

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ВАСИЛЯ СТУСА

ПАСТУХОВ ОЛЕКСАНДР ЛЕОНІДОВИЧ

Допускається до захисту
В.о. завідувача кафедри ботаніки
та екології, к.б.н., доцент
_____ О.В. Машталер
« ____ » _____ 2023 р.

**БІОІНДИКАЦІЙНІ ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНУ ЗАБРУДНЕННЯ
ПОВІТРЯНОГО БАСЕЙНУ М. ГНІВАНЬ (ВІННИЦЬКА ОБЛАСТЬ) НА
ОСНОВІ ВИКОРИСТАННЯ ПОКАЗНИКІВ ФЛУКТУЮЧОЇ АСИМЕТРІЇ
ЛИСТКІВ ДЕРЕВНИХ РОСЛИН**

Спеціальність 101 Екологія
Кваліфікаційна (магістерська) робота

Науковий керівник:
О.В. Машталер, доцент
кафедри ботаніки та екології
к.б.н., доцент

Оцінка: _____ / _____ / _____
(бали за шкалою ЕКТС/національною шкалою)

Голова ЕК: _____
(підпис)

Вінниця 2023

АНОТАЦІЯ

Пастухов О.Л. Біоіндикаційні дослідження стану забруднення повітряного басейну м. Гнівань (Вінницька область) на основі використання показників флюктуючої асиметрії листків деревних рослин. Спеціальність 101 «Екологія», Освітня програма «Екологія», Донецький національний університет імені Василя Стуса, Вінниця, 2023.

У кваліфікаційній роботі досліджено стан забруднення повітряного басейну м. Гнівань (Вінницька область) на основі використання показників флюктуючої асиметрії листків *Betula pendula* Roth. Встановлено, що найбільшого техногенного впливу *Betula pendula* Roth. зазнає в місцях, що знаходяться біля промислових підприємств, уздовж вулиць з інтенсивним транспортним потоком, та щільною житловою забудовою. Підтверджено, що зі збільшенням відстані до джерела забруднення спостерігається зниження показника флюктуючої асиметрії.

Ключові слова: біоіндикація, *Betula pendula* Roth., індекс асиметрії
____ с, ____ табл., ____ рис., ____ джерел.

ABSTRACT

Pastukhov O. Bioindicative studies of the state of air pollution in the city of Hnivan (Vinnytsia region) based on the use of indicators of fluctuating asymmetry of the leaves of woody plants. Specialty 101 «Ecology», Programme «Ecology». Vasyl' Stus Donetsk National University, Vinnytsia, 2023.

In the qualification work, the state of pollution of the air basin of the city of Hnivan (Vinnytsia region) was investigated based on the use of indicators of fluctuating asymmetry of leaves of *Betula pendula* Roth. It was established that *Betula pendula* Roth has the greatest technogenic impact. occurs in places located near industrial enterprises, along streets with intensive traffic flow, and dense residential buildings. It has been confirmed that as the distance to the pollution source increases, the fluctuating asymmetry index decreases.

Key words: bioindication, *Betula pendula* Roth., asymmetry index
Tabl. ____ . Fig. ____ . Bibliography: ____ items.

ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| ВСТУП..... | 4 |
| РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ..... | 6 |
| 1.1 Природно-кліматичні умови району дослідження | 6 |
| 1.1.1.Клімат..... | 8 |
| 1.1.2.Грунти..... | 9 |
| 1.1.3. Особливості кліматичних умов Гніванської територіальної громади | 12 |
| 1.2.Флуктуюча асиметрія листків деревних рослин як метод біоіндикації.. | 14 |
| 1.3.Застосування показників флуктуаційної симетрії листків деревних рослин в Україні та світі..... | 17 |
| РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТ, МЕТОДИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ..... | 20 |
| РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА..... | 22 |
| ВИСНОВКИ..... | 38 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ..... | 39 |

ВСТУП

Якість навколишнього середовища безпосередньо впливає на здоров'я і самопочуття людини, особливо це гостро стосується атмосферного повітря, через його здатність проникати в інші середовища, а також безпосередньо впливати на організм.

На сьогоднішній день забруднення повітря є однією з найважливіших екологічних проблем в усьому світі, особливо гостро це питання стосується міських і промислових територій. Кожна країна світу стикається з проблемами забруднення атмосферного повітря, внаслідок чого виникають питання не тільки про вирішення цих проблем, але перш за все про визначення рівня забруднення.

Ступінь чистоти повітря можна визначати багатьма методами, але більшість з них вимагають значних матеріальних і фінансових затрат. На допомогу приходять методи біоіндикації, які мають інтегральний характер та є значно простішими і не потребують значних матеріальних витрат. Найбільш поширеним методом моніторингу стану повітряного середовища є аналіз морфометричних параметрів та показників флуктуаційної асиметрії листкових пластинок судинних рослин.

Така увага до листка обумовлюється тим, що він найбільш пластичний орган рослини, та є одним з головних органів, пов'язаних з функціонуванням рослин та достатньо зручний для дослідження. Біоіндикація є досить ефективною при оцінці екологічного стану території, оскільки живі системи дуже чутливі до змін зовнішнього середовища і мають властивість реагувати раніше, ніж ці зміни стануть очевидними. Переваги біоіндикаторів полягає в тому, що вони підсумовують всі біологічно 5 важливі дані про навколишнє середовище і відображають її стан в цілому; усувають важке завдання застосування дорогих методів дослідження; виключають неможливість реєстрування залпових і короточасних викидів токсикантів; вказують шляхи та місця скупчення в

екосистемах різного роду забруднень; дозволяють судити про ступінь шкідливості речовин для живої природи.

Мета роботи: здійснити оцінку стану середовища, за показником флуктуючої асиметрії листків берези повислої (*Betula pendula* Roth.) в умовах урбанізованого середовища міста Гнівань, Вінницької області.

Об'єкт дослідження: Береза повисла (*Betula pendula* Roth), як біоіндикатор стану навколишнього середовища.

Предмет дослідження: морфологічні та фізіологічні особливості листяних пластин берези повислої.

Актуальність роботи полягає у тому, що результати нашого дослідження дозволять оцінити якість стану довкілля на території його проведення.

Для досягнення поставленої мети були заплановані наступні завдання:

- ознайомитися з особливостями використання рослинних об'єктів в біоіндикаційних дослідженнях;
- проаналізувати морфологічні особливості листків *B. pendula* в різних умовах міста Гнівань, Вінницької області;
- дослідити флуктуючу асиметрію листків берези повислої в різних умовах урбанізованого середовища;
- вибрати рослини-індикатори для біотестування рівня забрудненості атмосферного повітря;
- провести дослідження динаміки флуктуючої асиметрії берези повислої.

Наукова новизна роботи полягає в аналізі можливостей використання морфометричних показників листків берези повислої для біоіндикації стану урбанізованого середовища на прикладі м. Гнівань та надання оцінки стану дослідженим територіям.

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1.1. Природно-кліматичні умови району дослідження

Вінницька область (Вінниччина) – область у центрі України. Населення становить 1 509 015 (1 січня 2022 р.). Вінницька область була утворен 27 лютого 1932 року. Обласний центр – місто Вінниця, населення якої станом на 1 січня 2022 року становить 369 739 осіб. Розташована на правобережжі Дніпра в межах Подільської височини.

На заході межує з Чернівецькою та Хмельницькою, на півночі – з Житомирською, на сході – з Київською, Кіровоградською та Черкаською, на півдні – з Одеською областями України та з Молдовою.

Клімат області помірно-континентальний. Середня температура січня: -6°C, середня температура липня: +19°C, річна кількість опадів: 520-590 мм, з них 80% випадають в теплий період.

У Вінницькій області густа мережа річок, що належить до басейнів трьох великих рік – Південного Буга (приблизно 62% території), Дністра (28%) та Дніпра (10%). Вони мають переважно снігове й дощове живлення і належать до типу рівнинних. Взагалі у області протікає 241 річка. Найбільшою річкою, що на значному протязі (317 км) протікає по території області і ділить її на дві майже рівні частини, є Південний Буг, який у межах області приймає 14 приток з лівого боку і стільки ж з правого. Найбільші притоки: Згар, Рів, Дохна, Соб, Снівода, Постолова, Десна. На південному заході, на межі з Чернівецькою областю і Молдовою, протікає друга за розмірами річка України – Дністер. Притоки: Мурафа, Немиця, Лядова [2].

До внутрішніх вод області належать численні ставки та водосховища. Тут налічується більше 2500 ставків, загальна площа їх перевищує 20 тис. га. У області розташовано 60 водосховищ. Найбільші водосховища - Ладжинське, Сандрацьке, Сутиське і Дмитренківське [4].

Болота на території Вінниччини розташовані по долинах річок. Найбільше боліт у північній і середній частинах області. Найбільші площі боліт є вздовж Згару, Рову, Рівця, Собі, Соврані.

Вінницька область лежить у межах лісостепової зони. Рослинність області характерна для лісостепу. Лісистість території складає 14,2%. Ліси Вінниччини належать до типу середньоєвропейських лісів. Основу лісової рослинності становить граб, а до звичайних тутешніх дерев належать: дуб, ясен, липа, клен, явір, берест, осика, тополя, дика груша, дика яблуня, черемха, черешня та інші. Ґрунти в основному опідзолені (близько 65%). На північному сході області переважають чорноземи, в центральній частині – сірі, темно-сірі, світло-сірі, на південному-сході і в Придністер'ї – чорноземи і опідзолені ґрунти.

