

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРИВОРІЗЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Природничий факультет
Кафедра ботаніки та екології**

«Допущено до захисту»

Реєстраційний № _____

В.о. завідувача кафедри

« ____ » _____ 20 ____ р.

_____ Євтушенко Е. О.

***ROBINIA PSEUDOACACIA* ЯК БІОІНДИКАТОР СТАНУ
АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ КРИВОГО РОГУ**

Кваліфікаційна робота студентки

групи БП-м-17

(шифр групи)

ступінь вищої освіти магістр

(бакалавр, магістр)

спеціальності 014.05. Середня освіта

(шифр і назва спеціальності)

(Біологія і здоров'я людини)

Коваленко Анастасії Василівни

(прізвище, ім'я, по батькові)

Керівник: кандидат біологічних наук,

доцент Комарова Ірина Олександрівна

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

Оцінка:

Національна шкала _____

Шкала ECTS _____ Кількість балів _____

Голова ЕК _____

(підпис) (прізвище, ініціали)

Члени ЕК _____

(підпис) (прізвище, ініціали)

(підпис) (прізвище, ініціали)

(підпис) (прізвище, ініціали)

(підпис) (прізвище, ініціали)

Кривий Ріг - 2022

ЗАПЕВНЕННЯ

Я, Коваленко Анастасія Василівна, розумію і підтримую політику Криворізького державного педагогічного університету з академічної доброчесності. Запевняю, що ця кваліфікаційна робота виконана самостійно, не містить академічного плагіату, фабрикації, фальсифікації. Я не надавала і не одержувала недозволену допомогу під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають покликання на відповідне джерело.

Із чинним Положенням про запобігання та виявлення академічного плагіату в роботах здобувачів вищої освіти Криворізького державного педагогічного університету ознайомена. Чітко усвідомлюю, що в разі виявлення у кваліфікаційній роботі порушення академічної доброчесності робота не допускається до захисту або оцінюється незадовільно.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1. БІОІНДИКАЦІЯ ЯК ВАЖЛИВА СКЛАДОВА ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ СТАНУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА В ТЕХНОГЕННО НАВАНТАЖЕНОМУ РЕГІОНІ	8
1.1. Основні джерела надходження забруднюючих речовин в атмосферу міста	8
1.2. Екологічні основи біоіндикації	10
1.3. Вплив аерополітантів на зелені насадження міста	13
Висновки до розділу 1	16
РОЗДІЛ 2 ОБ'ЄКТ, УМОВИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ	18
2.1. Об'єкт дослідження	18
2.2. Характеристика району дослідження	19
2.3. Методи дослідження	20
Висновки до розділу 2	23
РОЗДІЛ 3. БІОІНДИКАЦІЙНА ОЦІНКА КРИВОРІЗЬКОЇ УРБОЕКОСИСТЕМИ (НА ПРИКЛАДІ ПОКРОВСЬКОГО РАЙОНУ МІСТА)	25
3.1. Морфометрична характеристика <i>Robinia pseudoacacia L.</i>	25
3.2. Порівняльний аналіз репродуктивних структур рослин в умовах урбоекосистем	27
Висновки до розділу 3	29
РОЗДІЛ 4. МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ В ПРАКТИЦІ ЗАКЛАДІВ ЗАГАЛЬНОЇ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ	31
Висновки до розділу 4	42
ВИСНОВКИ	44
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	47

ВСТУП

Актуальність. Невпинний процес урбанізації призводить до забруднення навколишнього середовища оскільки територія міст характеризується наявністю великої кількості джерел забруднення, їх нерівномірним розташуванням, а також досить складним поширенням забруднюючих речовин. Тому в останні роки особливо гостро постала проблема оцінки міського середовища через підвищення частки сполук, які характеризуються мутагенними властивостями [3, 9]. Серед забруднювачів особливе місце займають аерополітанти, які є наслідком високого техногенного навантаження та порушення екосистем міста [10].

Кривий Ріг є одним з найкрупніших промислових міст України, що характеризується підвищеним техногенним навантаженням, яке обумовлено наявністю на його території підприємств металургійної, гірничо – рудної галузей. Більше ста років у Криворіжжі здійснюється видобуток залізної руди та її переробка, що завдає значної шкоди навколишньому середовищу та впливає на формування особливого мікроклімату і докорінну зміну природних ландшафтів [2, 15]. Інтенсивний рух автотранспортних засобів у Кривому Розі призводить до ще більшої загазованості повітря.

Тому важливим є контроль за станом навколишнього середовища та своєчасний аналіз забрудненості території міста. В деякій мірі ці питання дозволяє вирішити біоіндикаційна оцінка. Рослини чутливо реагують на зміну екологічних факторів і така реакція в багатьох випадках фіксується візуально. Саме за їх реакціями можна швидко та доступно встановити якість навколишнього середовища та стан атмосферного повітря зокрема. Крім того, використовуються опосередковані показники мутагенної дії, до яких відносять тест на визначення стерильності пилку [13, 18, 19].

Дослідження морфологічних та фізіологічних змін рослин на прикладі *Robinia pseudoacacia L.* та впровадження отриманих результатів у практику роботи в школі при вивченні теми «Екологія» в 11 класі, на наш погляд, доцільний

та логічний крок до формування екологічних компетентностей здобувачів освіти, розвитку їх ціннісних і світоглядних орієнтирів, екологічної культури та свідомості.

Мета роботи: провести біоіндикаційне дослідження стану навколишнього середовища урбоекосистеми міста Кривий Ріг (на прикладі Покровського району міста).

Мета роботи обумовила вирішення наступних **завдань дослідження:**

1. Дати характеристику основним джерелам надходження забруднюючих речовин в атмосферу міста.
2. Розглянути екологічні основи біоіндикації
3. Описати вплив аерополітантів на зелені насадження міста.
4. Дати комплексну фітоіндикаційну оцінку Криворізької урбоекосистеми на основі аналізу морфометричних показників та чоловічого гаметофіту *Robinia pseudoacacia L.*
5. Узагальнити отримані результати.
6. Впровадити результати дослідження в практику середньої загальноосвітньої школи.

Об'єкт дослідження: рослини *Robinia pseudoacacia L.* на території двох скверів Покровського району міста Кривий Ріг.

Предмет дослідження: вплив забруднення атмосферного повітря на морфометричні та фізіологічні показники *Robinia pseudoacacia L.*

Методи досліджень. При написанні кваліфікаційної роботи нами були використані такі наукові методи

- теоретичні: гіпотетичний метод, системний, узагальнення;
- загально-логічні: аналіз, синтез, індукція і дедукція;
- практичні: польові (опис рослин за морфометричними показниками; відбір зразків листових пластинок, чоловічого гаметофіту), лабораторні (визначення параметрів листових пластинок, дослідження стерильності пилкових зерен), математичні.

Дослідження проведене на основі аналізу 150 зразків листових пластинок *Robinia pseudoacacia L.*, які були взяті з двох скверів Покровського району міста Кривий Ріг та близько 3000 пилкових зерен одного зразку (для кожного об'єкта було проаналізовано по 5 зразків). Дослідження проводили на п'яти модельних деревах 20–25-річного віку.

Новизна дослідження: дана біоіндикаційна оцінка території міста Кривий Ріг на прикладі Покровського району за морфометричними показниками *Robinia pseudoacacia L.* та стерильністю пилкових зерен; проаналізовано сучасний стан проблеми в теорії та практиці навчання в середній загальноосвітній школі; розроблено матеріал для використання при проведенні уроків з теми «Закономірності впливу екологічних чинників на організми та їх угруповання. Стено- та еврибіонтні види» (розділ Екологія).

Практичне значення результатів дослідження полягає у тому, що вони можуть бути використані для підготовки майбутніх вчителів біології та вдосконалення процесу навчання біології, а також рекомендації з метою запровадження заходів поліпшення стану навколишнього середовища.

РОЗДІЛ 1. БІОІНДИКАЦІЯ ЯК ВАЖЛИВА СКЛАДОВА ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ В ТЕХНОГЕННО НАВАНТАЖЕНОМУ РЕГІОНІ

1.1. Основні джерела і чинники забруднення міського середовища

Утворення промислових і міських агломерацій тісно взаємопов'язані з ростом промисловості, що неодмінно пов'язане з розширенням транспортного зв'язку та інтенсивними методами виробництва. Звісно це призводить до збільшення експлуатації природних ресурсів і до суттєвого впливу на зовнішнє середовище. Антропогенні компоненти мають посилену негативну дію на біологічні системи, котрі або пристосовуються до нових умов, витримують їх або приречені на вимирання [12, 27, 30].

Під забрудненням атмосфери розуміють потрапляння в неї речовин будь-якого походження, які або не властиві природному складу атмосфери, або знаходяться в концентраціях, що значно відрізняються від їх природного вмісту в атмосфері і, як правило, шкідливо впливають на живі організми та пригнічують їх життєдіяльність. Це, насамперед, стосується приземного шару атмосфери [26, 36, 38, 51].

За походженням всі джерела забруднення атмосфери поділяють на природні й антропогенні [12]. До природних джерел забруднення атмосфери відносять виверження вулканів, лісові пожежі, поверхні вивітрювання тощо. Крім того, до природних джерел забруднення атмосфери відносять космічний пил, сонячне та космічне випромінювання тощо. Серед основних джерел антропогенного забруднення особливу увагу слід приділяти викидам промислових підприємств та енергетичних систем. На цих підприємствах джерелами забруднення атмосфери є не утилізовані відходи, які утворюються в результаті обміну речовин та енергій підприємства та довкілля [5].

Серед основних забруднювачів атмосферного повітря виділяють оксиди вуглецю ($\text{CO}+\text{CO}_2$), діоксид сірки (SO_2), оксиди азоту, вуглеводні, пил, біологічні забруднення тощо [7].

За агрегатним станом забруднюючі атмосферу речовини поділяють на газоподібні, пароподібні (пари органічних розчинників), тверді й рідкі. Останні утворюють в повітрі аерозолі [10].

Крім того забруднювачі атмосферного повітря об'єднують в дві основні групи: матеріальні й енергетичні. У свою чергу, матеріальні забруднювальні атмосферу речовини поділяють на хімічно інертні (нетоксичні) та хімічно активні (токсичні). Токсичними називають такі інгредієнти, які при перевищенні певних граничнодопустимих концентрацій (ГДК) спричиняють загибель живих істот або пригнічують їхню життєдіяльність, в тому числі впливають на здоров'я людей. Нетоксичними є такі інгредієнти, які необхідні для розвитку живих організмів або вони не впливають на їхню життєдіяльність у межах певних концентрацій, що характерна для природного складу атмосферного повітря. Значне відхилення від меж природних концентрацій нетоксичних інгредієнтів може здійснювати негативний вплив на живі організми [51].

