічних проблем, створюються і використовуються групи видів-індикаторів різноманітних впливів людської діяльності, зокрема таких як перенасичення водою біогенними елементами,

хімічне забруднення ґрунтів, вплив на біоту забруднюючих речовин, поліциклічних ароматичних вуглеводнів, фенолів, хлорорганічних сполук (ДДТ, ГХЦГ, діоксини, фурани тощо), синтетичних поверхнево-активних речовин (СПАР) та впливу на живі організми радіонуклідів.

Як індикатори впливу людської діяльності, досліджено порушення розмноження, видової різноманітності, динаміки чи зміни популяційної структури, зміни мікробіології ґрунту. В даний час біоіндикація поллютантів, за допомогою рослин і живих організмів, все частіше використовують для захисту навколишнього природного середовища, при проведенні природоохоронних заходів та в ідеях сталого розвитку.

Насьогодні, у всіх країнах Євросоюзу біологічна індикація та біотестування широко використовується багатьма національними та міжнародними організаціями, які здійснюють нагляд та контроль за станом довкілля. Розроблена і постійно вдосконалюється науково-методична база, для застосування біологічних методів в практиці контролю за забрудненням поллютантами навколишнього середовища. Створені відповідні міжнародні та національні стандарти для біотестів, які використовують живі організми, (наприклад стандарти оцінки якості води шляхом використання представників рачків виду «Daphnia»). [19].

Враховуючи зосередження суспільства на вирішенні екологічних проблем та сталому розвитку, з'явилась необхідність проведення взаємоузгоджених заходів з питань біоіндикації. На сьогодні досить успішно розвивається співробітництво в рамках програм ООН (ЮНЕП, ФАО та ін.), по лінії міжнародних спілок: екологів, охорони природи. На ХХІ асамблеї Міжнародного союзу біологічних наук в Оттаві (1982) було вироблено програму «Біоіндикатори», головні ідеї якої були сформульовані академіком Р.Н. Шаланкі. Основні складові програми це стандартизація методів досліджень, вирішення регіональних та національних проблем та розширення біоіндикаційних досліджень у моніторингу довкілля, створення мережі фахівців з біоіндикації.

Також проводяться міжнародні конференції, симпозіуми з біоіндикації забруднень навколишнього середовища (Індія, 1984; Канада, 1985; СРСР, 1989 та інші).

1.2. Біоіндикація як спосіб екологічного дослідження.

Індикація, що заснована на вивченні поведінки рослин і тварин, дає змогу зробити оцінку впливу поллютантів на навколишнє середовище. Під впливом різноманітних антропогенних факторів, деякі види тварин і рослин зазнають зміни свого розвитку. Це може бути зміни в процесах цвітіння і дозрівання, зміна забарвлення і розміру, швидкість росту, зміна популяції.

Біоіндикація за рахунок природних біоіндикаторів має ряд переваг в порівнянні з лабораторними дослідженнями. Такими перевагами методу біоіндикації є: здатність реагувати, навіть на короточасні або одноразові викиди забруднювачів, або на дуже слабкі впливи шляхом акумуляції дози, вказувати на місця накопичення токсикантів, можуть бути використані для оцінки шкідливого впливу поллютантів на біосферу і в тому числі людину, навіть на початкових етапах, виступають маркерами екологічного стану довкілля, дають можливість контролю над синтезованими людиною сполуками, можуть бути заміною дорогим та/або трудомістким методів вимірювання.

Біоіндикатори використовуються в екологічних дослідженнях як спосіб виявлення антропогенного тиску на біологічні екосистеми. Метод біоіндикації ґрунтується на вивченні впливу змін факторів навколишнього середовища на різні властивості біологічних об'єктів і систем. Зміни в поведінці досліджуваного об'єкта оцінюються в порівнянні з еталонною контрольною ситуацією. В якості біоіндикатора обирається біологічна система або організм, найбільш чутливий до досліджуваного фактору. Для прикладу, при оцінці екологічного стану гідросфери у якості біоіндикаторів можуть використовуватись спостереження за поведінкою фітопланктону, коралових поліпів, дафній, молюсків, деяких риб, тощо, для оцінки стану атмосферного повітря, але не

виключно, широко використовуються спостереження за комахами запилювачами, зокрема такими як медоносні бджоли.

Біоіндикація в деяких випадках не може бути замінена іншими методами дослідження, а саме:

- Чинник легко піддається вимірюванню, але важко інтерпретується. Інформація стосовно концентрації різних токсикантів у довкіллі не дають відповіді на питання, наскільки небезпечною є ситуація для тварин та рослин, а розроблені значення ГДК для хімічних речовин лише для людей;
- Чинник важко виміряти. Деякі хімічні сполуки розкладаються настільки швидко, що початкові концентрації в ґрунті неможливо виявити;
- Чинник виміряти неможливо. Наприклад при дослідженні попередніх періодів. Так завдяки аналізу папороті і інших рослин, які знаходять археологи в відповідних історичних пластах, вчені дійшли висновку, що клімат Канади в минулому був значно тепліший.

Біологічний індикатор – організм або біологічне угруповання, які можуть бути використані для визначення характеристик довкілля, таких як наявність або концентрація токсикантів. Прикладами біоіндикаторів в навколишньому середовищі можуть бути:

- Зелені водорості в акваріумі сигналізують про перенасичення води макроелементами;
- Масові мори риби в ставках, в теплу пору року, можуть свідчити про недостатню кількість кисню у воді, або забруднення води токсикантами;
- Перелітні птахи, які відлітають напередодні холодної пори роки і повертаються напередодні літа;
- Наявність або відсутність різноманітних комах на сільськогосподарських угіддях, свідчить про використання пестицидів.

Необхідно зазначити про значну роль живих організмів – біоіндикаторів, в проведенні досліджень в космосі, для з'ясування впливу факторів космосу на живі організми.

Біоіндикатори мають певні переваги як спосіб отримання прямої інформації про зміни в біогеоценозах та загалом в навколишньому природному середовищі. Однак для отримання не лише якісних параметрів, а і кількісних, біоіндикація має поєднуватись з хімічними та фізичними експериментами.

Таким чином, використання біологічних об'єктів для проведення біоіндикації набуває все більшого значення, оскільки біоіндикатори використовуються як для виявлення окремих таксикантів, так і для моніторингу загального стану довкілля, а також у зв'язку з необхідністю поведення глобального моніторингу.

Структура сучасної біоіндикації має на сьогодні такий вигляд (зображено на рисунку 1.2).

Структура сучасної біоіндикації

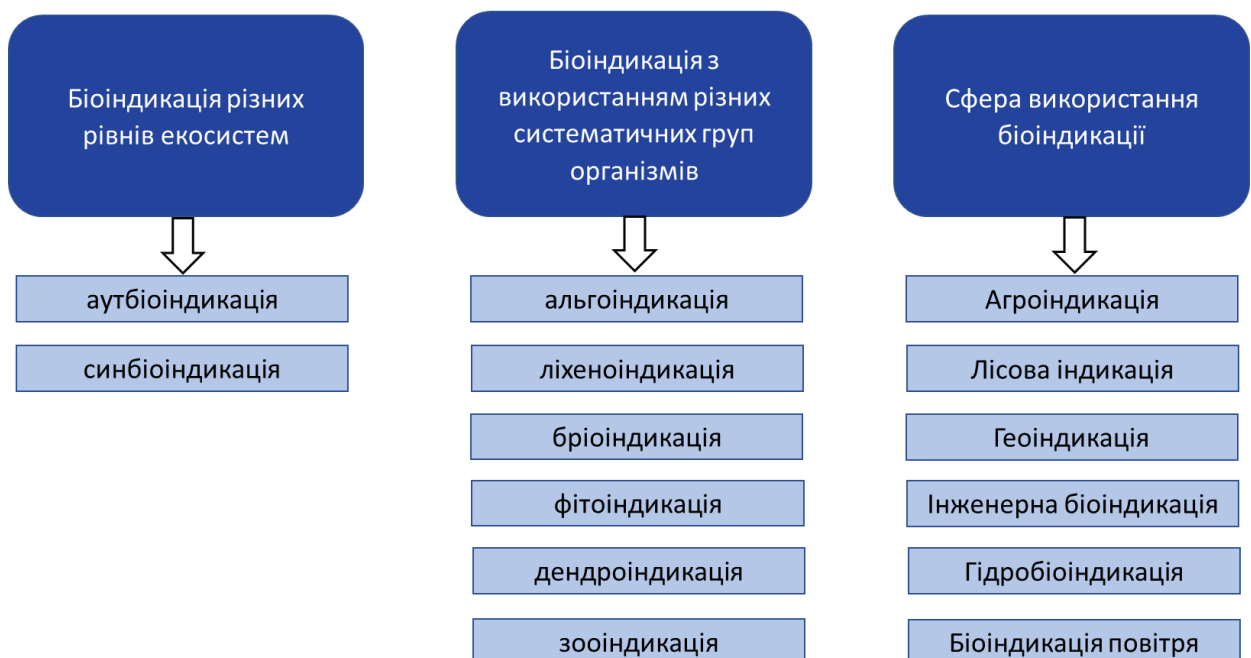


Рис.1.2 – Структура сучасної біоіндикації

Аутбіоіндикація - вивчення стану довкілля на основі спостережень за змінами конкретних організмів;

Синбіоіндикація - вивчення стану довкілля на основі спостережень за групами організмів;

Альгоіндикація - використання **водоростей** як біоіндикаторів.

Ліхеноіндикація - використання **лишайників** як біоіндикаторів;

Біоіндикація - використання **мохоподібних** як біоіндикаторів;

Фітоіндикація - вивчення стану довкілля на основі спостережень за рослинами;

Дендроіндикація - вивчення стану довкілля на основі спостережень за деревними рослинами;

Зооіндикація - використання тварин як індикаторних організмів.

1.3. Основні принципи біоіндикації

В залежності від умов довкілля, кожна жива істота чи організм або угруповання, чи навіть цілі біогеоценози намагаються пристосуватись до певних, специфічних, часто складних та несприятливих умов існування, в кожній окремій місцевості. За довгий час еволюції, кожен організм або угруповання змогли пристосуватись до певних умов існування, знайти оптимальні умови для себе, зайняти свою нішу в природі, оскільки змогли виробити фізіологічну толерантність, до зовнішніх несприятливих факторів довкілля.