В області дуже різноманітна фауна: водиться багато як лісових звірів (лосі, олені, зубри, дикі свині, бобри, вовки, лиси, кози, їжаки, борсуки, куниці, тхори, зайці), так і степових (гризуни) та водяних (норка, видра). Багато водяного, болотного, лісового й степового птаства (дикі гуси й качки, черногуз, чапля, журавель, голуби, перепелиця), бджоли в липових лісах, а в річках і озерах – розмаїття риби (короп, лящ, сом, тощо) [1].

У північно-східній частині області, від верхів'я Сниводи до Гірського Тікичу, лежить Придніпровська височина. Найбільш підвищена частина її має середню висоту 300 м. У північно-західній частині області Придніпровська височина має середню висоту від 250 до 300 м. Окремі підвищення є на північний захід від Вінниці (середня висота 300 м), на південь від Хмільника (середня висота-300 м, найбільша-345 м).

Низин, у повному розумінні цього визначення, в межах області немає. Є окремі рівні ділянки території, що лежать нижче навколишньої місцевості. На північному заході області, між Південним Бугом і його притокою Згаром, лежить дуже заболочена Летичівська низина, її абсолютні висоти майже скрізь не перевищують 300 м.

1.1.1. Клімат

Клімат Вінницької області помірно континентальний : помірного та достатнього тепло забезпечення, достатнього зволоження, лише в Придністров'ї недостатнього зволоження. За своїм географічним розташуванням територія області знаходиться у сфері впливу насичених вологою атлантичних повітряних мас, та периферійної частини сибірського (азійського) антициклону, для якого характерні сухі холодні континентальні повітряні маси. На клімат впливають також повітряні маси з Арктики та Середземномор'я.

В літню пору переважають вологі вітри західного та північнозахідного румбів, найбільший їх вплив спостерігається на північний захід від лінії Моглів-Подільський – Гайсин. В холодну пору (жовтень – квітень) відчутний вплив (особливо на південний схід від цієї лінії) сибірського антициклону з вітрами південних та південно-східних румбів. Найхолодніший місяць по всій області – січень, найтепліший – липень. Середні амплітуди коливань температури протягом року не перевищують 250С. Під впливом континентальних повітряних мас іноді спостерігається зниження температури в окремі дні до -32...-380С, влітку – підвищення до +370С, найвищі температури спостерігається у липнісерпні.

Середньорічні суми осадів на території області складають 440-590 мм. Найбільша кількість опадів буває на північному заході території Вінниччини. Максимум опадів припадає на травень – липень (130-170 мм). Найменш вологими є зимові місяці, на холодну пору року припадає 25% опадів: в грудні-лютому випадає 65-80 мм опадів. Перехід від однієї пори року до іншої відбувається поступово.

Стійкий перехід добової температури через 00 С є початком весни та відбувається найчастіше у другій декаді березня. Весна триває близько двох місяців. Характерними особливостями весни є інтенсивне підвищення денної температури, сходить стійкий сніговий покрив ти відтає ґрунт. Перехід

середньодобової температури повітря через +5 С відбувається у першій декаді квітні, а через +10 С – в кінці третьої декади. Літо триває з другої половини травня до першої половини вересня, денні температури становлять у травні +18... +20 С, у липні +21...+25 С. В цей же час випадає найбільше опадів, переважно у вигляді злив. Кількість днів з опадами поступово зменшується з наближенням осені. Осінь починається з переходом середньодобової температури через +10 С в бік зниження. Настання осені (перша декада жовтня) супроводжується заморозками, загальним зниженням температури, зменшенням кількості опадів.

Характерною особливістю осені на Вінниччині є повернення теплих сонячних днів. Осінь закінчується в кінці листопада, коли середньодобові температури переходять через 00С в бік мінусових температур. До початку зими середньодобові температури всюди нижче 00С, але вище -5 С, погода нестійка: морозні дні змінюються відлигами, не раз утворюється та сходить сніговий покрив. Відлиги характерні і впродовж зими, температура повітря інколи підвищується до +10...+13 С. Взагалі клімат Вінниччини сприятливий для сільськогосподарського виробництва: тривале тепле та досить вологе літо, рання весна, суха осінь зима з помірними морозами та значним сніговим покривом – все це позитивно впливає на ріст зернових, технічних та садових культур.

1.1.2. Ґрунти

За класифікацією ґрунтів і земель України та їх придатністю до сільськогосподарського виробництва ґрунти Вінниччини по родючості розміщуються від четвертого (70-61 бал) до восьмого (30-21 бал) класу. Це ґрунти від високої родючості (добрі землі) до групи ґрунтів низької якості (малоцінні землі) по загальній класифікації ґрунтів і земель України. Основні ґрунти області це чорноземи (50,1% площі сільськогосподарських угідь) та сірі лісові (майже 33%).

Зрівноважений або середній показник вмісту гумусу по області складає 2,71 %, що є досить низьким показником. За даними наукових досліджень для

підтримки в ґрунті на достатньому рівні фізико-хімічних та біологічних процесів необхідно, щоб він містив в орному горизонті не менше 2,5 % гумусу. Цей рівень вважається критичним, нижче якого помітно погіршуються агрономічно цінні властивості ґрунтів. Це пов'язано з тим, що внесення органічних добрив в області є критичним.

Ґрунтів з вмістом гумусу нижче критичного рівня в області нараховується 523,7 тис. га, що складає 41,4 %. За даними турів агрохімічного обстеження сільськогосподарських угідь області середній показник вмісту гумусу в ґрунтах дорівнював від 2,88 до 2,70 % (по зонах області).

Ґрунти Північної та Південної зони області більш родючі, вміст гумусу є вищим (2,74-3,48 %); центральна частина області, де ґрунтовий покрив представлений сірими лісовими ґрунтами, що за своєю природою є досить бідними на вміст органічної речовини (2,03%), досить відчутно знижує середній показник вмісту гумусу по області. Вміст легкогідролізного азоту – низький. На даний час 253,3 тис.га орних земель мають критично низький вміст рухомих фосфатів, а за вмістом обмінного калію лише 3,2 тис. га мають низький вміст цього елемента живлення. Баланс поживних речовин в ґрунтах області, як і баланс вмісту органічної речовини (гумусу) є також дефіцитним. На даний час баланс поживних речовин ґрунтового покриття становить: за азотом -47,3 кг/га - 73490 т на всю площу; за фосфором -29,4 кг/га -45682 т на всю площу; за калієм -95,3 кг/га -148107 т на всю площу. Якісні показники родючості ґрунтів з кожним туром агрохімічного обстеження частково знижуються, тому необхідно постійно проводити відповідні ґрунтоохоронні заходи. Це насамперед внесення органічних та мінеральних добрив, посіви сидератів, вапнування кислих ґрунтів (меліорація), боротьба з водною ерозією та ін. Одним із суттєвих факторів, що негативно впливає на родючість ґрунтів і приводить до зниження урожайності сільськогосподарських культур, є підвищена кислотність ґрунтів.

Ґрунти області переважно опідзолені. На північний схід переважають чорноземи, є лучні ґрунти. Ґрунтово-кліматичні умови Вінницької області сприяють овочівництву, садівництву й виноградарству.

Сучасний стан навколишнього природного середовища у Вінницькій області можна охарактеризувати як відносно стабільний. Основні екологічні проблеми області:

- збереження водноресурсних систем як унікальних складових природного середовища;
- запровадження водозберігаючих форм розвитку економіки області;
 - зменшення скидів забруднюючих речовин у водойми;
- винесення в природу пожегозахисних смуг;
- організація об'єктивного моніторингу стану поверхневих водойм області;
- підвищення рівня первинного обліку водокористування підприємствами області, забезпечення об'єктивності даних держстатзвітності;
- підвищення розмірів зборів за спецводокористування та забруднення водних ресурсів.

Вінниччина характеризується, в цілому, як порівняно благополучний регіон із значно меншим, ніж в промислових областях, рівнем забруднення атмосферного повітря. Понад 50% викидів в атмосферне повітря (від їх загальної кількості) на території області - це викиди автотранспорту, ще близько 35% – викиди Ладжинської ТЕС та понад 3% – викиди магістральних газопроводів. Викиди усіх інших підприємств області становлять близько 10%.

Стан атмосферного повітря за останні роки практично не змінювався. За даними обласної санітарно-епідеміологічної станції із загальної кількості відібраних проб 8,6% – з перевищенням гранично допустимої концентрації (ГДК). Найвищий відсоток проб з перевищенням ГДК зареєстровано в Вінницькому, Гайсинському, Могилів-Подільському, Теплицькому, Тульчинському, Тиврівському районах.

1.1.3 Особливості кліматичних умов Гніванської територіальної громади

До Гніванської територіальної громади входить 2 адміністративні одиниці - місто Гнівань та село Грижинці. ГНІВАНЬ — місто Тиврівського району Вінницької області знаходиться на річці Південний Буг у смузі лісостепу.



Рисунок 1. Гнівань на карті України

Через місто Гнівань проходять автомобільні шляхи обласного підпорядкування. Відстань до обласного центру м. Вінниця залізницею 25 км, автошляхами 20 км, до районного центру смт.Тиврів відстань автошляхами 17км., до столиці України м. Києва відстань залізничними шляхами 246 км, автошляхами 277 км.