Існує ще одна класифікація забруднюючих атмосферу речовин за характером впливу на живі організми. Так виділяють п'ять основних груп забруднюючих речовин [40] :

- загальносоматичні, які при певній кількісній дії можуть викликати отруєння всього організму, наприклад, оксид вуглецю (II), пари ртуті, неорганічні сполуки свинцю, тощо;

- подразнювальні, які викликають подразнення дихальних шляхів та слизових оболонок, наприклад, оксиди сірки та азоту, озон, хлор тощо;

- алергени або сенсibiliзуючі, тобто хімічно інертні речовини, які здатні викликати алергії та шкіряні захворювання типу екзем, наприклад, нетоксичний пилок, квітковий пилок, тощо;

- канцерогенні, які викликають появу злоякісних пухлин, наприклад, бенз(а)пірен, азбест, сполуки хрому (VI), радон, тощо;

- мутагенні, які викликають небажані мутації в живих організмах, наприклад, радіонукліди, органічні сполуки свинцю, сполуки марганцю у вищих ступенях окислення, тощо.

Всі перераховані забруднюючі речовини викликають так зване матеріальне забруднення атмосфери, яке має негативний вплив як на живі організми так і неживу природу.

1.2. Екологічні основи біоіндикації

В зв'язку з глибокою трансформацією природного середовища, що здійснюється під дією антропогенного впливу, який за своїми масштабами вийшов на планетарний рівень, а за силою та швидкістю випереджають вплив природних факторів, загострюються і стають актуальними проблеми збереження екосистеми та біосфери в цілому [26, 36].

Визначення біологічно значимих антропогенних навантажень на основі реакцій на них живих організмів та їх угруповань пов'язано з біоіндикацією. Значимість рослинного покриву як індикатора стану екосистеми є в тому, що він дуже чутливо реагує на зміну екологічних факторів [13]. Достатньо важливим є те, що він відображує емерджентний характер змін властивостей екосистем в залежності від рівня їх організації. Емерджентність - виникнення, поява нового (часто несподіване), в теорії систем - наявність у будь-якої системи особливих властивостей, не властивих її підсистемам і блокам, а також сумі елементів, не пов'язаних системоутвірними зв'язками; неможливість зведення властивостей системи до суми властивостей її компонентів. Такі ознаки визначають придатність біоіндикації для екологічних досліджень, експертиз, прогнозування поведінки, стану та розвитку екосистем [18].

Найбільшого впливу господарської діяльності людини зазнають екосистеми міста. Тому важливим є контроль за станом навколишнього середовища та своєчасний аналіз забрудненості території міста. В деякій мірі ці питання дозволяє вирішити біоіндикаційна оцінка.

Біоіндикація використовується в екологічних дослідженнях, як метод виявлення антропогенного навантаження на біоценоз. Метод біоіндикаторів заснований на дослідженні впливу екологічних факторів, що змінюються, на різні характеристики біологічних об'єктів і систем. У якості біоіндикаторів

вибирають найбільш чуттєві до досліджуваних факторів біологічні системи або організми [20]. Зміни в поведженні тест-об'єкта оцінюють у порівнянні з контрольними ситуаціями, прийнятими за еталон. Наприклад, при оцінці екологічного стану поверхневих вод у якості біоіндикаторів використовують спостереження за поведженням дафній, молюсків, деяких риб.

Ряд рослин-індикаторів реагує на підвищені або знижені концентрації мікро- і макроелементів у ґрунті. Це явище використовується для попередньої оцінки ґрунтів, визначення можливих місць пошуку корисних копалин [24, 33].

Один зі специфічних методів моніторингу забруднення навколишнього середовища - біоіндикація, визначення ступеня забруднення геофізичних середовищ за допомогою живих організмів, біоіндикаторів. Живі індикатори не повинні бути занадто чуттєвими і занадто стійкими до забруднення. Необхідно, щоб у них був досить тривалий життєвий цикл [36, 48]. Важливо, щоб такі організми були широко поширені по планеті, причому кожен вид повинний бути присвячений до визначеного місцеперебування. Лишайники цілком відповідають усім цим вимогам. Вони реагують на забруднення інакше, чим вищі рослини. Довгостроковий вплив низьких концентрацій забруднюючих речовин викликає в лишайників такі ушкодження, що не зникають аж до загибелі їхніх сланей. Це, видимо, зв'язане з тим, що лишайники відновляють свої клітини дуже повільно, у той час як у вищих рослин ушкоджені тканини замінюються новими досить швидко. Завдяки цілому ряду біологічних особливостей лишайники є добрими індикаторами зміни стану навколишнього середовища в умовах його забруднення двоокисом сірки, фторидами, лужним пилом, важкими металами [32, 35].

Біоіндикація має ряд переваг перед інструментальними методами. Вона відрізняється високою ефективністю, не вимагає великих витрат і дає можливість характеризувати стан середовища за тривалий проміжок часу [24].

Розвиток організмів неодмінно пов'язаний із комплексом факторів, які створюють основу їх життя. Для будь якого організму в біосфері характерна

наявність екологічної ніші, в якій знаходяться відповідні умови існування, та можуть нормально житись та розмножуватись. Таким чином живі організми по відношенні до таких факторів є генетично детермінованим, філогенетично набутиим, унікальним фізіологічним діапазоном толерантності, в межах якого цей фактор є для них оптимальним [17, 19].

Якщо цей фактор відрізняється дуже високою або дуже низькою інтенсивністю, але не приводить до загибелі, то організм знаходиться в фізіологічному песимумі [10]. За рамками деякого мінімального або максимального значення фактора подальше життя неможливе. В обмеженій області інтенсивності фактора, яка особливо сприяє для даної особини, організм існує в умовах фізіологічного оптимуму. При широкій амплітуді толерантності організми називають еврипотентними, при вузькій – стенопотентними [9].

Коли життєві функції живих організмів або угруповання організмів тісно корелюють з певними факторами середовища і за їх відповідними реакціями на зміни цього середовища можна визначити його стан, то говорять про фітоіндикацію. Це змістовне визначення відноситься і до індикації природних умов місця мешкання в цілому, здійснюваною, наприклад, в сільському та лісовому господарстві по присутності рослин, які характерні для певного екотопу [7].

При фітоіндикації зміни біологічної системи завжди залежать як від антропогенних так і від природних факторів середовища. Ця система реагує на дію середовища в цілому у відповідності зі своєю схильністю, тобто такими внутрішніми факторами, як умови харчування, вік, генетично контрольована стійкість та вже присутні порушення. Якщо індикатор реагує значним відхиленням життєвих проявів від норми, то він є чутливим фітоіндикатором [4]. Акумулятивні фітоіндикатори, навпаки, накопичують антропогенні впливи більшою частиною без швидкого виявлення порушень. Функції індикатора виконує той вид, який має вузьку амплітуду екологічної толерантності по відношенню до якого-небудь фактора. В більшості випадків це рослини - організми, які не здатні до активного переміщення [13].

Індикація екологічних умов проводиться на основі оцінки зміни як видового розмаїття організмів тієї чи іншої місцевості, так і їх хімічного складу, який відображує їх здатність накопичувати елементи та сполуки, які надходять з оточуючого середовища. Наприклад, оцінка стану оточуючого середовища по зміні кількості видів пов'язана з тим, що найбільш чутливі до тих чи інших забруднюючих речовин види рослин зникають з біоценозу (лишайники в промислових центрах) або, навпаки, збільшують свою чисельність (синьо-зелені водорості при надходженні у водойми забруднюючих речовин з сільськогосподарських угідь) [18].

Отже, біоіндикація є складовою частиною екологічного моніторингу – системи спостереження за станом навколишнього середовища на певній території (від ділянки суші або водної поверхні до цілого континента) з метою раціонального використання природних ресурсів та охорони природи. Біологічний моніторинг включає аналіз та прогнозування зміни навколишнього середовища, рекомендації щодо покращення умов та оцінку його майбутнього стану. Одними з його об'єктів виступають рослини та їх угруповання.

1.3. Вплив аерополутантів на зелені насадження міста

Фітоценози, у своїй більшості, чутливо реагують на техногенне навантаження через зміну показників росту та як всієї рослини так і окремих її частин. Реакція рослин на присутність забруднювачів різна. Деякі види змінюють колір, розмір та край листка, в інших проявляється його асиметричність, неправильна форма крони. Велика кількість видів проявляючи такі реакції у відповідь на забруднюючі речовини використовують як біоіндикатори. За їх допомогою можна встановити присутність забруднювача та дати йому характеристику [12, 13].

Динамічна рівновага та стабільність біологічних систем тісно пов'язані з біоіндикацією морфо-генетичних змін рослин у відповідь на антропогенні впливи. На рівні організмів та екосистем впливи стресорів відрізняють тільки завдяки появі зовнішніх симптомів ушкоджень (некрози, хлорози) після того як

порушена границя адаптаційної здатності і системи стають нестабільними. Для деяких стресових факторів вже випробувані та іноді спеціально підібрані різноманітні морфологічні індикатори, за допомогою яких можлива коротко або довгострокова індикація як при низьких, так і при високих дозах їх впливів [18, 19].

Макроскопічні зміни пов'язані зі змінами забарвлення листя, які являють у більшості випадків неспецифічну реакцію на різноманітні стресори [24, 25].

Хлороз – бліде забарвлення листя між жилками [33, 37]. Так пожовтіння країв або певних ділянок листя (у листяних дерев під впливом хлоридів); почервоніння (накопичення антоціанів у вигляді плям на листях смородини та гортензії під дією SO₂); побуріння або побронзовіння (у листяних дерев – часто початкова стадія важких некротичних ушкоджень, у ялини та сосни – служить для подальшої розвідки димових ушкоджень). Зміна забарвлення при яких характер ураження листя схожий з морозними ураженнями – часто перші стадії некрозів.