На всі живі організми розповсюджується закону оптимуму, який базується на впливі кожного окремого фактору на організм. Коли такий фактор знаходиться в своєму екстремумі (мінімум або максимум), в такому випадку біота знаходиться в умовах песимума, за умови що це не призводить до загибелі організму. У випадку коли зовнішні умови сприятливі, то можна говорити що організм знаходиться в умовах оптимуму [45], Закон оптимуму зображено на рисунку 1.3.

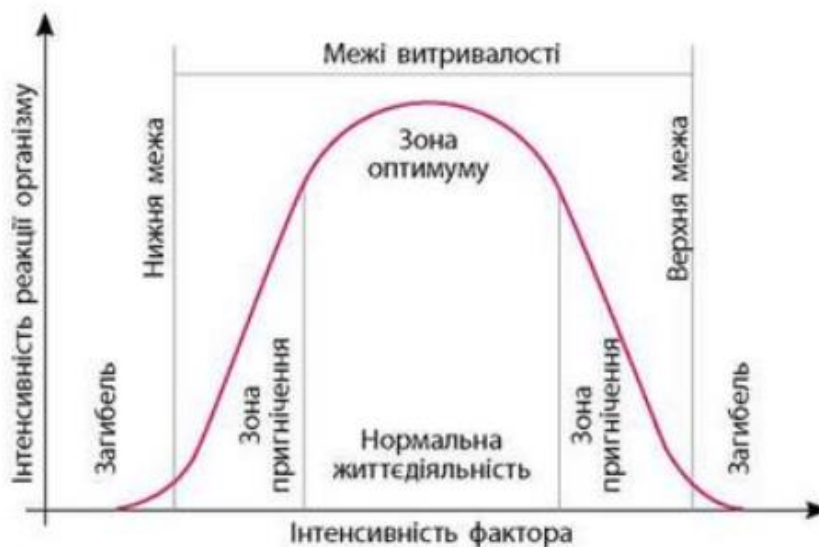


Рис.1.3 – Графічне зображення закону оптимуму.

Розрізняють пряму і не пряму біоіндикацію. Пряма біоіндикація, це коли зовнішній фактор впливає безпосередньо на живий організм. У випадку коли вплив іде лише після зміни стану під впливом інших елементів, що задіяні в процесі то це непряма біоіндикація. Також виділяють чутливі біологічні індикатори, це такі організми, які реагують відразу на дію зовнішнього фактору, в свою чергу кумулятивні біологічні індикатори накопичують в собі різноманітні забруднення без швидких змін своєї структури.

При дослідженні природи і природних явищ, можна виділити безліч біоіндикаторів, оскільки всі процеси в ній йдуть безперервно і тісно пов'язані між собою.

Вчені виділяють 6 видів чутливості біологічних індикаторів.

- Вид 1 - біологічний індикатор, після впливу дає певну разову помітну реакцію, після чого втрачає можливість бути індикатором;
- Вид 2 - біологічний індикатор після впливу дає певну разову помітну реакцію, яка на відміну від першого виду, продовжується певний час, після чого звершується;
- Вид 3 біологічний індикатор реагує як і в першому виді, але помітна реакція зберігається довгий час

- Вид 4: - біологічний індикатор - після короткочасної сильної реакції відбувається згасання реакції, напочатку сильніше потім повільніше;
- Вид 5: - біологічний індикатор реагує обернено четвертого виду, тобто реакція починається повільно і з часом розганяє свою швидкість;
- Вид 6: - біологічний індикатор реагує як і в 5 виді, але така реакція повторюється декілька разів.

В сучасній науковій літературі виділяють два методи проведення біоіндикації, активне і пасивне спостереження. При пасивному моніторингу досліджується живі організми, що вільно існують в природному середовищі, досліджується їх стан, нетипові ознаки, яких вони зазнали через антропогенні фактори без втручання у їх життєдіяльність, при активному ж моніторингу, дослідження відбувається на живих організмах, на які відбувається зовнішнє втручання [45]

Підсумовуючи роль і мету досліджень біологічних індикаторів, можна дійти висновку, що головна мета проведення таких досліджень, це виявлення живих організмів чи угруповань, які б об'єктивно реагували на вплив антропогенних факторів.

1.4. Комахи – як біоіндикатори

При оцінці впливу людської діяльності на різноманітні біогеоценози, комахи стають незамінними індикаторами, оскільки вони постійно відчують на собі вплив забруднювачів, що містяться в зовнішньому середовищі. Враховуючи фізіологію і морфологію комах, зокрема побудову і структуру їх тіл (від надскладних до зовсім примітивних), відрізняються великими видовою різноманітністю, вони досить чутливі до навіть незначних змін в довкіллі, а тому незамінні при оцінці впливу різноманітних токсикантів на біогеоценози.

Використання різних видів комах як індикаторних організмів називається Ентомобіоіндикацією.

При виборі комах як піддослідних об'єктів ентомобіоіндикації для дослідження, використовують такі вимоги, як низька міграція, легкість збору в природі, велика площа ареалу, пластичність виду, добра вивченість виду, можливість відібрати достатню кількість організмів для проведення лабораторних досліджень.

Видів і угруповань комах, які можуть виступати біологічними індикаторами при здійсненні ентомобіоіндикації, досить велика кількість. На рисунку 1.4 відображені деякі представники зі світу комах, що можуть використовуватись як біоіндикатори довкілля.



Сарана перелітна
(*Locusta migratoria*)



Сонечко семикрапкове
(*Coccinella septempunctata*)



Совка озима
(*Agrotis segetum*)



Робоча мурашка
(*Formica rufa*)

Рис.1.4 – Представники комах, що можуть використовуватись як біоіндикатори довкілля

Коли відбувається визначення екологічного стану біогеоценозу, такі характеристики популяцій комах мають значення:

- чисельність відособленої групи комах (вплив зовнішніх факторів призводить до того, що одні угруповання певної популяції комах збільшуються, а інші зменшуються, наприклад в здорових і сильних сім'ях бджіл, загальна кількість бджіл у сім'ї може сягати до 100 тисяч особин одночасно, в той же час в слабкій сім'ї цей показник може бути значно нижче показника у 20 тисяч особин);
- графічна інтерпретація щільності популяції і коефіцієнта розмноження;
- модифікаційна мінливість – коли змінюється не генотип, а змінюється експресія генів (зміни носять пристосувальний характер, як реакція на умови навколишнього середовища);
- розподіл популяції на особин жіночої і чоловічої статі (можна за індексом співвідношення статей визначити антропогенний вплив);
- рівень асиметрії тіл деяких комах;
- розподіл комах у біогеоценозах;
- зміни морфологічних ознак всередині виду чи однієї популяції;
- сезонна динаміка дорослих розвинених комах;
- різноманітність форм імаго в рамках одного виду, а також чисельності окремих груп комах (так при навіть незначному антропогенному впливі кількість еврибіонтних видів збільшуються, в той час як кількість стенобіонтних зменшується);
- визначення груп комах по впливу на них людської діяльності (взагалі всіх комах можна розподілити на три групи, тих які зустрічаються лише в природних умовах і зазнають значного впливу – Антропофобні, тих які зустрічаються в антропогенних умовах і є стійкими до людського впливу – Антропофільні форми і тих які можуть існувати як в природних так і антропогенних умовах – Антропоіндиферентні види. При чому в кожному групу можна розділити на дві підгрупи, види із високою чисельністю груп та види із низькою чисельністю).

При проведенні ентомологічної біоіндикації необхідно провести вивчення біологічних параметрів майбутнього біоіндикатора. На наступному етапі складається комплексна програма діагностики біогеоценозу, яка має включати тестову систему для аналізу стану такого біогеоценозу. Вона заснована на характеристиках набору біологічних показників комах і їх реакції на забруднення навколишнього середовища. Необхідно звернути увагу, що деякі види популяцій комах, що відбираються для біоіндикації обмежені і це необхідно враховувати при здійсненні складання програми.

Використання комах для проведення ентомологічної біоіндикації може бути досить різноманітним, наприклад:

Одними із комах, які є досить чутливими біоіндикаторами до антропогенних впливів є метелики, в зв'язку із чим зміни в їх популяціях часто використовують як індикатори зміни в біогеоценозах. Завдяки своїм органам сприйняття метелики здатні пересуватися в просторі та вловлювати різні запахи і незначні коливання в повітрі. Трансформація в метелика із гусениці, є важливим індикатором екологічного стану довкілля. Кількість та ареал поширення метеликів вказує на різні аспекти екосистеми, такі як якість атмосферного повітря, кормової бази (пилок рослин) природних водойм та ґрунту. Використовуючи метеликів при дослідженні, можна виявляти потенційні екологічні проблеми в довкіллі.

Твердокрілі, або жуки (*Coleoptera* Linnaeus, 1758), які за мільйони років зуміли заселити всі можливі ґрунтові та водні екологічні ніші, є важливою складовою біогеоценозів. Відтворення і збагачення рослинного світу досить сильно залежить від жуків. Твердокрилі можуть бути індикаторами на забруднення ґрунту хімічними речовинами або наявності в ґрунті металічних домішок.

Наступна велика родина комах які є гарними біоіндикаторами, це мурахи, або мурашки (*Formicidae*) зміна їх популяції, кількості, розміру і навіть забарвлення можуть свідчити про антропогенні впливи та вказувати на забруднення території токсикантами. Також було виявлено, що на ділянках де

присутні полютанти спостерігаються такі зміни у мурах, зокрема зміни форми тіла, зміна популяції, кількості личинок, кількості робочих мурах та мурах воїнів.

Розмноження різних видів комах, також може слугувати для проведення біоіндикації. Як правило при впливі токсикантів на живий організм, плодючість зменшується, але наприклад у сарани під дією сулеми кількість яєць у кладці зростає. В свою чергу у медоносної бджоли під впливом пестицидів значно зменшується розплід, а його життєздатність значно знижується.