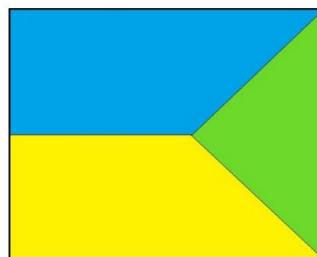


Рисунок 2. План-схема міста Гнівань

Демографічна характеристика Гніванської територіальної громади:
населення 13,7 тис.чоловік, площа 2084,4га, густина населення 6,6 осіб/га.



Герб міста



Прапор міста

В фізико-географічному відношенні територія міста розташована в лісостеповій області Подільського Побужжя і представлена слабо горбистим плато, розчленоване річними долинами та ярами.

Рель'єф території рівнинний, загальний, незначний уклін спостерігається до річки. Переважаючі уклони поверхні 1-3%, абсолютні відмітки від 227 м / уріз ріки / до 253 м / західна частина міста/. Висота над рівнем моря 252 м.

В південно-східному напрямку тече річка Південний Буг. Заплава висока, рівна, лугова шириною від 0,5 до 1,0 км. Русло ріки глибоко врізане в дно долини. Швидкість течії від 0,3 до 0,6 м\сек. Рівневий режим Південного Бугу характеризується яскраво виявленою весняною повінню і низькою літньою межею, котра переривається літньо-осінніми дощовими паводками.

Гнівень лежить в межах Волино-Подільського кристалічного масиву, покритого четвертинними відкладами пісків, глин, вапняків та мергалів. Фундамент цього масиву складається з найдавніших порід: гранітів, гнейсів, сієнітів.

Клімат у м.Гнівані помірно-континентальний.

Середньорічна температура навколишнього повітря $+7,0^{\circ}\text{C}$. Середня температура січня становить $-5,9^{\circ}\text{C}$, липня $+18,5^{\circ}\text{C}$. Абсолютний мінімум температур повітря за рік мінус 35°C ; абсолютний максимум за рік плюс 38°C .

Річна кількість опадів 638 мм.

1.2 Флуктуюча асиметрія листків деревних рослин як метод біоіндикації

Серед операційних методів оцінки стану середовища часто застосовують такий дешевий і доступний метод визначення забруднення всіх компонентів біосфери (атмосферного повітря, ґрунту, природних вод), як біоіндикація [2], що спрямована на швидку оцінку якості та ступеня забруднення довкілля за реакціями природних біоіндикаторів на антропогенне навантаження.

Характерними властивостями рослин є здійснення глобального фотосинтезу, їхня середовищевірна функція. Однак для рослин характерні і інші функції живої речовини, що робить їх особливою складовою біосферного різноманіття. Оскільки, саме рослини, у першу чергу, страждають від антропогенного забруднення навколишнього середовища, найбільш прийнятною серед всіх розроблених видів біоіндикації є фітоіндикація [3]. У виборі цього виду індикації біоіндикаторами можуть бути ті рослини, що найбільш чутливі до зміни якості середовища та характерні для даної місцевості.

Встановлено, що під дією антропогенного стресу порушується будова структурних елементів рослин, наприклад, листків деревинних та кущових видів, а саме, відбувається відхилення від білатеральної симетрії їх морфологічних одиниць зліва і справа від центральної жилки та виникають ін. невідповідності боків листя та деформація його верхівки [4]. Саме на їх вимірюваннях і будується система пластичних (вимірюваних) ознак біоіндикаційного метода флуктуючої асиметрії (ФА), на відміну від системи меристичних (лічильних) ознак. Вид флуктуючої асиметрії за пластичними ознаками вперше був розглянутий і описаний Л. Ван Валеном [5], а сам метод ФА застосовується у цьому дослідженні.

Хоча рослини відносяться до відносно стійких біоіндикаторів з різним ступенем чутливості, дія природних катаклізмів та антропогенного забруднення призводить до деформаційних змін морфологічних структур у вигляді появи флуктуючої асиметрії (ФА). Цей відносно новий метод ФА є також достатньо актуальним при виборі метода дослідження у силу своєї новизни, простоти та перспективності.

Серед всіх типів біоіндикації (біоіндикація мікроорганізмів, вірусів, тварин, гідробіонтів, рослин і лишеноіндикація), найбільш доступною є біоіндикація рослин, або фітоіндикація. Рослини, в силу своєї природи не можуть пристосовуватися до природних змін і антропогенного навантаження через

переміщення зі зберіганням 10 рівнорозмірності певного виду. Вони змушені адаптуватися до стресових ситуацій тільки через зміну динаміки росту, зменшення або збільшення підземної або наземної частин, розмірів або кількості листя, пелюсток, плодів у генеративному стані, зміну кольору або некрозу листя [3]. Саме ці зміни відносять до макроскопічних змін, які легко встановлюються неозброєним оком, крім того, у рослин-біоіндикаторів відмічають такі макроскопічні явища, як дефоліація, дефлорація, зміна форми органів [3], ксерофітізація [16]. Відкриття флуктуючої асиметрії [5] дозволило використовувати і певні морфометричні ознаки як макроскопічні зміни, що швидко і просто встановлюються при аналізі органів деревинних рослин, які підлягали антропогенному забрудненню.

флуктуюча асиметрія – незначні ненаправлені відхилення (розходження) між правою й лівою (R-L) сторонами різних морфологічних структур від строгої білатеральної симетрії. З різних форм асиметрії білатеральних ознак живих організмів особливо виділяється флуктуюча асиметрія (ФА), що дозволяє оцінити нестабільність розвитку цілого організму або його частини. При флуктуючій асиметрії розходження між сторонами не є строго генетично детермінованими. Такі розходження, зазвичай, є результатом помилок в ході розвитку організму. Флуктуюча асиметрія (на відміну від інших типів асиметрії) не має самостійного адаптивного значення, а є вираженням незначних ненаправлених порушень симетрії, які перебувають у межах певного люфту. Це допускається природним добром і не впливає на життєздатність. Значні розходження між сторонами можуть мати місце в природі лише в тому випадку, якщо вони носять пристосувальний характер. При нормальних умовах їхній рівень мінімальний, а зростає тільки при будь-якому стресовому впливі, що і призводить до збільшення асиметрії.

Робота починається з вибору моніторингових точок – чотирьох-п'яти площадок, які перебувають на одній лінії по мірі віддалення від потенційного

джерела забруднення (населеного пункту, промислового підприємства або автомагістралі). Бажано розташовувати площадки по одній лінії, відповідно до рози вітрів (переважного напрямку вітру). Відстань між площадками залежить від потужності джерела забруднення. Якщо це великий населений пункт із промисловими підприємствами й численним автотранспортом, то відстані між площадками можуть бути в межах 1 км. У випадку невеликої котельні відстані між площадками можуть бути в межах 400-800 метрів, автотраси – 20-200 метрів (залежно від інтенсивності потоку автотранспорту). Для досягнення найкращих результатів площадки варто закладати рівномірно по всій місцевості, або по лінії зменшення передбачуваного негативного впливу.

Теоретично дослідження флюктуючої асиметрії можна проводити на будь-яких білатеральних (симетрично організованих) об'єктах – будь то тварини або рослини. Однак, чим простіше влаштований організм і чим він крупніше, тим простіше проводити виміри. Виходячи з цього, зручним для організації подібних досліджень модельним об'єктом є листя листопадних дерев. Це можуть бути такі види дерев, як клени, тополі або берези.

Для мірних ознак величина асиметрії у рослин розраховується як розходження в промірах ліворуч і праворуч, віднесене до суми промірів на двох сторонах. Інтегральним показником стабільності розвитку для комплексу мірних ознак є середня величина відносного розходження між сторонами на ознаку. Цей показник розраховується як середнє арифметичне суми відносної величини асиметрії за всіма ознаками у кожної особини, віднесене до числа використовуваних ознак.

1.3. Застосування показників флюктуаційної симетрії листків деревних рослин в Україні та світі

Термін «флюктуюча асиметрія» (fluctuating asymmetry) був запропонований Ван Валеном у 60-х роках минулого сторіччя (Van Valen, 1962), хоча пов'язаний з

ним напрям досліджень стабільності розвитку (developmental stability) почав розвиватися значно раніше (Thoday, 1958, Waddington, 1957), а пізніше був спрямований на вивчення генетичних основ згаданих процесів (Lewontin, 1983, Mather, 1953, Zacharov, 1989, Palmer, 1992). Стабільність розвитку особини проявляється у її здатності приймати «ідеальний» стан при відповідних (ідеальних) умовах розвитку (Zacharov, 1992).

В ідеалі, білатеральні структури проявляють абсолютну симетрію, з якою можна порівнювати наявні відхилення (Palmer, 1986). Чим нижча стабільність, тим вища ймовірність того, що особина буде відхилитися від «ідеального» стану. Таким чином, з'являється можливість кількісної оцінки відхилень процесів розвитку від норми, а, отже, і відповідної оцінки якості середовища. Важливо, що за використання показників флуктуючої асиметрії можлива кількісна оцінка як стабільності розвитку окремих особин, так і цілих популяцій. Вважається, що подібний підхід є чутливим і дозволяє виявляти негативні зміни до прояву виражених порушень будови чи функціонального стану особини (Zacharov, 1987, Palmer, 1986). Можливість використання флуктуючої асиметрії з метою біоіндикації успішно показана як для тваринних, так і для рослинних тест-об'єктів (Zacharov et al., 2000). Більшість видів тварин є білатерально симетричними, тому їх асиметричність визначається на рівні окремої особини та усереднюється для певної популяції. У вищих рослин для досліджень використовують білатерально симетричні органи (переважно листки), тому усереднені результати можливі як на рівні особини, так і на рівні популяції. Біотестування з використанням прояву флуктуючої асиметрії вищих рослин, на нашу думку, є більш перспективним в системі екологічного моніторингу [21].