Некрози – відмирання обмежених ділянок тканин – важливі симптоми ушкоджень при індикації, іноді специфічні. Розрізняють такі види некрозів:

- крапельні та плямисті некрози – це відмирання тканин листкової пластинки у вигляді крапок або плям, дуже характерні сріблясті плями після впливу озону у тютюну сорту Bel W3;
- міжжилкові некрози – відмирання листкової пластинки між бічними жилками першого порядку, часто при дії SO₂;
- крайові некрози – характерні, чітко відмежовані форми, з'являються у лип, які ушкоджені кам'яною сіллю, яку застосовують для танення льоду. Поєднання міжжилкових та крайових некрозів приводить до появи візерунку типу “риб'ячого скелету”;
- верхівкові некрози (в особливості у однодольних та хвойних), характерні темно-бурі, різко відмежовані некрози кінців хвої у сосни та ялиці після дії SO₂, або білі знебарвлені некрози верхівок листя у *Gladiolus Snow Princess* під впливом F₂ та HF;

- некрози навколоплоднику, які утворюються після впливу SO₂ на насінні плоди, особливо біля квіток. При розвитку некрозів спочатку спостерігається зміна в забарвленні (при дії SO₂ найчастіше утворюються брудно-зелені; пероксиацетилнітрату – просочені водою; O₃ – плями з металічним блиском; хлоридів – хлорози). Після загибелі клітини вражені ділянки осідають, висихають і можуть за рахунок виділення дубильних речовин забарвлюватись у бурій колір (часто у дерев), або через декілька днів вицвітають до білуватого забарвлення [35,36]

Передчасне в'янення відбувається під дією етилену в теплицях: квіти гвоздики при цьому не розкриваються, а пелюстки орхідей в'януть.

Опадання листя (дефоліація) у більшості випадків спостерігається після некрозів або хлорозів. Прикладом служать зменшення тривалості життя хвої, її осипання у ялин, скидання двоголкових укорочених пагонів у сосни, передчасне опадання листя у лип та кінських каштанів під впливом солі, яку застосовують для танення льоду, або у агрусу та смородини під дією SO₂ [25].

Зміна форми, кількості та положення органів. Аномальна конфігурація листя відмічена у листяних дерев після впливу радіоактивного випромінювання. В результаті локальних некрозів виникає потворна деформація, перетягування, здуття або викривлення пагонів, зрощення або розщеплення окремих органів, збільшення або зменшення в числі частин квітки, зміна статі та інші аномалії розвитку під дією гормональних гербіцидів або радіоактивного випромінювання [8].

Зміна напрямку, форми росту і галуження. Зміна напрямку росту коренів відмічено у кульбаби при зміні рівня ґрунтових вод; у *Dyscranium polysetum* – утворення сланких пагонів та галуження; у лип при стійкому забрудненні атмосфери HCl або SO₂ спостерігається куцovidна та подушкова форми росту; у вражених димом хвойних порід зрідження крони та зміна бонітету стовбура [7, 13].

Зміна приросту в більшості неспецифічна, але широко застосовується при індикації, так як є більш чутливим параметром, чим некрози і дозволяє

безпосередньо визначити зниження продуктивності вирощуваних людиною рослин. Вимірюють головним чином зміни радіального приросту стовбура, приросту пагонів та листя в довжину, довжину коренів.

Зміна плодовитості спостерігається у багатьох рослин, це може бути, наприклад, зменшення утворень плодових тіл у лишайників.

Отже, після порушення адаптаційної здатності у рослин з'являються зовнішні симптоми ушкоджень за якими можна робити індикацію тих чи інших стресових факторів на рослину [10, 29].

Одним із підходів в індикації мутагенної напруженості навколишнього середовища є також дослідження репродуктивних структур деревних порід (і, насамперед, чоловічого гаметофіту), які дуже чутливі до дії забруднювачів. При цьому фіналюються кількість і характер аномальних пилкових зерен, зміни морфогенезу і життєздатності пилку, зниження репродуктивної здатності.[19].

Більшість мутацій є рецесивними і проявляються в гаплоїдних пилових клітинах чи зародках при ембріональному розвитку насіння. Метод виконує роль своєрідного бар'єру в передачі потомству деяких типів таких мутацій, в результаті чого утворюється стерильний пилок і нежиттєздатне насіння. Тому найбільш значними критеріями в оцінці дії техногенних забруднювачів є кількість аномальних клітин і стерильність пилових зерен [11, 25].

Таким чином на сьогоднішній день існує об'єктивна необхідність створення системи біоіндикаторів та біомаркерів для визначення інтенсивності мутагенного фону на урбанізованих територіях.

Висновки до розділу 1

Активний розвиток урбанізації призводить до постійного збільшення викидів токсичних речовин у навколишнє середовище, які, в свою чергу, забруднюють всі сфери життя: повітря, ґрунт, воду. Антропогенні компоненти мають посилену негативну дію на біологічні системи, котрі або пристосовуються до нових умов, витримують їх або приречені на вимирання.

З метою покращення умов середовища, у містах почали формувати зелені насадження, які очищають повітря від шкідливих речовин, поглинаючи майже всі види хімічних сполук, які надходять у довкілля. Але, покращуючи стан довкілля, рослини часто самі піддаються впливу дії токсикантів, що призводить до зміни їх біологічних параметрів, біохімічних особливостей та, в цілому, до зниження життєздатності.

Визначення біологічно значимих антропогенних навантажень на основі реакцій на них живих організмів та їх угруповань пов'язано з біоіндикацією. Значимість рослинного покриву як індикатора стану екосистеми є в тому, що він дуже чутливо реагує на зміну екологічних факторів.

Оскільки найбільшого впливу господарської діяльності людини зазнають екосистеми міста, тоу важливим є контроль за станом навколишнього середовища та своєчасний аналіз забрудненості території міста. В деякій мірі ці питання дозволяє вирішити біоіндикаційна оцінка.

РОЗДІЛ 2 ОБ'ЄКТ, УМОВИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Об'єкт дослідження

Для визначення антропогенних впливів в урбофітоценозах було обрано *Robinia pseudoacacia* L. (акація біла) – дерево родини бобових, світлолюбне, до 35 м заввишки, проріджене дерево, що пізно розпускається. Кора коричнева корою з глибокими тріщинами. Листки 18-20 см завдовжки, чергові, непарноперисті з 4-10 парами довгастих, довгасто-овальних або овальних листочків від 2 до 4 (6) см завдовжки [7].

Листочки цілокраї з округлою або трохи звуженою основою і тупою верхівкою, яка закінчується вістрям. Зверху листочки зелені, зісподу блідо-зелені або сірувато-зелені, по жилках трохи опушені. Прилистки (до 3 см завдовжки) мають вигляд прямих або трохи зігнутих колючок.

Квітки (15-20 см завдовжки) зібрані в негусті (коротші за листки) пазушні пониклі китиці (10-20 см завдовжки). Оцвітина подвійна. Чашечка (6-8 мм завдовжки, 45 см завширшки) зросло-листа, п'яти-зубчаста, коротко-опушена. Віночок метеликового типу з п'яти вільних пелюсток, білий або блідо-рожевий. Тичинок десять, з них дев'ять зрослися нитками в трубочку, маточка одно, зав'язь верхня, стовпчик зігнутий, з головчастою приймочкою. Плід — довгасто-лінійний біб (4-8 см завдовжки), насінини вузько-ниркоподібні, коричневі або темно-бурі, матові.

Росте в культурі в чистих і мішаних насадженнях. Солевитривала, світлолюбна рослина. Цвіте у травні—червні. Рослина часто зустрічається в ценозах міста та досить широко використовується для оздоблення його територій. Крім того її використовують при проведенні рекультиваційних робіт, для закріплення схилів та захисту ґрунтів сільськогосподарських угідь від ерозії. Конкурентними перевагами *Robinia pseudoacacia* також є відносно швидке проростання насіння, інтенсивний ріст сіянців, здатність до активного вегетативного розмноження, висока фотосинтетична активність. Може зростати у широкому діапазоні екологічних факторів: невибаглива до умов зволоження, окислювально-відновлювального режиму, до багатства ґрунтів.

2.2. Характеристика району дослідження

Покровський район — адміністративний район міста Кривий Ріг у північній частині міста вздовж річки Саксагань. Серед інших районів міста він найбільший за площею — близько 6 тис. га, з чисельністю населення понад 126 тис. чол. У районі 271 вулиця загальною протяжністю 527 км, з них 192 — вулиці приватного сектора [16].

Покровський район був створений в 1936 році і є одним з найстаріших районів міста Кривий Ріг, на території якого розпочато освоєння Криворізького залізрудного басейну. Щодо промислового навантаження, то в даному районі знаходяться 22 промислових підприємства. Найбільші з них - це ВАТ "ЦГЗК", рудник "Суша Балка [15, 21].

Неподалеку від місця проведення дослідження знаходяться шахти «Жовтнева», «Фрунзе», «Ювілейна», кар'єри та фабрики Центрального гірничо-збагачувального комбінату. Крім того досить широко розвинена мережа автотранспорту. Для дослідження було обрано 2 моніторингові ділянки з різним рівнем аерогенного забруднення в межах Покровського району міста Кривий Ріг. Моніторингова ділянка I знаходиться біля прохідної до АТ «Криворізька теплоцентраль», моніторингова ділянка II знаходиться в парку по вулиці Рзянкіна. На кожній із моніторингових ділянок біометричні вимірювання проводили за загальноприйнятими методиками.

Криворізька теплоцентраль – українська компанія яка забезпечує Кривий Ріг безперебійною подачею електроенергії. У листопаді 1929 р. була введена в експлуатацію перша черга нової електростанції в Кривому Розі, потужністю 45 тис. кВт. В сучасних умовах компанія веде діяльність в таких напрямках:

- Виробництво теплової енергії.
- Екологічна діяльність.
- Транспортування теплової енергії.
- Поставка теплової енергії.
- Фінансово-господарська діяльність.

В даний час Криворізька теплоцентраль зосереджує свої зусилля з підвищення енергоефективності на всіх ключових етапах виробництва продукції в енергетиці.

Поблизу дослідних ділянок відсутні кар'єри з відкритим видобутком руди, але на відстані до 1 км є шахта «Зоря» та дуже розвинена транспортна мережа – проходить велика кількість як маршрутного транспорту так і приватного. Тому автомобільні викиди теж мають негативний вплив на загальний стан дерев.

2.3. Методи дослідження

Морфометричні показники Robinia pseudoacacia. Для свого дослідження ми використовували метод «Визначення стану довілля за площею листків на вулицях міста» (Дорогань, 1994). Попередньо для деревної породи визначають перевідний коефіцієнт, а потім шляхом вимірювання довжини і ширини листка проводять підрахунок площі листка. Для дослідження ми зрізали по 30 листків з дерев акації білої, що ростуть у різних екологічних умовах і складували їх у конверти, з заздалегідь підготовленими етикетками [14].

Встановлення перевідного коефіцієнту базувалося на порівнянні маси квадрату паперу з масою листка, який має таку саму довжину і ширину. Для цього ми брали папір, обкреслювали квадрат, що дорівнює довжині і ширині листка, а потім акуратно обмальовували його контур. На кожному такому квадрати ми обчислювали площу, вирізали і зважували його. Потім вирізали контур листка і також зважували його.