Також, як вже зазначалось, у комах можна спостерігати ряд морфологічних змін на забруднених ділянках, таких як: зміни пропорцій і розмірів, зміна забарвлення, різноманітні мутації, зміна покривів. Наприклад у дорослої особини двокрапкового сонечка частка повністю чорних форм в навколишньому природньому середовищі, яке не забруднене токсикантами, зазвичай становить до 3 %, а в районах забруднених цей показник зростає та практично напіву залежить від рівня забрудненості.

Особливості онтогенезу, також можуть слугувати для біоіндикації, так у тих же метеликів при впливі на них токсикантів частка гусениць, які стають лялечкою знижується, а тому знижується і процент імаго. В свою чергу у Совки озимої при впливі одних хімічних речовин личинкова стадія скорочується у часі, а при впливі інших подовжується.

Медоносна бджола є одним із найкращих біоіндикаторів в природі, оскільки цей вид досить детально вивчений, а також досить чутливий до змін в навколишньому природному середовищі, зокрема до забруднень атмосферного повітря, ґрунтів і рослин, і можуть вказувати на проблеми в окремих біогеоценозах.

Необхідно звернути увагу, що різні популяції і різновиди комах відображають різні аспекти біогеоценозу, а тому необхідно використовувати різні види комах для повної характеристики стану екосистеми.

1.5. Бджоли як індикатори забруднення навколишнього природного середовища

Медоносна бджола (*Apis mellifera*) – це комаха, родини справжніх бджолиних (*Apidae*), ряду перетинчастокрилих. Єдині комахи, яких вдалося одомашнити людині це медоносна бджола та гусінь шовкопряд. Медоносна бджола широко розповсюджена на всіх континентах (крім Арктики, Антарктиди та пустелі Сахара).

Медоносна бджола (*Apis mellifera*) в різних природних умовах свого існування зображена на рисунку 1.5.



Рис. 1.5 Медоносна бджола (*Apis mellifera*) в різних природних умовах

Природа подарувала бджолам надійний захист, а саме систему з власними механізмами захисту як окремих особин, так і цілої сім'ї, яка досить гнучка і може пристосовуватись до зміни умов навколишнього природного середовища.

Індивідуальний захист особини забезпечують відповідні клітини кишечника і залози внутрішньої секреції, які виробляють рідини для відокремлення сторонніх тіл, розчинення і виведення їх з організму. В свою чергу у личинок бджіл, такого захисту немає, а тому бджоли-годувальниці стежать за тим, щоб вони потрапляли до личинок разом із їжею [42].

З метою захисту сім'ї, бджоли використовують груповий захист який, забезпечує безпеку і можливість існування їх як виду. До групових захистів, можна віднести:

- збивання в зграї (для захисту вулика чи переселення на нове місце молоді сім'ї);
- гігієнічне прибирання вуликів (бджоли викидають назвні померлих особин);
- підйом бджіл із заражених гнізд;
- розвиток сімей до оптимальних кількостей;
- накопичення запасів меду на зиму;
- можливість виживання при високих і низьких температурах (при перегріванні вулика бджоли машуть крильцями і знижують температуру, виносять температуру на своїх тілах, коли ж температури занижкі, бджоли збиваються у купи і стають як єдиний організм, зберігаючи тепло всередині [26].

Однак в умовах інтенсивного антропогенного забруднення природного середовища загальна опірність і адаптаційні можливості бджіл значно знижуються, що призводить до зростання їх захворюваності, іноді навіть новими і маловивченими хворобами.

За даними Реєстру пасік в Україні, у 8% господарств міститься до 10 бджолиних сімей, у 39% - до 30 сімей, у 24% - до 50, у 20% - до 100, у 7% - до 200, і лише 2 % господарств мають понад 200 сімей. Всього ж на території нашої Держави офіційно зареєстровано станом на серпень 2024 року 2 702,5 тисячі бджолиних сімей.

Використання бджіл і продуктів їх життєдіяльності в якості біологічних індикаторів є досить розповсюдженим напрямком екологічного моніторингу. Унікальна будова цього організму, його постійний зв'язок з довкіллям, фізіологічні особливості життєдіяльності, умови і способи харчування дозволяють відстежувати не тільки тимчасовий вплив забруднюючих речовин, але і моніторити процес у часі.

Оцінка довкілля із використанням бджіл та продуктів бджільництва в науці має термін «Апімоніторинг». Апімоніторинг – це моніторинг із використанням біологічної індикації на основі аналізу та характеристик медоносних бджіл, функціонування їх сімей, а також накопичення полютантів організмами бджіл і продуктами бджільництва.

Медоносні бджоли, при контакті із токсикантами можуть показувати дослідникам про наявність хімічного забруднення, як прямим методом – своєю загибеллю та непрямим, коли бджоли акумулюють в своїх організмах та продуктах бджільництва частинки хімічних речовин, які можна виявити провівши відповідні лабораторні дослідження із використанням реактивів.

Апімоніторинг доцільно застосовувати при аналізі забруднюючих речовин, що містяться в ґрунті, рослинах, атмосферному повітрі, воді, а також в продуктах бджільництва. Бджоли, не тільки оптимальні біоіндикатори, вони ще можуть виступати пасивними біоаккумуляторами, накопичуючи в своїх тілах різноманітні забруднювачі, що робить їх незамінними при моніторингу великих територій, особливо у районах із слаборозвиненою інфраструктурою.

Необхідно зазначити і про наступне, для виробництва 1 чайної ложки меду, необхідно життя 1 бджоли, оскільки вона може зробити за своє життя приблизно 80-120 вильотів, а для виробництва 1 літра меду, необхідно понад **100 тисяч вильотів**. Також хотілося б звернути увагу, на те що період життя бджоли в період медозбору, складає приблизно 1 місяця, з яких до 22 днів (звісно із перервами на відпочинок) бджоли добувають мед і можуть літати в радіусі до 7 км і за цей період організм бджоли, в результаті поглинання нектару і пилку, може накопичити значну кількість токсиканів. В середньому одна сім'я

бджіл складається із 50 тисяч особин (від 20 до 80 тисяч). Враховуючи все це бджоли охоплюють такі площі і території, які майже ніхто із інших наземних біоіндикаторів не може охопити, а результати апімоніторингу для аналізу людського впливу на довкілля в ареалі льоту бджіл є досить репрезентативними.

Оскільки бджоли є універсальним біоіндикаторами, їх можна використовувати для апімоніторингу у різних екосистемах, зокрема і на урбанізованих територіях, також і для виявлення антропогенного забруднення пестицидами, важкими металами, радіонуклідами, та наночастинками. При цьому такий моніторинг може застосовуватись прямо у вулику і бути простим і недорогим. Аналізуючи сучасні дослідження апімоніторингу, можна дійти висновку, що *Apis mellifera* та продукція бджолярства здатні накопичувати деякі важкі метали, отруйні хімічні сполуки і забруднювачі, пестициди та навіть радіактивні речовини[40]. Забруднення важкими металами території України з кожним роком зростають, а починаючи із початку злочинного повномасштабного вторгнення російської федерації в Україну в лютому 2022 року їх кількість значно зростають, в довкіллі з'являються хімічні сполуки, яких раніше не було в природі.

В свою чергу сільгоспугіддя забруднюються за рахунок шкідливих викидів промислових підприємств, а також від машин, що рухаються по автомобільних дорогах та внаслідок використання хімічних добрив, зокрема селітри, інсектицидів і отрутохімікатів. Суб'єкти господарювання, які займаються виробництвом із великою навантаженням на довкілля, працюють не лише у промислових зонах і великих містах, а й неподалік селищ, і навіть зелених зон, лісів та місць куди пасічники вивозять свої вулики.

Основний забруднювач вод сульфатами, важкими, металами, фенолами і нафтопродуктами це чорна металургія.

Підприємства по виробництву кольорових металів викидають в атмосферу не тільки отруйні гази, а і солі металів, в зв'язку із чим забруднюють навколишнє природне середовище кислотами, металами (миш'як і свинець).

Головним джерелом насичення атмосферного повітря окисом азоту та сірчаним ангідридом, які дуже шкідливо впливають на життєдіяльність бджіл є хімічна промисловість.

Також в місцях де немає великих промислових забруднювачів, значного удару по бджолам завдає й автотранспорт, який викидає в атмосферу свинець, кадмій, цинк, окис вуглецю, що змінює рівень цих елементів у рослинах з яких бджоли збирають пилок і нектар, навіть якщо сім'ї бджіл проживають в 1 кілометрі від автотраси. Сила з якою ці токсикани діють на бджіл, на пряму залежить від їх зон розсіювання, а також від ландшафту території, автотранспорту який курсує цими дорогами та кліматичних умов.

Виведення ж з ґрунту, таких токсикантів як свинець, кадмій, ртуть досить повільне. В свою чергу якщо такі токсикани надходять довгий період часу хоч і в невеликих кількостях, то їх концентрація в ґрунті, а згодом і в рослинах може набувати критичних показників, в тому числі в пилку і нектарі. Враховуючи зазначене, такі забруднювачі включаються у ланцюг живлення, бджіл та людини в системі ґрунт – медоносна рослина – бджілка – продукти бджільництва – людина.

РОЗДІЛ 2

УМОВИ ТА МЕТОДОЛОГІЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Місце та об'єкт проведення досліджень.

Дослідження буде провадитись на околиці міста Погребище (фотографічні зображення пасіки на околиці міста Погребище – Додаток Б.1) та поблизу с. Гопчиця в лісостеповій зоні, (фотографічні зображення пасіки поблизу с. Гопчиця – Додаток Б.2) Погребищенської територіальної громади, Вінницького р-н, Вінницької обл., які межують між собою.

2.1.1. Природно-кліматичні умови с. Гопчиця та м. Погребище Погребищенської територіальної громади

Погребищенська територіальна громада розташована в північно-східному секторі Вінницької області України. Територія Погребищенської громади розташована в лісостеповій зоні Подільсько-Дніпровського регіону, на Придніпровській височині на північному заході і в Липовецько-Погребищенському районі.

Погребищенська територіальна громада межує на сході з Київською областю, на півдні із Тульчинським і Хмільницьким районами, на півночі з Житомирською областю, а на заході із Жмеринським районом Вінницької області.

