

**ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Навчально науковий інститут агротехнологій селекції та  
екології**

**кафедра екології, збалансованого природокористування  
та захисту довкілля**

## **Кваліфікаційна робота**

**на тему: РОСЛИНИ-БІОІНДИКАТОРИ  
ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ КУРОРТНИХ ТЕРИТОРІЙ  
М. МИРГОРОД**

**Виконала:** здобувач вищої освіти  
спеціальності 101 - «Екологія»

**Гунченко Анна Тарасівна**

**Керівник:** доцент, кс.-г.н Піщаленко М.А

**Рецензент:** доцент Поспелова Г.Д.

**Полтава – 2024 рік**

## **Вступ**

**Розділ 1. Місце та роль біоіндикації в загальній системі екологічного моніторингу**

**Розділ 2. Біоіндикація та тест – організми для моніторингу стану атмосферного повітря**

2.1. Загальні вимоги до тест-організмів для біоіндикації навколишнього середовища

2.2. Особливості природно-кліматичних умов досліджуваної території

2.3. Епіфітні лишайники як об'єкт біомоніторингу якості атмосферного повітря

2.4. Дендрофлора як об'єкт біомоніторингу якості атмосферного повітря

**Розділ 3. Фітоіндикаційна оцінка стану екосистеми рекреаційної зони курорту Миргород**

3.1. Характеристика рекреаційної території курорту Миргород

3.2. Ліхеноіндикація території Березового гаю

3.3. Оцінка стану середовища по комплексу ознак у сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.)

3.4. Оцінка флуктуючої асиметрії листових пластинок берези повислої (*Betula pendula* Roth.)

## **ВИСНОВКИ**

## **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

## **ДОДАТКИ**

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Загальновідомим фактом є те, що рекреаційна діяльність дозволяє виконувати головну державну процедуру – надання реабілітаційної та профілактичної допомоги в системі охорони здоров'я населення країни. Рекреація - являє собою комплекс заходів, спрямованих на відновлення і покращення здоров'я і працездатності людей. Дана галузь економіки охоплює всі види відпочинку людини, включаючи туризм і санаторно-курортне лікування. У зв'язку з тим, що ландшафти курортних територій легко підлягають руйнуванню і мають обмежені можливості, рекреація, як вид господарської діяльності, негативно позначається на їх структурі і функціонуванні. Стихійне і нерациональне використання рекреаційних ресурсів в районах інтенсивного туристичного освоєння створює ряд екологічних проблем.

Перевищення гранично допустимих навантажень на рекреаційні зони призводить до дигресії комплексів, в зв'язку з чим вони втрачають рекреаційні якості і здатність до самовідновлення. Екологічні наслідки рекреаційної діяльності людини різноманітні і протікають в декількох напрямках. Перш за все вони виражаються в витоптуванні і ущільненні ґрунтів, загибелі молодого підросту, а також ущільнення підстилки і верхнього шару ґрунту. Інтенсивне витоптування призводить до уповільнення процесів фотосинтезу, дихання і транспірації рослин, в зв'язку з чим знижуються прирости рослин по висоті, діаметру і запасу деревини, з'являються прогалини. У цій ситуації спостерігається поступова заміна лісових рослин луговими, а лугових - придорожніми і бур'янами. До того ж для місць, найбільш часто відвідуваних людьми, властиві мозаїчний і плямистий характер рослинності. Практично завжди це призводить до

зниження видового різноманіття. Збиток від витоптування ґрунту туристами, як правило, сильніше, ніж через облаштування наметових таборів.

Збільшення рекреаційних навантажень є причиною зниження загального проективного покриття лишайниками. це обумовлено тим, що зникають типові представники лісової ліхенофлори (кладонія м'яка, кладонія, кладонія оленяча та ін.). Сосни, які ростуть на щільних ґрунтах, як правило, відчувають пригнічення, особливо страждають молоді та слабкі дорослі дерева. У цій ситуації при відносно сприятливих умовах на зміну хвойним породам дерев приходять дрібнолисті (осика, береза, вільха), а в екстремальних умовах залишається утрамбований майже позбавлений рослинності ґрунт. Ущільнення ґрунту призводить і до зниження його водонепроникності, що в свою чергу є причиною розвитку ерозійних процесів. Особливо чітко це явище проявляється на схилах після весняного танення снігу. В результаті ущільнення погіршується структура ґрунту, на 18 - 20% зменшується шпаруватість, в 2 - 3 рази знижується мікробіологічна активність, інтенсивність виділення вуглекислого газу за одиницю часу і вміст елементів живлення [6]. Ряд вчених відзначають в своїх дослідженнях обернено пропорційну залежність рекреаційних навантажень і стану ґрунтів.

Розширене рекреаційне природокористування викликає зміна видового складу рослинності, її просторової структури, погіршення стану, продуктивності, захисних властивостей насаджень, а також зміна індивідуальних характеристик самих рослин, скорочення чисельності мисливської фауни, зниження врожаю побічної продукції лісу. Воно призводить і до забруднення водних об'єктів, виснаження в них біологічних

ресурсів, зміни характеристик берегової лінії, дна водойм, збільшення кількості відкладень і каламутності.

На санітарний стан курортно-рекреаційних ландшафтів також впливають сміття та інші відходи, що залишаються туристами і розміщуються підприємствами. Наслідком такого користування стає погіршення умов, що забезпечують психологічний комфорт відпочинку. Однією з основних проблем особливо охоронюваних територій є протиріччя між галузевою структурою економіки і туристично-рекреаційної функцією регіону.

Рекреаційне освоєння регіону також передбачає надмірне будівництво об'єктів туристського призначення. У порівнянні з науково-пізнавальним туризмом, здійснюваним з метою вивчення флори, фауни, пам'ятників природи тощо, рекреаційний туризм, для якого необхідні великі готельні комплекси, спортивні споруди, завдає набагато більшої шкоди природному середовищу. В результаті будівництва таких об'єктів змінюються природні властивості ґрунтів, глибина залягання ґрунтових вод, мікроклімат, лісистість території забудови; активізуються екзогенні процеси, відбувається сильна аридизація суміжних ландшафтів.

У зв'язку, з тим що курортно-рекреаційні райони відчують на собі постійно зростаюче негативний антропогенний тиск, актуальними є; питання використання спеціальних знань про специфіку їх природно-ресурсного потенціалу. Інформаційною основою для раціонального використання та охорони природних лікувальних ресурсів, управлінської та виробничої діяльності є система моніторингу за станом природно-ресурсного потенціалу курортів і лікувально-оздоровчих місцевостей.

На сьогодні розвиток курортно-рекреаційних зон, запорукою їх сталого розвитку є раціональне природокористування, засноване на достовірній інформації про стан навколишнього природного середовища. Таким чином, спостерігається взаємозалежність розвитку курортної діяльності і екологічних умов рекреаційних ландшафтів. Для розробки стратегії раціонального використання курортно-рекреаційного регіону, а також визначення екологічної ємності території необхідна оцінка якості навколишнього середовища, її сприятливості для людини. Слід зазначити, що питання оцінки ефективності управління охороною навколишнього середовища і формування системи природоохоронних заходів не може бути об'єктивно вирішене лише на рівні розгляду формальних показників, він вимагає проведення спеціальної різнобічної оцінки стану території. У зв'язку з цим проведення екологічної оцінки стану середовища м. Миргород є актуальною і своєчасною.

**Мета і завдання досліджень досліджень:** апробація використання рослинних організмів для біологічно значущою оцінки стану навколишнього середовища м. Миргорода і обґрунтування використання отриманих даних при плануванні розвитку курорту.

Для досягнення поставленої мети нами вирішувалися такі завдання:

1. Систематизація та аналіз проблем оцінки стану навколишнього середовища курортного регіону.
2. Дослідження екологічного стану території міста Миргород за допомогою рослин-фітоіндикаторов.

3. Визначення методично обгрунтованого поєднання фітоіндикаційних підходів в системі екологічного моніторингу середовища курорту.

*Об'єктом дослідження* вивчити можливість використання рослин-фітоіндикаторів для визначення екологічного стану навколишнього середовища

*Предмет дослідження:* екологічний стан рекреаційної території курортної зони м. Миргород

**Структура та обсяги кваліфікаційної роботи.** Кваліфікаційна робота викладена на сторінках машинописного тесту, включає таблиць , рисунків і додатки. Робота складається із вступу, 4 розділів, висновків. Список використаних джерел охоплює найменування

# РОЗДІЛ 1

## МІСЦЕ ТА РОЛЬ БІОІНДИКАЦІЇ В ЗАГАЛЬНІЙ СИСТЕМІ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ

### (Огляд літератури)

Існуюча на сьогоднішній час екологічна ситуація і негативні тенденції її зміни багато в чому визначаються господарською діяльністю людини: розвитком промисловості, сільського господарства, транспортної мережі, рекреації [23]. У зв'язку з цим виникла потреба в розробці актуальної системи моніторингу навколишнього середовища, точніше, моніторингу природних процесів і явищ, що дозволяє оцінити ступінь антропогенних впливів.

Інформація, отримана при здійсненні екологічного моніторингу, призначається для розробки прогнозів соціально-економічного розвитку та прийняття відповідних рішень, розробки регіональних програм в області екологічного розвитку країни, цільових програм в галузі охорони природи, заходів щодо поліпшення екологічного благополуччя територій.

Сучасний екологічний моніторинг має два основні завдання, що вимагають послідовної реалізації. По-перше, необхідно забезпечувати постійну оцінку якості середовища проживання людини і біоти. А по-друге, в тих випадках, коли цільові показники критеріїв якості середовища не досягаються, потрібне створення умов для визначення коригувальних дій [11]. Таким чином, сама система екологічного моніторингу не включає в себе діяльність по управлінню якістю середовища, але є джерелом інформації, необхідної для прийняття управлінських рішень в області охорони природи, природокористування та екологічної безпеки в цілому.

Слід зазначити, що крім оцінки безпосередніх наслідків антропогенної діяльності, необхідно контролювати природні зміни в середовищі. Важливість такого підходу полягає в його незамінності для:

- отримання інформації про загальні тенденції зміни середовища на глобальному, регіональному і локальному рівнях;
- порівняння отриманої інформації з результатами, одержуваними в районах інтенсивного антропогенного освоєння і впливу;
- для комплексної оцінки стану навколишнього середовища, його якості.

Існуючі на сьогодні системи контролю за станом навколишнього середовища відносяться до категорії санітарно гігієнічного моніторингу, який розглядається як довгострокова програма безперервного збору інформації про стан природних об'єктів при впливі антропо-техногенних факторів [2]. Різні чинники викликають зміни спрямованості, швидкості основних екологічних процесів, що відповідно, призводить до трансформації структурних компонентів екосистем: повітря, води, ґрунту, рослин і тварин.