З одержаних даних обчислювали перевідний коефіцієнт:

$$K = \frac{S_l}{S_{кв}}, S = \frac{P_l * S_{кв}}{P_{кв}}$$

Де K - перевідний коефіцієнт;

S – площа листка(л), або квадрату паперу(кв);

P – маса квадрату паперу(кв) або листка(л).

Для акації розрахований коефіцієнт становить – 0,65 - 0,66.

Після цього ми вимірювали довжину (A), та ширину (B) кожного листка і множили на перевідний коефіцієнт (K).

$$S = A * B * K$$

За отриманими результатами площ листових пластинок знайшли їх середнє значення – $S_{сер}$. За остаточними даними ми склали таблиці для порівняння екологічних умов проростання дерев. Використання методики «Визначення стану докїлля за площею листків на вулицях міста» за Л. В. Дорогань дозволило нам отримати дані про зміну морфологічних показників. Під час розрахунку користувалися стандартними методами варіаційної статистики і визначали середні арифметичні показники площ листових пластинок (X), похибку середнього арифметичного (M_x) та коефіцієнт варіації ($V\%$). У робітї звичайної площа листка визначається як кількістю листочків на рахісі, так і їх площею.

Приріст пагонів визначали за Мовчановим та Смірновим (1967). Згідно з методикою на деревах були обрані 10 гілок, які вимірювали в період інтенсивного росту кожні 2-3 дні, а в період затухання росту – через 4-5 днів. Довжину пагона вимірювали лінійкою кожні 5 діб від основи (відгалуження чи рубчика торішньої бруньки) до верхівки з точністю до 1 мм [25].

Життєвий стан дерев оцінювали (по 10 шт. на кожній дослідній ділянці) за методикою В. А. Алексєєва [1], в якій представлено 5 шкал:

1 – здорове дерево, яке не має зовнішніх ознак пошкоджень крони та стовбура, листки зеленого або темно-зеленого кольору з незначним ураженням (< 10%), що не позначаються на стані дерева.

2 – пошкоджене (ослаблене) дерево, у якого відмічено зниження щільності крони на 30%, або зрідження скелетної частини крони, наявність 30% усихаючих гілок у верхній частині крони, пошкодження 30% всієї площі листків за різними причинами, які призводять до ослаблення життєвого стану дерева на 30%.

3 – дуже пошкоджене (дуже ослаблене) дерево, у якого спостерігається зниження щільності облиствлення крони, наявність мертвих та усихаючих гілок у верхній половині крони та пошкодження площі листків на 60%, що призводить до відмирання верхівки крони та ослаблення загального життєвого стану дерева на 60%.

4 – відмираюче дерево, яке має зруйновану крону, більше 70% сухих, або усихаючих гілок, листя переважно хлоротичне блідо-зеленого, жовтуватого, жовтого та помарачево-червоного кольору, наявні повністю некротизовані листки, які швидко злітають з дерев.

5а – свіжий сухостій, тобто дерева, які відмерли менше року назад, вони часто заселені комахами-ксилофагами.

5б – старий сухостій – дерева, які відмерли більше року назад, у яких поступово втрачаються гілки та кора.

На основі даних, отриманих у результаті оцінки життєвого стану, деревам присвоювався певний коефіцієнт: здоровим – 100%, мертвим – 0%. Для дерев проміжних градацій були визначені коефіцієнти, що відповідають життєвому стану до моменту перерахунку.

Відносний життєвий стан насадження оцінювали за формулою:

$$L_n = (100 n_1 + 70 n_2 + 40 n_3 + 5 n_4) / N,$$

де L_n – відносний життєвий стан деревостану, розрахований за кількістю дерев;

n_1 – кількість здорових;

n_2 – пошкоджених;

n_3 – дуже пошкоджених;

n_4 – відмираючих дерев;

N – загальна кількість дерев (включаючи сухостій) у дослідженому деревостані.

При наявності 100–80% дерев, які не мають зовнішніх ознак пошкоджень крони та стовбура, життєвий стан деревостану оцінювався як «здоровий», при 79–50% – пошкодженим, при 49–20% – дуже пошкодженим, при 19% та нижче – повністю зруйнованим [1].

Оцінювання та ступінь пошкодження листків здійснювали за Миколаївським (1979). Для оцінки достовірності відмінності між вибірками застосовано t -критерій Стьюдента [14].

Аналіз стерильності чоловічого гаметофіту та морфометрія пилкових зерен. З метою виявлення гаметоцидного ефекту забруднювачів середовища, в міських умовах, досліджували стерильність чоловічого гаметофіту. Для цього в період масового цвітіння з підвітряного боку дерева з нижнього ярусу крони з однорічних пагонів відбирали квіткові суцвіття. Матеріал фіксували в суміші абсолютного етилового спирту і льодяної оцтової кислоти (3:1) при $t = 0 - 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ протягом 24 год. і для збереження переносили в 80 % етиловий спирт. Кількість фертильних та стерильних пилкових зерен визначали на тимчасових препаратах забарвлених йодним розчином за Грамом [19]. При цьому переглядали від 1000 до 3000 зерен від однієї особини. Для зручності аналізу в кожному варіанті обчислювали коефіцієнти стерильності за формулою:

$$M = \frac{G}{N} \times 100 ,$$

де G – кількість стерильних пилкових зерен; N – кількість досліджених пилкових зерен.

При аналізі пилкових зерен звертали увагу на рівень морфологічної різноманітності пилку. Для визначення останньої в кожному варіанті обчислювали відсоток дуже малих і надто великих пилкових зерен, що відповідно, в 1,5 - 2 рази менші чи в 1,3 - 1,5 рази більші за середню контрольну величину.

Висновки до розділу 2

Об'єктом дослідження обрано *Robinia pseudoacacia*. Рослина часто зустрічається в ценозах міста та досить широко використовується для оздоблення його територій. Крім того її використовують при проведенні рекультиваційних робіт, для закріплення схилів та захисту ґрунтів сільськогосподарських угідь від ерозії. Конкурентними перевагами *Robinia pseudoacacia* також є відносно швидке проростання насіння, інтенсивний ріст сіянців, здатність до активного вегетативного розмноження, висока фотосинтетична активність.

Дослідження проводилося в межах Покровського адміністративно-територіального району міста. Він є одним з найстаріших районів міста Кривий Ріг, на території якого розпочато освоєння Криворізького залізорудного басейну. Щодо промислового навантаження, то в даному районі знаходяться 22 промислових підприємства. Найбільші з них - це ВАТ "ЦГЗК", рудник "Суша Балка.

Вивчення стану рослин зелених насаджень Покровського району міста Кривий Ріг проведено в ході рекогносцирувальних та маршрутних польових досліджень. Опрацювання аналітичних та практичних розділів проведено з використанням загальноприйнятих загальнонаукових методів емпіричного та теоретичного рівнів дослідження.

Розділ 3. Біоіндикаційна оцінка Криворізької урбоекосистем (на прикладі Покровського району міста)

3.1. Морфометрична характеристика *Robinia pseudoacacia* L.

Одна із головних функцій зелених насаджень в місті полягає в природному очищенні повітря від аерополітантів через затримку листовими пластинками більшості токсичних речовин. А це впливає на загальні процеси росту та розвитку рослини і, найчастіше, проявляється у їх зниженні.

За результатами дослідження дерева *R. pseudoacacia* L. обох моніторингових ділянок мали ряд подібних ознак зовнішніх порушень – часткове всихання пагонів, укорочення приросту, наявність ушкоджених хлорозами листків (рис. 3.1, 3.2). Але ступінь прояву пошкодження та кількість ушкоджених рослин відрізняються залежно від функціональної зони розташування ділянки [22].



Рис. 3.1. Рослини *R. pseudoacacia* на моніторингових ділянках

У рослин з моніторингової ділянки I спостерігали суттєве пригнічення росту пагонів. Їх довжина на 34,5% була меншою від довжини пагонів рослин з моніторингової ділянки II. Товщина однорічних пагонів також на 15,6% була меншою на ділянці I в порівнянні із ділянкою II (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

Морфометричні показники пагонів *R. pseudoacacia*

Моніторингові ділянки	Довжина пагону, см	Коефіцієнт варіації, V %	Товщина пагонів, см	Коефіцієнт варіації, V %
I	14,39 ± 0,64	10,5	2,77 ± 0,11	11,5
II	19,5±0,57	11,1	3,18±0,14	11,3

Одним з інформативних морфологічних показників вважають характеристику асимілятивного апарату, тому що вона відображує відношення у системі «рослина-середовище». За результатами дослідження кількість листків на однорічних пагонах *R. Pseudoacacia* на моніторингових ділянках суттєво не відрізняється, але площі листових пластинок на моніторинговій ділянці I на 12,5% менші ніж на ділянці II (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

Характеристика асиміляційного апарату *R. Pseudoacacia*

Моніторингові ділянки	Кількість листків на пагоні, шт.	Коефіцієнт варіації, V %	Площа листка, см ²	Коефіцієнт варіації, V %	Площа асиміляційної поверхні пагона, см ²	Коефіцієнт варіації, V %
I	6,90 ± 0,30	12,1	110,5±1,8	12,5	762,5 ± 13,7	10,5
II	7,76±0,24	10,8	124,3±1,2	11,8	802,05±16,5	11,3

Також спостерігали велику кількість листових пластинок (136 штук із 300 обстежених) уражених хлорозами на ділянці I (рис. 3.2). Натомість на ділянці II така кількість не перевищувала 50 штук. Таким чином площа асиміляційної поверхні пагона рослин з ділянки I була меншою від рослин з ділянки II на 10,4% (табл. 2).



Рис. 3.2. Листові пластинки уражені хлорозом.

За результатами визначення індексу життєвого стану (за комплексом показників) рослини з ділянки I характеризуються як ослаблені та дуже ослаблені, натомість листки дерев з ділянки II мало ушкоджені, гілки, що всихають майже відсутні, стовбури мають дефекти у поодиноких деревах. Тому вони характеризуються як здорові та ослаблені [22].

Одержані результати вказують на зміну аналізованих морфометричних параметрів *R. pseudoacacia* штучних фітоценозів міста в умовах урботехногенного забруднення середовища існування. Загальною тенденцією є зменшення розмірів листкових пластинок.

3.2. Порівняльний аналіз репродуктивних структур рослин в умовах урбоекосистем

Репродуктивну систему вважають найважливішим елементом біології рослин, для кожного виду вона індивідуальна та має різні параметрами органів розмноження. Генеративні, як і вегетативні, органи будь-якого виду можуть проявляти стійкість до дії забруднювачів різної природи походження.