На території Погребищенської громади біля міста Погребище та с. Гопчиця поширені ліси в яких проростають дуби, граби, акації, липи, ясені, клена та в'язи.

Клімат в Погребищенській територіальній громаді — помірноконтинентальний, середня температура в січні: -6°C , середня температура липня: $+20^{\circ}\text{C}$. Даний клімат відносять до помірного та до добре зволоженого, та удосталь теплозабезпеченого клімату.

Найхолодніший місяць на території Погребищенської громади вважається січень місяць, найтепліший місяць року вважається липень. Протягом року середні коливання температури не перевищують 23-25 °С. Під впливом повітряних континентальних мас іноді можна спостерігати зниження температури в деякі дні до -33...-38°С, а літом – підвищення температури до +37 °С, найвищі температурні показники можна спостерігати у липні та серпні місяці.

На території Погребищенської територіальної громади середньорічні суми опадів складають близько 520-590 мм. Більшість опадів випадає з травня по липень — майже 75-80% річних опадів. Саме менше опадів приходить на зимові місяці, в цю пору року випадає 20-25% опадів від усіх річних опадів. З грудня по лютий місяці випадає приблизно 60-85 мм опадів.

Також можна відмітити, що перехід від однієї пори року до іншої проходить помалу, що немаловажно для аграрного регіону.

Коли добова температура повітря стає вище 0 °С це є ознакою початку весни. Найчастіше це відбувається у другій половині березня і весна триває приблизно до двох місяців.

У першій половині квітня температура повітря стає вище +5 °С, а в кінці квітня температура піднімається вище +10 °С. Літо починається десь з другої половини травня та триває до першої половини вересня, денні температури у травні можуть коливатися від +18 до +20°С, у липні від +21 до +25 °С. Саме в цей же час випадає найбільше опадів за сезон.

Чим ближче осінь, тим менше опадів. Осінь починається з переходом середньодобової температури за +10°С в сторону зниження температури. Настання осені (найчастіше це перша половина жовтня місяця) супроводжується загальним зниженням температури повітря, заморозками і зазвичай зменшенням кількості опадів. Осінь закінчується в кінці листопада, коли середньодобові температури знижуються за 0 °С в сторону мінусових температур.

Погребищенська територіальна громада у Вінницькій області вважається аграрним регіоном, а тому стан біологічних та кліматичних умов є важливими фактором для збалансованого розвитку сільськогосподарських угідь, а клімат в Погребищенській громаді є сприятливим для проведення сільськогосподарських робіт та виробництва: вельми тривале тепле та достатньо вологе літо, рання тепла весна, суха осінь та зима з помірними морозами та значними сніговими покривами, якнайкраще впливає на вирощування зернових, культурних, технічних та садових культур. Загальний екологічний стан, біологічні та екологічні умови є оптимальним для вирощування більшості видів аграрної продукції.

Поблизу с. Гопчиця в лісостеповій зоні та на околиці міста м. Погребище Погребищенської територіальної громади, Вінницької області розташовані дві пасіки, на яких проводилися дослідження. В залежності від розташування пасіки, медоносних умов, екологічних умов показники на даних пасіках будуть відрізнятися.

Пасіка на околиці міста Погребище, Вінницької області розташована в великому місті та поблизу автомобільної дороги з інтенсивним транспортним рухом, по якій окрім приватних легкових автомобілів, також дуже часто проїжджають великі вантажні автомобілі, які спричиняють велике навантаження на місцеві біогеоценози.

Пасіка яка знаходиться поблизу села Гопчиця розташована на окраїні села, біля лісу, де відсутні промислові виробництва та мінімальний рух автотранспорту.

Головними медоносами даних пасік є лікарські рослини, верби різних видів, липа та акація, та сільськогосподарські рослини, які вирощують тутешні фермери. Розташування пасік зображено на Рисунку 2.1.

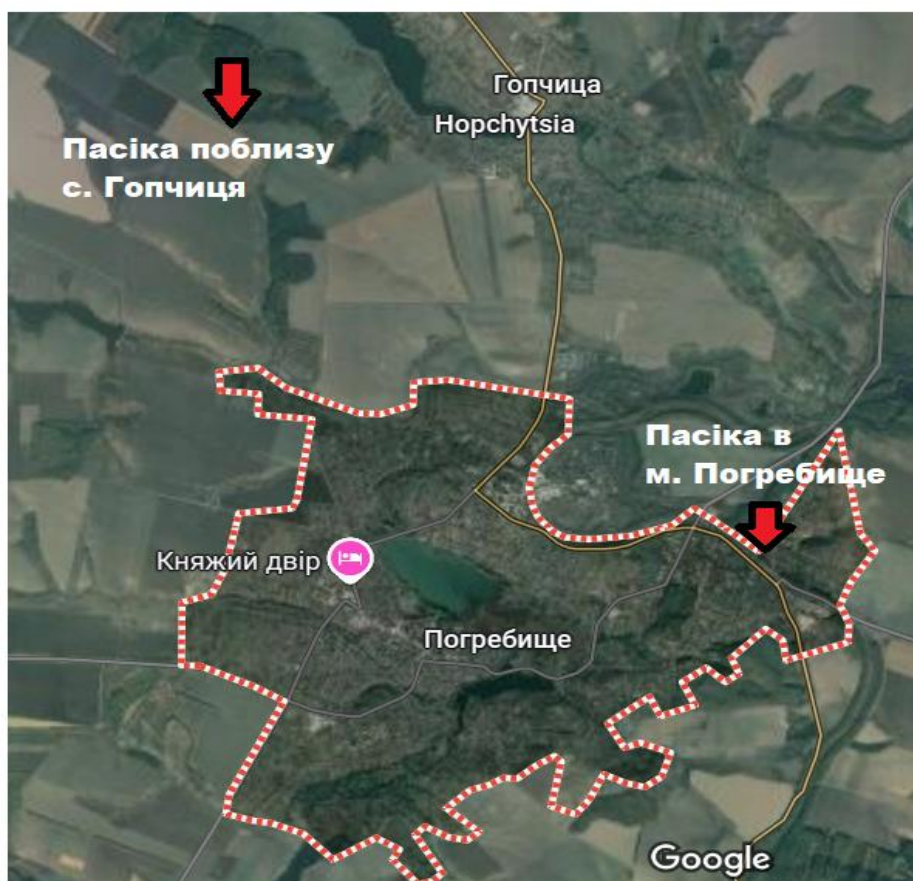


Рис. 2.1. Розташування пасік на яких будуть провадитись дослідження

2.1.2. Екологічний стан довкілля с. Гопчиця, та м. Погребища Вінницького р-н, Вінницької обл.

Антропогенне забруднення довкілля, та в тому числі атмосферного повітря на території Вінницької області може бути зумовлено як природними забруднювачами так і штучне антропогенним впливом на довкілля. До природних забруднювачів повітря можна віднести дим від лісових, степових пожеж, пилок квіткових рослин, вітрові ерозії та ін. До штучного забруднення завжди можна віднести викиди, які пов'язані із діяльністю людини, це викиди ТЕЦ, заводів, фабрик, вихлоп автомобілів, пічне опалення будинків та ін.

Погребищенську територіальну громаду, та і вцілому Вінницьку область можна вважати, як порівняно благополучний регіон з набагато меншим, ніж в інших промислових областях, рівнем екологічного забруднення довкілля.

По останніми опублікованими статистичними даними, які ми можемо знайти, у 2023 році у повітря Вінницької області від промислових підприємств потрапило 78 тис.т. шкідливих речовин. Порівнюючи дані з 2022 роком кількість викидів в повітря зменшилась на 21 тис. т.

У 2022-2023 роках, так же як і в попередні роки, основними шкідливими речовинами, що забруднювали повітря залишилися сполуки сірки та вуглецю (приблизно 80 %).

Сама велика кількість викидів шкідливих речовин, а це 71 % припадає на викиди від промислових джерел міста Ладижин (Ладижинськ ТЕС). Також високий відсоток припадає на Тульчинську громаду (4,1%), Тростянецьку громаду (3,5%) також в цей список попало і м. Вінниця (2,6%).

В Вінницькій області головними забруднювачами навколишнього середовища можна відзначити підприємства енергетичної промисловості, підприємства переробної промисловості, сільськогосподарські підприємства, а також транспортні підприємства.

Від промислових підприємств кількість викидів шкідливих речовин на протязі 2023 року у розрахунку на квадратний кілометр території Вінницької області складала приблизно 2,9 т. На одного жителя області в середньому припадає 52 кг викинутих шкідливих речовин у повітря.

За даними ДУ «Вінницького обласного лабораторного центру МОЗ України» 6,9 % проб повітря, які були відібрані в міських та сільських місцевостях, за вмістом не відповідали в них ГДК таких шкідливих речовин, як пил, оксид вуглецю, азот діоксиду, фенол та його похідних, формальдегід.

У цілому ,можна сказати, що за останній період забруднення шкідливими речовинами навколишнього природнього середовищ в Вінницькій області змінився на краще, більшість показників, що відслідковувались були нижчі порівнюючи їх з попередніми роками. Виняток становив лише діоксид азоту, по якому відбулось зростання максимальних і середніх концентрацій а також сполуки важких металів за рахунок викидів щорічного зростання кількості автотранспорту в регіоні.

2.1.3. Основні джерела забруднення с.Гопчиця та Погребищенського р-н Вінницької обл.

Динаміку викиду токсикантів в атмосферне повітря у Вінницькій області на протязі 2014 - 2022 років можна побачити на рисунку 2.2.