В даній ситуації слід враховувати той факт, що в навколишньому середовищі присутні не один, а безліч чинників, які, впливаючи на живі організми в комплексі, можуть викликати ефекти, відмінні від ефектів, що викликаються поодиноким чинниками [45]. Залежно від природи, інтенсивності та порядку впливу агентів (стресорів) вплив комплексу зовнішніх чинників викликає принципово різні типи відповідної реакції організму - адитивність, синергізм, антагонізм. Використання для оцінки якості навколишнього середовища фізико і хіміко-аналітичних методів (спектроскопічного, електрохімічного,

хроматографічного та ін.) В даний час широко поширене і, безсумнівно, має свої переваги, про що свідчать численні наукові і прикладні праці. Так, зазначені методи, дозволяють досягати необхідних низьких показників виявлення речовин, високої чутливості і вибіркової реакції.

Проте, при багатоконпонентному впливі на навколишнє середовище застосування традиційних методів аналізу навіть при їх високої чутливості стає неефективним. Це пов'язано з тим, що хімічні і фізико-хімічні методи не дають прямої відповіді про якість природного середовища і придатності її для проживання живих організмів, так як результуючий відгук біологічної системи на комбіноване вплив не можна передбачити виходячи тільки з інформації про ефекти окремого дії агентів. Спільну ж дію стресорів можна виявити при спостереженні безпосереднього впливу негативних факторів на живі організми, що є головним завданням екологічних досліджень [12, 45].

Комплексну характеристику стану навколишнього середовища, що знаходиться під впливом всього різноманіття зовнішніх чинників, можуть дати тільки методи біологічної оцінки. У зв'язку з тим, що будь-яка біологічна система (від клітини до угруповання) інтегрує всі процеси, які протікають навколо неї, ключовим компонентом моніторингу навколишнього середовища є біологічний моніторинг, який дозволяє отримати інтегральну оцінку наслідків дії комплексу забруднювачів для представників живої природи [3, 11]

Слід зазначити, що результати оцінки реакцій живих організмів на антропогенні стресори виражаються в показниках, що мають біологічний сенс. Це в свою чергу, дозволяє стверджувати, що пріоритетність біологічної

оцінки стану навколишнього середовища визначається отриманням безпосередньої характеристики «здоров'я» середовища, його придатності для існування живих організмів і людини зокрема. На сьогодні трактування поняття «біологічний моніторинг» провідними вченими-екологами досить широке - біомоніторинг - система спостережень, оцінки і прогнозу будь-яких змін в біотичних компонентах, викликаних факторами антропогенного походження, і проявляються на різних рівнях (організменном, популяційному або екосистемному).

Таким чином, біологічний моніторинг включає в себе спостереження, оцінку і прогноз зміни стану екосистем та їх елементів, викликаного антропогенним впливом [34]. Іншими словами, біомоніторинг є складовою частиною екологічного моніторингу, він є одним з рівнів послідовної процесу дослідження стану екосистеми.

В процесі розвитку науки сформувався самостійний напрямок біомоніторингу – біоіндикація. За словами Д. Н. Сабурова, «біоіндикація - це допоміжний практичний прийом, що прискорює і полегшує прямі спостереження». Вона є незамінною при необхідності отримання оперативної інформації про стан навколишнього середовища.

Основним прийомом біоіндикації є біотестування, при якому про якість середовища, фактори, що діють самостійно або в поєднанні з іншими, судять по виживаності, станом і поведінкою спеціально поміщених в цю середу організмів - тест-об'єктів. Як зазначає, В. А. Терехова (2007), «біотестування – це методичний прийом лабораторної оцінки якості зразків по реакціях піддослідних організмів з відомими і піддаються обліку характеристиками». Головне завдання біотестування - отримання швидкої

відповіді про присутність або відсутність в середовищі токсичних речовин [34]. З метою біотестування можуть використовуватися найрізноманітніші організми: від найпростіших до ссавців.

Біоіндикація є основою екологічного моніторингу в регіоні. З її допомогою можна вимірювати ступінь неблагополуччя за шкалою «норма-патологія» по конкретним характеристикам індикаторних угруповань і видів. При дослідженні стану навколишнього середовища необхідно мати на увазі, що об'єктами індикації (індикати) можуть бути як різні природні компоненти (грунт, вода, повітря), так і ті процеси, які в них відбуваються [23]. Біоіндикаторами виступають також і організми, присутність, кількість або особливості розвитку яких, служать показниками природних процесів, умов або антропогенних змін їхнього середовища існування. Використовуючи біологічні індикатори, що володіють ознаками, властивими системі або процесу, можна визначати стан екологічних систем, процесів і явищ, а також проводити оцінку тенденцій їх змін [26].

Однак далеко не всі живі організми можуть бути біоіндикаторами, для цього вони повинні мати ряд специфічних властивостей, основними з яких є:

- висока чутливість при низькій індивідуальній мінливості;
- генетична однорідність;
- наявність у великій кількості і з однорідними властивостями;
- можливість існування в широкому діапазоні екологічних умов;
- легкість ідентифікації в природних умовах;
- висока тривалість життя (при використанні в багаторічних дослідженнях);
- відтворюваність результатів досліджень;

- оперативність отримання інформації;
- достовірність, яка визначає багато в чому практичну цінність індикатора;
- значимість (частота, з якою індикатор зустрічається з об'єктом індикації)

в межах певного району.

У сучасному світі біоіндикація застосовується в різних сферах діяльності людини. Вона дозволяє виявляти природний буферний потенціал екосистем і допустимих навантажень екзогенних речовин. Також контроль за станом популяцій організмів проводиться з метою ранньої діагностики і запобігання негативних наслідків антропогенних впливів, які можуть вплинути на структуру і функції біоти, продуктивність біоценозу, а також на здоров'я людини. Отже, біоіндикація є складовим компонентом комплексної системи екологічного моніторингу, включаючи виявлення негативних змін навколишнього середовища.

Крім того, збереження біорізноманіття дозволяє забезпечити існування якомога більшої кількості організмів, особливо рідкісних видів біоти, високочутливих до забруднення. Біоіндикаційні дослідження знаходять своє застосування і в сільському господарстві. Отже, можна зробити висновок, що біоіндикація не скасовує систему аналітичних і апаратурних методів контролю природного середовища, а лише доповнює її якісно новими біотичними показниками.

Пристосування до певних умов середовища і збереження життєздатності організму забезпечують гомеостатичні механізми. Універсальним показником гомеостазу біоіндикаторів є його стан в стресових умовах. При попаданні з «чистої» зони в «забруднену», організм відчуває стан фізіологічного напруги, критичного навантаження, яка

проявляється у вигляді специфічного синдрому, що складається з усіх викликаних неспецифічних змін всередині самої біологічної системи.

Згідно з концепцією екологічної толерантності, для будь-якої біологічної системи існують такі межі зміни екологічних факторів, при яких вони зберігають відносну стабільність. У зв'язку з цим, можна ототожнювати межі екологічної толерантності з межами, всередині яких стан екосистеми вважається нормальним. У цьому сенсі нижня межа впливу антропогенних стресорів відповідає їх повної відсутності, а верхній - є екологічно допустимим рівнем впливу.

Таким чином, при виході, досліджуваного фактора за межі толерантності буде спостерігатися зміна функціональних показників стану біосистеми, а в крайніх випадках може спостерігатися і її загибель. У зв'язку з тим, що організм здатний підтримувати свій гомеостаз тільки в межах зони толерантності, то і індикаторна цінність виду залежить від його екологічної стійкості. Якщо певний фактор або їх сукупність виходять за рамки «зони комфорту», то організм реагує відповідною реакцією, прояв якої залежить від виду організму і є показником його індикаторної значущості. Саме цю реакцію організмів і визначають біоіндикаційні методи.

Вищевказані положення дозволяють стверджувати, що найбільший інтерес для біоіндикації представляють стенобіонтні види, так як вони, на відміну від еврибіонтів, здатні існувати лише в дуже вузьких межах толерантності. Навіть самі незначні зміни умов середовища призводять до їх руйнування і загибелі. У зв'язку з цим стенобіонти є чутливими біоіндикаторами, так як вони реагують значним відхиленням життєвих функцій від норми. Еврибіонти, навпаки, накопичують антропогенний вплив, без змін що рано проявляються, що в свою чергу дозволяє їх віднести до акумулятивних біоіндикаторів.

Одним з основних принципів біоіндикації є встановлення оптимального (контрольного) рівня, відхилення від якого свідчать про стресовий стан середовища. До того ж слід пам'ятати, що біологічна система комплексно реагує на зовнішній вплив середовища. Причому фізіологічна толерантність організму обумовлена і внутрішніми факторами: умовами харчування, віком, генетично контрольованою стійкістю і вже наявними порушеннями. Біоіндикатор прийнято характеризувати за допомогою двох показників - специфічності і чутливості - що відповідно визначає і форми самої біоіндикації [45]. За характером зв'язку з об'єктом індикації і за ступенем стійкості зв'язку з ним виділяють прямі і непрямі біоіндикатори. Якщо фактор діє безпосередньо на біологічну систему, то мова йде про пряму біоіндикацію [34]. Непрямі ж індикатори безпосереднього зв'язку з індикатором не мають, в даному випадку індикація стає можливою тільки після зміни стану об'єкта під впливом інших безпосереднього порушених елементів. У разі проведення специфічної біоіндикації всі зміни в біологічній системі можна пов'язати тільки з одним фактором. В даному випадку індикація стає можливою тільки після зміни стану об'єкта під впливом інших безпосереднього порушених елементів.

При виборі біоіндикаторів американський вчений Ю. Одум пропонує враховувати наступне: великі види є кращими індикаторами [34, 54]. Це обумовлено тим, що швидкість обігу дрібних видів в біоценозі вище, і при спостереженнях з тривалої періодичністю вони можуть не потрапити в пробу. До того ж при виділенні виду-індикатора, необхідно мати польові та експериментальні відомості про лімітують значення даного чинника з

урахуванням можливих компенсаторних реакцій організму і власне толерантності виду.

Біоіндикацію можна здійснювати на різних рівнях організації життя: від молекул до біоценозу. Важливо відзначити, що в природі всі види біоіндикації включені в ланцюг реакцій або процесів що послідовно відбуваються, в зв'язку з чим біоіндикація на нижчих рівнях організації діалектично включається в біоіндикацію на вищих рівнях. На нижчих рівнях організації життя можливі прямі і специфічні форми біоіндикації, на вищих - лише непрямі і неспецифічні. Однак саме останні дають комплексну оцінку впливу зовнішніх факторів на екосистеми і природу в цілому.