В умовах забруднення за дії шкідливих викидів у рослин знижується репродуктивна функція [3]. Науковці вважають генеративну сферу однією з найбільш чутливих у рослинному організмі до впливу поллютантів, незважаючи на те, що основна частка забруднюючих речовин накопичується у вегетативних органах [8]. Токсичні викиди в умовах високого рівня техногенного навантаження спричиняють порушення початкових етапів мікро- та макроспорогенезу, які в подальшому призводять до дефектів ембріогенезу [11]. Зазначені твердження ілюструють, що пилок, як елемент чоловічої генеративної сфери рослин, несе важливу інформацію про умови довкілля, тому він є важливим об'єктом при проведенні екологічних досліджень.

На екологічно несприятливі умови пилкові зерна рослин реагують через зміни в їх морфології. Середні розміри пилкового зерна неоднакові та змінюються в різні роки навіть у межах однієї особини і залежать від місця збирання, освітленості, характеру ґрунтів, забрудненості середовища тощо [13].

У якості тест – систем ми обрали *Robinia pseudoacacia L.*, яка відноситься до 4 групи стійкості (чутливі). У таблиці 3 підраховані та проаналізовані дані дослідження по фертильності та стерильності пилкових зерен в умовах урбоекосистеми міста Кривий Ріг (на прикладі Покровського району міста).

На рисунку 3.3 представлені пилкові зерна досліджуваного виду, що зростає у різних зонах урботехногенного забруднення.

Таблиця 3.3

Аналіз пилкових зерен акації білої в урбоекосистемі Криворіжжя

Моніторингов а ділянка	Коефіцієнт стерильності , М, %	Фертильні , шт	Стерильні , шт	Морфологічн о змінені, шт	Статистичні показники		
					Σ, шт	М, %	m, %
I	12,54	2584	389	128	310 1	12,54 4	0,12 5
II	15,41	2493	481	147	312 1	15,41 2	0,17 4

Примітка: Σ – загальна сума всіх досліджених пилкових зерен; М – відсоток стерильних пилкових зерен; m – помилка розрахунків стерильності пилкових зерен.

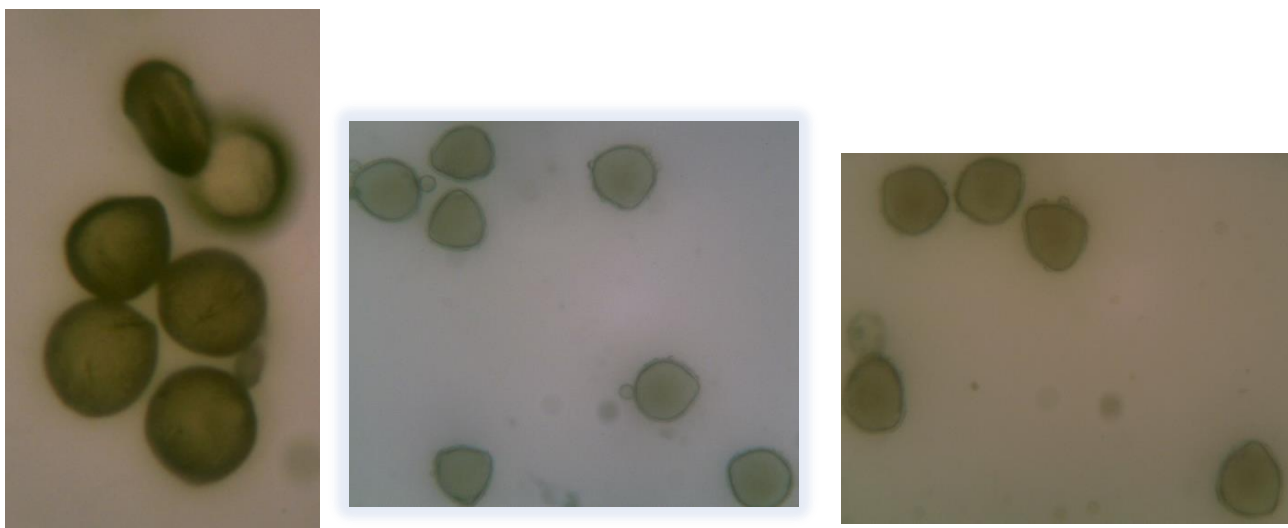


Рис. 3.3. Пилкові зерна *Robinia pseudoacacia*

Як видно з таблиці 3 стерильність пилку деревних рослин збільшується на всіх моніторингових ділянках. Крім стерильності збільшується й кількість зерен морфологічно змінених, тобто гігантських або занадто дрібних.

Так, найвищий показник абортивності пилку акації білої виявлено у на моніторинговій ділянці II, де він становить $15,412 \pm 0,174$.

Отже, чоловічий гаметофіт обох тест – систем відобразив негативний вплив умов навколишнього середовища у Покровському районі.

Висновки до розділу 3

Біоіндикатор *Robinia pseudoacacia* зарекомендувала себе як чутливий індикатор змін навколишнього середовища. За результатами дослідження дерева *R. pseudoacacia* L. обох моніторингових ділянок мали ряд подібних ознак зовнішніх порушень – часткове всихання пагонів, укорочення приросту, наявність ушкоджених хлорозами листків. Але ступінь прояву пошкодження та кількість ушкоджених рослин відрізняються залежно від функціональної зони розташування ділянки. Загальною тенденцією є зменшення розмірів листкових пластинок.

У якості тест – систем ми обрали *Robini pseudoacacia L.*, яка відноситься до 4 групи стійкості (чутливі). Підраховані та проаналізовані дані дослідження по фертильності та стерильності пилкових зерен в умовах урбоєкосистеми міста Кривий Ріг (на прикладі Покровського району міста) свідчать про зниження фертильності на моніторинговій ділянці, яка розташована поблизу підприємства. Натомість стерильність пилку рослини збільшується. Крім стерильності збільшується й кількість зерен морфологічно змінених, тобто гігантських або занадто дрібних.

Виходячи з отриманих даних, коефіцієнт стерильності пилкових зерен рослин індикаторів в районах дослідження – є найбільший для акації білої а це свідчить про високу чутливість даної рослини до забруднення навколишнього середовища

РОЗДІЛ 4. МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ В ПРАКТИЦІ ЗАКЛАДІВ ЗАГАЛЬНОЇ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ

Напрямок України на входження в європейські інституції обумовлює потребу реформування вітчизняної системи освіти та приведення її у відповідність до світового стандарту. Тому генерування освітніх цілей відбувається не на рівні держави, а на міждержавному і міжнаціональному рівнях. В таких умовах загальні пріоритети освіти й цілі проголошуються в міжнародних конвенціях та документах і є стратегічними орієнтирами міжнародної спільноти [23].

Розв'язання сучасних і актуальних соціальних, економічних, екологічних, морально-етичних завдань здійснюється на основі біологічних знань. До таких завдань відносять збереження довкілля, здоров'я людей, життя на Землі. Саме тому біологічна освіта наділена значним потенціалом у формуванні світогляду людини нового тисячоліття, зокрема завдяки відкриттям у пізнанні живого.

Сучасна спільнота змінює свій погляд на зміст біологічної освіти, висуваючи нове завдання – сформувати в учнів природничо-наукову компетентність [45]. Вона може розвиватися кількома шляхами:

- інтегровані знання про закономірності функціонування живих систем, їх взаємозв'язок із довкіллям повинні формуватися системно;
- розуміння біологічної картини світу та цінності таких категорій, як життя, природа, здоров'я;
- унікальною цінністю повинно бути сформоване свідоме ставлення до природи;
- здатність застосовувати знання з біології та екології у повсякденному житті, оцінювати їх роль для сталого (збалансованого) розвитку людства, науки та технологій.

Досягнення цієї мети забезпечується під час реалізації нового змісту навчання, організації освітнього процесу на засадах компетентнісного, діяльнісного підходів, реалізації наскрізних змістових ліній. Цей підхід

відображено в Державному стандарті базової і повної загальної середньої освіти (2011 р.), Концепції Нової української школи (2016 р.), Концепції екологічної освіти України (2001 р.) й конкретизовано в навчальних програмах для старшої школи [45].

Відповідно до Рекомендації Європейського Парламенту та Ради (ЄС) «Про основні компетенції для навчання протягом усього життя» і положень «Концепції Нової української школи» реалізація освітніх стандартів та програм повинна забезпечувати формування у випускника школи 10 ключових компетентностей. Біологія разом з іншими предметами робить свій внесок у цей процес. Компетентнісний потенціал предмета «Біологія і екологія» відображено у пояснювальній записці до програм [6].

Засобом інтеграції навчального процесу є наскрізні змістові лінії що, корелюються з ключовими компетентностями. В процесі опанування та набуття основних компетентностей в учня формуються ціннісні і світоглядні орієнтації, що визначають його поведінку в життєвих ситуаціях. Таким чином компетентнісний підхід спрямований на діяльнісний характер освіти та орієнтацію навчального процесу на практичний результат, здатність застосовувати знання як в стандартній, так і в новій ситуації.

Навчальний матеріал у програмі 11 класу розподілено за темами: «Адаптації», «Біологічні основи здорового способу життя», «Екологія», «Сталий розвиток та раціональне природокористування», «Застосування результатів біологічних досліджень у медицині, селекції та біотехнології». У змісті всіх тем реалізовано два компоненти змісту, важливі для формування ключових компетентностей:

- *екологічній* пояснює та розкриває роль факторів зовнішнього середовища, взаємозв'язок живого зі довкіллям, наслідки порушення умов довкілля для функціонування різних ієрархічних рівнів життя, визначення діяльнісних аспектів подолання екологічних проблем та досягнення сталого (збалансованого) розвитку;

- *здоров'язберезувальний* розкриває ознаки та критерії здоров'я, визначає роль ендогенних та екзогенних чинників, забезпечує набуття навичок безпечної поведінки, спрямованих на збереження власного здоров'я та здоров'я інших людей.

Практична частина програми спрямована поглиблення, розширення і узагальнення знань, отриманих учнями в процесі самостійного навчання і дослідницької діяльності.

У процесі вивчення біології в 11 класі важливо розвивати пізнавальний інтерес у школярів, пропонуючи самостійну роботу з різними джерелами інформації: науково-популярною літературою, відеоматеріалами, ресурсами Інтернету тощо. Позитивно мотивують навчальну діяльність школярів і методи навчання, як-от: розв'язання проблемних завдань, створення дослідницьких проєктів. Формуванню інформаційної компетентності слугують також семінарські заняття, які є доцільною формою роботи у старшій школі [6].

