

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ВАСИЛЯ СТУСА

ЛЕБІДЬ ІРИНА ВІКТОРІВНА

Допускається до захисту  
В.о. завідувача кафедри ботаніки  
та екології, к.б.н., доцент

О.В. Машталер

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 р.

**ВИКОРИСТАННЯ МОРФО-БІОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЛИСТКІВ  
BETULA PENDULA ROTH. ДЛЯ ОЦІНКИ СТАНУ ПОВІТРЯНОГО  
СЕРЕДОВИЩА М. БАР (ВІННИЦЬКА ОБЛ.)**

Спеціальність 091 Біологія

Кваліфікаційна (магістерська) робота

Науковий керівник:

С.С. Руденко, професор

кафедри ботаніки та екології

д.б.н, професор

Оцінка: \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

(бал/за шкалою ЄКТС/за національною шкалою)

Голова Е.К.: \_\_\_\_\_

Вінниця 2023

## АНОТАЦІЯ

**Лебідь І.В.** Використання морфо-біологічних показників листків *Betula pendula* Roth. для оцінки стану повітряного середовища м. Бар (Вінницька обл.). Спеціальність 091 «Біологія», Освітня програма «Біологія». Донецький національний університет імені Василя Стуса, Вінниця, 2023.

У кваліфікаційній роботі досліджено оцінку стану середовища за показником флюктуючої асиметрії листків *Betula pendula* Roth. в умовах урбанізованого середовища міста Бар. Проаналізовано морфологічні особливості листків *Betula pendula* Roth. за різних умов Вінницької області. Отримано висновки щодо оцінки стану території Вінниччини.

Ключові слова: біоіндикація, *Betula pendula* Roth., флюктуюча асиметрія.

70 с., 9 табл., 3 рис., 14 дод., 51 джерело.

**Lebid I.V.** Use of morpho-biological indicators of leaves of *Betula pendula* Roth. to assess the state of the air environment in the city of Bar (Vinnytsia region). Specialty 091 «Biology», Educational program «Biology». Vasyl Stus Donetsk National University, Vinnytsia, 2023.

The qualification work explores the assessment of the environment using the indicator of fluctuating asymmetry of *Betula pendula* Roth. leaves in the urbanized environment in the city of Bar. The morphological features of *Betula pendula* Roth leaves were analyzed in different conditions of Vinnytsia region. The conclusions were obtained regarding the evaluation of the Vinnytsia region territory.

Key words: bioindication, *Betula pendula* Roth., fluctuating asymmetry.

70 pp, 9 tables, 3 figures, 14 ad., 51 sources.

**ЗМІСТ**

ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.....	7
1.1 Природно-кліматичні умови Вінницької області.....	7
1.1.1 Географічне положення та рельєф.....	7
1.1.2 Клімат.....	11
1.1.3 Характеристика ґрунтів.....	13
1.1.4 Гідрологічний режим.....	15
1.1.5 Рослинний та тваринний світ.....	17
1.2 Флуктуюча асиметрія листків як метод біоіндикації.....	20
1.3 Досвід використання показників флуктуаційної симетрії в Україні та світі.....	24
РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТ, МЕТОДИ ТА МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	27
РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА.....	33
ВИСНОВКИ.....	48
СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ПОСИЛАНЬ.....	49
ДОДАТКИ.....	54

## ВСТУП

У наш час фактично будь-яка промислова діяльність людини призводить до змін якості навколишнього середовища, і у більшості випадків ці зміни мають негативний характер.

Стан абіотичних факторів оточуючого середовища у містах наразі є глобальною світовою проблемою. Незадовільні фізичні показники повітря в сучасних мегаполісах, висока концентрація викидів газів від авто-, мото- та дизельного транспорту, сірий колір повітря, неприємний запах, низька концентрація кисню, підвищена концентрація кислот і небезпечних оксидів у вологих умовах, все це призводить до ускладнення дихання, навіть до серйозних проблем зі здоров'ям. Від такого стану довкілля в містах різних країн страждає все живе: люди, біота (рослини, тварини, птахи та інші), а також руйнуються будівлі та споруди, включаючи цінні архітектурні пам'ятки [48].

В першу чергу від забруднення страждає сама людина та середовище, що її оточує, тому зараз контроль за його якістю стає надзвичайно актуальним. Однією з перспективних методик оцінки якості середовища є використання біоіндикації на основі флуктуаційної асиметрії листової пластини деревних насаджень [29].

Проблема погіршення якості параметрів середовища є актуальною також особливо в містах України. Тому оцінка середовища та регулярний контроль стану повітря є важливим завданням сучасної техногенної безпеки.

Сьогодні стає все більш актуальною проблема якісної експрес-оцінки рівня забруднення компонентів довкілля [48]. Оцінка якості компонентів природи та її вплив на людей є важливою для: аналізу природних ресурсів; формування стратегії розумного використання території; встановлення максимально припустимого навантаження для регіону; розгляду впливу підприємств; оцінки ефективності екологічних заходів; створення

рекреаційних та заповідних зон. Жодне з цих питань не може бути об'єктивно вирішене лише на рівні розгляду формальних показників, а вимагає проведення спеціальної різнобічної оцінки якості середовища проживання, тобто необхідна інтегральна характеристика його стану, біологічна оцінка. У зв'язку з цим відбувається широке впровадження методів біоіндикації та інтенсивний розвиток їх методологічного забезпечення.

Для аналізу стану довкілля використовуються численні методики, серед яких важливе місце все частіше посідають біологічні методи [25, 48]. Вчені вважають, що серед індикаторів екологічного стану особливо цікавим є дослідження морфологічних особливостей листків. Листок є виразно пластичним органом рослини, що відіграє ключову роль у її функціонуванні і легко доступний для вивчення.

Біоіндикація є дієвим інструментом для визначення екологічного стану місцевості, адже живі системи завжди реагують на зміни параметрів довкілля ще до того, як вони стають помітними [48]. Біоіндикатори мають численні переваги: вони комплексно показують стан довкілля; спрощують проведення високовартісних досліджень; виявляють вплив токсичних речовин; вказують на зони забруднення; допомагають оцінити вплив речовин на природу [36].

Сучасна екологія широко використовує різноманітні фізико-хімічні методи аналізу [25]. Оскільки рослини виявляють високу чутливість до певних забруднюючих речовин, їх можна використовувати як індикатори для виявлення та оцінки рівня забруднення, а також для моніторингу стану атмосферного середовища. Оцінка якості повітряного середовища, або інтегральна оцінка середовища, в якому живуть організми, проводиться на основі стану вищих деревних рослин [46]. Вони мають чітку двосторонню симетрію, яка є ключовою для нашого методу дослідження, який ґрунтується на виявленні порушень симетрії розвитку листової пластини деревних форм рослин під впливом антропогенних факторів.

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

**Об'єкт дослідження:** *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* на різних територіях міста Бар 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. Бар Вінницької області та надання оцінки стану повітря на досліджуваних територіях.

## РОЗДІЛ 1

### ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

#### 1.1 Природно-кліматичні умови Вінницької області

##### 1.1.1 Географічне положення та рельєф

Вінницька область, заснована 27 лютого 1932 року, є однією з центральних областей України. Адміністративний центр області – місто Вінниця. Розташована на правому березі річки Дніпро в межах Придніпровської та Подільської височин. На заході межує з Чернівецькою та Хмельницькою областями, на півночі – з Житомирською, на сході – з Київською, Кіровоградською та Черкаською, на півдні – з Одеською областю та Республікою Молдова, включаючи частину кордону з невизнаним Придністров'ям. Площа області становить 26 513 км<sup>2</sup>, що складає понад 4,5% території України [15].

Вінницька область знаходиться в лісостеповій зоні центральної частини Правобережної України. Річка Південний Буг ділить територію області на дві частини: лівобережну, яка відноситься до Придніпровської височини, та правобережну – Подільське плато. Рельєф Вінниччини представляє собою підвищене плато, яке нахилиється з північного заходу на південний схід. Більшість території Вінницької області знаходиться на Українському кристалічному щиті. Складна геологічна історія території сформувала рельєф, а також значний вплив на цей процес здійснили річки. Завдяки такій діяльності земна поверхня області розчленована ярами та балками, найбільше це виражено в районі Придністров'я [3].

Значну частину території області займає Подільське плато. Воно простягається на заході, заходячи у Хмельницьку та Тернопільську області. Зниження в рельєфі, де протікають ріки Снівода, Соб та Південний Буг, відділяє Подільське плато від Придніпровської височини, частина якої також охоплює територію області. У Шаргородському районі Подільського плато

має найвищу точку, яка досягає 384 метрів над рівнем моря. Окремий сегмент плато, недалеко від села Степанки (Барський район), досягає висоти 382 метри. Загалом плато не є рівною поверхнею і розділене численними долинами невеликих річок та ярами. Та частина Подільського плато, що нахилиється до Дністра, відзначається великою розгалуженістю на окремі пасма. Верхів'я річок, таких як Лядова, Немія, Жван, Мурафа, що протікають по дну широких балок, мають пологі та м'які схили, тому рельєф цієї місцевості схожий на хвилясту рівнину. При наближенні до Дністра всі вони набувають типово подільських рис. Річки глибоко врізаються в осадові породи, утворюючи каньйоноподібні долини без терас, з крутими урвищами, частими відшаруваннями вапняків та пісковиків. Глибокі долини річок Придністров'я надають цій частині області вигляд гірського ландшафту. Східна та північно-східна частини Подільського плато в межах області менше розчленовані долинами річок [12].

На північному сході області, від верхів'я річки Сниви до Гірського Тікичу, простягається Придніпровська височина. Найвища частина цієї височини має середню висоту 300 метрів. У північно-західній частині області висота Придніпровської височини коливається від 250 до 300 метрів. Окремі підняття спостерігаються на північному заході від Вінниці (з середньою висотою 300 м) та на південь від Хмільника (середня висота 300 м, максимальна висота 345 м).

Рельєф Придніпровської височини не є повністю однорідним. В її західній частині він досить рівномірний: річково-балкова система має меншу щільність, річкові врізи не досить глибокі. Проте на південному сході характер рельєфу різко змінюється: велика кількість ярів, наростання балок і круті схили стають характерними рисами цієї місцевості.

В межах області відсутні низовини, проте є окремі рівні ділянки території, що розташовані нижче навколишньої місцевості. На північному заході області, між річками Південний Буг та його притокою Згар,



розташована Летичівська низовина, яка є багатою на болота. Абсолютні висоти цієї низовини майже всюди не перевищують 300 метрів [12].

В геоструктурному плані Вінниччина головним чином знаходиться на південно-західній окраїні українського кристалічного щита, який складається з архей-протерозойських метаморфічних і магматичних порід, вік яких становить 1,5-3,5 мільярда років. Цей масив є кристалічним фундаментом. Лише південно-західна частина області розташована на Волино-Подільській плиті, де породи фундаменту прикриті значною товщею осадових відкладів та іноді вулканічних утворень. На території області фундаментальні породи, такі як гнейси, кристалічні сланці, мігматити, граніти, а також специфічні утворення, такі як чарнокіти, ендербіти, дайки габбро-діабазів та інші, зазвичай розташовані на невеликій глибині, від поверхні до 50-100 метрів на схилах та в річкових долинах. Лише на Наддністрянщині вони можуть занурюватися на глибину від 150-300 метрів і більше. Глибина поширення кристалічних порід може досягати декількох десятків кілометрів. Ці породи пройшли кілька етапів метаморфізму та інтенсивних деформацій. Їх часто складено в складки, в окремих зонах вони піддалися інтенсивній роздробленості, пронизані кварцовими жилами та областями мінералізації іншого складу [2].