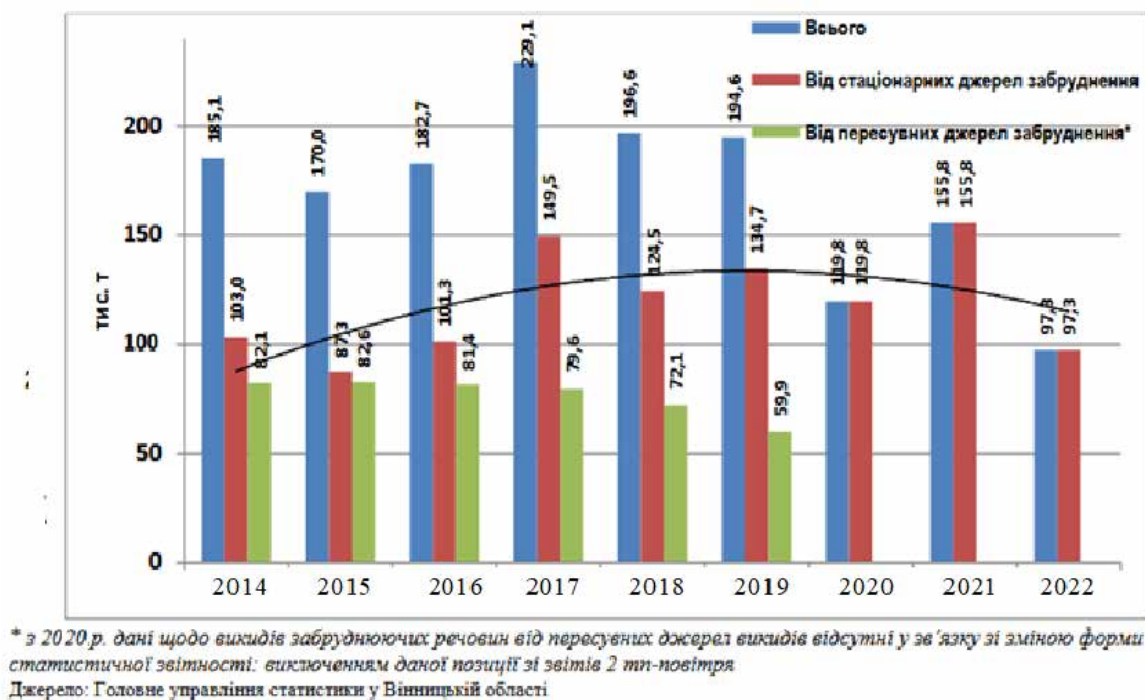


Рис. 2.2 Динаміка викиду токсикантів в атмосферне повітря у Вінницькій області

Аналізуючи графік можна відмітити зміну кількості викидів шкідливих речовин в навколишнє природне середовище від промислових та стаціонарних джерел (промислові енергетичні підприємства, транспортні підприємства тощо). Майже половину всіх викидів шкідливих речовин в довкілля в Вінницькій області здійснюють джерела, що рухаються, з них більша частина припадає на автомобільний транспорт, це зв'язано з тим, що збільшилась кількість автомобільних транспортів в Вінницькій області.

За даними Державної служби статистики України у Вінницькій обл. у 2022 році у повітря Вінницької області від промислових та стаціонарних джерел забруднення повітря потрапило 97 тис.т шкідливих речовин (дані без урахування викидів діоксиду вуглецю).

Основним забруднювачем Вінницької області, кількість видиків забруднюючих речовин якого склала 77,6% (75,4 тисячі тон) припадає на Ладижинську ТЕС (місто Ладижин). Також, високий відсоток викидів до загального обсягу належить Тульчинській громаді (4,1%) та Тростянецькій громаді (3,5%), і також місто Вінниця (2,6%). Середня кількість викидів забруднюючих хімічних речовин від промислових джерел, у розрахунку на квадратний кілометр, на протязі 2022 року становила 3,8 т. Як вже було сказано вище, найвища кількість викиду забруднюючих речовин припадає на місто Ладижин (3342 т) із за Ладижинської ТЕС та «столицю області» місто Вінницю 36 т, трохи менше на місто Жмеринку - 15 т, Хмільник - 7,3 т, Козятин - 6,6 т, Тростянецький - 3,7 т та Тульчинський - 3,6 т райони. В перерахунку на одну людину, яка проживає в цій області, припадає до 62 кг викинутих у повітря забруднюючих речовин за рік.

З вище сказаного можна зробити висновки, що основними об'єктами, які викидають в навколишнє середовище найбільше токсикантів в атмосферне повітря в області є підприємства енергетики, сільськогосподарські та переробні підприємства, а також транспорт та логістичні компанії.

Аграрний сектор в Вінницькій області, є провідною галуззю економіки цієї області. Виробничу діяльність в області провадять 98 аграрних підприємств, в тому числі фермерських господарств – 71. Основними виробничими напрямками цих підприємств є зерново-буряковий, тваринництво та птахівництво. Основні культури, які вирощуються в регіоні це цукрові буряки, пшениця, соняшник, соя, в меншій мірі ячмінь та кукурудза.

Підприємства інфраструктури Погребищенської громади складаються із СТО – 21 шт., АЗС – 3 шт., організації по перевезенню пасажирів – 9 штук.

Підприємства харчової промисловості: ТОВ «Ржевуськ Млин», ТОВ «Ярен Башак», ТОВ «Росічі», ТОВ «Птахівничий комплекс «Веремій» - які займаються виробництвом хлібобулочних продуктів, муки, круп та м'яса птиці.

В своїй життєдіяльності Погребищенська територіальна громада виробляє цілий спектр відходів, класифікацію яких можна побачити на рисунку 2.3.

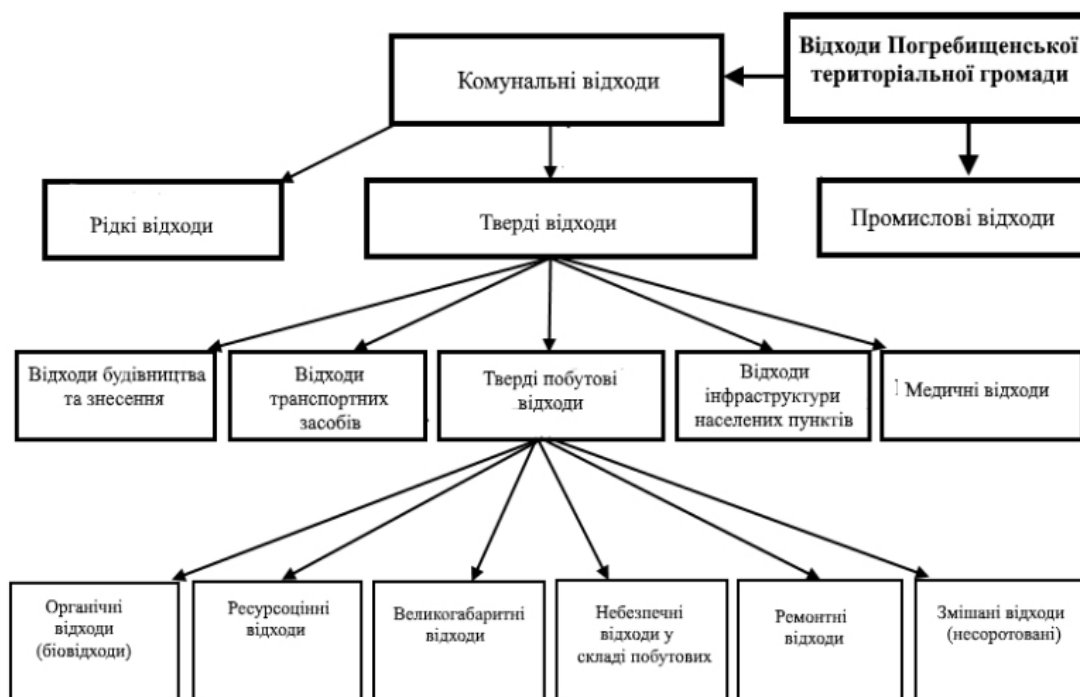


Рис. 2.3 Класифікація відходів Погребищенської громади

2.2. Методи досліджень

Методика дослідження біогеоценозів за допомогою апімоніторингу (аналізуючи бджіл, їх сім'ї, а також хімічний склад продуктів бджільництва) включає в себе:

- визначення місць проведення досліджень – це самий початковий етап проведення дослідження, на якому визначають конкретне місце або місця проведення досліджень та аналізують доступну літературу щодо природних і антропогенних особливостей відповідної території;
- методів відбору та транспортування, зберігання матеріалу, який буде аналізуватись (проби необхідно обов'язково брати із різних вуликів);
- методів аналізу на вміст забруднювачів;
- методів обробки результатів.

З метою вивчення ступеню забруднення біогеоценозу у аналізованому регіоні важкими металами, проводили відбір ґрунту, медоносних рослин, продуктів бджільництва, зокрема меду та бджіл.

Дослідження було спрямовано на вивчення забруднення організмів бджіл і їх сімей важкими металами, такими як кадмій, цинк, мідь, залізо, хромом і свинцем в різних місцях Погребищенської територіальної громади, в тому числі було проаналізовано забруднення хімічними речовинами продуктів бджільництва. З'ясовано, як відрізняється вміст важких металів, зібраних в різних місцях Погребищенської територіальної громади. Також проаналізовано міграцію важких металів від бджоли до продуктів бджільництва.

Вивчення концентрації важких металів у продуктах бджільництва на досліджуваних пасіках та ступінь переходу у трофічному ланцюгу проводили згідно схеми досліджень рисунок 2.4.