Система вправ і завдань повинна бути дидактично доцільна та спрямована на вдосконалення різних практичних умінь і навичок, формування та розвиток досвіду предметної, міжпредметної та загальнонавчальної діяльності учнів, стимулювати в них уміння користуватися усіма видами мовленнєвої діяльності для спілкування і пізнання, уміння взаємодіяти з іншими людьми, виконувати різні соціальні ролі в групі та колективі.

Зміст курсу є логічним продовженням навчальних курсів основної школи у формуванні природничо-наукової компетентності учнів і спрямований на задоволення освітніх потреб школяра відповідно до обраного ним рівня освіти: стандарту або профільного. Спільним у меті навчання на різних рівнях є формування системи знань про основні властивості живих систем, формування предметної та методологічної компетентностей.

Розвиток компетентностей нерозривно пов'язаний із вихованням. Оскільки ми говоримо про екологічну компетентність, то система екологічного виховання передбачає врахування основних її аспектів, які забезпечуються в умовах сталого розвитку:

- національний та регіональний підхід до вибору навчального матеріалу екологічного спрямування;
- гуманістичну спрямованість і зростаючу роль екологічних чинників у вирішенні глобальних проблем людства (раціонального використання природних ресурсів, забезпечення населення екологічно чистими продуктами харчування, захисту середовища від забруднення промисловими та побутовими відходами);
 - збереження фізичного і духовного здоров'я людини;
 - об'єктивності у розкритті основних екологічних законів та понять, що дають підстави вважати екологію наукою, яка розвивається, намагаючись вирішувати проблеми довкілля;
 - зв'язку між набутими екологічними знаннями і життям, розкриття їх цінності не лише у виробництві, а й у повсякденному житті людини.

Сучасні масштаби екологічних змін створюють реальну загрозу для життя людей, що робить вкрай актуальною проблему зміни ставлення людства до природи. Цій меті служить екологічне виховання.

Екологічне виховання школярів на сучасному етапі потребує психологічної включеності особистості в світ природи з подальшим поетапним конструюванням системи особистісного ставлення до природи (теоретичним, емоційно-ціннісним, практично-дійовим). Це забезпечує дотримання логіки формування екологічних знань, використання їхнього пізнавального та виховного значення у навчально-виховному процесі. Саме в цьому полягають особливості екологічного виховання на засадах «глибинної екології», яке передбачає формування усвідомлення єдності і цілісності природи, унікальності та неповторності живих систем, взаємозв'язку та взаємозалежності явищ природи, розуміння людини як невід'ємної ланки у взаємозалежностях природи, утвердження поваги людини до всіх форм життя, гармонійного розвитку людини і природи [45, 47].

Результати проведених досліджень змістовно логічно вкладаються у практичну складову вивчення теми «Екологія» в 11 класі закладів загальної середньої освіти рівня стандарт. Поєднання краснорядного принципу з знанневим,

діяльним, цінним потенціалом теми дозволяє ефективно формувати екологічну компетентність здобувача освіти та позбавляє абстрактності вивчення матеріалу теми. Впливає на формування свідомої активної життєвої природоохоронної позиції школярів, почуття причетності та відповідальності за сталий розвиток рідного міста та країни загалом.

В межах вивчення теми «Екологія» відповідно програми [6], запропоновано орієнтовний план уроків з використанням результатів досліджень впливу факторів зовнішнього середовища на морфометричні та фізіологічні показники акації білої в урбосистемі міста Кривий Ріг загального та (табл. 4.1)

Таблиця 4.1

Орієнтовний план уроків з теми «Екологія» (11 клас) рівень стандарту

Кількість годин	Тема
1	Предмет вивчення екології, її завдання та методи. Зв'язки екології з іншими науками. Екологічні закони.
1	Екологічні чинники та їхня класифікація.
1	Закономірності впливу екологічних чинників на організми та їх угруповання. Стено- та еврибіонтні види.
1	Популяції. Класифікація популяцій. Структура та характеристики популяцій.
1	Механізми регуляції густоти (щільності) та чисельності популяцій. Функціональна роль популяцій в екосистемах.
1	Властивості та характеристики екосистем. Типи зв'язків між популяціями різних видів в екосистемах.
1	Екологічні сукцесії як процеси саморозвитку екосистем. Причини сукцесій та їхні типи. Закономірності сукцесій.
1	Агроценози, їхня структура та особливості функціонування. Шляхи підвищення продуктивності агроценозів.
1	Біосфера як глобальна екосистема, її структура та межі.
1	Біогеохімічні цикли як необхідна умова існування біосфери.
1	Вчення В. І. Вернадського про біосферу та ноосферу та його значення для уникнення глобальної екологічної кризи.
	Проект
	Дослідження особливостей структури місцевих екосистем (природних чи штучних).

Тема Закономірності впливу екологічних чинників на організми та їх угруповання. Стено- та еврибіонтні види.

Мета:

освітня: узагальнити знання про екологічні чинники та їх вплив на організми;

розвивальна: розвивати вміння логічно мислити та використовувати теоретичні знання для з'ясування зв'язків між екологічними чинниками та живими організмами;

виховна: виховувати бережливе ставлення до навколишнього середовища.

Обладнання і матеріали: підручник, презентація до уроку, гербарні зразки листя *Robinia pseudoacacia L.*, фіксований пилок *Robinia pseudoacacia L.*, мікроскопи.

Базові поняття і терміни: техногенне забруднення, стійкість видів, промислова зона, стерильність пилку, морфологічні зміни пилку, хлороз, некроз, екологічна валентність, еврибіонти, стенобіонти.

Тип уроку: комбінований.

Ключові компетентності: спілкування державною мовою, основні компетентності у природничих науках і технологіях, екологічна грамотність і здорове життя, вміння вчитися впродовж життя.

Хід уроку:**I. Організаційний момент****II. Актуалізація опорних знань і мотивація навчальної діяльності учнів**

Бесіда за питаннями:

1. Чи знаєте ви що вивчає аутоекологія? Чи є в ній щось спільного з екологією?
2. Що можна назвати екологічними чинниками?
4. Назвіть основні групи екологічних чинників.
5. Наведіть приклади абіотичних біотичних та антропогенних чинників.
6. На прикладі нашого міста назвіть антропогенні фактори впливу.
7. Як ви думаєте чому одні види рослин або тварин можуть вижити в складних умовах, а інші ні?

Вплив антропогенних факторів в урбофітоценозах розглянемо на прикладі *Robinia pseudoacacia* L. Рослина часто зустрічається в ценозах міста та досить широко використовується для оздоблення його територій. Крім того її використовують при проведенні рекультиваційних робіт, для закріплення схилів та захисту ґрунтів сільськогосподарських угідь від ерозії. Конкурентними перевагами *Robinia pseudoacacia* також є відносно швидке проростання насіння, інтенсивний ріст сіянців, здатність до активного вегетативного розмноження, висока фотосинтетична активність. Може зростати у широкому діапазоні екологічних факторів: невибаглива до умов зволоження, окислювально-відновлювального режиму, до багатства ґрунтів.

- Чому одні види швидко пристосовуються до різних умов життя, а інші ні, чому одні види зустрічаються в різних місцевостях, а інші лише можуть жити на окремих ареалах?

Таким чином ми з вами підійшли до визначення екологічної валентності виду.

III. Вивчення нового матеріалу

1. Екологічна валентність виду (екологічна толерантність) - здатність організмів витримувати певну амплітуду коливань екологічних чинників.

1) зона нормальної життєдіяльності (оптимум) - значення чинника, що є найсприятливішими для життєдіяльності організмів і за яких спостерігаються ріст й розмноження. Кількісно вона охоплює діапазон від нижнього песимуму (екологічного мінімуму) до верхнього песимуму (екологічного максимуму);

2) зона пригнічення (зони песимуму, стресові зони) - значення чинника, за яких організми зберігають життєдіяльність, але не ростуть і не розмножуються; що більше значення чинника відхиляється від оптимальних, то сильніше пригнічується життєдіяльність особин;

3) зона екологічної валентності (діапазон витривалості, межі витривалості) - діапазон мінливості чинника, в межах якого можлива нормальна життєдіяльність. Розрізняють верхню й нижню межі витривалості.

2. Екологічні групи організмів за екологічною валентністю

Стенобіонти	Еврибіонти
організми, які можуть жити лише за дуже незначної зміни чинників середовища. Як правило, стенобіонтами є високоспеціалізовані види, симбіонти, мешканці морських глибин, печер, лісів високогір'я	організми, які можуть жити за значних змін екологічних чинників
<p>1. стенофаги - організми, які живляться небагатьма видами корму (колібри, осоїди, коала)</p> <p>2. стенобати організми, існування яких можливе тільки на певній глибині за певного тиску води (клопи-водомірки, глибоководні кальмари, риби-вудильники)</p> <p>3. стенотерми організми, пристосовані до відносно сталих температурних умов довкілля і які не витримують їх коливань (форель річкова трапляється в холодних гірських річках)</p> <p>4. стеногали організми, що витримують лише незначні зміни ступеня солоності середовища (головоногі молюски, карась, видра річкова)</p>	<p>1. евриффаги - організми, які живляться найрізноманітнішою рослинною і тваринною їжею (пацюк сірий, тарган рудий, свиня дика, бурій ведмідь, крук)</p> <p>2. еврибати - організми із широким діапазоном вертикального поширення, які витримують значні коливання тиску води (губки, голкошкірі, кити)</p> <p>3. евритерми - організми, що пристосовані до значних коливань температури середовища (сокіл-сапсан, вовк сірий, сосна звичайна)</p> <p>4. евригали організми, здатні існувати в середовищі зі значними змінами ступеня солоності (очерет звичайний, прохідні риби)</p>

3. Дії екологічних чинників на організм (самостійна робота з матеріалом підручника)

Чинники середовища впливають на організм не окремо, а в комплексі. Взаємодію чинників відображено в законах сукупної дії та взаємокомпенсації екологічних чинників.

- Закон сукупної дії екологічних чинників (закон ефективності чинників, закон О. Мітчерліха, 1909): у природі один екологічний чинник може впливати на інший, тому успіх виду в довкіллі залежить від взаємодії чинників.

- Закон взаємокомпенсації екологічних чинників (закон Е. Рюбеля, 1930): відсутність або нестача деяких екологічних чинників можуть бути компенсовані іншими близькими чинниками.