В Придністровській частині області на породах фундаменту лежить специфічний верхньопротерозойський комплекс, складений осадовими (пісковики, глинисті сланці) та вулканічними (базальти, туфи) породами. Вік цих утворень оцінюється приблизно в 600-700 мільйонів років. Вони розташовані на глибині до 100-150 метрів, а на водорозділах та в долинах річок часто виходять на поверхню. Потужність цих відкладів майже на 95% території змінюється від перших метрів на відстані від 30-50 км північніше Дністра до 100-150 метрів неподалік від його русла. У цих відкладах іноді спостерігаються прояви деформацій, слабкого метаморфізму та різного типу мінералізації.

Майже на всій території області верхня частина кристалічних порід фундаменту в мезозойську еру (100-200 мільйонів років) під впливом вологого та теплого клімату пройшла інтенсивні зміни, включаючи хімічне вивітрювання, що призвело до утворення кори вивітрювання, переважно каолінового складу. Товщина каолінових кор, які залишилися, місцями може досягати 100 метрів. На породах фундаменту або їхніх корах вивітрювання, а на Наддністрянщині також на утвореннях проміжного верхньопротерозойського комплексу, лежать осадові відклади платформного чохла, такі як вапняки, глини, піски та інші. На Наддністрянщині цей комплекс починається з відкладів крейдового періоду, таких як крейдоподібні вапняки та мергелі, опоки, трепел та глауконітові піски з фосфоритами, вік яких становить близько 100 мільйонів років. Загальна товщина крейдових порід в деяких місцях може сягати до 30-80 метрів [12].

В окремих місцях області, як складова частина платформеного чохла, зустрічаються відклади палеогенового періоду (40-60 мільйонів років), такі як піски, вуглисті глини, іноді з лінзами бурого вугілля. На всій території Вінниччини розповсюджені відклади неогенового періоду (2-25 мільйонів років): глини, піски та вапняки, особливо в її південно-західній частині. Потужність цих відкладів сягає від 30-50 метрів, на півдні інколи до 100 метрів. Завершують розріз чохла утворення плейстоценового (четвертинного) періоду (до 2 мільйонів років) – суглинки на плато та схилах, піщано-галечникові відклади на Дністровських терасах, піски вздовж інших річок та льодовикові піщано-глинисті відклади в північній половині області. Товщина цих відкладів, які покривають більш як 95% площі області, варіюється від кількох до 10-20 м, рідше 30 метрів [3].

Місто Бар розташоване на південному заході України, на Подільській височині, яка належить до Українського кристалічного щита, зокрема до Дністровсько-Бузького мегаблоку. Це розташування знаходиться в лісостепу на березі річки Рів, вздовж її середнього течії. Територіально місто входить у

Волино-Подільський тектонічний блок. Довжина міста вздовж берега річки становить понад 5 км [15].

Місто розташоване за 68 км до обласного центру – Вінниці. Залізнична станція Бар розташована в селищі Бар на відстані 7 км від автовокзалу. Залізнична станція в с. Васютинці (Барський район) знаходиться за 10 км. Обидві станції входять до складу Південно-Західної залізниці, а відстань до станції Київ-Пасажи́рський однакова – приблизно 298 км.

### 1.1.2 Клімат

Клімат Вінницької області є помірно-континентальним з помірним і достатнім тепловим забезпеченням, достатнім зволоженням, за винятком Придністров'я, де спостерігається недостатнє зволоження. Географічне розташування області в сфері впливу насичених вологою атлантичних повітряних мас і периферійної частини сибірського (азійського) антициклону, який приносить сухі холодні континентальні повітряні маси. Крім того, на клімат впливають повітряні маси з Арктики та Середземномор'я [15].

Вінниччина розташована в помірному поясі, і її обласний центр, місто Вінниця, знаходиться приблизно під  $49^\circ$  північної широти. Це визначає помірність клімату області, яка знаходиться на середній широті між екватором і Північним полюсом. Географічне положення у середніх широтах впливає на клімат, забезпечуючи йому помірні характеристики.

Влітку на території області, особливо в регіонах на північний захід від лінії від Могилів-Подільського до Гайсина, переважають вологі вітри західного і північно-західного напрямку. У зимовий період (з жовтня по квітень), особливо на південний схід від цієї лінії, відчутний вплив сибірського антициклону з південних і південно-східних вітрів [3].

Січень є найхолоднішим місяцем у всій області, а липень – найтеплішим. Середні амплітуди температурних коливань упродовж року не перевищують  $25^\circ\text{C}$ . Під впливом континентальних повітряних мас іноді може відзначатися

зниження температури повітря в окремі дні взимку навіть до  $-32^{\circ}\dots-38^{\circ}$ . У літній період температура може підвищуватися іноді до  $+37^{\circ}\text{C}$ .

Середньорічні суми опадів на території області складають 440-590 мм. Найбільша кількість опадів припадає на північно-західну частину Вінниччини. Максимальні опади відзначаються в травні-липні (130-170 мм). Зимові місяці є менш вологими, і в цей період року припадає лише 25% річної суми опадів, що становить 65-80 мм опадів у грудні-лютому [2].

Стійкий перехід середньодобової температури через  $0^{\circ}\text{C}$ , що вказує на початок весни, найчастіше спостерігається в другій декаді березня на території області. Весна триває приблизно два місяці. Її характерними рисами є інтенсивне підвищення температури вдень, що сприяє таненню снігового покриву, відтаненню ґрунту та збільшенню випаровування. У квітні середня температура повітря о 13-й годині досягає  $+10\dots+13^{\circ}\text{C}$ . Перехід середньодобової температури повітря через  $+5^{\circ}\text{C}$  відбувається у першій декаді квітня, а через  $+10^{\circ}\text{C}$  – наприкінці третьої декади.

Літо в області триває з другої половини травня до першої половини вересня, при цьому денні температури становлять у травні  $+18\dots+20^{\circ}\text{C}$ , а в липні  $+21\dots+25^{\circ}\text{C}$ . В цей період випадає найбільше опадів, переважно у формі злив. Кількість днів з опадами поступово зменшується з наближенням осені.

Осінь настає з переходом середньої добової температури повітря через  $+10^{\circ}\text{C}$  у бік зниження. Перед цим приблизно упродовж місяця спостерігається тепла погода. Настання осені (перша декада жовтня) супроводжується заморозками, загальним зниженням температури та зменшенням кількості опадів. Характерною рисою осені на Вінниччині є повернення теплих сонячних днів. Осінь завершується наприкінці листопада, коли середні добові температури повітря переходять через  $0^{\circ}$  у бік зниження [37].

Перед настанням зими середні добові температури повітря скрізь нижчі  $0^{\circ}$ , але вищі  $-5^{\circ}\text{C}$ . До початку зими стоїть нестійка погода: морозні дні змінюються відлигою, іноді утворюється і сходить сніговий покрив. Відлиги

під час зими є характерними для Вінниччини, і температура повітря іноді може підвищуватися до +10...+13 °С. Найхолоднішими місяцями на Вінниччині є січень і лютий [37].

Місто Бар розташоване у межах вологого континентального клімату з теплим літом, проте людська діяльність призводить до негативних змін і глобального потепління. Рівень наповнення водою річок в області становить всього 20% від необхідного стандарту.

### **1.1.3 Характеристика ґрунтів**

Сучасний ґрунтовий покрив Вінницької області різноманітний, характеризується різними типами ґрунтів, утворення яких переважно пов'язане з складними взаємовідносинами між лісовою та степовою рослинністю, а також різноманітними умовами рельєфу, поверхневого, ґрунтового зволоження та іншими факторами [49].

На найбільш піднятих і розчленованих масивах центральної частини області, таких як Жмеринська височина та південний район Козятинської, переважають сильноопідзолені ґрунти – світло-сірі та сірі. Їх формування пов'язане із впливом деревостану дуба та грабу, що спричиняє проходження підзолистого процесу та утворення менш родючих сильноопідзолених ґрунтів.

На плато і давніх терасах у південній та північній частині області, де рельєф менше розчленований, а трав'яна рослинність переважає, утворилися ґрунти чорноземного типу через вплив дернового процесу. На ділянках чорноземних ґрунтів, які пізніше були засаджені лісом, і на масивах опідзолених ґрунтів, де раніше росла трав'яна рослинність, виникли темно-сірі опідзолені ґрунти та опідзолені чорноземи [12].

На масивах, звільнених від лісу, степова рослинність на опідзолених ґрунтах породжує дерновий процес, що призводить до утворення реградованих ґрунтів [35]. На схилах під впливом водної ерозії ґрунти стають слабо-, середньо- і сильнозмитими. У заплавах річок та струмків, спільно з

дерновим процесом, відбувається болотний процес через перезволоження та близьке залягання ґрунтових вод. Це призводить до утворення болотних ґрунтів, зокрема торфовищ [49].

Отже, під лісовим покривом відбувається постійний підзолистий процес ґрунтоутворення; на ділянках під степовою рослинністю відбувається дерновий процес; на територіях, де лісова рослинність переходить у трав'янисту (за умови залягання ґрунтових вод в межах капілярної дії та наявності карбонатних ґрунтоутворюючих порід), утворюються реградовані ґрунти.

Внаслідок дернового процесу під трав'янистою рослинністю утворюються чорноземи. Особливості цих ґрунтів – накопичення гумусу, поживних речовин та сприятливий водно-повітряний режим. У ґрунтах дернового типу відсутні розчинні кислі речовини, але присутні карбонати [35].

При одночасному впливі підзолистого і дернового процесів ґрунтоутворення на Вінниччині утворилися дерново-підзолисті ґрунти, які характеризуються відсутністю органічних речовин та мають від'ємні водно-повітряні та поживні режими [49].

Лучні ґрунти є характерними для територій, де делювіальні потоки не мають значної сили (балки, пониження, заплави річок і струмків). У нижніх горизонтах ґрунтового профілю присутня оглеєна порода, в якій містяться токсичні для рослин кислі сполуки заліза і алюмінію [36]. Глибина ґрунтових вод коливається від 1 м до 1,5 м, іноді може бути ближчою до поверхні, залежно від сезону року. Ці ґрунти відзначаються низькою гідролітичною кислотністю і нейтральною реакцією ґрунтового розчину [11].

Лучно-болотні ґрунти виникають в умовах надмірного зволоження, спричиненого ґрунтовими водами. Нестача кисню в таких умовах призводить до того, що рослинні залишки розкладаються не повністю, а накопичуються у вигляді грубого гумусу (в верхньому горизонті до 5%). Реакція ґрунтового розчину практично нейтральна [12].

Серед зональних типів ґрунтів найпоширені сірі опідзолені, темно-сірі та чорноземи опідзолені, а також типові малогумусні чорноземи, разом з азональними дерново-підзолистими ґрунтами. В окремих районах, таких як Калинівський, Жмеринський, Немирівський, Тульчинський та інші, домінують ясно-сірі і сірі опідзолені ґрунти. Ґрунтово-кліматичні умови області сприяють розвитку сільського господарства, зокрема вирощуванню озимої пшениці, ярих зернових культур, особливо цукрових буряків, а також овочівництва і садівництва [12].

Для Бару характерні різні типи ґрунтів, зокрема ясно-сірі, сірі лісові та темно-сірі опідзолені, болотні та торфово-болотні ґрунти. Площа боліт в місті становить 1965 гектарів. Сільськогосподарські угіддя Барського краю охоплюють площу 81489 гектарів, з яких орні землі займають 66558 га, пасовища – 7742 га, сіножаті – 2523 га, а сади – 4515 га, лісами зайнято площу 17739 га. [49].