Переважає більшість наукових розробок, присвячених біоіндикації, стосується досліджень особливості біології та екології найбільш чутливих до забруднення видів рослин і тварин. Як наслідок, види-біоіндикатори першими зникають з угруповань та екосистем, що зазнають антропогенного впливу, тобто

– стають раритетними. Одним з критеріїв «придатності – непридатності» певного виду для завдань біоіндикації та моніторингу є його поширення та трапляння. В Україні, особливо на урбанізованих територіях, які в першу чергу потребують ретельних біоіндикаційних досліджень, переважна більшість рідкісних та таких, що зникають, видів або дуже нечисельна, або відсутня. Саме тому для урбанізованого середовища пошуки «адекватних біоіндикаторів» мають бути спрямованими на фонові, тобто поширені види. Використання біоіндикації за показниками флуктуючої асиметрії в системі екомоніторингу дозволяє перейти від використання певних чутливих видів, трапляння достатньої кількості яких в антропогенно трансформованому середовищі є проблематичним, до використання в якості індикаторів фонових видів, які є в достатній кількості. До того ж, порівняння ступеню та характеру асиметрії теоретично можливе для будь-якого виду. Таким чином, флуктуючу асиметрію можна вважати своєрідним універсальним «екологічним термометром» на морфофізіологічному рівні, що дає змогу вимірювати оптимальність умов середовища для різних видів за єдиною методологічною схемою. Явище флуктуючої асиметрії має багато аспектів. Найбільш фундаментально цікавими та важливими з позицій практичного використання, безумовно, є питання динаміки кількісних параметрів, що характеризують прояви асиметрії різноманітних біооб'єктів. Окрім чітко встановленого зростання флуктуючої асиметрії особин при погіршенні умов існування певного виду (Zacharov et al., 2000), є ряд питань, пов'язаних з динамікою асиметрії, вичерпна відповідь на які поки що відсутня. Переважна більшість узагальнень з приводу динаміки флуктуючої асиметрії судинних рослин була зроблена з використанням в якості об'єкту *Betula pendula* Roth. Для цього виду встановлено певні закономірності динаміки флуктуючої асиметрії в часі (багаторічна (Gavrikov, 2006) та сезонна динаміка (Aralbayeva et al., 2009)) та у просторі (географічна мінливість) (Zacharov, 2005).

РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТ, МЕТОДИ ТА МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Об'єктом дослідження було обрано березу повислу (*Betula pendula* Roth.), яка широко розповсюджена в міському озелененні та характеризується чутливістю до дії аеротехногенного забруднення.

Для оцінки стабільності розвитку живих організмів застосовують критерії флуктуаційної асиметрії (ФА), які виявляють незначні ненаправлені відмінності між правою і лівою сторонами органу, що закладаються під час онтогенезу.

Серед переваг берези слід зазначити, наступні: 1) листя у неї формується кожен рік, що дає змогу проводити дослідження щорічно; 2) цей вид має чітко виражені ознаки, широкий ареал і масове розповсюдження.

Збір матеріалу згідно з методикою був проведений після завершення інтенсивного росту листя (початок липня). Збір листя проводився з рослин, що знаходяться у відносно однакових екологічних умовах за рівнем освітлення, типом біотопу. Кожна вибірка становила 30 листків з одного дерева. Матеріалом досліджень слугували гербаризовані листкові пластинки *B. pendula*, відібрані після зупинки росту листя. При зборі листя враховували його розмір і функціональний стан. Збір матеріалу відбувався у чотирьох місцях міста Гнівань протягом 2022-2023 років:

- 1) Прохідна гранітного кар'єру;
- 2) Ворошилівське перехрестя;
- 3) Виїзд з міста;
- 4) Район заводу «Спецзалізобетон».

Виміри параметрів з кожного листа знімалися показники по п'яти параметрам, з лівої та правої сторони (див. рис. 2.1)

1. Ширина половини листової пластинки. Лист згинають навпіл, прикладаючи верхівку до основи, розгинають і на отриманому згині вимірюють.
2. Довжина другої жилки другого порядку від основи листа.
3. Відстань між основами 1 і 2 жилок другого порядку.

4. Відстань між кінцями 1 і 2 жилок другого порядку
5. Кут між основною жилкою (першого порядку) і другого від основи жилки другого порядку.

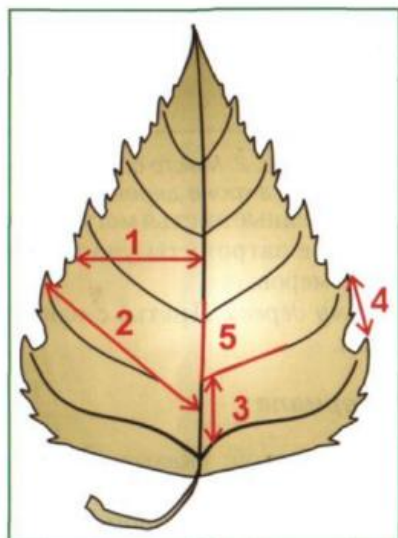


Рисунок 2.1. Морфологічні ознаки для оцінки стабільності розвитку.

При аналізі комплексу морфологічних ознак використовували інтегральний показник за методикою В. М. Захарова.

Ступінь порушення стабільності розвитку *V. pendula* оцінювали за п'ятибальною шкалою (див. табл. 2.1) Кожному балу, відповідає певне значення стабільності розвитку: 1 бал характеризує стабільність умовної норми; 2 бали – відображають незначне відхилення від норми; 3 бали – середній рівень відхилення від норми; 4 бали – значне відхилення від норми; 5– критичний стан.

Таблиця 2.1- Стабільність розвитку та значення показника асиметрії (X)

| Стабільність розвитку в балах | Величина показника стабільності розвитку | Якість середовища |
|-------------------------------|--|---|
| 1 | <0,040 | Умовно нормальне |
| 2 | 0,040-0,044 | Початкові (незначні) відхилення від норми |
| 3 | 0,045-0,049 | Середній рівень відхилення від норми |
| 4 | 0,050-0,054 | Істотні (значні) відхилення від норми |
| 5 | >0,054 | Критичний стан |

РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

В фізико-географічному відношенні територія міста Гнівань розташована в лісостеповій області Подільського Побужжя і представлена слабо горбистим плато, розчленоване річними долинами та ярами.

Рель'єф території рівнинний, загальний, незначний уклін спостерігається до річки. Переважаючі уклони поверхні 1-3%, абсолютні відмітки від 227 м / уріз ріки / до 253 м / західна частина міста/. Висота над рівнем моря 252 м.

В південно-східному напрямку тече річка Південний Буг. Заплава висока, рівна, лугова шириною від 0,5 до 1,0 км. Русло ріки глибоко врізане в дно долини. Швидкість течії від 0,3 до 0,6 м\сек. Рівневий режим Південного Бугу характеризується яскраво виявленою весняною повінню і низькою літньою межею, котра переривається літньо-осінніми дощовими паводками.

Гнівань лежить в межах Волино-Подільського кристалічного масиву, покритого четвертинними відкладами пісків, глин, вапняків та мергалів. Фундамент цього масиву складається з найдавніших порід: гранітів, гнейсів, сієнітів.

Клімат у м.Гнівані помірно-континентальний. Середньорічна температура навколишнього повітря +7,0°C. Середня температура січня становить - 5,9°C, липня +18,5°C. Абсолютний мінімум температур повітря за рік мінус 35°C; абсолютний максимум за рік плюс 38°C. Річна кількість опадів 638 мм.

Опис досліджуваних територій

1) Прохідна гранітного кар'єру

Листки були зірвані біля прохідної найбільшого кар'єру у м. Гнівані, над проїжджою частиною. Автомобільне навантаження – велике, в переважній більшості вантажні автомобілі, які перевозять вантаж із гранітного кар'єру. На відстані 300 м знаходиться центральна дорога міста із великим навантаженням транспорту.



Рисунок 2.1 План-схема міста Гнівань

1-Прохідна гранітного кар'єру; 2- Ворошилівське перехрестя; 3 - Виїзд з міста; 4 - Район заводу «Спецзалізобетон»

2) Ворошилівське перехрестя

Листки берези були зірвані поблизу дороги, що є в свою чергу великою транспортною розв'язкою. Кількість машин значна.

3) Виїзд з міста

Листки були зірвані біля виїзду з міста. Кількість машин – значна.

4) Район заводу «Спецзалізобетон»

Листки були зірвані в спальному районі, поблизу житлового будинку. Поряд проходить дорога до цього двору. Кількість машин не велика, інших

забруднюючих факторів на даний момент не виявлено. Раніше, у даному районі функціонував завод «Спецзалізобетон».