## РОЗДІЛ 2

### ОСОБЛИВОСТІ БІОІНДИКАЦІЇ МОНІТОРИНГУ СТАНУ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

#### **2.1 Загальні вимоги до тест-організмів для біоіндикації навколишнього середовища**

Концепція здоров'я середовища дедалі більше поширюється серед екологів усього світу. Це поняття стає одним з центральних і в екологічній політиці України, оскільки основним індикатором сталого розвитку, в кінцевому підсумку, є якість середовища проживання. Під здоров'єм середовища в найзагальнішому сенсі, розуміється його стан (якість), необхідний для забезпечення здоров'я людини та інших видів живих істот. Моніторинг здоров'я середовища включає моніторинг навколишнього природного середовища, моніторинг антропосфери.

Біомоніторинг, як складова частина моніторингу навколишнього природного середовища визначається провідними фахівцями-екологами у такий спосіб:

- система спостережень, оцінки і прогнозу будь-яких змін в біоті, викликаних факторами антропогенного походження;
- система стеження за біологічними об'єктами і моніторинг за допомогою біоіндикаторів;
- визначення стану живих систем на всіх рівнях організації та реакції на забруднення середовища.

Біомоніторинг має свої підрозділи, такі як моніторинг забруднення біоти, моніторинг продуктивності біосфери, моніторинг фено- і генотипової різноманітності, моніторинг біорізноманіття, моніторинг рідкісних та зникаючих видів. Завдяки біомоніторингу є можливість оцінити синергетичний ефект або отримати інтегральну характеристику якості середовища, що знаходиться під впливом всього різноманіття фізичних, хімічних та інших факторів, тому що саме живі організми несуть найбільшу кількість інформації про природне середовище, що їх оточує.

Суть методу полягає у визначенні та аналізі реакції-відповіді рослин і дрібних тварин, які постійно проживають на досліджуваній території, на зміни параметрів їх звичного середовища існування. Живий організм, як біологічна система, зосереджує на собі всі процеси, що протікають в екосистемі. У нормальних умовах організм реагує на дії середовища за допомогою складної фізіологічної системи буферних гомеостатичних механізмів. Під впливом несприятливих умов ці механізми можуть бути пошкоджені, що призводить до порушення розвитку і функціонування як організму так і екосистеми в цілому.

Одним з можливих шляхів вирішення даної проблеми є використання в якості доповнення методів біомоніторингу: біоіндикації і біотестування. Спосіб оцінки антропогенного навантаження по реакції на неї живих організмів і їх угруповань отримав назву біоіндикації, а самі організми біоіндикаторів. Біоіндикація спирається на закон екологічної індивідуальності видів. Біоіндикатори мають ряд властивостей, що дозволяють успішно застосовувати їх для вирішення завдань екологічного моніторингу.

Вони дають інтегральну оцінку стану навколишнього середовища, так як:

1. Підсумовують, всі без винятку, біотичних важливі дані про оточуючому середовищу і відображають його стан в цілому.

2. Чи реагують на короткочасні і залпові викиди поллютантів, які може не зареєструвати автоматизована система контролю з періодичним відбором проб.

3. Чи відображають і фіксують швидкість змін, що відбуваються в навколишньому середовищі, та розкривають тенденції розвитку природного середовища.

4. Вказують шляхи і місця скупчення в екосистемі ксенобіотиків і поллютантів і можливі шляхи їх надходження в їжу людини.

5. Дозволяють судити про ступінь шкідливості тих чи інших забруднюючих речовин для живої природи і людини, дають можливість контролювати токсичність і небезпеку знову синтезованих ксенобіотиків.

6. Допмагають нормувати допустиме навантаження на екосистеми, що розрізняються своєю стійкістю до антропогенного впливу.

Слід зазначити, що незважаючи на перераховані вище переваги існують вимоги (необхідні умови), невиконання яких накладає обмеження на можливість використання методів біоіндикації. Необхідно пам'ятати, що організм-біоіндикатор повинен: мати високу чисельність, тривалий життєвий цикл, широкий ареал проживання, інтенсивно розмножуватися, мати постійний контакт з досліджуваним антропогенним фактором, бути легким у зборі та відносно простим для ідентифікації видової належності.

Задовольнити в повному обсязі перераховані вище вимоги в реальних умовах буває досить складно. Методи біотестування, засновані на оцінці дій

факторів навколишнього середовища за допомогою живих організмів (тест-об'єктів) в контрольованих умовах, доповнюють і розширюють дані біоіндикаційних досліджень. Однак при всій привабливості: можливості отримання кількісних оцінок в контрольованих умовах, біотестування також має ряд недоліків [34]. Існують обмеження при спробі екстраполяції даних, отриманих *in situ* біотестуванням, в природні умови. При розробці і стандартизації методик біотестування практично не можливо врахувати всі суттєві особливості життєдіяльності організму. Таким чином, на основі аналізу можливостей і обмежень аналітичних і біоіндикаційних (включаючи і біотестування) методів екологічного моніторингу можна зробити висновок, що тільки комплексний підхід в їх використанні дозволить отримати повну, всебічну, об'єктивну інформацію про стан навколишнього середовища.

Моніторинг якості атмосферного повітря займає особливе місце в загальній системі екологічного моніторингу навколишнього середовища. Можливість перенесення забруднюючих речовин на великі відстані, труднощі встановлення їх джерел, залежність забруднення інших середовищ від ступеня забруднення атмосфери висуває особливі вимоги при організації систем спостереження [12]. У більшості проведених досліджень використовуються методи біогеохімічної індикації, засновані на визначенні хімічних забруднювачів в рослинах, ґрунті, снігу, тварин.

При цьому рослини, як найбільш широко поширений біооб'єкт, дуже чутливо реагують навіть на невеликі техногенні зміни середовища, а також ґрунту, відображають забруднення за багаторічний період, мають в біоіндикаційних дослідженнях значні переваги. Індикаторними можуть бути також ті рослини, які акумулюють в тканинах забруднюючі речовини або продукти метаболізму, одержувані в результаті взаємодії рослини і забруднюючої речовини. Як біоіндикатори багато авторів пропонують використовувати деревні рослини з огляду на їх повсюдну поширеність, а

також здатність накопичувати різні поллютанти і здійснювати морфологічні, продукційні та фізіологічні реакції на антропогенне забруднення.

Біомоніторинг парково рекреаційної території ми проводили за двома напрямками: ліхеноіндикаційні роботи і дослідження флуктуаційної асиметрії листків деревних порід.

Близько 30 років проводяться дослідження з пошуку інформативних ознак для дендроіндикаторов. Для деревних рослин характерно деяке збільшення середньої площі листя в міських урбоекосистемах порівняно з контролем в лісі, що може бути обумовлено дією невисоких концентрацій забруднюючих речовин (вуглеводнів, оксидів сірки, азоту), що надійшли в рослину і вступили у метаболізм.

Крім того, на мінливість листової пластинки впливають ґрунтові умови, наявність продув, затіненість, глибина залягання ґрунтових вод, особливості мінерального харчування, обрізка. Серед внутрішніх факторів, від яких завісіт розмір аркуша, можна назвати вік рослини, вік пагонів, положення листа на втечу, поярусно і сильна індивідуальна ізменчівість листя. Є тенденція зменшення розмірів листя деревних рослин із збільшенням транспортного навантаження, яка підтверджується кореляційним аналізом тільки для липи дрібнолистої на середньо і сільнозавантажених вулицях. Виходячи з вищесказаного, на думку Є.В. Шунелько (2000), площа листя не є достатньо інформативною біоіндикаційною ознакою в зв'язку з її великою мінливістю. Більш точну інформацію можна отримати, використовуючи середню величину абсолютних відмінностей між лівими і правими частинами листя - асиметрію. Флуктуаційна асиметрія рослин і тварин, що представляє собою прояв

внутрішньовидової мінливості, може слугувати показником загального порушення стабільності розвитку організму.

## 2.2. Особливості природно-кліматичних умов Миргородського району Полтавської області

Площа Миргородського району становить 1,55тис. км<sup>3</sup> (Рис. 3.1).



Ри. 2.1. Миргородський район Полтавської області

Тип господарської діяльності – промислово-аграрний. Рівень сільськогосподарської освоєності території – 78,79% (площа сільськогосподарських угідь – 127615, 4 га), а рівень розораності земель – 63, 73%. Рівень заповідності території району становить 0, 19% (при середньообласному показнику – 4,01%)[43]. Об’єкт природнозаповідного фонду займають площу 303,42 га. Лісистість – 8,9%, при середньообласному показнику – 8,6%. Площа території району, що знаходиться під водами, становить 2125, 95 га [45].

Однією з першочергових проблем Миргородського району є забезпечення населення питною водою належної якості. Ситуація ускладнюється тим, що артезіанська вода Бучакського горизонту (160 -170 м), яка використовується на питні потреби, за своїм хімічним складом не відповідає останнім гігієнічним вимогам (за вмістом фтору, хлоридів,

сульфатів, заліза), крім того, водопровідна мережа в своїй більшості має значний експлуатаційний вік (близько 40 років) і відповідно потребує поступової заміни і капітальних ремонтів.

Першочерговою екологічною проблемою в рамках Миргородського району залишається загальний санітарний стан і рівень забруднення річок Хорол, Псел, Лихобабівка, Очниця, Рудка, Хомутець. Серйозною проблемою району залишається проведення тампонажних робіт артсвердловин у кількості 70 шт. які залишилися без власника в результаті реорганізації сільськогосподарських підприємств.

Важливим питанням для Миргородського району, як і для багатьох інших районів області є питання утилізації непридатних пестицидів і агрохімікатів загальною кількістю 13,075 тонн, які на даний час впорядковані і зберігаються на територіях 6 сільськогосподарських підприємств [5]. Також, важливим питанням для Миргородського району в останні роки є раціональне землекористування.

Актуальними для Миргородського району є захоронення твердих побутових відходів, зокрема стан звалища, що обслуговує м. Миргород і с. Білики. Діюче звалище на даний час має 104 % заповнення відносно проектної потужності. Для вирішенні питання захоронення побутових відходів було проведено розширення існуючого звалища шляхом відведення додаткової площі та будівництва поряд нового звалища, що тимчасово зняло актуальність даної проблеми.

Рівень заповідності території Миргородського району становить 0,5 % що значно нижче середньообласного (4,3%), і займає 1650 га території під заказники місцевого значення [45,50]. Однак розширення природно-заповідного фонду району на жаль не планується, в основному через відсутність перспективних об'єктів. Пріоритетними екологічними проблемами Миргородського району є [43]:

- розчистка річки Хорол у межах Гаркушинської сільради (5 км), Петрівцівської сільради (2 км), Ярмарківської сільради (2 км);
- проведення ліквідаційних тампонажних робіт недіючих артсвердловин у кількості 25 шт;
- утилізація непридатних пестицидів загальною кількістю 13, 075 тонн;
- питання землевпорядкування та раціонального використання;
- заліснення земель площею 481 га [11];
- розширення мережі об'єктів природно-заповідного фонду за рахунок створення лісового урочища місцевого значення «Урочище Грабівщина» (70 га), ландшафтних заказників місцевого значення «Солонці» (800 га) та «Ярмаківське» (1200 га) [45].