#### **1.1.4 Гідрологічний режим**

На території області пролягає вододіл між басейнами річок Південний Буг та Дністер. У її центральній частині річка Південний Буг тече з північно-західного до південно-східного напрямку, в той час як річка Дністер – по південно-західному кордону області [37]. Територією області протікає 204 річки, кожна з них довжиною понад 10 км. Вони входять до басейнів Південного Бугу (Згар, Рів, Дохна, Соб, Савранка), Дністра (Мурафа, Лядова, Марківка, Русава, Немія) та Дніпра (Рось, Гнилоп'ять, Гуйва). Середня густота річкової мережі становить 0,38 км/км<sup>2</sup>. Область має 56 водосховищ загальною площею водного дзеркала 11167 га, з найбільшим Ладижинським водосховищем (2,2 тис. га) [47]. Крім того, на території області існує 5356 ставків загальною площею водного дзеркала близько 30,0 тис. га. Річки і водойми використовуються для рибальства, промислового та комунального водопостачання, зрошення земель та як джерело води [40]. Однак, значна

кількість ставків може становити потенційну загрозу для затоплення населених пунктів та ланів під час повеней, особливо у випадку пошкодження гребель та дамб, зокрема Ладизинської ДРЕС та Дністровського гідрокаскаду. Болота розташовані в долинах річок на території Вінниччини, переважно в північній та центральній частині області. Найбільші болота розташовані вздовж річок Згар, Рів, Рівця, Соб, Соврані, Постолової та Десни. Річки отримують воду від дощових (48%), снігових (25%) та підземних вод (27%). За мінеральним складом вода є гідрокарбонатно-кальцієвою. В області протікає 3,6 тисячі річок з загальною протяжністю 11,8 тис. км. Середня густина річкової мережі становить 0,45 км/км<sup>2</sup>. Річки Вінницької області можна групувати за такими категоріями:

- великі річки – 2 (Південний Буг і Дністер), довжиною по території Вінницької області, що становить 0,1%;
- середні річки – 4 (Соб, Гірський Тікич, Мурафа, Рось), загальною довжиною 348км, що становить 0,1%;
- малі річки (довжиною понад 10 км) – 226;
- струмки (довжиною менше 10 км) – 3594 загальною довжиною 10935км, що становить 99,8%.

Басейн Південного Бугу охоплює 62% площі Вінницької області (16,4 тис. км<sup>2</sup>), і густина річкової мережі в цьому басейні складає 0,43 км/км<sup>2</sup>. На території області налічується 2230 річок із загальною протяжністю 7226 км, включаючи такі середні річки, як Соб і Гірський Тікич (початок). Також є 49 водосховищ загальною площею 9246,6 га. [37].

Водний режим з помітною весняною повінню та високим рівнем регулювання штучними водоймами (водосховищами і ставками) характерний майже для всіх річок області. На Вінниччині налічується понад 5300 ставків з об'ємом понад 246 млн. м<sup>3</sup> та площею водного дзеркала понад 24 тис. га. Більшість ставків розташовано на невеликих річках, і їх водний режим



регулюється на рівні 40-60%. Їх площа коливається від 0,1 до 80 га. Найбільше ставків припадає на басейн Південного Бугу [47].

На території області побудовано 52 водосховища загальною ємністю 293 млн. м<sup>3</sup> та площею водного дзеркала майже 10 тис. га. Крім того, частини двох водосховищ Дністровського каскаду розташовані на південному кордоні області, існують і штучні водойми об'ємом понад 1 млн. м<sup>3</sup>. Зазначено, що більшість штучних водойм зменшили свою площу та об'єм через забруднення і заболочення верхів'їв.

Ставки та водосховища області використовуються для розвитку гідроенергетики, водопостачання, риборозведення та рекреації. Велика частина штучних водойм передана фізичним та юридичним особам у користування за умовами оренди, переважно для рибного господарства [47].

У Барській міській громаді (зараз у складі Жмеринської територіальної громади) загальна площа водного басейну становить 1971 га. Річки, струмки – 125 га; канали, канави – 44 га. Найбільші річки: Рів (довжина 100 км), Лядова (85 км). Ставки складають 467 га.

### **1.1.5 Рослинний та тваринний світ**

Рослинний світ Вінниччини вражає своєю різноманітністю. На території області, що включає різні природні комплекси, можна виявити близько 1200 видів рослин. Майже всі вони адаптовані до конкретних умов зростання і є характерними для Східного Поділля [16]. По всій області поширені лісові та прибережно-водні види рослин. Лучні та болотні види переважно поширені на півночі Вінниччини, а степові – на півдні. На всій території Східного Поділля зустрічаються види, які ростуть на вапнякових та гранітних відслоненнях [2].

Область відзначається значною кількістю видів рослин, які є інтродукованими, і ростуть переважно в місцях, де природний рослинний покрив був порушений або зник. Приблизно 200 видів рослин з тисячі на Вінниччині є рідкісними, тобто зустрічаються лише в окремих місцевостях або

зменшують свій ареал поширення. Рідкісні види флори можна класифікувати за різними критеріями, такими як географічний, фітоценотичний, господарський та фенологічний принципи [3].

Тваринний світ області також вражає своєю різноманітністю. Незважаючи на велике біорізноманіття, притаманне лісостепу, можна відзначити певну тенденцію до збідненості фауни наземних хребетних через напівізольованість внаслідок сильної фрагментації природних територій.

Проаналізувавши розподілення, головним чином, хребетних тварин за біотопами, стало можливим виділення таких фауністичних комплексів:

1. Лісова екосистема включає в себе різноманітний світ тварин, які населяють різні типи лісів. Серед ссавців, які переважають у цьому середовищі, можна виділити полівку руду, мишу жовтогорлу, крота європейського, землерийку звичайну та куницю лісову. У численних представників птахів тут можна спостерігати зяблика, вівчарика-ковалика, велику синицю, чорного та співочого дроздів, а також великого та середнього дятла та сиву сову. Земноводні представлені сірою ропохою, а плазуни — веретільницею. Фауністичний комплекс чагарникових угруповань охоплює тварин, які заселяють чагарники в балках і узліссях. Ці чагарникові станції розташовані рівномірно по всій території області. Значна різноманітність тварин у цих місцях викликана проміжним характером чагарникових станцій, де зустрічаються представники як лісового, так і степового комплексів. Домінуючі види тварин у чагарникових біотопах включають польову та лісову мишу, звичайну та руду полівку, європейського їжака, ласку та горностая, борсука та лисицю звичайну серед ссавців; сорокопуда жулана, сіру славку, вівсянку звичайну, одуда, чечевицю, щиглика, річкову кобилочку серед птахів; а також мідянку та ящірку прудку серед плазунів. У норах ярів будують свої гнізда бджолоїдки [15].

2. Лучний фауністичний комплекс включає в себе тварин, які населяють відкриті та місцями зарослі чагарниками ділянки. Серед ссавців, що

є характерними для цих місць, можна виділити польову мишу, звичайну та малу землерийку-бурозубку, велику кутору, європейського крота та ласку. Із численних представників птахів тут можна спостерігати білу плиску, кулика-перевізника, рибалочку та берегову ластівку. Серед плазунів зустрічається звичайний вуж, а серед амфібій – квакша. Крім того, саме тут можна знайти значну кількість видів, занесених до Червоної книги, таких як горностай, видра, орлан-білохвіст та кулик-сорока [15].

3. Болотяний фауністичний комплекс охоплює певні зони прибережних територій. Серед ссавців видовий склад майже не відрізняється від лучного фауністичного комплексу. Однак серед птахів є кілька видів, які характерні саме для водно-болотяних угруповань. Часто можна зустріти крижня, водяну курочку, лиску та велику очеретянку, рідше – вівсянку очеретяну, очеретянку лучну та солов'їну кобилочку. У прибережних зонах досить часто можна побачити і озерну жабу [15].

4. Степоагрогенний фауністичний комплекс включає види, що живуть на досить просторих степових ділянках, а також на полях, пасовищах і перелогах, що розміщуються більш-менш рівномірно. Для цих стацій притаманні також і сліпак подільський, заєць-русак, білозубка мала та білочерева. Серед птахів тут звичайні жайворонок польовий та плиска жовта. Рідше зустрічається чубатий жайворонок, сіра куріпка, перепілка та чекан лучний [15].

5. Синантропний фауністичний комплекс включає види, чиє життя тісно пов'язане з людськими поселеннями та спорудами. Саме в цьому середовищі зосереджуються тварини, яких можна вважати синантропами, такі як хатня миша, сірий пацюк, куниця кам'яна, чорний тхір, пізній кажан, хатні та польові горобці, сільська ластівка. Загалом в області налічується близько 420 видів тварин, включаючи 30 видів риб, 11 видів земноводних, 8 видів плазунів, 300 видів птахів та 70 видів ссавців [15].

В околицях Бару переважають ліси, де домінують дуб, граб, а також присутні дерева, такі як липа, ясен, клен, береста, тополя, береза, осика та вільха. У цих лісах ростуть різноманітні лікарські рослини, такі як звіробій, деревій, ромашка лікарська, валеріана, м'ята перцева, череда та інші [15].

## **1.2 Флюктуюча асиметрія листків як метод біоіндикації**

Одним з простих, доступних та перспективних методів комплексної оцінки якості навколишнього середовища є використання методики біоіндикації [31]. Основна перевага біоіндикаційного підходу полягає в тому, що якість довкілля оцінюється за станом тих об'єктів, які постійно знаходяться у відповідному середовищі. Крім того, такий підхід дозволяє одночасно визначити вплив як окремих шкідливих чи корисних факторів, так і умов середовища в цілому. Також враховується вплив факторів, який часто спостерігається і модифікує вплив окремих чинників. Тому біоіндикаційні методи є інтегральними [20].

Виявлення флюктуючої асиметрії відкрило можливість використовувати певні морфометричні ознаки як макроскопічні зміни, які швидко та легко визначаються при аналізі органів дерев'янистих рослин, які піддалися впливу антропогенного забруднення [46].

Рослини, враховуючи їх природу, не можуть адаптуватися до природних змін та антропогенного навантаження шляхом збереження рівномірності поширення певного виду. Вони вимушені адаптуватися до стресових ситуацій шляхом зміни динаміки росту, зменшення або збільшення підземної чи наземної частин, розмірів або кількості листя, пелюсток, плодів у генеративному стані, зміни кольору чи некрозу листя [38].

Біоіндикація (від грецького «біос» – життя та латинського «indico» – вказувати) – це оперативний моніторинг навколишнього середовища на основі спостережень за станом і поведінкою біологічних об'єктів (рослин, тварин та

інших) [14, 39, 41, 42, 44]. Цей підхід набуває все більшої уваги та застосування завдяки численним перевагам рослин-індикаторів [10]:

- вони надають важливу біологічну інформацію про стан навколишнього середовища;
- реагують на короточасні та гострі викиди токсинів;
- відображають швидкі зміни, що відбуваються у довкіллі;
- вказують на місця накопичення забруднювачів та напрямки їх розповсюдження;
- дозволяють оцінювати небезпечний вплив токсинів на людське здоров'я та природу на початкових етапах та встановлювати прийнятне навантаження на екосистеми. Біоіндикація використовується в екологічних дослідженнях як інструмент виявлення впливу людини на біоценоз.

*Флуктуюча асиметрія* – це невеликі та ненаправлені відхилення (розходження) між правою та лівою (R-L) сторонами різних морфологічних структур від суворої білатеральної симетрії. Серед різних форм асиметрії білатеральних ознак живих організмів особливо виділяється флуктуюча асиметрія (ФА), яка дозволяє оцінити нестабільність розвитку цілого організму або його частини [7, 28].

У флуктуючій асиметрії розходження між сторонами не є строго генетично визначеними. Такі розходження, зазвичай, виникають як результат помилок у процесі розвитку організму. Флуктуюча асиметрія (на відміну від інших типів асиметрії) не має самостійного адаптивного значення і є виразом незначних та ненаправлених порушень симетрії, які залишаються в межах певного діапазону. Це відбувається під впливом природного добору і не впливає на життєздатність. Значні розходження між сторонами можуть виникнути в природі лише в тому випадку, якщо вони є адаптивними. При нормальних умовах рівень таких відхилень мінімальний, і він зростає лише за

наявності будь-якого стресового впливу, що призводить до збільшення асиметрії [20].