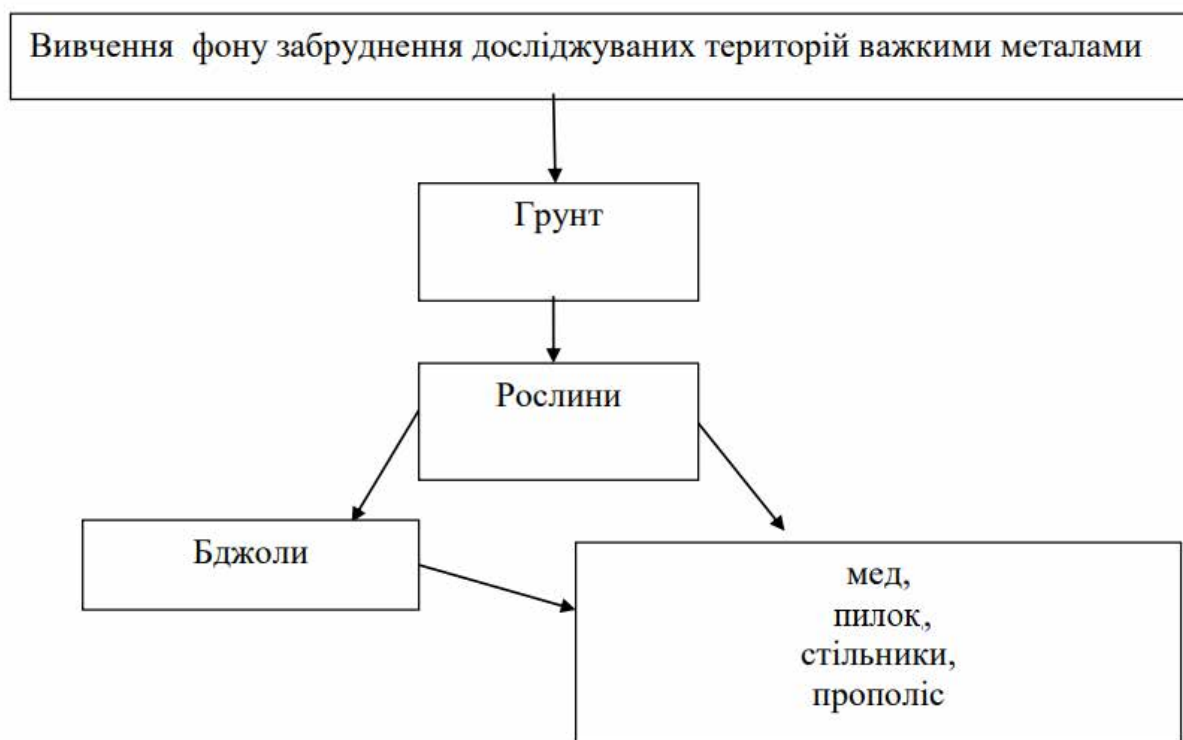


Рис 2.4. Схема переходу важких металів у трофічному ланцюгу продукції бджільництва

Дослідження з вивчення рівня забруднення біогеоценозу металами по ланцюгу споживання: ґрунт – медоносна рослина - бджілка - продукти бджільництва проводилось на двох пасіках.

Поблизу с. Гопчиця та на околиці м. Погребище Погребищенської територіальної громади, Вінницької області розташовані дві пасіки, на яких проводилися дослідження, на яких було сформовано 2 групи сімей аналогів:

- Бджолині сім'ї першої групи, що аналізувались перебували на пасіці в околиці м. Погребище, Вінницької області. Дана пасіка розташована в великому місті та поблизу автомобільної дороги з інтенсивним транспортним рухом, по якій окрім приватних легкових автомобілів, також дуже часто проїжджають великі вантажні автомобілі, які спричиняють велике навантаження на місцеві біогеоценози;
- Бджолині сім'ї другої групи, що аналізувались перебували на пасіці поблизу села Гопчиця. Дана пасіка розташована віддалено від села, біля лісу, де відсутні промислові виробництва та мінімальний рух автотранспорту, а автомобільна дорога знаходиться в декількох кілометрах.

Досліджень зразків відбувалось у лабораторії «Наземних екосистем» кафедри екології агросфери та екологічного контролю та в навчально-науково-виробничій лабораторії «Оцінка впливу на довкілля» Національного університету біоресурсів і природокористування України.

Проби для проведення всіх необхідних досліджень, з метою виявлення важких металів проходило згідно з методичними вказівками з відбору проб [27].

Зразки ґрунту відбирались методом «середньої проби ґрунту» (до 20 см) [51]. Для аналізу медоносних рослин, брались зразки генеративних органів квітів, які відбиралися в період цвітіння методом «середньої проби» [51]. Оцінка стану сільськогосподарських угідь проводилася на підставі матеріалів екологічної та пестицидної паспортизації полів та земельних ділянок.

Бджілки відбирались з їх сімей для апімоніторингу довкілля шляхом формування піддослідних сімей-аналогів:

- проживання сімей у вуликах однієї системи «Однокорпусний »;
- сім'ї однаково сильні;
- для аналізу брались бджоли «однієї породи» – українська степова;
- запаси кормів у рамках однакові.

Нами було проаналізовано вміст хімічних елементів у ґрунті, медоносних рослинах, меді та бджолах.

При дослідженні із кожного вулика вилучали не менше 20 бджіл середніх рамок, для аналізу меду і розплоду також із центру вулика діставалось пару сот меду із запечатаним зрілим медом, і спеціальним інструментом і гострим лезом вирізали шматочки сот розміром 10x15см, вагою приблизно в 110 г.

Так як при взятті меду в таких об'ємах, як зазначено вище, його загальні об'єми будуть сягати декількох десятків кілограм, для зменшення кількості аналізованого матеріалу, з одночасним збереженням репрезентативності проведених аналізів відбір меду проводився по такому принципу: проби брались із вуликів які стоять на початку та кінці пасіки, а також декількох вуликів у середині пасіки. З метою збереження репрезентативності моніторингу, обирались різні сорти меду, які легко визначити за кольором (так мед з ріпаку та акації світло жовтий, майже прозорий, розрізняється швидкістю застигання, ріпаковий застигає майже миттєво, акацієвий майже не загустіває із часом, соняшниковий мед яскраво жовтого кольору, гречаний мед відрізняється своїм темним кольором, липовий мед має зеленуватий відтінок), а також за смаком і ароматом (у справжньому меді відчувається аромат тієї рослини, з якого його зібрали).

Концентрація важких металів у всіх зразках які аналізувались здійснювали на атомно-адсорбційній спектрометрії, який можна побачити на фото у Додатку Б.3 (за методом кількісного визначення елементного складу речовини, використовуючи атомні спектри поглинання)[51].

Принцип дії атомно-абсорбційного спектрофотометра полягає в наступному, розчин сполук, які аналізуються у вигляді водного аерозолу, вводять у полум'я горілки. Під дією полум'я відбувається випаровування

розчинника, плавлення та осідання проби, термічна дисоціація молекул та заснування вільних атомів. В свою чергу вільні атому поглинають випромінювання від джерела, а на наступному етапі відбувається вимірювання поглинання світла атомами елемента, що аналізується, та реєстрація таких показників

Проведення дослідження відбувається наступним чином:

На початковому етапі готується буферний розчин, для приготування якого необхідно 108 мл 98% оцтової кислоти (CH_3COO) та 75 мл 25% розчину гідроксиду амонію (NH_4OH) додати до 800-900 мл дистильованої води, після чого перевірити рівень кислотності та за необхідності, довести його до рН 4,8, після чого розчинити дистильованою водою до 1 л. Хімреактиви приготування буфера повинні бути особливої чистоти.

Надалі проби розташовують у колби ємністю 100 мл, доливають 50 мл буферного розчину, який був підготовлений на попередньому етапі. Отриману суспензію перемішують протягом 1 години спеціальним апаратом мішалкою, після чого, для отримання витяжки, суспензія фільтрується через спеціальний складчастий фільтр у пробірку (причому перші порції викидаються, оскільки призначені лише для ополіскування пробірки). Після отримання витяжки виконують концентрування важких металів шляхом випаровування.

На наступних етапах безпосередньо визначається вміст мікроелементів у зразках продуктів бджільництва.

Такий метод є надзвичайно чутливим та специфічним, через те що елементи поглинають випромінювання тільки у надзвичайно вузьких специфічних ділянках світлового спектру, але у цьому його головна перевага перед іншими методами досліджень. При контролі забруднення біогеоценозів важкими металами атомно-абсорбційний метод займає одне із лідируючих місць, оскільки дозволяє дослідити порядку 70 хімічних елементів, особливо ефективно використовується для аналізу таких металів як Pb, Zn, Cd, Hg, As, Si, Co, Ca, Fe, Mg, Mn, K, Se, Cu.

РОЗДІЛ 3

АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ АНТРОПОГЕННОГО ЗАБРУДНЕННЯ БІОЦЕНОЗІВ ПОГРЕБИЩЕНСЬКОЇ ГРОМАДИ

Насьогодні автотранспорт є одним з основних забруднювачів довкілля, внаслідок забруднення навколишнього природного середовища вихлопними газами двигунів автомобілів, викидами забруднюючих речовин з АЗС, СТО і підприємств з ремонту та обслуговування автодоріг. Одночасно відбувається забруднення ґрунту і води паливом, електролітом, маслами, розчинниками, миючими засобами.

Вихлопні гази автомобілів являють собою складну суміш, до складу якої входить дві сотні компонентів, серед яких основну частину складають оксид вуглецю, вуглеводні, сажа, формальдегід, свинцеві сполуки та бензапірен.

В рамках проведення дослідження, було відібрано образчики ґрунтів на території Погребищенської громади на вміст важких металів у ґрунті, відібраних на околиці міста Погребище та поблизу с. Гопчиця (в лісостеповій зоні). Результати дослідження показують, що найбільш забруднені свинцем, кадмієм і цинком ґрунти розташовані в околицях місті Погребище поблизу автомагістралі Вінницького району, наведено в Таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Концентрація важких металів у ґрунті, мг/кг

Місце відбору проби	Важкі метали			
	Cd	Pb	Zn	Cu
Пасіка в околицях м. Погребище	0,21	3,54	22,2	1,36
Пасіка поблизу с. Гопчиця	0,15	1,59	21,2	1,27
ГДК	0,7	6,0	23	3,0

У зразках ґрунту зібраних біля пасіки в околицях м. Погребище вміст кадмію був вищим порівняно із зразками зібраними поряд із пасікою поблизу с. Гопчиця, де пасіка розміщена далеко від дороги на 0,06 мг/кг (на 40%).

Концентрація свинцю в той же у зразках ґрунту з пасіки поблизу с. Гопчиця, менша оскільки пасіка знаходиться поблизу лісу і далеко від дороги. Вміст даного елемента найбільший у ґрунті з пасіки в м. Погребище, оскільки пасіка розташована в околицях м. Погребище, недалеко від крупної автодороги.

У зразках ґрунту зібраних в околицях м. Погребище концентрація цинку трохи більша порівняно із зразками зібраними поблизу с. Гопчиця.

Аналізуючі отримані результати можна дійти висновку, що вони лише підтверджують пряму залежність накопичення важких металів у ґрунті під впливом машин на автомобільних дорогах і у містах, а тому необхідна розробка заходів щодо зниження їх вмісту. Одночасно, норми встановлені ГДК не перевищені.