### **2.3 Епіфітні лишайники як об'єкт біомоніторингу якості атмосферного повітря**

Епіфітні лишайники визнані пріоритетним об'єктом фонового екологічного моніторингу якості атмосферного повітря. Можливість використання епіфітних лишайників як біоіндикаторів атмосферного забруднення обумовлена анатомічними, фізіологічними, екологічними особливостями даної групи організмів. Епіфітні лишайники - багаторічні організми симбіотичної природи, які отримують все необхідне для життя переважно аерального шляхом. Отже, вони схильні до дії поллютантів атмосфери круглий рік. Відмирання таломів відбувається повільно, і лишайники практично не можуть позбутися від токсикантів таким способом. Відсутність кутикули і продихового апарату, який перешкоджає вільній дифузії газів і аерозолів, а також відсутність механізмів регуляції в поглинанні води і розчинених в ній речовин, зумовлюють накопичення різного роду забруднювачів в таломаш лишайників протягом тривалого

періоду часу. Таким чином, результати зміни в біохімії, фізіології і екології лишайників-епіфітів, які ростуть на антропогенно трансформованих територіях, можуть успішно застосовуватися для оцінки якості атмосферного повітря.

Методи ліхеноіндикації засновані на індивідуальній реакції лишайників до дії полютантів атмосфери. Численні дослідження (а історія розвитку ліхеноіндикації налічує понад 140 років) свідчать про те, що на територіях міст, в зоні дії промислових підприємств і автомобільних доріг відбувається зменшення флористичного багатства, видового різноманіття і видової насиченості епіфітної ліхенофлори. Уперше зникнення лишайників задокументував А. Ньюландер 1866 у Парижі [12]. Це дало йому підстави назвати їх гігієнометрами. В Україні зміни лишайникового покриву зареєстрував Г. Шпек 1870 в околицях Харкова [27]. У 1920-х рр. Р. Сернандер уперше виділив ліхеноіндикаційні зони в місті, зокрема так звану зону пустелі, зону боротьби та зону слабого впливу [27]. 1968 року у Великій Британії створено біоіндикаційну шкалу, за якою на основі даних про лишайникові угруповання можна визначити рівні забруднення повітря SO<sub>2</sub> (від 30 до 170 мг/м<sup>3</sup>). У 1960-і рр. запропоновано декілька індексів [45].

Індекс чистоти повітря (ІЧП) – синтетичний показник, який розраховують на основі вивчення угруповань епіфітних лишайників (зростають на корі дерев) у населених пунктах та індустріальних регіонах для порівняльної оцінюванки стану атмосферного повітря. Його розробили канадські дослідники Де Слугер та Ле Блан в 1967 і вираховують за формулою:

$$ІЧП = \sum_{i=1}^n Q_i \cdot f_i / 10,$$

де  $Q_i$  – екологічний індекс (ступінь стійкості до забруднення) кожного виду;

$f_i$  – комбінов. показник частоти трапляння (покриття) кожного виду;

$n$  – кількість видів, що зростають у даному лишайниковому угрупованні.

Цей показник був використаний на різних континентах світу. В Україні застосований під час ліхеноіндикаційного картування в Луцьку, Львові, Івано-Франківську, Рівному, Тернополі, Чернігові, Кременчуці.

Українські вчені запропонували модифікований (для умов України) ІЧП:

$$\text{ІЧП}_m = \Sigma Q_i / 10 \Sigma a_i \times b_i / m, \text{ де}$$

$a_i$  – показник проективно покриття;

$b_i$  – показник частоти трапляння;

$m$  – кількість класів проективного покриття «і» виду.

Його використовували під час ліхеноіндикац. картування в індустріал. регіонах Івано-Фр. обл., Києва [67].

Індекс полеотолерантності (ІП) – синтетичний показник, який розраховують на основі вивчення епіфітних лишайників для оцінювання забруднення атмосферного повітря в містах та індустріальних регіонах. Розробив естонський дослідник Х.-Х. Трасс в 1967. Вираховують за формулою:

$$\text{ІП} = \Sigma a_i \cdot c_i / C_n,$$

де  $n$  – кількість видів на ділянці опису,

$a_i$  – клас полеотолерантності виду,

$c_i$  – покриття виду,

$C_n$  – сумарне покриття видів [34].

Визначення класу полеотолерантності потребує наявності відомостей щодо екології лишайників у природні та антропогенно змінених екосистемах даного регіону. У зв'язку з цим індекс використано лише в Естонії [26]. У цілому в Україні оцінювання стану атмосфер. повітря за допомогою лишайників, зокрема індексів чистоти повітря та його модифікованого варіанта, проведено наприкінці 1980-х і в 1990-і рр. у Львові, Харкові, Києві, Луцьку, Івано-Франківську, Рівному, Тернополі, Чернігові [28,36]. Для індикації кислотності забруднення повітря застосовують групу дуже

чутливих до кислот забруднювачів (сірчистого ангідриду, оксидів вуглецю, азоту, аміаку тощо) кущистих та середньочутливих листуватих, а також низку токситолераних накипних видів.

Високочутливими індикаторами кислотного забруднення повітря є лишайники родів рамаліна (*Ramalina*), уснея (*Usnea*), бріорія (*Bryoria*), евернія (*Evernia*), псевдевернія (*Pseudevernia*), анаптихія (*Anaptychia*), які повністю зникають в осередках з підвищеним вмістом вказаних забруднювачів [7,28,31]. Їх можна виявити на околицях великих міст або на територіях, значно віддалених від промислових підприємств. До цієї ж групи індикаторів належать середньочутливі до атмосфер. забруднення листуваті лишайники (*Parmelia sulcata*, *Hypogymnia physodes*) [7,28,31]. На відміну від кущистих та листуватих, накипні види стійкі до кислотного забруднення атмосфери. Прикладом таких видів є *Lecanora conizaeoides* та *Scoliciosporum chlogococcum*. Виникнення *Lecanora conizaeoides* пов'язують з першою індустріал. революцією в Європі. Обидва види суттєво поширилися в Україні у 2-й пол. 20 ст [34].

До індикаторів пилового забруднення належать листуваті лишайники – представники родів феофісція (*Pheophyscia orbicularis*), фісція (*Physcia stellaris*, *Ph. adscendens*, *Ph. tenella*), ксанторія, або золотянка (*Xanthoria parietina*), масюкіелла (*Massjukiella polycarpa*) та оксерія гуцувська (*Oxneria huculica*), а також накипний лишайник леканора Хагена (*Lecanora hagenii*) [4].

У районах з високими концентраціями поллютантів відзначається зменшення розмірів слані, розтріскування верхнього корового шару, зміна забарвлення таломів, ослаблення зв'язку талому з субстратом зростання, може відбуватися часткова деліхенізіція. Крім того, в таких районах спостерігається зменшення ступеня фертильності епіфітних лишайників [5]. На сильно антропогенно трансформованих територіях, відмічається зменшення загального проективного покриття епіфітних лишайникових

синузій і зміна їх структури: поступово зникають одні види, з'являються інші, більш толерантні до дедалі вищого рівня атмосферного забруднення.

Відомо, що біохімічні зміни в організмі спостерігаються в тих випадках, коли забруднювачі накопичуються в кількостях, що перевищують здатність тканин до їх детоксикації шляхом нормального метаболізму. Внаслідок цього, в зв'язку з катастрофічним збільшенням вмісту сірчистого ангідриду та інших поллютантів в атмосфері, в останні час зріс інтерес до вивчення їх впливу на біохімічні процеси, що відбуваються в талломах лишайників. У другій половині шістдесятих років ХХ століття з метою більш об'єктивного і точного відображення антропогенної динаміки лишайникових синузій були розроблені перші математичні ліхеноіндикаційні індекси - індекс атмосферної чистоти (ІАЧ) і індекс полеотолерантності (ІП).

Індекс атмосферної чистоти визначається з урахуванням наступних показників: екологічний індекс (Q) певного виду (індекс асоціювання); комбінований показник покриття і зустрічаємості, кількість видів. Екологічний індекс певного виду характеризує кількість видів, супутніх даному виду на всіх майданчиках опису в однорідному за ступенем забрудненості місця існування. Використовуваний комбінований показник покриття і частоти зустрічання - 5-ти бальний:

- 1 - вид зустрічається дуже рідко з дуже низьким покриттям;
- 2 - рідко або з низьким покриттям;
- 3 - рідко або із середнім покриттям на деяких стовбурах;
- 4 - часто або з високим покриттям на деяких стовбурах;
- 5 - дуже часто і з дуже високим покриттям на більшості стовбурів.

Чим вище показник ІАЧ, тим чистіше повітря місцеперебування. Індекс полеотолерантності обчислюється з урахуванням таких показників, як: клас

полеотолерантності виду, покриття виду; кількість видів на досліджуваному майданчику, сумарне покриття видів.

Екологічних рядів витривалості (шкал класів токсифобності, полеотолерантності) складено багато. Вони засновані на реєстрації видового складу, життєздатності, покриття, кількості видів на трансект з віддаленням від джерела забруднення (центр міста, завод та ін.).

Кожному класу палеотолерантності відповідає певна комбінація типів місць існування (за ступенем антропогенного тиску) епіфітних лішайників. КП даного виду є той клас, де вид найбільш часто зустрічається і має найвищий ступінь покриття і життєздатність. Однак слід зазначити, що категорії поширення, виділені Х.Х. Трассом статистично не обгрунтовані, що створює певні труднощі при практичному використанні шкали. На основі результатів ліхеноіндикаційних досліджень проводять ліхеноіндикаційне зонування (картування) територій.

За характером даних, покладених в основу побудови, виділяють наступні типи ліхеноіндикаційних карт: карти епіфітної рослинності; карти поширення та стану індикаторних видів; карти на основі синтетичних показників (ліхеноіндикаційних індексів).

Надійним методом спостереження за забрудненням атмосферного повітря є ліхеноіндикаційна трансплантація. Вперше трансплантацію лишайників здійснив німецький вчений Ф. Арнольд ще в 1892 році. Розроблено різні методи і техніка трансплантації. Епігейні лишайники переселяються невеликими грудками разом з субстратом (20x20 см, іноді 50x50см).