За думкою одного з засновників методу флюктуючої асиметрії (ФА) В.М. Захарова, вибір методу для дослідження стану навколишнього середовища визначають загальні параметри, такі як чутливість методу, його придатність для реальних умов, універсальність, яка поєднується з можливістю широкого застосування. З основних підходів до вибору методів (морфологічний, генетичний, фізіологічний, хімічний, імунологічний) головним принципом є наявність оптимального рівня, відхилення від якого свідчать про стресовий стан [18, 33].

Оптимальним може бути асиметрія морфологічних ознак органів рослин з білатеральною симетрією. Оцінка величини флюктуючої асиметрії білатеральних морфометричних ознак є доступним і нескладним методом [21, 22]. При його простоті та відсутності потреби в складних лабораторних умовах та реактивів, цей метод надає інтегральну оцінку стану біоб'єкта з врахуванням якості навколишнього середовища [50].

Серед усіх видів асиметрії (антисиметрія, спрямована асиметрія, флюктуюча асиметрія) флюктуюча асиметрія є результатом нездатності біонта розвиватися чітко визначеним шляхом. Це невеликі та ненаправлені відхилення від симетрії, такі як порушення симетрії боків органу рослини, наприклад, листя, що виникають як сигнал на зовнішній стрес [20].

Більшість наукових розробок у сфері біоіндикації стосуються вивчення особливостей біології та екології найбільш чутливих до забруднення видів рослин і тварин. Ці види-біоіндикатори першими виходять з угруповань та екосистем, які піддаються антропогенному впливу, і, отже, стають рідкісними [20, 28].

Теоретично, дослідження флюктуючої асиметрії можна проводити на будь-яких білатеральних об'єктах: можуть бути як тварини, так і рослини. Проте, чим простішим за будовою є організм та чим він більший за розміром,

тим легше вимірювати його параметри. Отже, для організації таких досліджень модельним об'єктом часто вибирають листя листопадних дерев, таких як клени, тополі або берези [41, 42].

Серед деревних порід, які найбільше підходять для біоіндикації, можна виділити тополю бальзамічну (*Populus balsamifera*), клена гостролистого (*Acer platanoides*) та ясенелистого (*Acer negundo*), а також березу пониклу (*Betula pendula*). Усі ці види характеризуються вираженою двосторонньою симетрією, що є ключовим для методу, адже інтегральна експрес-оцінка якості довкілля базується на виявленні порушень симетрії листя під впливом людської діяльності [4, 5, 20, 28].

Тоді як антисиметрія та спрямована асиметрія мають генетичну природу, флуктуюча (ФА) не є генетично визначеною. Вона проявляється навіть у випадках, коли спостерігається як антисиметрія, так і спрямована асиметрія, підкреслюючи її нестабільний характер.

У розвитку цього напрямку досліджень, науковці також звертають увагу на роль біохімічних і молекулярних маркерів визначення здоров'я рослин та тварин. Додаткові методи, такі як аналіз вмісту біомаркерів, дозволяють отримати глибше розуміння реакції організмів на забруднення та зміни в навколишньому середовищі [23]. У випадку досліджень біоіндикації на основі флуктуаційної асиметрії, важливим етапом є систематичне спостереження за популяціями певних видів. Це дозволяє виявляти тенденції в динаміці флуктуацій асиметрії та реагувати на можливі зміни у впливі антропогенних факторів [8, 9].

Крім того, розширення спектру об'єктів досліджень на інші групи живих організмів, таких як мікроорганізми чи водні екосистеми, може сприяти отриманню більш повного уявлення про стан навколишнього середовища [24]. Цей напрям досліджень також має великий потенціал у використанні сучасних технологій, таких як супутникове зондування та автоматизовані системи моніторингу, які дозволяють отримувати дані в реальному часі та ефективно

вивчати динаміку змін у природних системах, тому, дослідження флуктуаційної асиметрії є важливим інструментом для вивчення впливу антропогенних факторів на природне середовище, а його розвиток і розширення можуть призвести до вдосконалення методів моніторингу та стратегій охорони природи [27].

### 1.3 Досвід використання показників флуктуаційної симетрії в Україні та світі

Метод біоіндикації, який включає в себе аналіз флуктуаційної асиметрії листків, був об'єктом досліджень у різних містах України, зокрема в Чернівцях, Кривому Розі, Рівному, Кам'янець-Подільському, Києві та Одесі. Термін «флуктуюча асиметрія» був введений Ван Валеном у 60-х роках минулого століття, але вивчення стабільності розвитку розпочалося раніше [13]. Дослідження цього явища було спрямоване на вивчення генетичних основ процесів розвитку.

У своїх публікаціях А.Г. Васильєв використовував термін «фенетичний моніторинг», що означає виявлення порушень морфогенезу в групах організмів, що перебувають в умовах техногенного забруднення довкілля [27]. Він розглядав порушення симетрії морфометричних ознак як флуктуючу асиметрію [19].

У працях В.М. Захарова, які присвячені вивченню показника флуктуаційної асиметрії, зазначається пряма залежність між відхиленням ознак правого та лівого боків тіла у білатеральних організмів та умовами оточуючого середовища [18].

Стабільність розвитку індивіда виявляється у його здатності до досягнення «ідеального» стану за відповідних (ідеальних) умов розвитку [18]. «Ідеальний» стан рідко прослідковується *a priori*. Проте, в ідеалі, білатеральні структури мають абсолютну симетрію, яку можна використовувати для



порівняння існуючих відхилень [6]. Зниження стабільності підвищує ймовірність відхилення індивіда від «ідеального» стану. Таким чином, з'являється можливість кількісної оцінки відхилень у процесах розвитку від норми і, відповідно, якості навколишнього середовища [23]. Важливо враховувати, що використання показників флюктууючої асиметрії дозволяє якісно оцінювати стабільність розвитку окремих індивідів і цілих популяцій. Цей підхід вважається чутливим і дозволяє виявляти негативні зміни до прояву виражених порушень будови чи функціонального стану організму [6, 18].

Можливість використання флюктууючої асиметрії для біоіндикації успішно демонструється як для тваринних, так і для рослинних тест-об'єктів. У вищих рослин для досліджень використовують білатерально симетричні органи, переважно листки, що робить усереднені результати можливими як на рівні окремого індивіда, так і на рівні популяції. Біотестування, яке використовує виявлення флюктууючої асиметрії у вищих рослин, можливо вважається більш перспективним у системі екологічного моніторингу [1]. Очевидні переваги включають чітку приуроченість тест-об'єкту.

Результати досліджень Н.Н. Яковлева свідчать про те, що зниження стабільності розвитку є відповіддю організму на зміни умов навколишнього середовища і проявляється в асиметрії морфологічних ознак [45].

Вимірювання параметрів стану довкілля виключно інструментальними методами розглядається багатьма дослідниками як завдання, що вимагає великих зусиль, витрат та не завжди надійне з точки зору точності, особливо в польових умовах. З цього приводу вони вважають перспективним використання фітоіндикації, яка дозволяє визначити екологічні фактори та стан фітосистем взагалі. Крім того, методи фітоіндикації також надають можливість прогнозувати наслідки еволюційних природних процесів та антропогенного впливу людини [25, 34].

Відомо, що у всіх живих організмів, включаючи рослини, спостерігається тенденція формування на основі радіальної або білатеральної

симетрії. Симетрія є характеристикою оптимального і стійкого формування, а будь-яке відхилення від неї вказує на вплив стресових факторів на рослину [7].

Так, симетрія у живих організмах, є однією з ключових характеристик, яка вказує на стабільність та оптимальність форми. Радіальна симетрія, коли частини організму розташовані навколо центральної осі, та білатеральна симетрія, коли організм може розділитися на дві симетричні частини вздовж однієї площини, є типовими для багатьох живих істот [20].

Симетрія дозволяє організмам ефективно використовувати ресурси та адаптуватися до навколишнього середовища. Втрата симетрії або відхилення від неї часто може бути наслідком стресових умов, таких як пошкодження, хвороби або несприятливі умови зростання. Такі зміни можуть вказувати на те, що організм стикається з проблемами адаптації та може потребувати додаткового захисту або догляду [38].

Зміни у симетрії також можуть слугувати індикатором генетичних чи екологічних впливів на рослину. Наприклад, мутації в генах, що регулюють розвиток органів, можуть викликати неправильність у формуванні симетрії. У той час як нормальний ріст і розвиток рослини підтримує стійку симетрію, стресові фактори, такі як екстремальні температури чи вплив хімічних речовин, можуть порушити цей баланс [41, 42].

Дослідження симетрії рослин дозволяє вченим краще розуміти механізми їхнього росту та розвитку, а також реагування на зовнішні впливи. Такий підхід є важливим у вивченні біології та екології рослин і їх угруповань, а також у розробці стратегій для збереження та підтримки вразливих видів рослин у навколишньому середовищі, яке постійно змінюється [1].

## РОЗДІЛ 2

### ОБ'ЄКТ, МЕТОДИ ТА МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Об'єкт дослідження – Береза повисла (*Betula pendula Roth.*) – це дерево, яке широко використовується для озеленення міських ландшафтів. Її листя має характерну форму, а весняний час розцвітання робить її особливо привабливою для використання у міських парках і скверах. Однак, окрім естетичної привабливості, береза повисла відома своєю чутливістю до аеротехногенного забруднення [26]. Завдяки своїй природній чутливості, цей вид берези може слугувати індикатором якості повітря в міському середовищі. Аеротехногенне забруднення може впливати на різноманітні аспекти життєдіяльності рослини, включаючи ріст, розвиток та стійкість до шкідливих факторів. Особливістю берези повислої є незначні ненаправлені відмінності між правою і лівою сторонами її органів, таких як листя [32]. Ці відмінності, визначені як критерії флуктуаційної асиметрії, виникають під час онтогенезу рослини та можуть бути використані для оцінки стабільності розвитку живих організмів в умовах забрудненого середовища. Дослідження реакції берези повислої на аеротехногенне забруднення та використання критеріїв флуктуаційної асиметрії може допомогти в розумінні впливу середовища на рослини та розвиток методів збереження біорізноманіття в умовах сучасних міських ландшафтів [17, 41].

Ми обрали листя берези повислої (*Betula pendula Roth.*) об'єктом нашого дослідження тому, що:

По-перше, це дерево формує нове листя кожен рік, надаючи можливість проводити щорічні дослідження, і це робить вивчення його життєвого циклу більш системним і комплексним.

По-друге, листя берези повислої відрізняється чітко вираженими ознаками, які полегшують проведення аналізів і вимірювань. Це сприяє точній і конкретній інтерпретації результатів дослідження. Важливо відзначити, що

широкий ареал розповсюдження берези повислої робить її представником різноманітних екосистем, що відкриває широкі можливості для вивчення впливу різних факторів на її розвиток та здоров'я.

По-третє, масове розповсюдження цього виду сприяє його легкому доступу для збору вибіркового матеріалу та здійснення спостережень. Це робить листя берези повислої ідеальним об'єктом для дослідження в біології, екології, та інших галузях науки, тому, цей вид є найбільш **придатним** для даного дослідження.

Згідно з методикою **збір матеріалу** проводився упродовж червня – серпня, коли завершився інтенсивний ріст листя. Його збір проводився з тих рослин, що знаходяться у відносно ідентичних екологічних умовах за рівнем освітлення, типом біотопу. Кожна вибірка налічувала 40 листків з одного об'єкта.

**Матеріал досліджень.** Зібрані листкові пластинки *B. pendula* після завершення росту листя були піддані процедурі гербаризації. Під час збору листя враховували розмір і функціональний стан кожного листка.