Оскільки ґрунт є основним джерелом надходження важких металів у рослини (частина важких металів осідає разом із пилом), збільшення концентрації хімічних елементів у ґрунті веде до зростання їх вмісту в рослинах, так як із ґрунту рослини отримують всі необхідні поживні речовини, що підтверджуються численними лабораторними дослідженнями.

Забруднення рослин важкими металами відбувається двома шляхами, а саме зовнішнє (осідання на поверхні рослини важких металів разом із пилом, яке залежить від вмісту важких металів в зоні випадання пилу в довкілля) і внутрішнє (надходження в організм рослини насамперед через коріння).

Інтесивність забруднення медоносних рослин, як і ґрунту, була у зразках пасіки в околицях м. Погребище – Таблиця 3.2.

Концентрація кадмію, свинцю та цинку у тканинах рослин за даними проведеного аналізу досягає свого максимального значення в зразках зібраних в околицях м. Погребище, по свинцю проба також зразки із м. Погребища перевищує показники із зразків з с. Гопчиця майже у 2 рази, по кадмію – на 29%.

У зразках рослинності в околицях м. Погребище концентрація цинку була більшою на 6,5, а міді була більшою на 18% порівняно з пробою із села Гопчиця.

Таблиця 3.2

Концентрація важких металів в медоносних рослинах, мг/кг

Місце відбору проби	Важкі метали			
	Cd	Pb	Zn	Cu
Пасіка в околицях м. Погребище	0,055	0,51	17,3	2,19
Пасіка поблизу с. Гопчиця	0,044	0,29	10,8	1,84
ГДК	0,3	5,0	50	3,0

В пробах із пасіки на околиці м. Погребища, був підвищений вміст міді та цинку, це можна пояснити максимальним наближенням до промислових підприємств міста Погребище та автомагістралей, в порівнянні з пробою з с. Гопчиця. Також на це могли повпливати деякі фізіологічні особливості існування медоносних рослин, а також пов'язане із цим різне значення коефіцієнта переходу важких металів з ґрунту в рослини.

В дипломній роботі було також здійснено аналіз вмісту важких металів у меді і продуктах бджільництва, зібраних в різних місцях Погребищенської громади Таблиця 3.3.

Таблиця 3.3

Концентрація важких металів у меді, мг/кг

Місце відбору проби	Важкі метали			
	Cd	Pb	Zn	Cu
Пасіка в околицях м. Погребище	0,034	0,23	1,52	0,5
Пасіка поблизу с. Гопчиця	0,023	0,08	1,14	0,33
ГДК	0,05	1,0	5,0	5,0

Отримані дані свідчать, що в залежності від місцезнаходження пасік рівень забруднення меду важкими металами буде різним. У шматків з пасіки на околицях м. Погребище, розміщеної поблизу автомагістралі буде максимальний вміст свинцю (0,23 мг/кг), в той же час як у зразках із пасіки с. Гопчиця цей показник значно нижчий показника з Погребищ, у 2,8 рази. По свинцю норми ГДК не порушені.

У пробі з пасіки в околицях м. Погребище аналогічно до проб свинцю, спостерігали підвищення кількості. Так, концентрація кадмію була більшою на 47,8%, проте і тут вміст кадмію у всіх пробах знаходився також в межах ГДК

Збережена аналогічна тенденція, щодо рівня забруднення іншими важкими металами (цинк і мідь). В зразках з пасіки біля с. Гопчиця виявлено найнижчі концентрації вмісту цинку у меді, у порівнянні із пасікою в околицях м. Погребища, яка розміщена поблизу автомагістралі і сільськогосподарських полів які обробляються, удобрюються та вносяться значна кількість пестицидів.

Концентрація важких металів у меді була нижчою за гранично допустиму концентрацію.

Підсумовуючи проведені дослідження меду на наявність у ньому важких металів вдалося встановити залежність, що на пасіці, де медоносні рослини ростуть віддалено від автомобільних доріг, вміст важких металів у меді буде значно меншим від пасік розташованих в містах, або біля автомобільних доріг.

Також дослідження виявило активний перехід кадмію з медоносних рослин у мед. Рівень переходу кадмію склав 0,52 - 0,62, що вище, ніж аналогічний показник для свинцю (0,27 - 0,45). На пасіці на околицях м. Погребища виявлено найвищі показники переходу кадмію, можливо це пов'язано із тим, що пасіка розміщена поблизу автомагістралі та промислового центру.

Рівень переходу цинку з медоносних рослин у мед з пасіки в околицях м. Погребище більший ніж на пасіці с. Гопчиця і становив 0,11, що вище за показник з с. Гопчиця.

По міді отримані аналогічні результати, концентрація якої у медоносних рослинах безпосередньо впливає на вміст металу міді у бджолиному меді. Рівень переходу з медоносних рослин у мед, зазначено у Таблиці 3.4

Таблиця 3.4

Рівень переходу з медоносних рослин у мед

Місце відбору проби	Важкі метали			
	Cd	Pb	Zn	Cu
Пасіка в околицях м. Погребище	0,62	0,45	0,08	1,5
Пасіка поблизу с. Гопчиця	0,52	0,27	0,10	0,18

Також було проведено аналіз бджіл на наявність в їх тілах концентрація важких металів - Таблиця 3.5

Таблиця 3.5

Вміст хімічних елементів у бджолах

Місце відбору проби	Важкі метали					
	Cd	Pb	Zn	Cu	Fe	Ch
Пасіка на околиці м. Погребище	0,0169	0,052	18,761	4,769	1,846	0,016
Пасіка поблизу с. Гопчиця	0,012	0,015	5,403	4,177	1,685	0,018

Розподіл важких металів у зразках бджіл, відповідає всім попередньо проведеним дослідженням, а саме, те що забруднення довкілля у місті Погребище, а також наявність автомагістралі повпливало на накопичення бджолами важких хімічних елементів. Як видно майже всі показники

забруднення тілець бджіл важкими металами із пасіки поблизу міста Погребище перевищують аналогічні показники пасіки поблизу с. Гопчиця.

Найбільша відмінність між пробами бачимо за вмістом цинку, який у бджіл з пасіки поблизу міста Погребище в 3,5 рази більше, ніж у бджіл з пасіки поблизу с. Гопчиця, що свідчить про загальний рівень техногенного впливу на навколишнє природне середовище.

ВИСНОВКИ

1. Біоіндикація – оперативний моніторинг та оцінка стану середовища за допомогою живих об'єктів, дозволяє з високою вірогідністю проводити оцінку змін навколишнього природного середовища під впливом як абіотичних, так і біотичних факторів.

2. Використання біологічних індикаторів досить часто є незамінним, але придатність видів як біоіндикаторів має великий розмах. Особливо уваги як біоіндикатори, заслуговують комахи, оскільки мають різноманітні критерії індикації (зміна забарвлення, покривів, пропорцій та розмірів, популяції). Особливо ефективним є використання у якості біоіндикаторів комах-запилювачів, оскільки вони сприяють відтворенню та розвитку флори.

3. Медоносна бджола (*Apis mellifera* L.) є одним із найкращих біоіндикаторів в природі, оскільки цей вид досить детально вивчений, а також досить чутливий до змін в навколишньому природному середовищі, зокрема до забруднень атмосферного повітря, ґрунтів і рослин, і можуть вказувати на проблеми в окремих біогеоценозах.

4. Дослідження концентрації важких металів у ґрунті показало, що найбільш забруднені свинцем, кадмієм і цинком ґрунти були поблизу пасіки на околиці міста Погребище, як і концентрації кадмію, свинцю у тканинах медоносних рослин.

5. Вміст важких металів у повітрі Погребищанської громади був значно нижчий за показник ГДК.

6. Найменший рівень переходу кадмію і свинцю з ґрунту у рослину був зафіксований у зразках з пасіки в с. Гопчиця, як і мед з цієї пасіки, який виявився найчистішим щодо важких металів.

7. Рівень переходу цинку з медоносних рослин у мед з пасіки в околицях м. Погребище більший ніж на пасіці с. Гопчиця і становив 0,11, що вище за показник з с. Гопчиця.

8. Перехід кадмію із рослин у мед виявився навіть більшим чим перехід свинцю із рослину у мед.

9. Вміст заліза, цинку міді та кадмію у організмах бджіл з міста Погребище, перевищують аналогічні показники пасіки поблизу с. Гопчиця.

10. Проведені дослідження, підтверджуються і станом бджолиних сімей. Вплив важких металів на бджіл з м. Погребище, призвів до того, що більшість сімей слаба, тобто кількість бджіл у вулику, значно менше за такі ж показники сімей із пасіки в с. Гопчиця.

11. Бджоли в м. Погребище слабші, більше страждають від різноманітних хвороб і шкідників, оскільки не можуть із ними ефективно боротися. Все це підтверджує негативний вплив на їх біогеоценоз.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Mmolawa K. B. Assessment of heavy metal pollution in soils along major roadside areas in Botswana – Vol. 5 (3). – 2011. – P. 186–196.
2. Porrini C. Honey bees and bee products as monitors of the environmental contamination / *Apiacta*. – 2003. – Vol. 38. – P. 63–70.
3. Cowart N. Within- and among-individual variation in fluctuating asymmetry of leaves in the fig – 1999. – Vol. 160. – P. 116–121.
4. Heavy metal accumulation in urban soils and deciduous trees in the city of Bolzano, N Italy / Dadea C. et al. *Waldökologie, Landschaftsforschung und Naturschutz*. 2016. Heft 15. S. 35–42
5. Боголюбов В. М., Клименко М. О., Мокін В. Б. Моніторинг довкілля: підр. для студ. вищих навч. закладів. Вінниця: 2010. 232 с.
6. Особливості акумуляції свинцю у едафотопях і фітоценозах Житомира / Р. А. Валерко, Т. М. Мислива, Л. О. Герасимчук // *Вісник ЖНАУ. Науково-теоретичний збірник*. – 2011. – №1 (28). – Том 1. – С. 179–189.
7. Жеребна Л. О. Вплив важких металів, що містяться в мінеральних добривах, на якість рослинницької продукції Харків : *Агрохімія і ґрунтознавство*. – 2001. – Вип. 61. – С. 193–197.
8. Дідух Я. П. Основи біоіндикації / – К. : Наукова думка, 2012. – 344 с.
9. Злобін Ю.А., Кочубей Н.В. Загальна екологія. Навчальний посібник. – С.: Університетська книга, 2003. – 414с.
10. Калінін М.І., Єлісеєв В.В. Біометрія: Підручник для студентів вузів біологічних та екологічних напрямків. – Миколаїв: 2000. – 204 с.
11. Клименко М.О., Прищепя А.М., Вознюк Н.М. Моніторинг довкілля. – К.: Академія, 2006. – 360 с
12. Кучерявий В.П. Екологія. – Львів: Світ, 2001. – 500 с
13. Малиш Н. Важкі метали у ґрунтах / Н. Малиш // *Наук.вісник НАУ*. – 2009. – С. 67-71.