Для трансплантації епіфітних видів використовуються диски кори дерев діаметром 4-6 см. Диски, взяті з "чистих" місць проживання, пересідають на стовбури тих же порід дерев по можливості в схожих місцях проживання (тип лісу, рельєф та ін.), або ж прикріплюються до спеціальних

вертикальним стержнів, які виставляються в місцях, де вони не будуть пошкоджені.

## РОЗДІЛ 3

### ФІТОІНДИКАЦІЙНА ОЦІНКА СТАНУ ЕКОСИСТЕМИ РЕКРЕАЦІЙНОЇ ЗОНИ КУРОРТУ МИРГОРОД

#### 3.1. Характеристика рекреаційної території курорту Миргород

Об'єктом нашого дослідження була паркова територія курорту «Миргород». Курорт почав розвиватися на початку ХХ ст.

Сьогодні Приватне акціонерне товариство лікувально-оздоровчих закладів. Сьогодні «Миргородкурорт» за всіма показниками є лідером санаторно-курортної сфери нашої держави. Всі його оздоровниці мають вищий рівень акредитації.

«Курорт Миргород» — це все, що ми очікуємо від європейського курорту. Всесвітньовідома цілюща мінеральна вода та унікальні лікувальні грязі, неповторна краса курортних парків, які дарують світу кришталево чисте повітря. А ще найпотужніший лікувально-діагностичний комплекс, який об'єднує сучасні санаторії «Березовий гай», «Миргород», «Полтава», «Хорол» та кращі в галузі загальнокурортну поліклініку та бальнеогрязелікарню, що пропонують більше 300 видів процедур і досліджень.

Це унікальні природні лікувальні чинники, найсучасніше обладнання кращих світових виробників та ефективні методики, які дозволяють проводити комплексне оздоровлення всього організму. Це європ ейський комфорт, насичена культурна програма, широкі можливості для незабутнього відпочинку (Рис. 3.2)



Рис. 3.1. Курорт Миргород

Об'єктом нашого обстеження була територія ландшафтного парку Березовий гай, який з 1999 року має статус заказника місцевого значення. Площа досліджуваної території 63,9 га [34,45]. Унікальність цієї території полягає в тому, що вона розміщена в північній частині міста Миргород. З південного заходу, заходу та півночі обмежений річкою Хорол, до південно-східної частини прилягає став. На цій рекреаційній території охороняються мальовничі ділянки лісового масиву з луками і прибережною заплавною рослинністю.

Серед деревних порід переважають береза, сосна, дуб, липа, клен. Специфіка парку полягає в тому, що він обладнаний пішохідними доріжками, альтанками, лавками і використовуються як зона відпочинку для миргородських курортів і санаторіїв. .

У нашій роботі ми акцентуємо увагу на моніторингу забруднення атмосферного повітря через вивчення морфологічних змін рослин під впливом поллютантів і дослідження методом флуктуаційної асиметрії.

Були поставлені наступні програмні питання:

- обстеження сучасного стану зелених насаджень;
- виявлення тест-організмів для біоіндикації атмосферного забруднення в степових умовах;
- дослідження індикаційних ознак місцевої ліхенофлори.

Для досліджень була обрана рекреаційна територія ландшафтного парку Березовий гай, на якій розміщена зона відпочинку території курорта Миргород. На території парку закладалися пробні площі, на яких проводилося таксаційна опис за загальноприйнятими методиками з із заміром 150-200 дерев і обчисленням показників: середня висота, середній діаметр, вік, кількість стовбурів на 1 га, суми площ перетину, запас, приріст [23]. У невеликих скверах і парках робився повний перерахунок усіх дерев. Головним об'єктом біомоніторингу є стан живого організму.

Стан природних популяцій білатерально симетричних організмів оцінюється на основі аналізу флуктуаційної асиметрії, яка характеризує дрібні ненаправленні порушення гомеостазу і є реакцією - відповіддю організму на стан навколишнього середовища.

Використовувані для цілей екомоніторингу види-біоіндикатори повинні відповідати наступним вимогам: мати широке поширення по всій обстежуваній території; повинні бути масовими видами; бути зручними для збору; бути зручними для обробки і зберігання; мати чіткі і легко помітні ознаки, які виникають при зміні параметрів навколишнього середовища і які будуть зручні для вимірювань в практичній роботі. Дана методика заснована на виявленні, обліку та порівняльному аналізі асиметрії у різних видів живих організмів за певними ознаками. Показники флуктуючої асиметрії у організмів, що живуть в оптимальних умовах, подібні між собою. Різні види організмів реагують на погіршення умов існування підвищенням величини флуктуючої асиметрії. Величина показників флуктуючої асиметрії

не залежить від статевого і вікового складу виборок досліджуваних живих організмів, від їх популяційних відмінностей.

Кожна виборка включала в себе 100 листків (по 10 листків з 10 рослин). Листя з кожної рослини зберігаються окремо, для того, щоб в подальшому можна було проаналізувати отримані результати індивідуально для кожної особини (зібрані з одного дерева листя зв'язують за черешки). Все листя, зібране для однієї виборки, гербаризувалося, на етикетці вказували номер виборки, місце і дату збору.

При виборі дерев враховувалися, по-перше, чіткість визначення приналежності рослини до досліджуваного виду, по-друге, листя зібране з рослин, що знаходяться в подібних екологічних умовах (рівень освітлення, зволоження і т.д.); по-третє, при зборі матеріалу було враховано віковий стан дерев. Для дослідження вибиралися дерева, які досягли генеративного вікового стану. Збір листя з рослини проводили після зупинки росту листя (з червня) з нижньої частини крони дерева з максимальної кількості доступних гілок рівномірно навколо дерева. Розмір лиска повинен був бути середнім для даної рослини. З рослини збирали трохи більше листків, ніж потрібно, на той випадок, якщо частина листя через пошкодження, не зможе бути використана для аналізу.

Вимірювання морфологічних показників проводили за допомогою штангенциркуля у 100 листків. Показники для вимірювання: довжина першої жилки зліва; довжина першої жилки справа; довжина другої жилки зліва; довжина другої жилки справа, кут між першою і другою жилками зліва; кут між першою і другою жилками справа. При оцінці показника флуктуючої асиметрії в групі особин завдання полягає у визначенні величини середньої різниці між сторонами. При цьому різниця вираховується по абсолютній

величині, незалежно від того, на якій стороні значення ознаки виявляється більшим у окремої особини. Для різних груп особин використовується сумарна величина абсолютних відмінностей між сторонами ( $d_{l-r}$ ) При стандартному числі особин. Для оцінки флуктуючої асиметрії використовували величину дисперсії відмінностей між сторонами не від нуля, (т. б. суворої асиметрії), а від деякої середньої різниці між сторонами (МД, що має місце в досліджуваній виборці особин

$$\sigma^2_a = \frac{\sum (d_{l-r} - M_a)^2}{n-1}$$

где, 
$$M_a = \frac{\sum d_{l-r}}{n}$$

( $d_{l-r}$ ) – сумарна величина відмінностей між сторонами;

n- частота виборок

Визначали різницю між першою лівою і першою правої жилками, другою лівою і другою правою, кутом між першою і другою жилкою зліва і кутом між першою і другою жилкою справа. Потім обчислювали середню величину відмінності сторін. Результати вимірювань оброблялися методами статистичного аналізу за допомогою програм «Statistika 6» і «Exel». Після знаходження флуктуючої асиметрії встановлювали статистичну достовірність різниці між отриманими показниками дисперсії для порівнюваних виборок. Для цього ми скористалися критерієм Фішера.

Для вивчення епіфітних лишайників використовувалися фізіономічні методи [34, 56]: флористичний склад лишайникового покриву, присутність

відсутність окремих видів, деякі кількісні характеристики окремих видів або угруповань. Лишайникові синузії описували на кожному п'ятому дереві досліджуваної площадки в наступному порядку:

1. Вимірювали розміри кожної групи, м;
2. Вимірювали висоту розташування лишайникового угруповання над рівнем землі, м;
3. Визначали загальне проективне покриття групи, як відношення площі, вкритої лишайниками, до загальної площі, виражене у відсотках (за допомогою сіточки Раменського);
4. Вказували умови освітлення;
5. Визначали видовий склад групи.

При описі кожного виду, що входив до синузії, враховували розміри 10 особин кожного виду (в см), вказували колір таллома, наявність органів розмноження; загальне проективне покриття кожного виду (в%). Проектоване покриття видів оцінювали за допомогою квадрат-сітки 20x20 см<sup>2</sup>. Вимірювання проводили по 4-м сторонам світу на висоті 1,3 м і 0,3 м [37].

Визначення видів лишайників проводилося в польових умовах. Невизначеним в польових умовах видам лишайників привласнювали номери, а кілька примірників зрізали і етикетували. На етикетці за загальноприйнятими вимогам вказували назву області, району, пункту дослідження; номер досліджуваної ділянки, площу і назву рослинної асоціації; субстрат і висоту на якій ріс досліджуваний лишайник; сторону світу; дату збору; прізвище того хто зібрав.

Для визначення використовували: оптичні прилади - мікроскоп стереоскопічеській «МБС - 10», мікроскоп для морфологічних досліджень «Мікмед-1»; хімічні реактиви: 10% розчин їдкоого калію (KOH), розчин йоду у водному розчині йодиду калію (J + KJ), водний розчин гіпохлориду кальцію ( $\text{CaClO}_3$ ), спиртовий розчин парафенілдіаміна ( $\text{C}_6\text{H}_4\text{NH}_2$ )<sub>2</sub>); визначники - «The lichens», «Physcia and allied genera in Fen- noscandia».

Камеральна обробка результатів ліхенологічних досліджень полягає в наступному: розраховували середні розміри і середню загальну проективне покриття групи і особин в групі, зустрічальність кожного виду як відношення проб, на яких вид зустрічається, до загальної кількості проб. Аналізували видовий склад по кожній пробі. Порівнювали результати по пробним площами. Статистична обробка результатів досліджень, кореляційний і регресійний аналізи проводилися із застосуванням комп'ютерних програм. Для статистичної обробки даних використовували пакети прикладних програм «Statistica 6» і «Excel».

Дослідження по біомоніторингу проводилися за методом порівняння з регіональним фоном. Як умовно фонові ділянки вибиралися найменш порушені міські території: фрагменти парків і скверів, що входять до складу зелених зон міст Миргород. В м Миргород обстежувалися насадження території курорту Миргород та парку ландшафтного парку Березовий гай. Зелені насадження об'єктів дослідження мали різний видовий склад дерев і таксаційні показники.

### **3.3. Ліхеноіндикація території Березового гаю**

Оцінка будь-яких явищ і процесів в рамках екологічного моніторингу повинна відповідати певним вимогам:

- об'єктивність;
- відтворюваність при аналогічних умовах;
- здійснюватися за єдиною методикою, що забезпечує вираження оцінки в єдиних одиницях виміру;
- конкретність, доступність для сприйняття, наочність результатів.