**Збір матеріалу** відбувався на шести локаціях м. Бар упродовж липня – серпня 2023 року:

- 1) Автозаправна станція;
- 2) ТОВ Пфанер-Бар;
- 3) ринок;
- 4) Барський Машинобудівний Завод ВАТ;
- 5) КНП «Барська міська лікарня»;
- 6) Автовокзал Бар.

### **Виміри параметрів**

Метод ФА ґрунтується на вимірюванні кількох характеристик справа та зліва від центральної жилки листя рослин:

- 1) ширина листя посередині;
- 2) довжина другої жилки;

- 3) відстань між кінцями першої та другої жилки;
- 4) кут між центральною жилкою та другою жилкою;
- 5) форма верхівки листа.

Метод ФА використовує як пластичні (вимірювані), так і меристичні (лічильні) ознаки. Величину ФА розраховують за інтегральним показником – це середнє арифметичне відношення різниці між промірами зліва та справа до їх загальної суми. У формулі величина показника ФА представлена як  $(L - R) / (L + R)$ , де L – промір ознаки зліва, а R – промір ознаки справа.

Значення показника ФА може вказувати на наявність негативних факторів у середовищі проживання організму та допомагає оцінити його загальний стан. Постійна величина показника під час моніторингу може свідчити про адаптацію організму до умов, в той час як його збільшення може вказувати на негативні зміни. Однак конкретне джерело або природа негативного впливу (наприклад, хімічне забруднення, радіація, температурні фактори тощо) часто залишається невідомим [30].

У біоіндикаторів, які використані для швидкої оцінки якості атмосферного повітря за флуктуаційною асиметрією, вимірюють першу жилку від основи листка. Серед переваг цих рослин-біоіндикаторів слід відзначити такі:

- 1) листя формується у них щороку, що дозволяє проводити щорічні дослідження;
- 2) вони мають чітко виражені ознаки, широкий ареал і масове розповсюдження.

З кожного листка бралися показники за п'ятьма параметрами з лівої та правої сторін (рис. 2.1):

1. Ширина половини листової пластинки: лист згинали навпіл, прикладаючи верхівку до основи, розгинали, і на отриманому згині вимірювали ширину.
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 другою від основи жилкою другого порядку (Див. Фото 1 – 10 у додатках).

Для вимірювання величини асиметрії у рослин розраховували відхилення в промірах ліворуч і праворуч, віднесене до суми промірів з обох сторін.

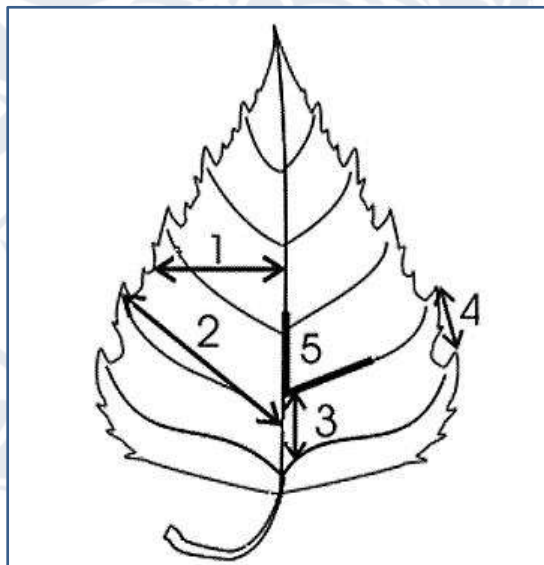


Рисунок 2.1 Морфометричні параметри листкової пластинки *Betula pendula*:

1-ширина половини листка; 2-довжина 2-ої жилки II порядку від основи листка; 3-відстань між основами 1-ої та 2-ої жилки II порядку; 4-відстань між кінцями цих жилок; 5-кут між головною жилкою і 2-ою від основи II порядку.

Для аналізу комплексу морфологічних ознак рослини використовувався інтегральний показник, розроблений за методикою В. М. Захарова [18]. Ступінь порушення стабільності розвитку *B. pendula* оцінювався за п'ятибальною шкалою, яка представлена в таблиці 2.1.

Кожен бал у шкалі відображає певний рівень стабільності розвитку: 1 бал вказує на стабільність, близьку до умовної норми; 2 бали показують

незначне відхилення від цієї норми; 3 бали описують середній рівень відхилення від норми; 4 бали індикують значне відхилення від умовної норми; 5 балів свідчать про критичний стан розвитку рослини.

Таблиця 2.1 – Стабільність розвитку та значення показника асиметрії (X). За [18].

Бал	Опис стану та розвитку середовища	Значення показника асиметрії «X»
1	Стабільність умовної норми	До 0,040
2	Початкові (незначні) відхилення від норми	0,040-0,044
3	Середній рівень відхилення від норми	0,045-0,049
4	Істотні (значні) відхилення від норми	0,050-0,054
5	Критичний стан	більше 0,054

Визначення інтегрального значення флуктуючої асиметрії проводилося за допомогою відповідних формул:

$$Y = \frac{|L - R|}{L + R}; Z = \frac{Y_1 + Y_2 + \dots + Y_n}{N}; X = \frac{\sum Z}{n} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n Z_j,$$

де: Y – значення, обчислене для кожного параметра як різниця між правою та лівою частинами листової пластинки; Z – середня різниця між параметрами для кожного листка; N – кількість параметрів; X – інтегральний показник асиметрії; n – кількість листків (40).

Інтегральний показник стабільності розвитку, визначений через комплекс мірних ознак, відображає середнє значення відносного відхилення

між сторонами щодо кожної ознаки. Для обчислення цього показника використовують середнє арифметичне суми відносної асиметрії за всіма ознаками для кожної особини, поділене на кількість використовуваних ознак.

Цей метод дозволяє оцінити рівень відхилення між сторонами у відношенні до ряду ознак, що визначають стабільність розвитку. Відносна асиметрія кожної ознаки розглядається для кожної особини, і їх середнє значення обчислюється за формулою, де сума відносних асиметрій ділиться на кількість ознак.

Цей показник може служити важливим інструментом для аналізу та порівняння різних систем або груп особин за їхньою стабільністю на підставі вивчення відхилень у ряді важливих ознак.

Камеральна обробка експериментального матеріалу проводилася на базі кафедри ботаніки та екології Факультету хімії, біології і біотехнологій Донецького національного університету імені Василя Стуса.



### РОЗДІЛ 3

#### ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

Місто Бар розташоване на березі річки Рів, за 68 км від обласного центру та за 7 км від залізничної станції. Ця територія була заселена ще з давніх часів.

Засноване у XIII столітті, Бар став свідком важливих історичних подій. Протягом віків місто було під владою різних держав та має різноманітний культурний вплив. Важливою частиною його історії є період польсько-литовської держави, коли воно стало важливим торговельним і культурним центром [51].

Однією з головних прикрас міста є Свято-Покровський кафедральний собор, який вражає своєю архітектурою та релігійною важливістю. Палац Потоцьких, який служить свідком аристократичного минулого, також привертає увагу туристів.

Місто Бар славиться своєю природою, а особливо парком Потоцьких. Цей парк, що є пам'яткою садово-паркового мистецтва, став місцем відпочинку для місцевих мешканців та туристів. Він сприяє створенню сприятливого екологічного середовища в місті [51].

Барський район розташований у межах Подільської височини. Найвища точка району досягає 368,8 метрів (біля села Митки) та 370 метрів (в селі Комарівці) над рівнем моря. Рельєф району представляє собою полого-хвилясту поверхню, а в південно-західній частині вона розчленована на вузькі каньйоноподібні долини річки Лядової, притоки Дністра (особливо в районі сіл Польове та Лядове).

Залізниця, що веде до станції Бар, не проходить через саме місто. Крім того, у Бару відсутні шосейні дороги міжміського та приміського значення. Вантажні автомобілі користуються об'їздною дорогою.

Станом на 01.01.2022 року населення міста складало 15 337 осіб [51].

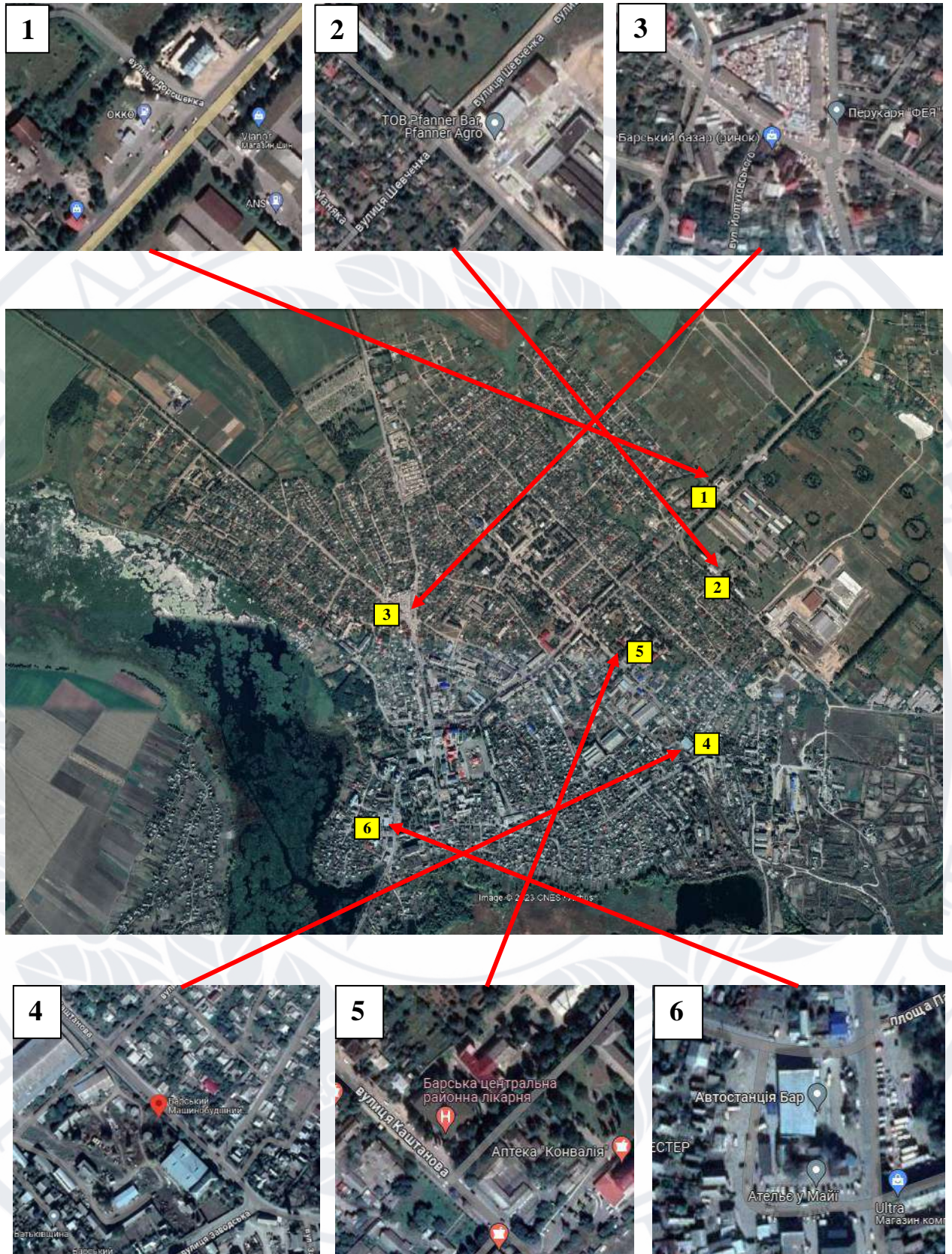


Рисунок 3.1. Карта м. Бар (*Google Earth*):

1 – Автозаправна станція; 2 – ТОВ Пфанер-Бар; 3 – Ринок; 4 – Барський Машинобудівний Завод ВАТ; 5 – КНП «Барська міська лікарня»; 6 – Автовокзал Бар.