По кожній із досліджуваних територій було проведено розрахунок середньої відносної величини асиметрії на ознаку для 5 промірів листа, обчислюючи відносну величину асиметрії для кожної ознаки та отримані величини занесено в допоміжну таблицю 2.2 , 2.3, 2.4, 2.5. Потім обчислено показник асиметрії для кожного листа, обчислено інтегральний показник стабільності розвитку – величина середнього відносного розходження між сторонами на ознаку та результати розміщено до таблиці 2.6, 2.7, 2.8, 2.9 відповідно до зони збору матеріалів.

Таблиця 2.2. Обробка даних з оцінки стабільності розвитку рослини з використанням мірних ознак (проміри листа) для зони 1 – прохідна гранітного кар'єру

| № листа | Номер ознаки | | | | | | | | | |
|------------|--------------|----|----|----|---|---|----|----|----|----|
| | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | |
| | Л | П | Л | П | Л | П | Л | П | Л | П |
| 1 | 22 | 21 | 33 | 33 | 3 | 4 | 9 | 9 | 42 | 39 |
| 2 | 16 | 17 | 24 | 26 | 4 | 4 | 8 | 7 | 50 | 51 |
| 3 | 12 | 13 | 22 | 22 | 3 | 2 | 9 | 8 | 43 | 42 |
| 4 | 17 | 16 | 29 | 30 | 7 | 7 | 11 | 10 | 48 | 50 |
| 5 | 17 | 18 | 31 | 30 | 5 | 4 | 10 | 12 | 48 | 47 |
| 6 | 14 | 16 | 24 | 26 | 4 | 4 | 8 | 9 | 47 | 42 |
| 7 | 21 | 24 | 37 | 35 | 4 | 3 | 12 | 11 | 42 | 44 |
| 8 | 17 | 18 | 32 | 30 | 4 | 7 | 13 | 12 | 43 | 50 |
| 9 | 20 | 21 | 30 | 31 | 6 | 7 | 13 | 12 | 50 | 50 |
| 10 | 17 | 17 | 28 | 27 | 4 | 3 | 11 | 9 | 46 | 43 |

| | | | | | | | | | | |
|----|----|----|----|----|---|---|----|----|----|----|
| 11 | 14 | 14 | 28 | 26 | 6 | 7 | 10 | 9 | 50 | 50 |
| 12 | 12 | 14 | 25 | 23 | 7 | 7 | 9 | 8 | 56 | 54 |
| 13 | 20 | 21 | 28 | 29 | 5 | 4 | 9 | 10 | 50 | 48 |
| 14 | 14 | 15 | 27 | 26 | 5 | 6 | 8 | 7 | 50 | 51 |
| 15 | 22 | 21 | 32 | 31 | 5 | 5 | 13 | 11 | 48 | 47 |
| 16 | 19 | 21 | 30 | 30 | 5 | 5 | 9 | 9 | 43 | 47 |
| 17 | 17 | 18 | 31 | 31 | 6 | 5 | 12 | 9 | 44 | 46 |
| 18 | 20 | 20 | 31 | 30 | 4 | 4 | 11 | 10 | 40 | 48 |
| 19 | 15 | 16 | 27 | 28 | 5 | 4 | 11 | 10 | 50 | 50 |
| 20 | 13 | 15 | 25 | 24 | 5 | 6 | 10 | 10 | 46 | 48 |
| 21 | 20 | 21 | 34 | 33 | 6 | 4 | 12 | 10 | 46 | 42 |
| 22 | 18 | 17 | 27 | 28 | 7 | 6 | 9 | 8 | 42 | 44 |
| 23 | 17 | 18 | 25 | 25 | 7 | 6 | 10 | 11 | 46 | 44 |
| 24 | 20 | 19 | 26 | 25 | 8 | 7 | 12 | 11 | 42 | 43 |
| 25 | 16 | 17 | 27 | 26 | 5 | 8 | 12 | 10 | 42 | 40 |
| 26 | 18 | 17 | 27 | 25 | 6 | 7 | 11 | 9 | 41 | 40 |
| 27 | 19 | 17 | 28 | 27 | 4 | 4 | 10 | 9 | 48 | 47 |
| 28 | 13 | 14 | 25 | 24 | 5 | 6 | 10 | 9 | 50 | 50 |
| 29 | 16 | 17 | 29 | 28 | 3 | 6 | 10 | 10 | 48 | 49 |
| 30 | 14 | 15 | 22 | 23 | 4 | 3 | 11 | 10 | 42 | 43 |

За отриманими вимірами показників листкової пластинки ми отримали такі результати інтегрального показника флуктуючої асиметрії листків берези повислої (табл. 2.6.).

Таблиця 2.6 Допоміжна таблиця для розрахунку інтегрального показника флюктуючої асиметрії берези повислої у вибірці для зони 1 – прохідна гранітного кар'єру

| № листа | Номер листа | | | | | Величина асиметрії листа |
|---------|-------------|-------|-------|-------|-------|--------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| 1 | 0,023 | 0 | 0,143 | 0 | 0,037 | 0,041 |
| 2 | 0,03 | 0,04 | 0 | 0,067 | 0,01 | 0,029 |
| 3 | 0,04 | 0 | 0,2 | 0,059 | 0,012 | 0,062 |
| 4 | 0,03 | 0,017 | 0 | 0,048 | 0,02 | 0,023 |
| 5 | 0,029 | 0,016 | 0,111 | 0,091 | 0,011 | 0,052 |
| 6 | 0,067 | 0,04 | 0 | 0,059 | 0,056 | 0,044 |
| 7 | 0,067 | 0,028 | 0,143 | 0,043 | 0,023 | 0,061 |
| 8 | 0,029 | 0,032 | 0,273 | 0,04 | 0,075 | 0,09 |
| 9 | 0,024 | 0,016 | 0,077 | 0,04 | 0 | 0,031 |
| 10 | 0 | 0,019 | 0,143 | 0,1 | 0,034 | 0,059 |
| 11 | 0 | 0,37 | 0,077 | 0,053 | 0 | 0,033 |
| 12 | 0,077 | 0,042 | 0 | 0,059 | 0,018 | 0,039 |
| 13 | 0,024 | 0,018 | 0,111 | 0,053 | 0,02 | 0,045 |
| 14 | 0,034 | 0,019 | 0,091 | 0,067 | 0,01 | 0,044 |
| 15 | 0,024 | 0,016 | 0 | 0,083 | 0,011 | 0,027 |
| 16 | 0,05 | 0 | 0 | 0 | 0,044 | 0,019 |
| 17 | 0,029 | 0 | 0,091 | 0,143 | 0,022 | 0,057 |
| 18 | 0 | 0,016 | 0 | 0,048 | 0,091 | 0,031 |
| 19 | 0,032 | 0,018 | 0,111 | 0,048 | 0 | 0,042 |
| 20 | 0,08 | 0,02 | 0,091 | 0 | 0,021 | 0,042 |

| | | | | | | |
|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 21 | 0,024 | 0,015 | 0,2 | 0,091 | 0,045 | 0,075 |
| 22 | 0,029 | 0,018 | 0,077 | 0,059 | 0,023 | 0,041 |
| 23 | 0,029 | 0 | 0,077 | 0,048 | 0,022 | 0,035 |
| 24 | 0,026 | 0,02 | 0,067 | 0,043 | 0,012 | 0,034 |
| 25 | 0,03 | 0,019 | 0,231 | 0,091 | 0,024 | 0,079 |
| 26 | 0,029 | 0,038 | 0,077 | 0,1 | 0,012 | 0,051 |
| 27 | 0,056 | 0,018 | 0 | 0,053 | 0,011 | 0,028 |
| 28 | 0,037 | 0,02 | 0,091 | 0,053 | 0 | 0,04 |
| 29 | 0,03 | 0,018 | 0,333 | 0 | 0,01 | 0,078 |
| 30 | 0,034 | 0,022 | 0,143 | 0,048 | 0,012 | 0,052 |
| Величина асиметрії у вибірці | | | | | | 0,046 |

Таблиця 2.3 Обробка даних з оцінки стабільності розвитку рослини з використанням мірних ознак (проміри листа) для зони 2 – Ворошилівське перехрестя

| Номер ознаки | | | | | | | | | | |
|--------------|----|----|----|----|---|---|----|----|----|----|
| № листа | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | |
| | Л | П | Л | П | Л | П | Л | П | Л | П |
| 1 | 16 | 16 | 30 | 28 | 6 | 5 | 10 | 9 | 50 | 48 |
| 2 | 18 | 19 | 32 | 34 | 6 | 5 | 10 | 11 | 52 | 50 |
| 3 | 17 | 16 | 26 | 25 | 6 | 7 | 10 | 11 | 52 | 51 |
| 4 | 17 | 16 | 32 | 30 | 7 | 8 | 10 | 10 | 49 | 48 |
| 5 | 16 | 16 | 29 | 30 | 4 | 4 | 11 | 10 | 50 | 49 |
| 6 | 16 | 17 | 31 | 33 | 7 | 4 | 9 | 9 | 51 | 49 |
| 7 | 22 | 19 | 35 | 33 | 5 | 3 | 13 | 15 | 46 | 40 |
| 8 | 20 | 17 | 30 | 31 | 8 | 7 | 10 | 8 | 52 | 51 |
| 9 | 17 | 16 | 28 | 30 | 5 | 6 | 10 | 11 | 52 | 53 |

| | | | | | | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 10 | 17 | 17 | 29 | 28 | 6 | 7 | 10 | 9 | 52 | 53 |
| 11 | 18 | 19 | 28 | 29 | 7 | 5 | 9 | 9 | 54 | 52 |
| 12 | 14 | 15 | 24 | 26 | 5 | 5 | 5 | 7 | 49 | 47 |
| 13 | 21 | 20 | 35 | 33 | 1 | 6 | 11 | 12 | 42 | 44 |
| 14 | 17 | 16 | 27 | 29 | 7 | 5 | 9 | 8 | 49 | 47 |
| 15 | 22 | 21 | 33 | 31 | 6 | 5 | 14 | 13 | 48 | 47 |
| 16 | 22 | 21 | 30 | 29 | 12 | 12 | 16 | 15 | 50 | 49 |
| 17 | 18 | 19 | 27 | 26 | 5 | 7 | 9 | 10 | 44 | 46 |
| 18 | 20 | 21 | 32 | 31 | 10 | 9 | 10 | 11 | 52 | 51 |
| 19 | 23 | 24 | 37 | 38 | 7 | 7 | 10 | 11 | 50 | 51 |
| 20 | 20 | 21 | 30 | 29 | 8 | 7 | 11 | 11 | 51 | 52 |
| 21 | 17 | 16 | 30 | 28 | 5 | 4 | 11 | 10 | 52 | 50 |
| 22 | 19 | 18 | 32 | 33 | 5 | 6 | 11 | 12 | 47 | 45 |
| 23 | 21 | 20 | 34 | 32 | 4 | 4 | 12 | 11 | 50 | 48 |
| 24 | 20 | 21 | 31 | 30 | 7 | 7 | 11 | 12 | 48 | 50 |
| 25 | 16 | 17 | 30 | 28 | 7 | 6 | 9 | 8 | 49 | 51 |
| 26 | 17 | 16 | 25 | 24 | 6 | 7 | 9 | 8 | 50 | 49 |
| 27 | 18 | 17 | 29 | 30 | 9 | 8 | 10 | 8 | 49 | 42 |
| 28 | 19 | 19 | 28 | 27 | 7 | 8 | 9 | 10 | 43 | 48 |
| 29 | 23 | 22 | 36 | 39 | 6 | 7 | 11 | 10 | 50 | 49 |
| 30 | 16 | 15 | 30 | 29 | 7 | 5 | 9 | 8 | | |

За отриманими вимірами показників листкової пластинки ми отримали такі результати інтегрального показника флуктуючої асиметрії листків берези повислої (табл. 2.7.).

Таблиця 2.7 Допоміжна таблиця для розрахунку інтегрального показника флюктуючої асиметрії берези повислої у вибірці для зони 2 - Ворошилівське перехрестя

| № листа | Номер листа | | | | | Величина асиметрії листа |
|---------|-------------|-------|-------|-------|-------|--------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| 1 | 0 | 0,034 | 0,091 | 0,053 | 0,02 | 0,04 |
| 2 | 0,027 | 0,03 | 0,091 | 0,048 | 0,02 | 0,043 |
| 3 | 0,03 | 0,02 | 0,077 | 0,048 | 0,01 | 0,037 |
| 4 | 0,03 | 0,032 | 0,067 | 0 | 0,01 | 0,028 |
| 5 | 0 | 0,017 | 0 | 0,048 | 0,01 | 0,015 |
| 6 | 0,03 | 0,031 | 0,273 | 0 | 0,02 | 0,071 |
| 7 | 0,073 | 0,029 | 0,25 | 0,071 | 0,07 | 0,099 |
| 8 | 0,081 | 0,016 | 0,067 | 0,111 | 0,01 | 0,057 |
| 9 | 0,03 | 0,034 | 0,091 | 0,048 | 0,01 | 0,043 |
| 10 | 0 | 0,018 | 0,077 | 0,053 | 0,01 | 0,032 |
| 11 | 0,027 | 0,018 | 0,167 | 0 | 0,019 | 0,046 |
| 12 | 0,034 | 0,04 | 0 | 0,167 | 0,021 | 0,052 |
| 13 | 0,024 | 0,029 | 0,714 | 0,043 | 0,023 | 0,167 |
| 14 | 0,03 | 0,036 | 0,167 | 0,059 | 0,021 | 0,063 |
| 15 | 0,023 | 0,031 | 0,091 | 0,037 | 0,011 | 0,039 |
| 16 | 0,023 | 0,017 | 0 | 0,032 | 0,01 | 0,016 |
| 17 | 0,027 | 0,019 | 0,167 | 0,053 | 0,022 | 0,058 |
| 18 | 0,024 | 0,016 | 0,053 | 0,048 | 0,01 | 0,03 |
| 19 | 0,021 | 0,013 | 0 | 0,048 | 0,01 | 0,018 |
| 20 | 0,024 | 0,017 | 0,067 | 0 | 0,01 | 0,024 |

| | | | | | | |
|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 21 | 0,03 | 0,034 | 0,111 | 0,048 | 0,02 | 0,049 |
| 22 | 0,027 | 0,015 | 0,091 | 0,043 | 0,022 | 0,04 |
| 23 | 0,024 | 0,03 | 0 | 0,043 | 0,02 | 0,023 |
| 24 | 0,024 | 0,016 | 0 | 0,043 | 0,02 | 0,021 |
| 25 | 0,03 | 0,034 | 0,077 | 0,059 | 0,02 | 0,044 |
| 26 | 0,03 | 0,02 | 0,077 | 0,059 | 0,01 | 0,039 |
| 27 | 0,029 | 0,017 | 0,059 | 0,111 | 0,01 | 0,045 |
| 28 | 0 | 0,018 | 0,067 | 0,053 | 0,012 | 0,03 |
| 29 | 0,022 | 0,029 | 0,077 | 0,048 | 0,01 | 0,037 |
| 30 | 0,032 | 0,017 | 0,167 | 0,059 | 0,01 | 0,057 |
| Величина асиметрії у вибірці | | | | | | 0,045 |

Таблиця 2.4 Обробка даних з оцінки стабільності розвитку рослини з використанням мірних ознак (проміри листа) для зони 3 –Виїзд з міста

| Номер ознаки | | | | | | | | | | |
|--------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| № листа | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | |
| | Л | П | Л | П | Л | П | Л | П | Л | П |
| 1 | 11 | 10 | 20 | 17 | 4 | 5 | 9 | 8 | 51 | 49 |
| 2 | 14 | 14 | 21 | 19 | 6 | 5 | 10 | 9 | 50 | 48 |
| 3 | 12 | 11 | 19 | 18 | 4 | 3 | 8 | 8 | 49 | 47 |
| 4 | 25 | 23 | 35 | 35 | 10 | 12 | 14 | 14 | 52 | 49 |
| 5 | 26 | 25 | 37 | 35 | 11 | 8 | 12 | 11 | 48 | 46 |
| 6 | 19 | 17 | 25 | 24 | 4 | 3 | 9 | 8 | 43 | 43 |
| 7 | 18 | 17 | 25 | 23 | 5 | 4 | 8 | 7 | 42 | 41 |
| 8 | 20 | 21 | 27 | 25 | 5 | 5 | 9 | 7 | 43 | 42 |
| 9 | 19 | 18 | 25 | 23 | 6 | 4 | 8 | 9 | 46 | 45 |
| 10 | 19 | 19 | 31 | 30 | 9 | 8 | 11 | 10 | 49 | 51 |

| | | | | | | | | | | |
|----|----|----|----|----|---|---|----|----|----|----|
| 11 | 18 | 16 | 27 | 24 | 2 | 4 | 10 | 9 | 50 | 49 |
| 12 | 13 | 14 | 22 | 20 | 4 | 3 | 9 | 9 | 48 | 47 |
| 13 | 13 | 12 | 16 | 17 | 5 | 5 | 8 | 7 | 53 | 50 |
| 14 | 15 | 14 | 17 | 16 | 5 | 4 | 8 | 6 | 52 | 50 |
| 15 | 17 | 18 | 25 | 26 | 6 | 4 | 9 | 7 | 52 | 51 |
| 16 | 19 | 18 | 26 | 24 | 6 | 5 | 8 | 8 | 48 | 46 |
| 17 | 24 | 23 | 32 | 30 | 8 | 7 | 12 | 11 | 49 | 52 |
| 18 | 17 | 16 | 24 | 24 | 7 | 7 | 9 | 8 | 54 | 52 |
| 19 | 14 | 15 | 22 | 21 | 5 | 4 | 9 | 8 | 52 | 52 |
| 20 | 20 | 19 | 30 | 30 | 6 | 4 | 11 | 9 | 50 | 49 |
| 21 | 18 | 18 | 25 | 24 | 4 | 5 | 9 | 9 | 45 | 43 |
| 22 | 14 | 13 | 22 | 21 | 4 | 4 | 10 | 9 | 52 | 50 |
| 23 | 14 | 12 | 20 | 20 | 5 | 4 | 8 | 7 | 50 | 51 |
| 24 | 17 | 17 | 26 | 25 | 5 | 4 | 11 | 10 | 48 | 47 |
| 25 | 18 | 17 | 28 | 26 | 6 | 4 | 11 | 9 | 47 | 48 |
| 26 | 20 | 20 | 30 | 28 | 7 | 6 | 13 | 12 | 52 | 52 |
| 27 | 21 | 19 | 31 | 31 | 7 | 5 | 12 | 12 | 53 | 50 |
| 28 | 15 | 14 | 21 | 22 | 5 | 4 | 8 | 7 | 52 | 51 |
| 29 | 12 | 12 | 20 | 21 | 5 | 4 | 9 | 7 | 49 | 48 |
| 30 | 14 | 13 | 21 | 18 | 5 | 5 | 10 | 8 | 49 | 47 |

За отриманими вимірами показників листкової пластинки ми отримали такі результати інтегрального показника флуктуючої асиметрії листків берези повислої (табл. 2.8.).