Згідно з даними літератури, методики, використовувані для індикації змін в біологічних системах ландшафтів, повинні бути більш швидкими, порівняно з методиками, які вимагають великої технічної оснащеності. До того ж вони повинні бути досить точними і придатними для аналізу великих територій, а також легко порівнюватися в рамках досліджуваної території.

Об'єктом досліджень є загальний стан екосистем міста курорту Миргород, яка відчуває на собі багатофакторний антропогенний вплив. Як предмет дослідження було обрано такі рослини - біоіндикатори: ліхенофлора, сосна звичайна (*Pinus sylvestris* L.) та береза повисла (*Betula pendula* Roth.).

Для отримання вихідних даних для ліхоіндикації проводилося суцільне обстеження території на предмет наявності лишайників різної форми (кущисті, листуваті, накипні). За традиційною в ліхенології методикою, в основі якої лежить анатомо-морфологічний метод, встановлювали вид виявлених лишайників. Для встановлення ступеня подібності пробних майданчиків за складом ліхенофлори використовувався коефіцієнт Жаккар . Отримані дані були оброблені і впорядковані багатовимірною статистичною процедурою - кластерним аналізом. Ліхеноіндикація стану екосистем м Миргорода проводилася методом лінійних перетинів. Суть якого полягає в накладенні гнучкою мірної стрічки,

на поверхню стовбура дерева і фіксування всіх перетинів зі сланню лишайників.

Для цього на пробному майданчику вибирали по 5 дерев виду *Betula pendula* Roth. Для отримання достовірних даних при виборі модельних дерев всередині кожної площадки використовувалися кілька критеріїв: дерева повинні були бути без видимих пошкоджень, приблизно одного діаметра і висоти, що ростуть в однакових умовах (зімкнутість, експозиція схилу). Таким чином, на території Березового гаю всього було обстежено 150 берез.

Ліхенометрична зйомка проводилася з триразовою повторністю (кожен грудень) в період 2022 – 2024 рр. На північній стороні стовбура кожного модельного дерева відзначалася початкова точка. На ствол накладалася мірна стрічка таким чином; щоб нуль стрічки збігався з обраною точкою, а зростання чисел на шкалі відповідало б руху за годинниковою стрілкою. Після повного обороту навколо стовбура стрічка фіксувалася в нульовій точці. Вимірювалася довжина кола стовбура. Виміри проводилися висоті 120 см від поверхні ґрунту. Розміри лишайників, розташованих по колу, позначеної стрічкою, визначалися за допомогою фіксування початку і кінця кожного перетину стрічки з таломом- лишайників. Вимірювання проводились з точністю до 1 мм.

На основі отриманих даних розраховувалося проективне покриття для кожного виду лишайника шляхом підрахунку довжин всіх перетинів. Потім визначалося сумарне проективне покриття кожного виду на всіх деревах даної досліджуваної ділянки. Відносне проективне покриття кожного виду лишайника на досліджуваному майданчику вираховували за формулою (1):

$$C = \frac{c}{L} \cdot 100\%$$

L – сума довжин окружностей всіх модельних дерев (см)

C- проектоване покриття даного виду на всіх деревах (см).

За допомогою шкали визначалася величина проективного покриття дерев епіфітними лишайниками в балах. За запропонованою Х. Х. Трассом схемою обчислювався індекс полеотолерантності, який дозволяє перевести дані дослідження з описової форми на математичну основу.

$$IP = \sum_{i=1}^n \frac{A_i \cdot C_i}{C_n}$$

де n - кількість видів на досліджуваному майданчик;

A<sub>i</sub>; - клас полеотолерантності кожного виду;

C<sub>i</sub>- покриття виду в балах;

C<sub>n</sub> -сума значень покриття всіх видів в балах.

Згідно з літературними даними використання даного методу дозволяє отримувати точні значення забруднення в абсолютних величинах, і є підставою для виділення зон з різним антропогенним навантаженням. В основі лежать класи полеотолерантності епіфітних лишайників, значення яких варіюють в інтервалі від 1 до 10. Зокрема, до 1-го класу відносяться лишайники, найбільш чутливі до забруднення середовища, які ростуть переважно в антропогенно непорушених місцях. А толерантні до високого ступеня забруднення атмосферного повітря лишайники складають 10-й клас.

Відповідно до Трасса (1987), індекс полеотолерантності (IP) - це середньозважена величина класів полеотолерантності лишайників- епіфітів,

що зустрічаються в межах кожної пробного майданчика [49]. У свою чергу, вага класу визначається величиною середнього проектованого покриття лишайниками стовбурів обстежуваних дерев. Саме поняття «Полеотолерантність» означає ступінь витривалості організму при впливі на нього поллютантов (забруднювачів). Виходячи з величини знайденого індексу полеотолерантності, визначалася належність кожного пробного майданчика до «зони благополуччя» (Табл.3.1).

Таблиця 3.1.

Показники індекса полеотолерантності (IP), що характеризують стан повітря

Значення IP	Характеристика атмосферного повітря
1-2	Практически чисте повітря, можуть зустрічатися лише сліди поллютантів; різноманітна природна флора
2-5	Слабке забруднення без суттєвого впливу на життя організмів.
5-7	Середнє забруднення, спостерігається незначний вплив на чуттєві організми
7-9	Сильне забруднення; відчутний вплив на чутливі та середньотолерантні види
9-10	Дуже сильне забруднення; виживають лише найбільш полеотолерантні види або епіпокрив відсутній взагалі

Ліхеноіндикаційна оцінка стану навколишнього середовища Березового гаю як рекреаційної території міста Миргород почалася з рекогносцировочного обстеження досліджуваних майданчиків. Видові списки ліхенофлори склалися на основі врахування всіх виявлених таломів лишайників на стовбурах і гілках дерев і чагарників, на каменях, покритих

мохом пеньках і ґрунті. В результаті на території ландшафтного парку нами було виявлено 22 види епіфітних лишайників, 5 - епілітних і 3 - надґрунтових.

В цілому на території парку зустрічаються лишайники - представники всіх екологічних форм, співвідношення яких представлено на рис 4.3

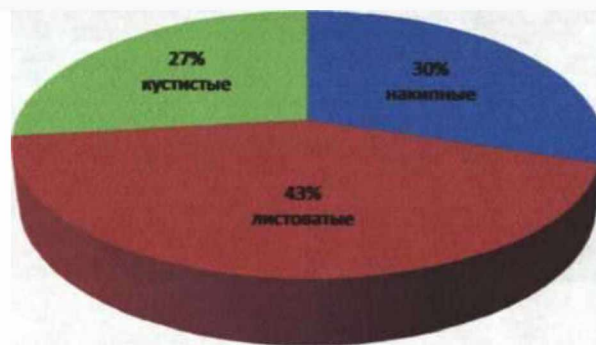


Рис. 3.2 Співвідношення екологічних груп лишайників на території Березового гаю (курорт Миргород)

Так, до накипних лишайників відносяться: Бацида жовтувата (*Bacidia rubella* Mass.), Біатора змішана, (*Biatora symmetrica* Mass.), Леканора різноманітна (*Lecanora allophana* Röhl.), Лецідея скупчена (*Lecidea glomerulosa* Steud.), Лецідея соредіозна (*Lecidea solediza* Nyl. ), лецідея занурена (*Lecidea immersa* Ach.), охролехія обох статей (*Ochrolechia androgyna* Hoffm.), пертузарія шаріконосная (*Pertnsaria globulifera* Mass.), псора устрична (*Psora ostreata* Hoffm.).

Листуваті лишайники на території міста-курорту представлені видами: канделярія одноколірна (*Candelaria concolor* Stein.), цетрарія сиза (*Cetraria glauca* Ach.), цетрарія соснова (*Cetraria pinastri* Scop.), гірофора багатолисті (*Gyrophora polyphylla* L.), гіпогімнія роздута (*Hypogymnia physodes* Nyl.), пармелія оливкова (*Parmelia olivacea* Ach.), пармелія цапина (*Parmelia caper ata* Ach.), пармелія борозниста (*Parmelia sulcata* Tayl.), пармеліопсід сумнівний (*Parmeliopsis ambigita* Nyl.), пармеліопсід темний

(*Parmeliopsis hyperopta* Arnold), фісція айполія (*Physcia aipolia* Hampe), фісція зірчаста (*Physcia stellaris* Nyl.), ксанторія постінному (*Xanthoria parietina* L.).

І нарешті, в ландшафтному парку зустрічаються кущисті лишайники: кладонія бахромчата (*Cladonia bmbriata* Fr.), кладонія лісова (*Cladonia sylvatica* Hoffm.), Кладонія м'яка (*Cladonia mitis* Sandst.), евернія розчепірена (*Evernia divaricata* Ach.), евернія мезоморфна (*Evernia mesomorpha* Nyl.), рамаліна борошниста (*Ramalina farinacea* Ach.), рамаліна запилена (*Ramalina pollinaria* Ach.), уснея жорстка (*Usnea hirta* L.).

### **3.3. Оцінка стану середовища по комплексу ознак у сосні звичайної (*Pinus sylvestris* L.)**

Оцінка стану навколишнього середовища за комплексом ознак у сосні звичайної проводилася відповідно до методиками, описаними авторитетними в даній області дослідниками.

У межах кожного дослідного майданчича вибиралися по 5 екземплярів *Pinus sylvestris* L. Для зручності проведення досліджень вибиралися невисокі молоді дерева (у віці 10-15 років), що знаходяться по можливості в різних місцях досліджуваної ділянки для виключення випадкових факторів, наприклад шкідників (хрущ, пильщик, соснова совка). Таким чином, на території Березового гаю були обстежені 150 дерев виду *Pinus sylvestris* L. Дослідження проводилися в триразовою повторності- (кожного жовтня) в період 2022 - 2023 рр. Шляхом перегляду пагонів *Pinus sylvestris* L. по мутовкам (пов'язано з біологічними особливостями рослини) встановлювалася тривалість життя хвої. Використовуючи отримані дані, за формулою (3) розраховувався індекс тривалості життя хвої (Q) сосни звичайної:

$$Q = \frac{3B_1 + 2B_2 + 1B_3}{B_1 + B_2 + B_3}$$

де  $B_1$ ,  $B_2$ ,  $B_3$  - кількість оглянутих дерев з даною-тривалістю життя хвої. Чим вище індекс  $Q$ , тим більше тривалість життя хвої, а значить чистіше повітря.

Далі з кожного обраного дерева на висоті 2 м з частини крони, зверненої до автодоріг, підприємств і інших об'єктам забруднення середовища, зрізалося по одній гілці-з хвоєю у віці 2 - 3 роки. Потім на кожній зрізаній гілці оглядався пагін минулого року, підраховувалася кількість хвоїнок на відрізок пагона минулого року довжиною в 10 см. Якщо пагін був менше 10 см, підрахунок вівся по існуючій довжині і- математично перекладався на 10 см.