### Опис досліджуваних територій:

1. **Автозаправна станція.** У Барі діє п'ять заправних станцій. Ми вибрали станцію, яка розташована біля дороги під час в'їзду до міста зі сторони Вінниці. Прямо навпроти є інша заправна станція, а трохи далі (приблизно 200 метрів) – ще одна. На цій ділянці помітний інтенсивний транспортний рух.

2. **ТОВ Пфанер-Бар** – це українське відділення компанії «Pfanter». ТМ «Pfanter» славиться своїми високоякісними фруктовими, ягідними та овочевими соками з унікальними смаковими властивостями. Головна спеціалізація компанії – виробництво яблучних сокових концентратів. Виробнича потужність заводу становить до 2000 тонн сировини на добу.

3. **Ринок.** Листя зірвано біля міського ринку, розташованого в центрі міста, що є житловою зоною. Біля ринку з'єднання доріг веде до сіл Гайове та Комарівці, де також спостерігається активний рух автотранспорту, який щодня приїжджає до ринку.

4. **Барський Машинобудівний Завод.** ВАТ працює на досить низькій потужності. На заводі немає значних викидів у навколишнє середовище, і навантаження на транспорт розподілене з урахуванням санітарних норм.

5. **КНП «Барська міська лікарня»** розташована віддалено від дороги міжміського сполучення, приблизно на відстані 400 метрів. Листя було зірвано на території лікарні, яка розташована в спокійній зоні. Транспортне навантаження тут є невеликим, а поруч немає підприємств, які могли б вплинути на стан довкілля.

6. **Автовокзал Бар.** Листя було зірвано поряд з автовокзалом, через який проходять автобуси міського та приміського сполучення. Ця ділянка характеризується інтенсивним автомобільним рухом. Біля вокзалу розташована річка Рів, а поруч – орнітологічний заказник місцевого значення «Барський».

Обробка й оформлення результатів досліджень. Збирання листя берези повислої проводилося після того, як воно припинило свій ріст та досягло репродуктивної вікової стадії, конкретно у період від кінця червня до середини липня.

Листя було зірвано з дерев, що росли на майданчиках з однаковим типом ґрунту та показниками вологості, при однакових умовах освітлення та вдало віддалених від можливих джерел забруднення. Місця для збору листя вибирались з метою уникнення впливу негативних природних умов, які можуть затіювати такі види дерев, як клен. Таким чином, вибір місць для збору листя мінімізував можливий вплив природних факторів стресу на розвиток та симетрію листя. Кожне дерево на майданчику було обрано окремо, з нього було зірвано 40 листків – по 10 з кожної сторони горизонту. Листя збиралися з різних гілок нижньої частини крони, щоб уникнути можливих відхилень у розвитку, пов'язаних з різними стадіями росту листка. Більшість зібраних листків виявили деформації листкової пластинки та відхилення від прямої форми. Листя з дерев, що ростуть біля доріг, були покриті пилом, але не мали жодних плям, включаючи некротичні.

Для вимірювання характеристик листя використовувалися лінійка, циркуль та транспорир, деталізовані у додатках (див. додатки фото 1).



Рисунок 3.2. Підготовлені для вимірювання листки берези з обраних точок.

Розрахунок асиметрії листя проводився за допомогою пластичного методу. Для кожного конкретного показника асиметрії були визначені відповідні значення. Середні значення цих показників асиметрії представлено в останньому стовпці таблиць 3.1 до 3.6.

Таблиця 3.1. – Ділянка №1 Автозаправна станція, результати розрахунку інтегрального показника флуктуючої асиметрії

№ листка	Номер ознаки					Величина асиметрії листка
	1	2	3	4	5	
1	0,05	0,034	0,111	0,091	0,026	0,062
2	0,053	0,015	0	0,043	0,022	0,027
3	0	0	0	0,037	0,01	0,018
4	0,077	0	0,143	0,048	0,013	0,056
5	0,026	0,015	0	0,043	0,024	0,022
6	0,037	0,042	0,25	0,111	0,037	0,095
7	0,059	0,032	0,143	0,043	0,011	0,058
8	0,053	0,031	0,143	0,037	0,038	0,06
9	0,026	0,015	0	0,043	0,024	0,021
10	0,027	0	0	0	0,01	0,007
11	0,027	0	0,142	0,037	0,01	0,043
12	0,025	0,015	0	0,043	0,024	0,021
13	0	0	0,142	0,037	0,01	0,037
14	0	0,015	0	0,043	0,024	0,016
15	0,025	0,015	0	0,043	0,024	0,087
16	0	0,041	0,25	0,111	0,037	0,087
17	0,027	0	0,142	0,037	0,01	0,043
18	0,05	0,034	0,111	0,09	0,056	0,068
19	0,05	0,034	0,111	0,09	0,038	0,064
20	0,027	0,015	0	0,043	0,024	0,021
21	0,027	0,015	0,142	0,037	0,01	0,046
22	0,066	0,041	0,25	0,111	0,012	0,096
23	0	0,017	0	0,043	0,025	0,017
24	0	0,015	0	0,043	0,012	0,016
25	0	0	0	0	0,021	0,04
26	0,027	0,015	0	0,043	0,024	0,021
27	0,076	0,019	0,25	0	0,066	0,082
28	0,027	0,333	0,2	0,047	0,025	0,126

<b>29</b>	0,05	0,034	0,111	0,09	0,012	0,059
<b>30</b>	0,05	0	0	0	0,025	0,015
<b>31</b>	0,027	0,016	0	0,047	0	0,018
<b>32</b>	0	0,015	0	0,043	0,024	0,016
<b>33</b>	0	0	0	0	0,012	0,002
<b>34</b>	0,027	0,015	0	0,043	0,024	0,021
<b>35</b>	0,05	0,034	0,111	0,09	0,025	0,062
<b>36</b>	0,025	0,034	0,111	0,09	0,025	0,057
<b>37</b>	0	0,032	0	0,047	0,026	0,021
<b>38</b>	0,05	0,034	0,111	0,09	0,025	0,062
<b>39</b>	0,025	0	0	0	0,012	0,007
<b>40</b>	0,03	0,017	0	0,043	0,025	0,023
<b>Величина асиметрії у вибірці</b>						<b>X=0,043</b>

Отриманий показник флуктуаційної асиметрії 0,043 свідчить, що система досліджуваного середовища має відносно стабільний розвиток, і його вплив на асиметрію листя є незначним. Флуктуаційна асиметрія вказує наскільки різноманітні фактори можуть впливати на розвиток рослин, а в даному випадку результат свідчить про загалом сприятливі умови довкілля.

*Таблиця 3.2.* – Ділянка №2 ТОВ Пфанер-Бар, результати розрахунку інтегрального показника флуктуючої асиметрії

№ листка	Номер ознаки					Величина асиметрії листка
	1	2	3	4	5	
<b>1</b>	0,048	0	0,143	0,043	0,012	0,058
<b>2</b>	0,053	0,015	0	0	0,022	0,018
<b>3</b>	0,073	0,015	0,25	0,043	0,024	0,081
<b>4</b>	0,027	0,016	0	0,043	0,036	0,024
<b>5</b>	0,027	0,016	0	0,043	0,024	0,022
<b>6</b>	0,045	0	0,111	0	0,05	0,041
<b>7</b>	0,05	0,034	0,111	0,09	0,026	0,062
<b>8</b>	0,029	0,018	0,143	0,043	0,038	0,054
<b>9</b>	0,077	0	0,143	0,048	0,013	0,056
<b>10</b>	0,026	0,015	0	0,043	0,024	0,022
<b>11</b>	0,048	0,015	0,25	0,043	0,036	0,078
<b>12</b>	0	0	0,111	0,077	0,039	0,045

13	0,026	0,015	0,143	0,083	0,024	0,058
14	0,05	0,034	0,111	0,091	0,013	0,060
15	0,027	0,016	0,111	0,043	0,024	0,044
16	0,07	0	0,111	0,077	0,013	0,054
17	0,03	0,018	0,143	0,043	0,048	0,056
18	0,034	0	0,143	0,09	0,013	0,065
19	0,026	0,015	0	0,043	0,024	0,022
20	0,053	0,015	0	0	0,022	0,018
21	0,03	0,018	0	0,043	0,026	0,023
22	0,067	0	0,143	0,048	0,013	0,054
23	0,026	0,015	0	0,043	0,024	0,022
24	0	0,015	0	0,043	0,024	0,016
25	0,05	0,034	0,111	0,091	0,039	0,065
26	0	0,015	0	0,043	0,024	0,016
27	0,05	0,034	0,111	0,091	0,013	0,060
28	0,027	0,016	0,2	0,043	0,024	0,062
29	0	0	0	0,043	0,024	0,013
30	0,053	0,015	0,111	0	0,022	0,040
31	0,03	0,018	0	0,043	0,026	0,023
32	0,077	0	0,143	0,048	0,018	0,057
33	0,026	0,015	0	0,043	0,024	0,022
34	0,048	0,015	0,25	0,043	0,024	0,076
35	0,026	0,015	0	0,043	0,024	0,022
36	0,053	0,015	0	0	0,022	0,018
37	0	0,015	0	0,043	0	0,012
38	0,053	0,016	0,2	0,043	0,024	0,067
39	0,077	0,016	0,111	0	0,024	0,046
40	0,024	0	0	0	0,026	0,010
<b>Величина асиметрії у вибірці</b>						<b>X= 0,040</b>

Внаслідок аналізу експериментальних даних ми зафіксували значення флуктуаційної асиметрії на рівні 0,040. Цей показник вказує на незначний вплив негативних факторів на навколишнє середовище.

Таблиця 3.3. – Ділянка №3 Ринок, результати розрахунку інтегрального показника флуктуючої асиметрії

№ листка	Номер ознаки					Величина асиметрії листка
	1	2	3	4	5	
1	0	0	0	0,043	0,024	0,013
2	0,023	0,018	0,111	0	0,039	0,038
3	0	0	0	0,043	0,024	0,013
4	0,075	0,034	0,111	0,091	0,013	0,065
5	0,027	0,016	0	0,043	0,024	0,022
6	0	0	0,111	0,040	0,013	0,033
7	0,030	0,018	0	0,043	0,026	0,023
8	0,077	0	0,143	0,048	0,013	0,056
9	0,026	0,015	0	0,043	0,024	0,022
10	0,024	0,015	0	0	0,022	0,012
11	0,048	0,031	0,143	0,043	0,012	0,055
12	0,027	0,048	0	0	0,022	0,019
13	0,026	0,015	0	0,043	0,024	0,022
14	0	0	0	0,043	0,024	0,013
15	0,027	0,016	0	0,043	0,024	0,022
16	0,023	0,032	0,111	0	0,026	0,038
17	0,025	0,034	0,111	0,091	0,038	0,060
18	0,056	0,018	0	0,043	0,026	0,029
19	0,077	0	0,143	0,048	0,013	0,056
20	0,026	0,015	0	0,043	0,024	0,022
21	0,053	0,015	0,143	0,040	0,022	0,055
22	0,048	0,015	0	0,043	0	0,021
23	0,025	0,016	0	0,083	0,024	0,030
24	0,027	0,015	0,111	0,043	0,036	0,046
25	0,048	0,032	0,25	0,083	0,012	0,085
26	0,053	0,015	0,2	0,04	0,022	0,066
27	0,026	0,015	0	0,043	0,012	0,019
28	0,075	0,030	0,25	0,047	0,048	0,090
29	0,027	0,016	0	0,043	0,024	0,022
30	0,050	0,016	0,111	0	0,026	0,087
31	0,050	0,034	0,2	0,091	0,013	0,078
32	0	0	0	0,043	0,026	0,014
33	0,077	0	0,143	0,048	0,013	0,056
34	0,026	0,015	0	0,043	0,024	0,022
35	0,024	0,015	0,143	0,083	0,036	0,060



<b>36</b>	0	0	0,111	0	0,039	0,030
<b>37</b>	0,026	0,015	0	0,043	0,024	0,017
<b>38</b>	0,050	0,034	0,111	0,091	0,013	0,060
<b>39</b>	0	0,016	0	0,043	0,036	0,019
<b>40</b>	0,027	0,016	0	0,043	0,024	0,022
<b>Величина асиметрії у вибірці</b>						<b>X=0,038</b>

Під час обробки експериментальних даних ми визначили значення флуктуаційної асиметрії на рівні 0,038. Воно свідчить про те, що стан навколишнього середовища є нормальним.