Таблиця 2.8 Допоміжна таблиця для розрахунку інтегрального показника флюктуючої асиметрії берези повислої у вибірці для зони 3 - Виїзд з міста

| № листа | Номер листа | | | | | Величина асиметрії листа |
|---------|-------------|-------|-------|-------|-------|--------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| 1 | 0,048 | 0,081 | 0,111 | 0,059 | 0,020 | 0,064 |
| 2 | 0 | 0,050 | 0,091 | 0,053 | 0,020 | 0,043 |
| 3 | 0,043 | 0,027 | 0,143 | 0 | 0,021 | 0,047 |
| 4 | 0,042 | 0 | 0,091 | 0 | 0,030 | 0,033 |
| 5 | 0,020 | 0,028 | 0,158 | 0,043 | 0,021 | 0,054 |
| 6 | 0,056 | 0,020 | 0,143 | 0,059 | 0 | 0,056 |
| 7 | 0,029 | 0,042 | 0,111 | 0,067 | 0,012 | 0,052 |
| 8 | 0,024 | 0,038 | 0 | 0,125 | 0,012 | 0,040 |
| 9 | 0,027 | 0,042 | 0,2 | 0,059 | 0,011 | 0,068 |
| 10 | 0 | 0,016 | 0,059 | 0,048 | 0,02 | 0,029 |
| 11 | 0,059 | 0,059 | 0,333 | 0,053 | 0,010 | 0,103 |
| 12 | 0,037 | 0,048 | 0,143 | 0 | 0,011 | 0,048 |
| 13 | 0,040 | 0,030 | 0 | 0,067 | 0,029 | 0,033 |
| 14 | 0,034 | 0,030 | 0,111 | 0,143 | 0,020 | 0,068 |
| 15 | 0,029 | 0,020 | 0,2 | 0,125 | 0,010 | 0,077 |
| 16 | 0,027 | 0,040 | 0,091 | 0 | 0,021 | 0,036 |
| 17 | 0,021 | 0,032 | 0,067 | 0,043 | 0 | 0,033 |
| 18 | 0,030 | 0 | 0 | 0,059 | 0,019 | 0,022 |
| 19 | 0,034 | 0,023 | 0,111 | 0,059 | 0 | 0,045 |
| 20 | 0,026 | 0 | 0,2 | 0,1 | 0,010 | 0,067 |
| 21 | 0 | 0,020 | 0,111 | 0 | 0,023 | 0,031 |

| | | | | | | |
|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 22 | 0,037 | 0,023 | 0 | 0,053 | 0,020 | 0,027 |
| 23 | 0,077 | 0 | 0,111 | 0,067 | 0,01 | 0,053 |
| 24 | 0 | 0,020 | 0,111 | 0,048 | 0,011 | 0,038 |
| 25 | 0,029 | 0,037 | 0,2 | 0,1 | 0,011 | 0,075 |
| 26 | 0 | 0,034 | 0,077 | 0,04 | 0 | 0,03 |
| 27 | 0,05 | 0 | 0,167 | 0 | 0,029 | 0,049 |
| 28 | 0,034 | 0,023 | 0,111 | 0,067 | 0,01 | 0,049 |
| 29 | 0 | 0,024 | 0,111 | 0,125 | 0,01 | 0,054 |
| 30 | 0,037 | 0,077 | 0 | 0,111 | 0,021 | 0,049 |
| Величина асиметрії у вибірці | | | | | | 0,049 |

Таблиця 2.5 Обробка даних з оцінки стабільності розвитку рослини з використанням мірних ознак (проміри листа) для зони 4 - Район заводу «Спецалізобетон»

| Номер ознаки | | | | | | | | | | |
|--------------|----|----|----|----|---|----|----|----|----|----|
| № листа | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | |
| | Л | П | Л | П | Л | П | Л | П | Л | П |
| 1 | 20 | 19 | 32 | 31 | 9 | 10 | 10 | 11 | 41 | 39 |
| 2 | 19 | 18 | 31 | 30 | 6 | 7 | 12 | 10 | 42 | 43 |
| 3 | 20 | 21 | 34 | 32 | 6 | 7 | 13 | 11 | 41 | 41 |
| 4 | 15 | 17 | 27 | 26 | 6 | 5 | 10 | 9 | 43 | 42 |
| 5 | 22 | 23 | 34 | 32 | 6 | 8 | 12 | 11 | 50 | 49 |
| 6 | 23 | 21 | 35 | 34 | 5 | 4 | 11 | 10 | 40 | 38 |
| 7 | 16 | 17 | 30 | 30 | 5 | 7 | 10 | 11 | 50 | 49 |
| 8 | 14 | 16 | 23 | 22 | 8 | 7 | 9 | 8 | 50 | 48 |
| 9 | 20 | 19 | 30 | 29 | 5 | 4 | 8 | 7 | 40 | 39 |

| | | | | | | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 10 | 17 | 18 | 27 | 26 | 7 | 5 | 9 | 8 | 42 | 41 |
| 11 | 15 | 17 | 26 | 25 | 9 | 8 | 11 | 10 | 42 | 39 |
| 12 | 25 | 24 | 36 | 35 | 8 | 10 | 12 | 11 | 39 | 41 |
| 13 | 20 | 20 | 31 | 30 | 5 | 4 | 10 | 8 | 42 | 41 |
| 14 | 16 | 17 | 25 | 27 | 8 | 10 | 10 | 11 | 42 | 42 |
| 15 | 20 | 19 | 32 | 31 | 3 | 2 | 9 | 7 | 41 | 39 |
| 16 | 20 | 21 | 40 | 39 | 11 | 10 | 12 | 11 | 42 | 42 |
| 17 | 19 | 18 | 30 | 28 | 5 | 4 | 10 | 8 | 40 | 39 |
| 18 | 20 | 18 | 30 | 30 | 8 | 8 | 11 | 10 | 41 | 40 |
| 19 | 16 | 17 | 23 | 22 | 5 | 5 | 8 | 7 | 44 | 42 |
| 20 | 17 | 16 | 23 | 21 | 5 | 4 | 9 | 7 | 43 | 41 |
| 21 | 17 | 17 | 29 | 28 | 55 | 5 | 8 | 7 | 48 | 45 |
| 22 | 18 | 18 | 28 | 26 | 7 | 6 | 11 | 10 | 48 | 46 |
| 23 | 20 | 19 | 27 | 26 | 5 | 4 | 8 | 6 | 42 | 40 |
| 24 | 22 | 23 | 34 | 34 | 8 | 7 | 11 | 10 | 40 | 39 |
| 25 | 12 | 11 | 19 | 19 | 4 | 3 | 8 | 7 | 53 | 51 |
| 26 | 20 | 18 | 32 | 30 | 6 | 4 | 10 | 10 | 48 | 46 |
| 27 | 20 | 18 | 30 | 28 | 5 | 5 | 10 | 10 | 39 | 37 |
| 28 | 17 | 17 | 25 | 24 | 6 | 4 | 7 | 8 | 41 | 40 |
| 29 | 19 | 18 | 32 | 31 | 6 | 5 | 10 | 9 | 43 | 42 |
| 30 | 17 | 18 | 28 | 26 | 5 | 6 | 8 | 8 | 44 | 42 |

За отриманими вимірами показників листкової пластинки ми отримали такі результати інтегрального показника флуктуючої асиметрії листків берези повислої (табл. 2.9.).

Таблиця 2.9 Допоміжна таблиця для розрахунку інтегрального показника флуктуючої асиметрії берези повислої у вибірці для зони 4 - Район заводу «Спецалізобетон»

| № листа | Номер листа | | | | | Величина асиметрії листа |
|---------|-------------|-------|-------|-------|-------|--------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| 1 | 0,026 | 0,016 | 0,053 | 0,048 | 0,025 | 0,034 |
| 2 | 0,027 | 0,016 | 0,077 | 0,091 | 0,012 | 0,045 |
| 3 | 0,024 | 0,03 | 0,077 | 0,083 | 0 | 0,043 |
| 4 | 0,03 | 0,019 | 0,091 | 0,053 | 0,012 | 0,041 |
| 5 | 0,022 | 0,03 | 0,143 | 0,043 | 0,01 | 0,05 |
| 6 | 0,045 | 0,014 | 0,111 | 0,048 | 0,026 | 0,049 |
| 7 | 0,03 | 0 | 0,167 | 0,048 | 0,01 | 0,051 |
| 8 | 0,067 | 0,022 | 0,067 | 0,059 | 0,02 | 0,047 |
| 9 | 0,026 | 0,017 | 0,111 | 0,067 | 0,013 | 0,047 |
| 10 | 0,029 | 0,019 | 0,167 | 0,059 | 0,012 | 0,057 |
| 11 | 0,063 | 0,02 | 0,059 | 0,048 | 0,037 | 0,045 |
| 12 | 0,02 | 0,014 | 0,111 | 0,043 | 0,025 | 0,043 |
| 13 | 0 | 0,016 | 0,111 | 0,111 | 0,012 | 0,05 |
| 14 | 0,03 | 0,038 | 0,111 | 0,048 | 0 | 0,045 |
| 15 | 0,026 | 0,016 | 0,2 | 0,125 | 0,025 | 0,078 |
| 16 | 0,024 | 0,013 | 0,048 | 0,043 | 0 | 0,026 |
| 17 | 0,027 | 0,034 | 0,111 | 0,111 | 0,013 | 0,059 |
| 18 | 0,053 | 0 | 0 | 0,048 | 0,012 | 0,023 |
| 19 | 0,03 | 0,022 | 0 | 0,067 | 0,023 | 0,028 |
| 20 | 0,03 | 0,045 | 0,111 | 0,125 | 0,024 | 0,067 |