Наступний крок - це відділення від зрізаних гілок 250 пар хвоїнок другого року життя. За допомогою вимірної лупи (попередньо встановивши ціну поділки) вимірювалися довжина і ширина кожної хвоїнки. Таким чином, з кожної пробної майданчики за один рік досліджень відібрано 1250 пар хвоїнок і знято 2500 промірів. Всього за період 2022 - 2023 рр. на території Березового гаю відібрано 112 500 пар хвоїнок, знято - 225 000 промірів. Потім хвоїнки ретельно оглядалися, з метою виявлення на них хлорозів, некрозів кінчиків і всієї поверхні, їх відсотка і характеру (точки, крапка, плямистість, мозаїчність). Відповідно до шкалами, наведеними нижче, визначався клас пошкодження (КП) і клас всихання (КВ) хвої, що дозволило дати оцінку ступеня антропогенного впливу на територію.

С. І. Денисова (1999) виділяє наступні класи пошкодження:

КП 1 - хвоя без плям;

КП 2 - хвоя з початковими ознаками хлорозу і некрозу;

КП 3 - хвоя, на 50% вкрита чорними і жовтими п'ятами.

На відміну від класів пошкодження, класів всихання хвої виділяється чотири:

КВ 1 - на Хвоїнки немає сухих ділянок;

КВ 2 - вусох кінчик хвоїнки (2-5 мм);

КВ 3 - всохла третина хвоїнки;

КВ 4 - вся хвоїнки жовта або більше половини її довжини - суха.

Інформативними показником є і маса абсолютно сухих хвоїнок *Pinus sylvestris* L. Для її визначення на кожному пробну майданчику відбиралося по 1000 штук (з кожного обстежуваного дерева по 200 шт.) хвоїнок другого року життя. Висушування хвої до абсолютно-сухого стану здійснювалося в термостаті. Зважування просушеної хвої проводилося на електронних вагах. Таким чином, за період 2022 - 2023 рр. з кожного пробного майданчика відібрано і зважено 3000 шт. сухих хвоїнок (90 000 хвоїнок з усією територією Березового гаю). У всіх випадках вимірювань різних показників хвої виводилися середні значення, аналізувалися отримані дані і робилися відповідні висновки про стан навколишнього середовища на конкретній території.

Хвойні рослини, як і лишайники, можуть використовуватися в якості біоіндикаторів цілий рік. Крім цього, сосна звичайна (*Pinus sylvestris* L.) характеризується високою частотою зустрічальності, а також рівномірним розподілом по території рекреаційної зони курорта Миргород. У зв'язку з цим для оцінки стану навколишнього середовища нами був обраний даний вид. В

ході спостережень було виявлено, що на території міста-курорту ростуть сосни з віком хвої до 5 років.

Дана обставина вказує на те, що екосистеми рекреаційної зони можна характеризувати як відносно чисті, так як такі показники характерні для заповідників. Однак необхідно враховувати той факт, що хвоя старшого (п'ятого) віку зустрічається тільки на пробних майданчиках (розташованих в межах курортної зони міста). Крім того, ми встановили, що зі збільшенням віку кількість хвої значно знижується. Так, нами виявлено, що сосен з хвоєю IV віку життя більш ніж в 2 рази менше, ніж з хвоєю I віку. Виходячи з даних про наявність хвої певних вікових груп, для кожного обстежуваного ділянки нами був розрахований індекс тривалості життя хвої, що дозволяє дати відносну оцінку стану навколишнього середовища.

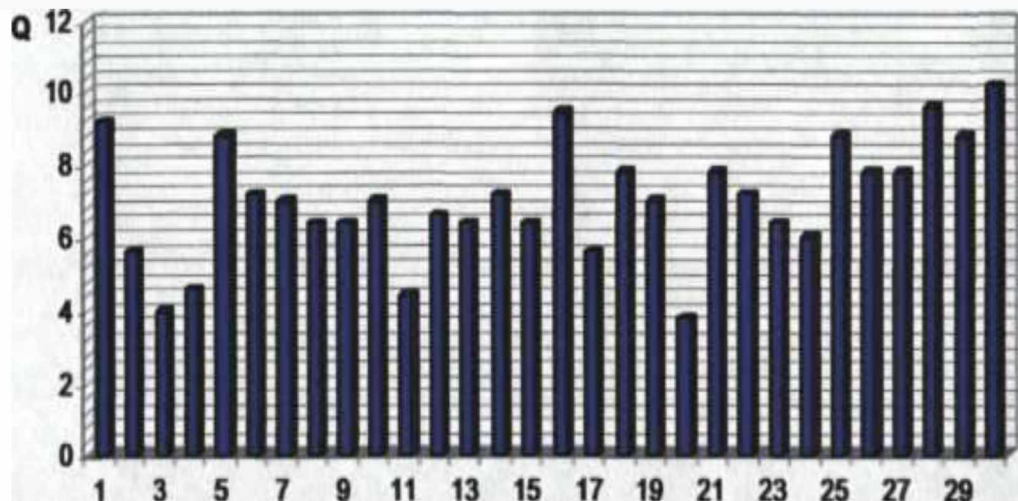
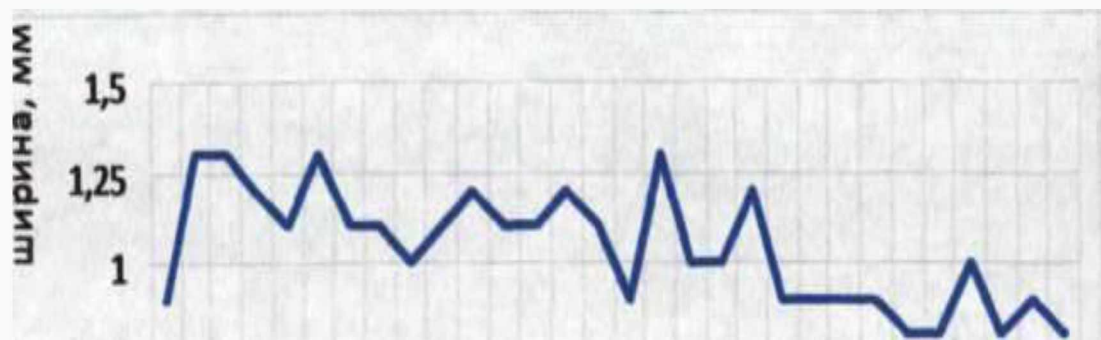


Рис. 3.3 Значення індексу тривалості життя хвої (Q)

Високі значення індексу Q вказують на велику тривалість життя хвої, а відповідно і на чистоту повітря. Таким чином, за даним критерієм до ділянок з мінімальним рівнем забруднення атмосферного повітря відносяться № 3 - контроль (Q = 10,2); № 2 - район санаторію «Полтава» (Q = 9,6); № 4 – територія промислової зони (Q = 9,2). Мінімальні показники індексу

тривалості життя хвої *Pinus sylvestris* L. ( $3,8 < Q < 4,6$ ) припадають на територію промислової зони (площадки № 3 і № 4) і зони громадського міського центру (площадка № 20). Згідно з методикою досліджень з кожної пробного майданчика щорічно відбиралося по 1250 пар хвоїнок. Морфометричні дослідження хвої *Pinus sylvestris* L. показали, що на ділянках, наближених до автодоріг, ринку, підприємств (№ 3, 6, 11, 13, 17, 20), відзначається потовщення і укорочення хвоїнок. Коефіцієнт варіації за даними ознаками. Коефіцієнт варіації за даними ознаками складав довжина 3,62%, ширина 15,5%.

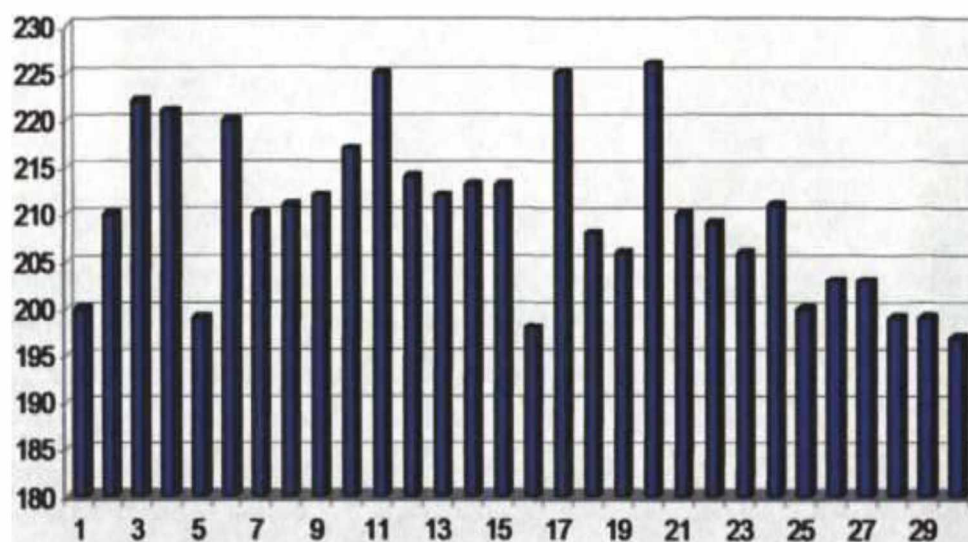


1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 25 27 29

Номер майданчика

Рис. 3.4 Середнє значення ширини хвоїнок *Pinus sylvestris*

Крім того, було встановлено, що на цих же ділянках (№ 3, 6, 11, 13, 17, 20) число хвоїнок на 10 см втечі минулого року становить 220 - 226 шт. У



той час як у контролі (№ 30) даний показник дорівнює 197 шт. Ми це пов'язуємо з тим, що в забрудненій зоні сповільнюється зростання пагона *Pinus sylvestris* L., в результаті чого пучки хвоїнок більш зближені

Рис. 3.5 Кількість хвоїнок (шт.) на 10 см пагона *Pinus sylvestris* L.

В ході досліджень ми також визначили, що абсолютно сухі хвоїнки (1000 шт.), Зібрані з майданчиків, які відчують на собі підвищену антропогенне навантаження (№ 2 - 4, 6, 17, 20), мають меншу вагу (10,6 - 11, 2 г), у порівнянні з хвоєю курортної зони міста (вага хвої з майданчика № 30 становить 12 г). Коефіцієнт варіації даної ознаки (3,69%) говорить про слабку ступеня його мінливості. Для виявлення залежності між вивченими морфометричними показниками хвої нами був проведений кореляційний аналіз.(Таб 3.4)

Таблиця 3.4.