Таблиця 3.4. – Ділянка №4 Барський Машинобудівний Завод ВАТ, результати розрахунку інтегрального показника флуктуючої асиметрії

№ листка	Номер ознаки					Величина асиметрії листка
	1	2	3	4	5	
<b>1</b>	0,048	0,031	0,111	0,091	0,022	0,061
<b>2</b>	0,030	0,018	0,143	0,043	0,025	0,052
<b>3</b>	0,053	0,022	0,143	0,048	0,013	0,056
<b>4</b>	0,070	0,015	0	0,043	0,024	0,030
<b>5</b>	0	0,015	0	0,043	0,048	0,021
<b>6</b>	0,024	0,018	0	0,091	0,039	0,034
<b>7</b>	0,048	0,015	0	0,043	0,024	0,026
<b>8</b>	0,050	0,034	0,111	0,091	0,013	0,060
<b>9</b>	0,027	0,016	0	0,043	0,024	0,022
<b>10</b>	0	0	0,143	0,083	0,048	0,055
<b>11</b>	0,073	0,015	0	0	0,022	0,022
<b>12</b>	0,029	0,036	0,2	0,043	0,05	0,072
<b>13</b>	0,067	0,022	0	0,048	0,013	0,030
<b>14</b>	0,026	0,015	0,25	0,043	0,024	0,072
<b>15</b>	0,070	0,015	0,25	0	0,024	0,072
<b>16</b>	0	0	0,143	0,043	0,036	0,044
<b>17</b>	0,024	0,015	0,143	0,083	0,024	0,058
<b>18</b>	0,023	0,018	0,111	0	0,039	0,038
<b>19</b>	0,026	0,015	0	0,043	0,024	0,022
<b>20</b>	0,073	0,034	0,111	0,091	0,013	0,064
<b>21</b>	0,027	0,016	0	0,043	0,024	0,022

22	0,048	0	0,2	0	0,013	0,052
23	0,029	0,018	0,143	0,043	0,026	0,052
24	0,077	0	0,143	0,048	0,013	0,056
25	0,026	0,015	0	0,043	0,024	0,022
26	0,053	0	0	0,077	0,011	0,028
27	0,048	0,031	0,143	0,043	0,012	0,077
28	0,053	0,015	0,111	0	0,022	0,040
29	0,056	0,018	0,143	0,043	0,013	0,055
30	0,034	0,022	0,143	0,048	0,013	0,052
31	0,026	0,015	0	0,043	0,024	0,022
32	0	0,015	0	0,043	0,036	0,019
33	0,023	0,017	0,111	0,091	0,044	0,057
34	0,070	0,030	0,25	0,043	0,024	0,083
35	0,050	0,034	0,111	0,091	0,013	0,060
36	0,027	0,016	0	0,043	0,036	0,024
37	0,026	0,016	0,091	0,091	0,026	0,050
38	0,053	0,015	0,2	0,043	0	0,062
39	0,027	0,015	0,143	0,037	0,013	0,018
40	0,077	0,022	0	0,048	0,013	0,032
<b>Величина асиметрії у вибірці</b>						<b>X=0,045</b>

Після обробки експериментальних даних ми отримали значення флуктуаційної асиметрії – 0,045. Це свідчить про високий вплив негативних факторів на довкілля.

Таблиця 3.5. – Ділянка №5 КНП «Барська міська лікарня», результати розрахунку інтегрального показника флуктуючої асиметрії

№ листка	Номер ознаки					Величина асиметрії листка
	1	2	3	4	5	
1	0,026	0,015	0	0,043	0,024	0,022
2	0	0,015	0	0,043	0,024	0,016
3	0	0,018	0	0,091	0,039	0,030
4	0,048	0,015	0	0,043	0,024	0,026
5	0,050	0,034	0,111	0,091	0	0,057
6	0,027	0,016	0	0,043	0,036	0,024
7	0,050	0,034	0,111	0,091	0,026	0,062
8	0,027	0,015	0	0	0,022	0,013

9	0,027	0	0,143	0,037	0,010	0,043
10	0,077	0	0,143	0,048	0,013	0,056
11	0,037	0,032	0	0	0,024	0,019
12	0	0,032	0	0	0,013	0,009
13	0,029	0,018	0	0,043	0	0,018
14	0,077	0	0,143	0,048	0	0,054
15	0,026	0,015	0	0,043	0,024	0,022
16	0,053	0,015	0	0	0,022	0,018
17	0	0	0	0,043	0,012	0,011
18	0,053	0	0	0	0,022	0,015
19	0,030	0,018	0	0,043	0,026	0,023
20	0	0	0,143	0	0,013	0,089
21	0	0,015	0	0	0,011	0,01
22	0,030	0,018	0	0,043	0,026	0,023
23	0,077	0	0,143	0,048	0,013	0,056
24	0	0,015	0	0,043	0,024	0,015
25	0,048	0,031	0,25	0,091	0,036	0,091
26	0,026	0,015	0	0,043	0,024	0,022
27	0	0	0	0,043	0,012	0,011
28	0,045	0,018	0,111	0	0,039	0,043
29	0,024	0,015	0	0	0,012	0,010
30	0,050	0,034	0,111	0,091	0,013	0,060
31	0	0,015	0	0,043	0,024	0,016
32	0	0	0,111	0	0,039	0,030
33	0,023	0,032	0	0,043	0,024	0,024
34	0,050	0,034	0,111	0,091	0,013	0,060
35	0	0,016	0	0,043	0,024	0,017
36	0,070	0,016	0,2	0,083	0,036	0,081
37	0,030	0,018	0	0,043	0,026	0,023
38	0,077	0,023	0,143	0,048	0,013	0,061
39	0,026	0,015	0	0,043	0,024	0,022
40	0,026	0,048	0	0	0,011	0,017
<b>Величина асиметрії у вибірці</b>						<b>X=0,033</b>

Після аналізу експериментальних даних було отримано значення флукуаційної асиметрії – 0,033. Цей результат вказує на те, що стан довкілля є нормальним.

Таблиця 3.6. – Ділянка № 6 Автовокзал Бар, результати розрахунку інтегрального показника флуктуючої асиметрії

№ листка	Номер ознаки					Величина асиметрії листка
	1	2	3	4	5	
1	0,073	0,031	0,2	0,083	0,036	0,085
2	0,048	0,016	0,111	0,040	0,025	0,048
3	0,059	0,018	0,111	0,043	0,026	0,051
4	0,077	0,023	0,143	0,048	0,013	0,061
5	0,026	0,015	0	0,043	0,024	0,022
6	0,026	0,015	0	0	0,022	0,013
7	0,070	0,048	0,25	0,083	0,024	0,095
8	0,053	0,048	0,2	0,077	0,023	0,080
9	0,043	0,018	0	0,043	0,026	0,026
10	0,067	0,022	0,143	0,048	0,013	0,059
11	0,026	0,031	0	0,043	0,024	0,025
12	0,048	0,015	0	0,043	0,024	0,026
13	0,046	0,034	0,111	0,091	0,039	0,064
14	0,070	0,015	0	0,043	0,024	0,030
15	0,050	0	0,111	0,091	0,013	0,053
16	0,027	0,016	0,143	0,043	0,024	0,051
17	0,050	0,034	0,111	0,091	0,026	0,062
18	0,053	0,015	0	0,043	0,022	0,027
19	0,056	0,031	0,25	0,037	0,026	0,080
20	0,034	0,048	0,143	0,048	0,013	0,057
21	0,053	0,015	0	0	0,022	0,018
22	0,030	0,018	0	0,043	0,026	0,023
23	0	0	0,143	0,048	0,013	0,041
24	0,026	0,015	0	0,043	0,024	0,022
25	0,048	0,015	0	0,043	0,024	0,026
26	0,050	0,034	0,111	0,091	0,039	0,065
27	0	0,015	0	0,083	0,024	0,024
28	0,050	0,034	0,111	0,091	0,013	0,060
29	0,027	0,016	0	0,043	0,024	0,022
30	0	0	0,25	0,083	0,024	0,071
31	0,053	0,015	0,111	0,083	0,022	0,057
32	0,030	0,018	0	0,087	0,038	0,035
33	0,077	0,022	0,143	0,048	0,013	0,061
34	0,026	0,015	0,143	0,087	0,036	0,061
35	0,024	0,015	0,143	0,087	0,025	0,059

<b>36</b>	0,026	0,015	0	0,043	0,024	0,022
<b>37</b>	0,077	0,030	0,25	0,043	0,012	0,082
<b>38</b>	0,045	0,018	0,111	0,040	0,039	0,030
<b>39</b>	0,026	0,015	0,25	0,043	0,024	0,072
<b>40</b>	0,050	0,034	0,111	0,091	0,013	0,060
<b>Величина асиметрії у вибірці</b>						<b>X=0,048</b>

В результаті опрацювання експериментальних даних ми отримали показник флуктуаційної асиметрії – 0,048. Цей результат свідчить про значний вплив негативних факторів на довкілля.

Під час проведення досліджень ми визначили загальний показник асиметрії морфологічних параметрів листкової пластинки дерева *B. pendula* (таблиця 3.7). За середніми значеннями флуктуаційної асиметрії, що є відображенням порушення стабільності розвитку листка даного виду на різних ділянках, були виявлені відмінності. Для аналізу комплексу морфологічних ознак ми використовували інтегральний показник за відповідною методикою Захарова [18].

Таблиця 3.7. Шкала оцінки відхилень якості середовища за величиною інтегрального показника стабільності розвитку

<b>Бал</b>	<b>Величина показника стабільності розвитку</b>	<b>Значення стабільності розвитку</b>
I	< 0,040	Стабільність умовної норми.
II	0,040–0,044	Незначне відхилення від норми.
III	0,045–0,049	Середній рівень відхилення від норми.
IV	0,050–0,054	Значне відхилення від норми.
V	> 0,054	Критичний стан.

Далі інтегральні показники ФА за всіма досліджуваними майданчиками були включені до таблиці 3.8, що дозволило зробити висновки та підсумувати результати проведеного дослідження.

Щодо ступеня порушення асиметрії, показники відображають наступну послідовність: 6 > 4 > 1 > 2 > 3 > 5.

Таблиця 3.8. Характеристика територій м. Бар за інтегральним показником флуктуючої асиметрії популяції *Betula pendula*.

Досліджувані території	Показники асиметрії (Q)	Бал	Характеристика стану середовища
Автозаправна станція	0,043	II	Рослини зазнають слабого впливу негативних факторів
ТОВ Пфанер-Бар	0,040	II	Рослини зазнають слабого впливу негативних факторів
Ринок	0,038	I	Умовна норма
Барський Машинобудівний Завод ВАТ	0,045	III	Рослини зазнають значного впливу негативних факторів
КНП «Барська міська лікарня»	0,033	I	Умовна норма
Авто Вокзал Бар	0,048	III	Рослини зазнають значного впливу негативних факторів

Максимальний показник флуктуаційної асиметрії (ФА) у дерева *B. pendula* був виявлений на ділянці 6 (Автовокзал Бар) і склав 0,048, що свідчить про середній рівень відхилення від норми. Також виявлено середні відхилення

від норми на цій території під впливом техногенного чинника, ймовірно, через велику інтенсивність транспортного руху.