- Закон обмежувального чинника (закон мінімуму, закон Ю. Лібіха, 1840): найбільшу лімітуючу дію на організм, популяцію або угруповання справляють ті життєво важливі чинники зовнішнього середовища, кількість (концентрація) яких близька до мінімального критичного рівня.

- Закон оптимуму: кожен чинник позитивно впливає на життєдіяльність організмів лише в певних межах.

- Закон толерантності (закон Шелфорда, 1913): лімітуючим чинником процвітання будь-якого організму (виду) в даному місцеіснуванні може бути як мінімум, так і максимум екологічного чинника, діапазон між якими визначає витривалість (толерантність) організму до даного чинника.

На прикладі *Robinia pseudoacacia* розглянемо вплив антропогенних факторів на рослину. Перед вами гербарні зразки листя рослини, яке зібрано з різних за рівнем антропогенного навантаження ділянок. Опишіть які зміни ви бачите на листових пластинках. Порівняйте листя з двох ділянок та охарактеризуйте ступінь впливу. Які можна зробити висновки?

Розгляньте під мікроскопом пилок *Robinia pseudoacacia*, який зібраний з тих самих ділянок, що і листя. Чи помічаєте ви різницю? Що бачите в об'єктиві мікроскопа? Які можна зробити висновки?

IV. Узагальнення, систематизація й контроль знань і вмінь учнів

1. Біологія + Екологія. *Robinia pseudoacacia*



Акація біла (*Robinia pseudoacacia*) - поширена рослина та потенційно інвазивний вид на теренах України. За допомогою таблиці дайте характеристику дії температури, вологи та антропогенного впливу як екологічного чинника на організм. Який фактор найбільше впливає на розселення цього виду на території України?

Ознака	Характеристика
Систематичне положення	
Походження виду	
Значення температури для рослини	
Значення вологи для рослини	
Вплив антропогенного забруднення	
Реакції рослини на зміни екологічних чинників	
Екологічна група	
Адаптації до впливу температури	

IV. Інструктаж домашнього завдання

1. Опрацювати §36 підручника, питання усно;
2. Самостійна робота з графіками. Залежність росту рослини від дії антропогенних факторів.

Апробація розробки комбінованого уроку проводилася з учнями 11-го класу під час проходження педагогічної практики в Широківському ліцеї Широківської селищної ради. Для визначення ефективності впровадження розробки було проведено анкетування, що містило ряд питань, відповіді на які дозволили оцінити ефективність її використання щодо формування екологічних знань, набуття навичок порівнювати впливи різних екологічних чинників, робити висновки про зміни в організмі рослини під впливом антропогенних чинників, вплив на розширення екологічного світогляду, а як наслідок і формування екологічної компетентності.

Анкета

«Вплив проведення практичної роботи з визначення антропогенного впливу на рослини та формування екологічної компетентності»

1. Чи подобаються Вам комбіновані уроки з біології?
2. Чи подобається Вам виконувати практичні роботи з предмету?
3. Чи знаєте Ви, як проводити дослідження в природі?
4. Чи знаєте Ви, які рослини використовують найчастіше для озеленення території міста?
5. Які екологічні фактори, на Вашу думку, відіграють важливу роль в життя рослини?
6. Чи пов'язаний стан зелених насаджень з екологічними умовами міста?
7. Чи потрібно займатись вивченням особливостей озеленення міських територій?
8. Чи хотіли б Ви частіше виконувати практичні роботи такого напрямку?

В анкетуванні прийняли участь 12 учнів, які відповіли на ті самі питання до та після проведення комбінованого уроку. Отримані результати демонструють, що кількість учнів, яким подобаються комбіновані уроки з елементами регіонального аспекту, збільшилась і досягла максимальної – 12 учнів (інтерес до занять зріс з 76% до 100%). Кількість учнів, яким подобається виконувати практичні елементи роботи зросла з 5 до 10 (від 44% до 89%). Лише 5 учнів змогли послідовно описати особливості впливу екологічних факторів на рослини, а після проведеного уроку з цим завданням упорався кожен. Зросла кількість учнів, що знають види рослин, які використовують для озеленення міста, з 4 (33%) до 12 (100%). П'ять учнів з дванадцяти, перед виконанням практичної роботи, перелічили екологічні фактори, які впливають на рослини та дали їх класифікацію, а після виконання роботи це змогли зробити 10 учнів (87%). Переважна більшість учнів не змогла пов'язати екологічний стан міста зі станом зелених насаджень перед виконанням практичної роботи, показники мають наступний вигляд: - до практичної роботи – 3 учні (33%); після практичної роботи

– 11 учнів (91%). Майже всі учні одразу погодились з необхідністю вивчати зелені насадження нашого міста, тому загальний відсоток до та після анкетування фактично не змінився. Позитивне ставлення до практичної роботи на уроках зросло, тобто учні зацікавлені в діяльності, яка допоможе розв'язувати завдання, що перед ними постають. Навички, якими оволодівають учні допоможуть їм у майбутньому.

За результатами анкетування можна зробити висновок, що проведений урок з використанням отриманих результатів дослідження позитивно впливає не лише на поглиблення вже наявних знань та оволодіння новими, а й на формування екологічної компетентності, розвиває відчуття причетності та відповідальності за сталий розвиток рідного міста та країни в цілому.

Висновки до розділу 4

Формування екологічної компетентності, як базис для розвитку екологічної свідомості населення, складний і довготривалий процес, який бажано розпочинати зі шкільного віку. Такий шлях неодмінно пов'язаний із якісною екологічною освітою. Питання її впровадження та реалізації регламентується низкою законодавчих документів більшості країн світу та нашої держави зокрема. Сучасна українська школа передбачає формування у здобувачів освіти компетентнісного потенціалу, який буде тією сукупністю знань, умінь та навичок, що необхідні для вирішення актуальних проблем сьогодення. Серед основних принципів навчання доцільно зробити наголос на принципі практичної спрямованості як такому, що передбачає застосування теоретичних знань для розв'язку практичних завдань.

Визначення впливу антропогенних факторів на зелені насадження на прикладі *R. pseudoacacia* та з'ясування механізмів пристосування рослини до несприятливих умов, на практиці знайомлять учнів із поняттями екологічні чинники, обмежувальні чинники, толерантність, екологічна взаємодія, популяція, екосистема. Також надають можливість поглибити знання учнів про природу свого краю, демонструють неможливість вирішення поставлених практичних

завдань без оволодіння певними знаннями, актуалізують необхідність опанування сучасними і класичними методами досліджень, виховують бережливе ставлення до природних умов і ресурсів. Доцільним буде використання цих результатів при розгляді теми «Екологія» під час вивчення «Закономірності впливу екологічних чинників на організми та їх угруповання. Стено- та еврибійонтні види».

Для підтвердження висунутого припущення, що використання результатів дослідження допомагає у формуванні екологічної компетентності учнів, було розроблено конспект комбінованого уроку з теми: «Закономірності впливу екологічних чинників на організми та їх угруповання. Стено- та еврибійонтні види». Урок проводили згідно календарного планування вчителя біології під час проходження педагогічної практики. Проаналізувавши результати анкетування, можна зробити висновок, що такий спосіб організації діяльності учнів виявився досить ефективним. Діти не тільки поглиби свої знання з предмету, але й оволоділи новими.

ВИСНОВКИ

Узагальнення результатів з дослідження *Robinia pseudoacacia* як біоіндикатору стану атмосферного повітря міста Кривий Ріг дозволяє зробити наступні висновки.

1. Біоіндикація - система оцінки стану навколишнього середовища за фізіологічними, морфологічними, екологічними змінами живих організмів, які чутливо реагують на зміни факторів навколишнього середовища. Для диференціації комплексних урбогенних градієнтів середовища використовують п'ять рівнів індикації: фізіолого-біохімічний (клітинний), анатомо-морфологічний (організмий), популяційний, ценотичний і біогеоценотичний. Ці рівні разом дають уявлення про загальну картину забруднення міського середовища. Використання рослин в біологічному моніторингу називається фітоіндикацією. За їхніми різноманітними реакціями (анатомо-морфологічними та фізіологічними змінами, змінами у видовому стані екотопів та стані покриття, та ін.) можна визначити присутність у середовищі різних видів забруднюючих речовин.

2. Для визначення антропогенних впливів в урбофітоценозах було обрано *Robinia pseudoacacia* L. Рослина часто зустрічається в ценозах міста та досить широко використовується для оздоблення його територій. Одержані результати вказують на зміну аналізованих морфометричних параметрів *R. pseudoacacia* штучних фітоценозів міста в умовах урботехногенного забруднення середовища існування. Деревя *R. pseudoacacia* L. обох моніторингових ділянок мали ряд подібних ознак зовнішніх порушень – часткове всихання пагонів, укорочення приросту, наявність ушкоджених хлорозами листків. Але ступінь прояву пошкодження та кількість ушкоджених рослин відрізняються залежно від функціональної зони розташування ділянки.

3. У рослин з моніторингової ділянки I спостерігали суттєве пригнічення росту пагонів. Їх довжина на 34,5% була меншою від довжини пагонів рослин з моніторингової ділянки II. Товщина однорічних пагонів також на 15,6% була меншою ніж на ділянці I в порівнянні із ділянкою II.

4. Кількість листків на однорічних пагонах *R. pseudoacacia* на моніторингових ділянках суттєво не відрізняється, але площі листових пластинок на моніторинговій ділянці I на 12,5% менші ніж на ділянці II. Також спостерігали велику кількість листових пластинок (136 штук із 300 обстежених) уражених хлорозами на ділянці I. Натомість на ділянці II така кількість не перевищувала 50 штук. Таким чином площа асиміляційної поверхні пагона рослин з ділянки I була меншою від рослин з ділянки II на 10,4%. Загальною тенденцією є зменшення розмірів листових пластинок.

5. За результатами визначення індексу життєвого стану (за комплексом показників) рослини з ділянки I характеризуються як ослаблені та дуже ослаблені, натомість листки дерев з ділянки II мало ушкоджені, гілки, що всихають майже відсутні, стовбури мають дефекти у поодиноких деревах. Тому вони характеризуються як здорові та ослаблені.

6. Підраховані та проаналізовані дані дослідження по фертильності та стерильності пилкових зерен в умовах урбоекосистеми міста Кривий Ріг (на прикладі Покровського району міста) свідчать про зниження фертильності на моніторинговій ділянці, яка розташована поблизу підприємства. Натомість стерильність пилку рослини збільшується. Крім стерильності збільшується й кількість зерен морфологічно змінених, тобто гігантських або занадто дрібних. Так, найвищий показник абортивності пилку акації білої виявлено у на моніторинговій ділянці II, де він становить $15,412 \pm 0,174$.