Матриця кореляції морфометрических признаков *Pinus sylvestris* L.

Ознака хвої	Коефіцієнт кореляції (г)			
	ширина, мм	довжина , мм	вага, г	Наближеність , Шт
ширина, мм	-	-0,97	- 0,97	-0,80
довжина, мм	-0,97	-	0,99	-0,80
вага , г	-0,97	0,99	-	-0,79
наближеність, шт.	-0,80	-0,80	-0,79	-

З даних табл. 3.4 видно, що між зазначеними ознаками *Pinus sylvestris* L. існує дуже сильна кореляція. Наявність таких зв'язків дозволяє судити про те, що аномальні ознаки відсутні, і сосни міста розвиваються відповідно до

своїх біологічними особливостями. Крім морфометричних параметрів хвої, інформативним ознакою рівня забруднення екосистеми є характер її пошкодження і всихання. Результати досліджень показали, що на всіх пробних майданчиках присутній хвоя другого класу пошкодження (КП 2), що говорить про помірне антропогене навантаження. Крім того, хвоя третього класу (КПЗ), максимально уражена плямами, відзначена на більшості майданчиків, за винятком площадок № 9,10, 13,14,23 – 30. Як видно з рис 3.5, найбільше хвої четвертого класу всихання знаходиться поблизу залізничного вокзалу (майданчик №20). Тут частка хвої КВ 4 становить 9,6% (рис. 3.5)



Рис. 3.5 Сосна біля залізничного вокзалу

Таким чином, дані, отримані при оцінці якісного стану хвої *Pinus sylvestris* L., доповнюють дані по її морфометричному аналізу. У зв'язку з цим, в біоіндикаційних цілях на території міста-курорту Миргород доцільно використовувати обидва підходи в оцінці стану середовища за комплексом ознак у сосни звичайної.

### 3.3 Оцінка флуктуючої асиметрії листових пластинок берези повислої (*Betula pendula* Roth.)

Методика оцінки флуктуючої асиметрії науково обґрунтована і широко висвітлена, як придатна для біоіндикації та біомоніторингу. Як параметр біоіндикації в даному випадку використовується показник стабільності розвитку, який визначається як коефіцієнт флуктуючої асиметрії (ФА).

Збір даних нами проводився в триразовою повторності (кожного липня з 2022 по 2023 рр.) На найбільш зручному для біоіндикаційних цілей об'єкті - *Betula pendula* Roth. Крім того, вибір цього фітоіндикатора обумовлений його достатньою поширеністю по рекреаційній території міста Миргорода.

Для отримання статистично достовірних даних на кожному пробному майданчику з п'яти умовно одновікових дерев *Betula pendula* Roth, збиралося по 50 шт. листя. Збір листя проводився на висоті 1,5 - 2 м від поверхні землі. На кожній листовій пластинці, з лівого і правого боків, знімалися показники за п'ятьма основними промірами, зазначеним на рис. 4.1.

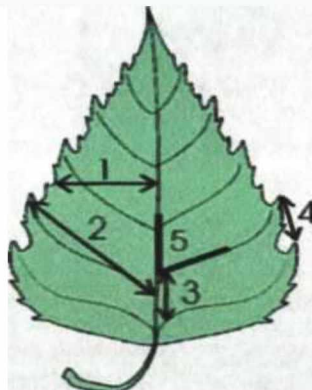


Рис. 3.6. Основні параметри листа *Betula pendula* Roth [23]

1 - ширина половинки листа;

- 2 - довжина другої від основи листка жилки другого порядку;
- 3 - відстань між основами першої і другої жилок другого порядку;
- 4 - відстань між кінцями цих же жилок;
- 5 - кут між головною жилкою і другої від заснування жилкою другого порядку

Дані виміри проводили за допомогою штангенциркуля, лінійки і транспортира. В якості додаткової ознаки була обрана площа правої і лівої сторін листової пластинки *Betula pendula* Roth., яку визначали за допомогою палетки з розподілом осередків 1x1 мм.

Всього за період досліджень на кожному пробному майданчику відібрано 750 шт березового листя (250 - на рік), знято 4500 промірів (1500 - за рік). На всій території Миргорода в період з 2023 по 2022 рр. відібрано 22 500 листків та знято 135 000 промірів.

Аналіз флуктуючої асиметрії за кожною ознакою проводився двома способами. При першому способі величина флуктуаційної асиметрії оцінювалася по дисперсії асиметрії - відносної величини відмінності в промірах зліва і справа, віднесеного до їх суми.

Другий спосіб включав в себе розрахунок інтегрального показника - величини середнього відносного відмінності між сторонами на ознака. Для цього ми обчислювали середню арифметичну величину відносини різниці до суми промерів зліва і справа до числа ознак. Дисперсійний аналіз даних виявляє екологічну різномірність якості середовища, і дозволяє визначити ступінь відхилення від екологічного оптимуму в кожній конкретній точці [23,49]. Для оцінки ступеня порушення стабільності розвитку *Betula pendula* Roth., а отже і для оцінки порушень в екосистемі, використовувалася шкала

(табл. 3.6), де перший бал відповідає умовної нормі, а п'ятий - вказує на вкрай несприятливий стан навколишнього середовища.

Таблиця 3.6

П'ятибальна шкала оцінки відхилень стану організму *Betula pendula* Roth, від умовної норми

Бал	Величина показника стабільності розвитку
1	менше 0,040
2	0,040 - 0,044
3	0,045 - 0,049
4	0,050 - 0,054
5	більше 0,054

Флуктуюча асиметрія характеризується незначними ненаправленими відхиленням від суворої білатеральної структури. Прояв таких відхилень є результатом недосконалості онтогенетических процесів, тобто нездатністю організму розвиватися по певному шляху, вказують на те, що флуктуюча асиметрія виступає в якості міри стабільності розвитку організму. Вона характеризує здатність організму до формування фенотипу при мінімальному рівні онтогенетичних порушень, який в свою чергу є показником ступеня відповідності умов середовища вимогам організму. Таким чином, мова йде про якість середовища, її «здоров'я». Збір даних нами проводився на найбільш зручному для біоіндикаційних досліджень об'єкті - *Betula pendula* Roth.

Наші дослідження показали, що 70% ознак виявилися некоррелірованими між собою за величиною асиметрії (L - R). Виняток становлять три пари ознак (табл. 3.7). Так, в максимальному ступені залежать один від одного ( $r = 0,4813$ ) відстань між кінцями першої і другої жилок другого порядку (ознака № 4) і кут між головною жилкою і другий від основи жилкою другого порядку (ознака № 5). Крім того, між собою виявилися скоррельованими ознаки № 1 і № 4 ( $r = 0,3973$ ), також параметри листа берези № 3 і № 5 ( $r = 0,3817$ ).

Таблиця 3.8

Матриця кореляції параметрів листової пластинки *Betula pendula* Roth

Ознака	Коефіцієнт кореляції (r)				
	1	2	3	4	5
1	-	0,19	-0,18	0,40	0,30
2	0,19	—	-0,01	0,24	-0,10
3	-0,18	-0,01	—	-0,10	0,38
4	0,40	0,24	-0,10	-	0,48
5	0,30	-0,10	0,38	0,48	-

Примітка: 1 - ширина половинки листа (мм); 2 - довжина другої від основи листка жилки другого порядку (мм); 3 - відстань між основами першої і другої жилок другого порядку (мм); 4 - відстань між кінцями цих же жилок (мм); 5 - кут між головною жилкою і другий від заснування жилкою другого порядку (градус).

Проведені дослідження показують, що ступінь асиметрії листя *Betula pendula* Roth., зібраних з ділянок курортної зони міста не перевищує 0,029. Крім того, показники асиметрії за трьома ознаками (довжина другої від основи листка жилки листа; відстань між основами першої і другої жилки; кут між головною жилкою і другий від заснування жилкою другого порядку)

однакові для майданчиків № 21, 22, 25, 28. Це обставина говорить про схожість екологічних умов на даній території.

На ділянках промислової зони міста відзначається висока варіація асиметрії навіть всередині одного майданчика. Наприклад, на ділянці № 4 ступінь асиметрії змінюється від 0,018 (ознака № 2) до 0,073 (ознака № 3). Це вказує на неоднорідність території, а також на нестійкість параметрів навколишнього середовища. Аналіз мінливості асиметрії конкретних ознак показує, що найбільша асиметрія проявляється по четвертій ознаці (відстань між кінцями першої і другої жилками другого порядку): від 0,038 до 0,059 (район автовокзалу).

Другим по варіабельності ознакою є довжина другої від основи листка жилки другого порядку, за яким ступінь зміни становить 0,02. Коефіцієнт варіації показників ФА по додатковому ознакою *Betula pendula* Roth, склав 16,48%, що говорить про середній ступінь мінливості даних. Мінімальне значення коефіцієнта асиметрії (0,027) спостерігається на ділянках № 22; 30. На ділянках № 2, 5 - 10, 12, 13, 15 - 18, 23, 27 коефіцієнт ФА листових пластинок *Betula pendula* Roth, коливається в межах 0,03 - 0,04. І найбільш схильні до впливу комплексу негативних факторів ділянки, прилеглі до автодоріг, залізничних колій (№1, 3, 4, 11, 14, 19; 20), де показники асиметрії листових пластинок максимальні. Таким чином, використана нами методика підтверджує дані за функціональною приналежністю території і відповідно за наявністю різної антропогенного навантаження. Крім того, дані по флюктуючій асиметрії підтверджують екологічне неблагополуччя в районах інтенсивного транспортного руху і функціонування промислових підприємств.

## ВИСНОВКИ:

В результаті проведеної роботи ми прийшли до наступних висновків:

1. Методичний комплекс по фітоіндикаційній оцінці стану навколишнього середовища курортної території включає рослини різних таксонів (нижчі - лишайники; вищі - хвойні та листяні деревні породи, трави).

2. Для оцінки стану навколишнього середовища курортного регіону методично «зручними» фітоіндикаторами є лишайники, сосна звичайна *Pinus sylvestris* L., береза повисла *Betula pendula* Roth. Конюшину повзуча *Trifolium repens* L. доцільно використовувати, при веденні робіт по локальному моніторингу.

3. Дані, отримані різними фітоіндикаційними методиками, доповнюють один одного, забезпечуючи їх достовірність. Виявлена позитивна кореляція результатів застосування різних методик ( $0,74 < r < 0,94$ ).

4. Загальна оцінка рівнів антропогенного навантаження дає підставу для комплексного екологічного зонування території міста-курорту. Умовно чисту зону складають 20% території Миргорода, перехідну - 63% і умовно забруднену - 17%.

5. Результати фітоіндикаційних досліджень складають інформаційну базу, яка є невід'ємною частиною регіональної системи екологічного моніторингу.