| | | | | | | |
|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 21 | 0 | 0,018 | 0 | 0,067 | 0,032 | 0,023 |
| 22 | 0 | 0,037 | 0,077 | 0,048 | 0,021 | 0,037 |
| 23 | 0,026 | 0,019 | 0,111 | 0,143 | 0,024 | 0,065 |
| 24 | 0,022 | 0 | 0,067 | 0,048 | 0,013 | 0,03 |
| 25 | 0,043 | 0 | 0,143 | 0,067 | 0,019 | 0,054 |
| 26 | 0,053 | 0,032 | 0,2 | 0 | 0,021 | 0,061 |
| 27 | 0,053 | 0,034 | 0 | 0 | 0,026 | 0,023 |
| 28 | 0 | 0,02 | 0,2 | 0,067 | 0,012 | 0,06 |
| 29 | 0,027 | 0,016 | 0,091 | 0,053 | 0,012 | 0,04 |
| 30 | 0,029 | 0,037 | 0,091 | 0 | 0,023 | 0,036 |
| Величина асиметрії у вибірці | | | | | | 0,045 |

Аналіз нашого дослідження показав, що усі досліджені райони мають середній рівень відхилення від норми з незначними коливаннями у значеннях. Результати відображено у таблиці 2.10.

Таблиця 2.10 Показники асиметрії листової пластинки *Betula pendula* Morth. та характеристика стану довкілля

| Досліджувані райони | Показники асиметрії | Характеристика стану середовища |
|--------------------------------|---------------------|--------------------------------------|
| Прохідна гранітного кар'єру | 0,046 | Середній рівень відхилення від норми |
| Ворошилівське перехрестя | 0,045 | Середній рівень відхилення від норми |
| Виїзд з міста | 0,049 | Середній рівень відхилення від норми |
| Район заводу «Спецзалізобетон» | 0,045 | Середній рівень відхилення від норми |

Максимальний показник ФА *B. pendula* відмічений на ділянці 3, а саме на виїзді з міста – 0,049. На основі обчислення середнього значення ФА встановлена залежність порушення рівня симетрії від забруднення. Найбільшого техногенного впливу *B. pendula* зазнає, на нашу думку, завдяки великій інтенсивності транспортного потоку.

На другому місці за показником асиметрії знаходиться прохідна гранітного кар'єру. На порушення рівня симетрії, на нашу думку впливає значне транспортне навантаження вантажівок.

Ворошилівське перехрестя та район заводу «Спецзалізобетон» мають однакові показники – 0,045. Ми вважаємо, що значний вплив спричиняють абіотичні фактори, такі як затінення, виснажений ґрунт, вологість повітря, середня температура повітря та клімат.

На основі проведеного дослідження, можна дійти висновку, що величина флюктуючої асиметрії *B. pendula* зростає в місцях високого антропогенного навантаження. Обчислюючи середнє значення флюктуючої асиметрії встановлено залежність порушення рівня симетрії внаслідок забруднення довкілля. Найбільшого техногенного впливу *Betula pendula* зазнає в місцях, що знаходяться біля промислових підприємств, уздовж вулиць з інтенсивним транспортним потоком та щільною житловою забудовою.

ВИСНОВКИ

1. За результатами проведеної роботи можна дійти до висновків, що використання морфологічних властивостей листків є одним із доволі перспективних біоіндикаційних методів, які дозволяють оцінювати стан довкілля.

2. Експериментально визначено, що величина флуктуючої асиметрії *Betula pendula* Roth. зростає в місцях високого антропогенного навантаження. Найчутливішими до впливу урботехногенного середовища пластинки *Betula pendula* є показник 3 параметра – відстань між основами першої та другої жилок другого порядку.

3. Нами було визначено, що параметр 2 – довжина другої жилки другого порядку є найбільш стійкий до впливу чинників техногенного забруднення середовища.

4. На основі обчислення середнього значення флуктуючої асиметрії встановлено залежність порушення рівня симетрії внаслідок забруднення довкілля. Найбільшого техногенного впливу *Betula pendula* Roth. зазнає в місцях, що знаходяться біля промислових підприємств, уздовж вулиць з інтенсивним транспортним потоком, та щільною житловою забудовою – 0,049. Також можна підтвердити гіпотезу, що зі збільшенням відстані до джерела забруднення спостерігається зниження показника флуктуючої асиметрії.

5. Показники флуктуючої асиметрії листових пластинок *Betula pendula* Roth. показує середній рівень відхилення від норми у місті Гнівань.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бессонова В. П. Методи фітоіндикації в оцінці екологічного стану довкілля. – Запоріжжя: Вид-во ЗДУ, 2012. – 196 с.
2. Бессонова В. П. Практикум з фізіології рослин. Дніпропетровськ: ВВДДАУ, 2005. – 316 с.
3. Векірчик К. М. Фізіологія рослин / К. М. Векірчик. – К. : Вища школа, 2013. – С. 47 – 50.
4. Гаврикова В. С. Динаміка флуктуючої асиметрії листків *betula pendula roth* урбанізованих територій / Ігнатюк О.А; Нац. пед. ун-т ім. М.П. Драгоманова// Інститут еволюційної екології НАН України.
5. Ганжа Д. Морфологічна реакція листків тополі в різних умовах урботехногенного навантаження // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. біол. 2012. Вип. 60. С. 163–170.
6. Глухов О.З., Прохорова С.І. Індикація стану техногенного середовища за морфологічною мінливістю рослин // Пром. ботаника. 2018. Вып. 8. С. 3–11
7. Гриб Й.В., Чемерис І.А. Екологічна оцінка стану навколишнього середовища методами фітоіндикації // Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. – В. 1 (29).– Рівне: НУВГП, 2013. – С. 3–11.
8. Гриб Й. В., Клименко М. О., Сондак В. В. Відновна гідроекологія порушених річкових та озерних систем: гідрологія, гідробіологія, управління. Рівне, 2014. 139 с.
9. Денисик Г.І., Кирилук Л.М. Висотно-ландшафтні комплекси Поділля та їх класифікація // Мат. наук.-практ. конф. «Природничі науки на межі століть». Ніжин, 2020. С. 143-144.
10. Дідух Я. П., Плюта П. Г. Фітоіндикація екологічних факторів. – К., 2016. – 280 с.

11. Дідух Я. П. Основи біоіндикації. Київ : НВП «Видавництво «Наукова думка» НАН України», 2012. – 344 с.
12. Доповідь про стан навколишнього природного середовища у Вінницькій області (2017 рік). – Вінниця: Департамент екології та природних ресурсів ОДА, 2017. С. 6-109.
13. Доповідь про стан навколишнього середовища Хмельницької області у 2017 р. / Сагайдак Г. А. – Хмельницький, 2010. – 116 с.
14. Екологічна енциклопедія: у 3 т. / Редколегія: А.В. Толстоухов (гол. ред.) та ін. – К.: ТОВ «Центр екологічної освіти та інформації», 2014. – Т. 1: А – Е. – 432 с.
15. Екологічний стан Вінницької області на рубежі тисячоліть. Аналітично-статистичний довідник. Вінниця: Велес, 2010 162 с. 168.
16. Еталони природи Вінниччини: Монографія / О. В. Мудрак, Г. В. Мудрак, В. М. Поліщук, С. Л. Кушнір [та ін.]. Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД». 2014. 533 с. 167.
17. Жуков О.В. Оцінка методами геометричної морфометрії морфологічної мінливості листкових пластинок *Betula pendula* Roth в екосистемах з різним ступенем антропогенної трансформації / О.В. Жуков, Ю.О. Штірц,
18. С.П. Жуков // Проблеми екології та охорони природи техногенного регіону. – 2019. – № 1 (11). – С. 128–134.
19. Захаров В. М. Мониторинг здоровья среды на охраняемых природных территориях / В. М. Захаров та ін. М.: Центр екол. 2015. – 78 с.
20. Злобин Ю.А. Индикаторная роль листьев растений в биоэкологическом мониторинге // Наук. вісн. Миколаїв. держ. ун-ту. — 2017. — 24, № 4(1). — С. 93—96.
21. Машталер О.В., Милка А.В., Мікуліч Л.О. Оцінка стану міського середовища за показниками флуктуючої асиметрії листків *Betula pendula* Roth. (на прикладі м. Могилів-Подільський) // Acta Biologica Ukrainica. № 1 (2021). – С. 41-47. DOI <https://doi.org/10.26661/2410-0943-2021-1-04>