7. Коефіцієнт стерильності пилкових зерен рослини становить 12,54 та 15,41 відповідно для I та II ділянок дослідження, що свідчить про високу чутливість даної рослини до забруднення навколишнього середовища.

8. Таким чином, на сьогоднішній день існує об'єктивна необхідність створення системи біоіндикаторів та біомаркерів для визначення інтенсивності мутагенного фону на урбанізованих територіях. Ми рекомендуємо дослідження деревних видів і використання їх як біоіндикаторів стану довкілля в урбоекосистемах.

9. Формування екологічної компетентності, як базис для розвитку екологічної свідомості населення, складний і довготривалий процес, який бажано розпочинати зі шкільного віку. Такий шлях неодмінно пов'язаний із якісною екологічною освітою. Визначення впливу антропогенних факторів на зелені насадження на прикладі *R. pseudoacacia* та з'ясування механізмів пристосування рослини до несприятливих умов, на практиці знайомлять учнів із поняттями екологічні чинники, обмежувальні чинники, толерантність, екологічна взаємодія, популяція, екосистема. Доцільним буде використання результатів дослідження при розгляді теми «Екологія» на уроці «Закономірності впливу екологічних чинників на організми та їх угруповання. Стено- та еврибіонтні види».

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Алексеев В. А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоя. *Лесоведение*. 1989, № 4. С. 51–56.
2. Багрій І. Д., Білоус А. М., Вилкул Ю. Г. Досвід комплексної оцінки та картографування факторів техногенного впливу на природне середовище міст Кривого Рогу та Дніпродзержинськ. Київ: Фенікс, 2000. 110 с.
3. Бессонова В. П., Бессонов Є. П., Зверковський В. М. Оцінка стану пилку деревних рослин в урботехногенній екосистемі. *Питання біоіндикації та екології*. 2013. Вип. 18, № 1. С. 70–82. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/pbte_2013_18_1_10.
4. Биоиндикация загрязнений наземных экосистем. Пер. с нем. /Под ред. Р. Шуберта. М.: Мир, 1988. 348с.
5. Білявський Г. О. Основи екологічних знань: Навч. посібник. К.: Либідь, 2003. 336 с.
6. Біологія і екологія. 10-11 класи. Рівень стандарту. Навчальна програма для закладів загальної середньої освіти, затверджена наказом МОН України від 23.10.2017 р. № 1407. URL: <https://mon.gov.ua/ua/osvita/zagalna-serednya-osvita/navchalni-programi/navchalni-programi-dlya-10-11-klasiv> (дата звернення: 18.09.2022).
7. Викторов С. В., Ремезова Г.Л. Индикационная геоботаника. М.: Изд-во МГУ, 1988. - 167с.
8. Гавриленко Д. Ф., Большой практикум по физиологии растений. М.: Высшая школа, 1975. С.392.
9. Глухов О. З. Індикація стану техногенного середовища за морфологічною мінливістю рослин. *Промышленная ботаника*. 2008. Вып. 8. С. 3-11.
10. Глухов О.З. Фітоіндикація металопресингу в антропогенно трансформованому середовищі. Донецьк: Норд-Пресс, 2006. 360 с.
11. Грицай З. В., Денисенко О. Г. Насіннева продуктивність деревних рослин в умовах забруднення довкілля викидами металургійного підприємства.

- Вісник Дніпропетровського університету. Біологія. Екологія.* 2011. Вип. 19, Т. 2. С. 40–44.
12. Джигирей В.С. Екологія та охорона навколишнього середовища. Навч. посібник: для студ. вузів. К.: Знання, 2000. 203с.
 13. Дідух Я. П., Плюта П. Г. Фітоіндикація екологічних факторів: монографія. Київ : Наук. думка, 1994. 280 с.
 14. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 531 с.
 15. Екологічний паспорт міста Кривого Рогу. Кривий Ріг, 2017. 56 с.
 16. Енциклопедія Криворіжжя : у 2-х т. / упоряд. В. П. Бухтіяров. Кривий Ріг : ЯВВА, 2005. Т. 1. 704 с.
 17. Злобін Ю.А., Кочубей Н.В. Загальна екологія: навчальний посібник. С.: Університетська книга, 2003. 414с.
 18. Илькун Г. М. Загрязнители атмосферы и растения. К: Наукова думка, 1978. 274 с.
 19. Ібрагімова Е. Е. Екологічна оцінка дії техногенних хімічних забруднень на цитогенетичні показники вищих рослин в умовах Криму: автореф. дис. на здобуття вченого ступеня канд. біол. наук: спеціальність 03.00.16 – «Екологія». Київ, 2008. 20 с.
 20. Кабиров Р. Р. Разработка и использование многокомпонентной тест – системы для оценки токсичности почвенного покрова городской территории. *Экология.* – 1997. - № 6. – С. 408 – 411.
 21. Казаков В. Л. Паранько І. С. Рельєф Криворіжжя. *Фізична географія Криворіжжя*: монографічна навчальна книга. Кривий Ріг: ТОВ «Центр-Принт», 2015. С. 49-81.
 22. Комарова І. О., Коваленко А. В. Індикація антропогенного впливу за морфометричними змінами *Robinia pseudoacacia* L. The 7th International scientific and practical conference “Modern research in world science” (October 2-4, 2022) SPC “Sci-conf.com.ua”, Lviv, Ukraine. 2022. p. 73-76

23. Концептуальні засади реформування середньої освіти. URL : <http://mon.gov.ua/activity/education/zagalnaserednya/uasch2016/konczepczyia> (дата звернення: 22.09.2022).
24. Кормиков И. И. Адаптация растений к условиям техногенно загрязненной среды. К.: Наукова думка, 1996. - 238с.
25. Коршиков І. І., Сулова О. П., Петрушкевич Ю. М. Деревні рослини в умовах промислових міст Степу: монографія. Одеса: Видавничий дім «Гельветика», 2020. 456 с.
26. Крапивин В.Ф. Проблемы мониторинга. М.: Знание, 1991. 64с.
27. Кучерявий В. П. Урбоекологія: підручник. Львів: Світ, 2001. 440 с.
28. Лакин Г.Ф. Биометрия . - М.: Высш. шк., 1990. 352 с.
29. Лисогор Л. П., Красова О. О., Коршиков І. І. Дендрофлора модельних залізородних відвалів Криворіжжя: структурний аналіз, здатність до колонізації техногенних екотопів. *Автохтонні та інтродуковані рослини*. 2017. Вип. 13. С. 36–44.
30. Лысый А. Е. Экологические и социальные проблемы и пути оздоровления крупного промышленного региона (на примере Криворожского железорудного бассейна). Кривой Рог: Этюд Сервис, 2007. 428 с.
31. Малахов І. М. Техногенез у геологічному середовищі. Кривий Ріг: Октант-Принт, 2003. 252 с.
32. Методичні вказівки до практичних робіт з дисципліни «Біоіндикація і біотестування» призначені для студентів магістрів спеціальності 8.04010601 «Екологія та охорона навколишнього середовища». Житомир : ЖДТУ, 2014. 25 с.
33. Миленька М. М. Використання деревних видів для діагностики екологічного стану довкілля урбанізованих територій. *Лісівництво і агролісомеліорація*. 2008. Вип. 114. С. 111–114.
34. Морфометрія пилкових зерен берези бородавчастої як індикатор якості екостану / Шевцова Т. В. и др. *Питання біоіндикації та екології*. 2014. Вип. 19, № 2. С. 121–138.

35. Мусієнко М. М. Екологія рослин: Підручник. К.: Либідь, 2006. 432 с.
36. Мэнинг У. Дж., Фелер У.А. Биомониторинг загрязнения атмосферы с помощью растений. М.: Гидрометеиздат, 1985. 143с.
37. Николайчук А. М. Особенности анатомической структуры листьев древесных растений, произрастающих вблизи цементных заводов Беларуси. *Вестник ВДУ. Біялогія*. 2017. № 2 (95). С. 27–34.
38. Новиков Ю.В. Экология, окружающая среда и человек. М.: Агенство “Фаир”, 1998. - 320с.
39. Носкова Н. Е., Третьякова И. Н. Влияние стресса на репродуктивные способности сосны обыкновенной. *Хвойные бореальной зоны*. 2006. № 1. С. 1–11.
40. Одум Ю. Экология: В 2 т. перев. с англ.. М.: Мир, 1986, 740 с.
41. Природнича географія Кривбасу: монографія / за ред. В.Л. Казаков, М.Г. Сметана, В.О. Шипунова, І.С. Паранько, В.В. Коцюруба. Кривий Ріг: Оксан-Принт, 2005. 156 с.
42. Про затвердження Інструкції з інвентаризації зелених насаджень у населених пунктах України : наказ Державного комітету будівництва, архітектури та житлової політики України від 24.12.2001 р. №226. *Офіційний вісник України*. 2002. №10. Ст. 489.
43. Про затвердження Положення про систему моніторингу зелених насаджень у містах і селищах міського типу України : наказ Міністерства з питань житлово-комунального господарства України від 04.08.2008 р. №240. *Офіційний вісник України*. 2008. №80. Ст. 2711.
44. Про затвердження Правил утримання зелених насаджень у населених пунктах України : наказ Міністерства будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України від 10.04.2006 р. №105. *Офіційний вісник України*. 2006. №31. Ст. 2276.
45. Про концепцію екологічної освіти в Україні : рішення Міністерства освіти і науки України від 20.12.2001 р. №13/6-19. *Інформаційний збірник Міністерства освіти і науки України*. 2002. №7.

46. Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року : Закон України від 28.02.2019 р. № 2697-VIII. Офіційний вісник України. 2019. № 28. С. 29.
47. Про охорону навколишнього природного середовища: Закон України від 26.06.1991 р. № 1264-XII. Дата оновлення: 01.01.2021. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text> (дата звернення: 13.04.2022).
48. Селивановская С. Ю. Создание тест-системы для оценки токсичности многокомпонентных образований, размещаемых в природной среде. *Экология*. 2004. № 1. С. 21–24.
49. Скринько Н. В., Писаренко Я. С. Наслідки нарощування екологічно небезпечного виробництва Кривбасу. *Вісник Криворізького економічного інституту КНЕУ №4 (20)*, 2009. – с. 111 – 113.
50. Торохова О. Н. Оценка пригодности пород промышленных отвалов Донбасса для произрастания растений. *Промышленная ботаника*. 2008. Вып. 8. С. 12-16.
51. Экология города: учебник для студ. вузов под ред. Ф.В. Стольберга. К.: Либра, 2000. 464с.