14. Надточій П.П., Мислива Т.М., Вольвач Ф.В. Екологія ґрунту: Монографія. Житомир: ПП Рута, 2010. – 473 с.
15. Надточій П. П. Міграція Cu, Zn, Pb, Cd в дерново-підзолистому ґрунті при різних рівнях імпактного поліметалічного забруднення / П. П. Надточій, Л. О. Герасимчук // Вісник Житомирського національного агроекологічного університету. Науково-теоретичний збірник. – 2011. – №2 (29). – Том 1. – С. 21–37.
16. Мусієнко М.М. Екологія. Охорона природи: словник-довідник / М.М. Мусієнко, В.В. Серебряков. – К.: Знання, 2007. – 624 с.
17. Федоренко О.І., Бондар О.І., Кудін А.В. Моніторинг навколишнього середовища / Основи екології: підручник. – К., 2006. – С. 306-318.
18. Агроекологія: навчальний посібник для студентів аграрних вузів / [М. Н. Гордній, М. А. Шикуча, І. М. Гудов]. – К. : Вища школа, 1993. – 416 с.
19. Біоіндикація та біотестування : навчальний посібник. / Никифоров В. В., Дігтяр С. В., Мазницька О. В., Козловська Т. Ф – Кременчук : Видавництво ПП Щенбатих О. В., 2016. – 76 с.
20. Кадмий : екологические аспекты : доклад : пер с англ. / Программа ООН по окружающей среде, Международная орг. труда и ВОЗ. – М. : Медицина, 1994. – 160 с.
21. Артиш В. І. Особливості органічного агровиробництва в концепції сталого розвитку АПК України / К. : Економіка АПК. – 2012. – №7. – С. 19–23.
22. Алексеев Ю. В., Лепкович Ю.В. Кадмий и цинк в растениях луговых фитоценозов // М. : Агрехимия. – 2003. – №9. – С. 66–69.
23. Баглей О. В. Оцінка екологічного стану територій за допомогою продуктів бджільництва / О. В. Баглей // Матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми та перспективи розвитку науки на початку третього тисячоліття у країнах СНД» : Збірник наукових праць. - Переяслав-Хмельницький, 2013 р. – С. 24

24. Бондарева О. Б. Міграція та накопичення свинцю і кадмію у ґрунті і рослинах під впливом добрив / О. Б. Бондарева, Л. І. Коноваленко, О. М. Мілігула // К. : Агроєкологічний журнал. – 2012. – №3. – С. 20–23.
25. Бондарева Н. В. Использование медоносных пчел как биоиндикаторов загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами / Н. В. Бондарева // М. : Успехи современного естествознания. – №10. – 2005. С. 5– 6.
26. Броварський В. Д. Медоносні бджоли і навколишнє середовище / В. Д. Броварський, Ян Бріндза, О. В. Папченко // Сучасні аспекти збереження здоров'я людини : зб. праць ІХ міжнар. міждисцип. наук.-практ. конф. – Ужгород, 2016. – С. 69–71.
27. Броварський В. Д. Методика дослідної справи у бджільництві / В. Д. Броварський, Ян Бріндза, В. В. Отченашко. – Видавничий дім «Вінніченко», 2017. – 166 с.
28. Гуцол Г. В. Моніторинг забруднення важкими металами ґрунтів сільськогосподарського призначення Лісостепу Правобережного. Slovak international scientific journal. - 2020. - № 40. - P. 12-17.
29. Евсева Т., Юранева И. Механизмы поступления, распределения и детоксикации тяжелых металлов у растений// Вестн. ин-та биологии. – Сыктывкар, 2003. – № 69. – С. 1-13.
30. Єгоров Т.М. Фоновий вміст важких металів як екологічна характеристика ґрунтів Лісостепу / Т. М. Єгоров // Агроєкологічний журнал. – №. 2014. – С. 28- 34.
31. Кирьянова Л. Ю. Медоносные пчелы и продукты пчеловодства как биоиндикаторы экологического неблагополучия окружающей среды / Л. Ю. Кирьянова, Т.С. Уланова // Материалы конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Экологические проблемы Западного Урала». – Пермь. – 2001. – С. 13–15
32. Кіреєва І.С., Булига Н.Б., Могильний С.М. та ін. Актуальні питання гігієни та екологічної безпеки України. зб. тез доп. наук.-практ. 87 конф.,

присвяченої 120-річчю з дня народження академіка О.М. Марзеєва. Випуск 5. (м. Київ, 24-25 квіт. 2003 р.). Київ, 2003.

33. Ковальчук І. І, Федорук Р.С. Вміст важких металів у тканинах бджіл та їх продукції залежно від агроекологічних умов Карпатського регіону / Львів : Біологія тварини. – 2013. – Том. 15, №1. – С. 54-65.

34. Лысенко Л.Л., Пономарев М.И., Корнилович Б.Ю. Перспективы решения проблемы загрязнения почв тяжелыми металлами: Экотехнология и ресурсосбережение. – 2001. – № 4. – С. 58–63.

35. Мазур В.А., Врадій О.І. Моніторинг забруднення ґрунтів важкими металами науково-дослідної ділянки в НДГ «Агрономічне» Вінницького національного аграрного університету. «Сільське господарство та лісівництво». Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. № 13, 2019. - С. 16 – 24.

36. Мислива Т. М. Концептуальні засади здійснення екологічного нормування важких металів / Вісник Житомирського національного агроекологічного університету. Науково-теоретичний збірник. – 2012. – №1 (30). – Том 1. – С. 76–91

37. Мислива Т. М. Цинк в ґрунтах Житомирського Полісся / Вісник Житомирського національного агроекологічного університету. Науково-теоретичний збірник. – 2011. – №1 (28). – Том 1. – С. 123–136.

38. Морева Л.Я., Ефименко А.А. Избирательность медоносных растений к аккумулярованию тяжелых металлов и радионуклидов /М. : Пчеловодство. – № 10. – 2012. – С. 6–7.

39. Морева Л.Я., Ефименко А.А. Содержание тяжелых металлов и радионуклидов в продуктах пчеловодства, полученных вблизи автомобильных дорог в / Краснодар : Наука Кубани. – № 2. – 2010. – С. 29–32.

40. Параняк Р. П. Шляхи надходження важких металів у доквілля та їх впливна живі організми / Біологія тварин. – 2007. – Т. 9, № 1-2. – С. 83-89.

41. Постоєнко В. Біоіндикатор доквілля – мед / В. Постоєнко, Р. Галенко // Тваринництво України. — 2007. — №9 — С.4–9.

42. Разанов С. Ф. Вплив кислотності ґрунтів медоносних угідь на концентрацію Pb та Cd у гомогенаті трутневих личинок [Електронний 67 ресурс] / С. Ф. Разанов, В. В. Швець // Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва. – 2015. – № 2. – С. 48-51
43. Русакова Т. М. і ін. Дослідження токсичних елементів у продуктах бджільництва/ Т.М Русаков // Бджільництво. - 2006. - № 9. - С. 10-13.
44. Швець В. В. Вплив органічно-мінеральних добрив на накопичення свинцю і кадмію у квітковому пилку / Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва. Вип. №10 (105), Біла Церква, 2013. – С. 95–97.
45. Біоіндикація як метод екологічного дослідження. URL: <http://kegt.rshu.edu.ua/images/dustan/INDL3.pdf>.
46. БІОІНДИКАТОРИ: які вони бувають, види та приклади - Підсумок. GreenEcolog.com. URL: <https://uk.green-ecolog.com/15340370-bioindicators-what-theyare-types-and-examples> (дата звернення: 10.05.2024).
47. Види і значимість біоіндикаторів. Файний блог. URL: https://iua.waykun.com/articles/vidi-i-znachimist-bioindikatorov.php#google_vignette (дата звернення: 20.05.2024).
48. Напрями та перспективи використання комах-запилювачів для біоіндикації стану екосистем та змін клімату в умовах півдня України. / Лавренко С., Соболев О., Корбич Н., Кривой В. Вісник Сумського національного аграрного університету Серія «Агрономія і біологія», випуск 1 (47), 2022 DOI <https://doi.org/10.32845/agrobio.2022.1.11>.
49. Накопление химических элементов в медоносах и мёде / М. : Пчеловодство. – 2005. – №3. – С. 14.
50. Фітоіндикація та роль в оцінці довкілля. URL: https://vuzlit.com/624179/fitoindikatsiya_rol_otsintsi_dovkillya.
51. Визначення вмісту цинку, кадмію, заліза, міді, нікелю, хрому, свинцю в ґрунті, методом атомноабсорбційної спектрофотометрії в амонійно-ацетатній витяжці з рН 4,8: ДСТУ 4770.1-9:2007

52. History | Твоя бібліотека. History | Твоя електронна бібліотека. URL: <https://uahistory.co/pidruchniki/ostapchenko-biology-and-ecology-11-class-2019-standard-level/16.php> (дата звернення: 14.05.2024).

Додаток Б.1

Фотографічні зображення пасіки в околицях міста Погребище



Додаток Б.2

Фотографічні зображення пасіки поблизу с. Гопчиця

Фото 1



Фото 2



Додаток Б.3

Фото атомно-абсорбційного спектрометра