На двох інших територіях показники ФА вказують на стабільні умови, близькі до норми. Це стосується території ринку з показником 0,038 та території міської лікарні з показником 0,033.

Фітоіндикатори на територіях Автозаправної станції (0,043) та Барського машзаводу (0,045) також відзначаються незначним відхиленням від норми, ймовірно, внаслідок значного транспортного навантаження. Подібна ситуація спостерігається на території консервного заводу з показником 0,040.

Аналіз результатів вказує на те, що рівень забруднення повітря в усіх досліджуваних зонах не перевищує середній рівень. Однак на майданчику №6 – Автоокзал Бар, коефіцієнт ФА перебуває на межі відхилення від норми, досягаючи 0,048.

Таким чином, головним забруднювачем повітря у місті Бар є автомобільний транспорт. Це може пояснювати однаковий рівень забруднення в різних частинах міста, об'єднаних інтенсивним автомобільним рухом.

## ВИСНОВКИ

1. Результати наукового дослідження вказують на перспективність використання морфологічних характеристик листків, зокрема їх флуктуючої асиметрії, для оцінки стану довкілля.
2. В умовах інтенсивного антропогенного впливу на територію величина флуктуючої асиметрії *Betula pendula* зростає. Найбільш чутливим до цього середовища є показник 3 параметра (відстань між основами першої та другої жилок другого порядку), середнє значення якого дорівнює 0,127.
3. Виявлено, що параметр 2, а саме довжина другої жилки другого порядку, демонструє стійкість до техногенного забруднення, при цьому асиметрія в основному не перевищує 0,034, хоча є деякі показники на рівні 0,048.
4. Розрахунки середнього значення флуктуючої асиметрії показали вплив забруднення на ступінь симетрії. *Betula pendula* найбільше страждає від техногенних чинників у місцях інтенсивного руху: біля автовокзалу, на вулицях з великою кількістю транспорту та з густими житловими районами (значення від 0,045 до 0,048). Також була перевірена гіпотеза про те, що збільшення відстані від джерела забруднення призводить до зниження флуктуючої асиметрії.
5. Значення флуктуючої асиметрії листя *Betula pendula* демонструють загальний стан екологічної ситуації у місті Бар Вінницької області.
6. Фітоіндикаційний метод, заснований на флуктуючій асиметрії листя *Betula pendula*, підтверджує доцільність його використання для експрес-оцінки якості довкілля, а розвиток біоіндикаційних досліджень з використанням методу ФА для розробок інших деревинних біоіндикаторів, поширених в певних місцевостях, є достатньо перспективним.



## СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ПОСИЛАНЬ

1. Екологічна енциклопедія: у 3 т. / Редколегія: А.В. Толстоухов (гол. ред.) та ін. – К.: ТОВ «Центр екологічної освіти та інформації», 2014. – Т. 1: А – Б. – 432 с.
2. Екологічний стан Вінницької області на рубежі тисячоліть. Аналітично-статистичний довідник. Вінниця: Велес, 2010 162 с. 168.
3. 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.
4. 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, Бессонова В. П. Методи фітоіндикації в оцінці екологічного стану довкілля. – Запоріжжя: Вид-во ЗДУ, 2012. – 196 с.
5. Бессонова В. П. Практикум з фізіології рослин. – Дніпропетровськ: РВВДДАУ, 2005. – 316 с.
6. Векірчик К. М. Фізіологія рослин / К. М. Векірчик. – К. : Вища школа, 2013. – С. 47 – 50.
7. 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.
8. Ганжа Д. Морфологічна реакція листків тополі в різних умовах урботехногенного навантаження // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. біол. 2012. Вип. 60. С. 163–170.
9. Глухов О.З., Прохорова С.І. Індикація стану техногенного середовища за морфологічною мінливістю рослин // Пром. ботаника. 2018. Вып. 8. С. 3–11
10. 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.

11. Гриб Й. В., Клименко М. О., Сондак В. В. Відновна гідроекологія поруше-них річкових та озерних систем: гідрологія, гідробіологія, управління. Рівне, 2014. 139 с.

12. 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.

13. Дідух Я. П., Плюта П. Г. Фітоіндикація екологічних факторів. – К., 2016. – 280 с.

14. Дідух Я. П. Основи біоіндикації. Київ : НВП «Видавництво «Наукова думка» НАН України», 2012. – 344 с.

15. Доповідь про стан навколишнього природного середовища у Вінницькій області (2017 рік). – Вінниця: Департамент екології та природних ресурсів ОДА, 2017. С. 6-109.

16. Доповідь про стан навколишнього середовища Хмельницької області у 2017 р. / Сагайдак Г. А. – Хмельницький, 2010. – 116 с.

17. С.П. Жуков // Проблеми екології та охорони природи техногенного регіону. – 2019. – № 1 (11). – С. 128–134.

18. Захаров В. М. Мониторинг здоровья среды на охраняемых природных территориях / В. М. Захаров та ін. М.: Центр экол. 2015. – 78 с.

19. Злобин Ю.А. Индикаторная роль листьев растений в биоэкологическом мониторинге // Наук. вісн. Миколаїв. держ. ун-ту. — 2017. — 24, № 4(1). — С. 93—96.

20. А. В. Скляренко Оцінка впливу промислових умов на величину флуктуючої асиметрії листкової пластинки *Betula Pendula* Запоріжжя/ Режим доступу <http://surl.li/kgtnn>.

21. Злобин Ю. А., Скляр В. Г., Бондарева Л. М. та ін. Концепція морфометрії в сучасній ботаниці / Злобин Ю.А. Концепція морфометрії у сучасній ботаніці /

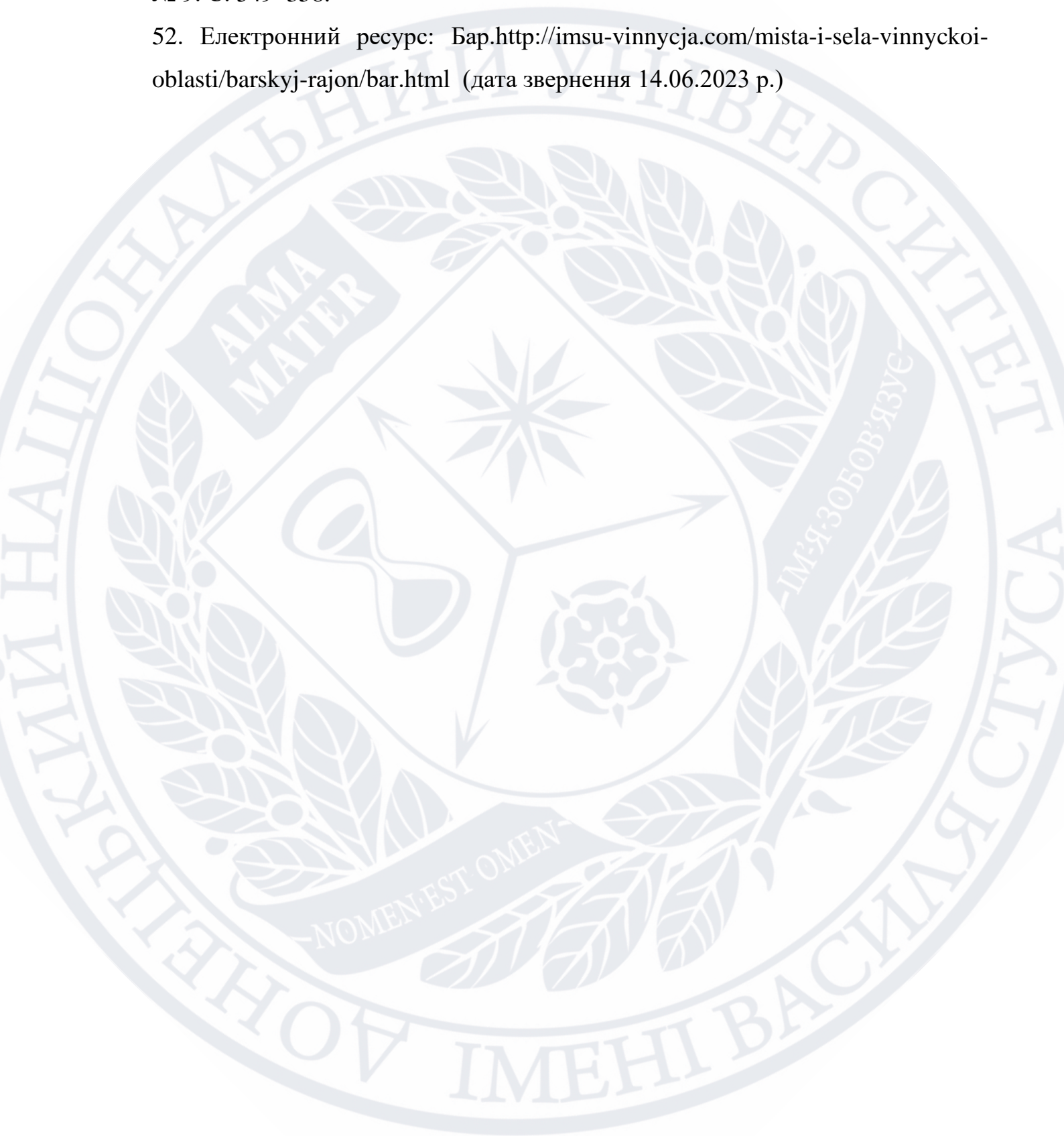
22. Ю.А. Злобін, В.Г. Скляр, Л.М. Бондарева, К.С. Кирильчук // Чорноморський ботанічний журнал. – 2016. – Т. 5, № 1. – С. 5–22. ніці // Чорномор. ботан. журнал. 2009. Т. 5. №1. С. 5–22.
23. Інтегральні та комплексні оцінки стану навколишнього природного середовища: монографія / О.Г. Васенко, О.В. Рибалова, С.Р. Артем'єв, Н.С. Горбань [та ін.]. Х: НУГЗУ, 2015. 419 с.
24. Клименко М. О. Моніторинг довкілля. – К.: Академія, 2010. – 360 с.
25. Крищенко В. П., Труханова С. Н., Федін К. Н. Методи аналізу рослинної продукції / під. ред. В. П. Крищенко. – М.: Колос, 2015. – 314 с.
26. Кряжева Н. Г., Чистякова Е. К., Захаров В. М. Аналіз стабільності розвитку берези повислої в умовах хімічного забруднення // Екологія. – 2020. – № 6. – С. 441-444.
27. Кукурудза С.І., Гумницька Н.О., Нижник М.С. та ін. Моніторинг природних комплексів. – Львів: ред. вид. відділ Львів ун-у. – 2011- 144с.
28. Легета У.В., Ситнікова І.О. Оцінка екологічного стану територій Чернівецької області за інтегральним показником флуктуючої асиметрії (на прикладі *Tussilago farfara* L.) // Природничий альманах. — 2012. — 13. — С. 98—104.
29. 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>
30. Мелехова О.П., Егорова Е.И. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование. – М.: Академия, 2014. – 288 с.
31. Методи дослідження і способи оцінки стійкості рослин до посухи і високої температури : метод. посібник / [І. П. Григорюк, В. І. Ткачов, С. В. Савінський та ін.]. – К.: Знання, 2015. – 89 с.

32. Методичні вказівки до практичних робіт з дисципліни «Біоіндикація і біотестування» призначені для студентів магістрів спец. 8.04010601 «Екологія та охорона навколишнього середовища» — Житомир: ЖДТУ, 2014. — 25 с.
33. Морозова Т. В., Кирнична Л. І. Морфологічні особливості деревних рослин в умовах аеротехногенного забруднення // Вісн. Прикарпат. нац. ун-ту. Сер. біол. 2012. XVI. С. 175–179.
34. Мусієнко М. М. Фізіологія рослин: Підручник. – К.: Фітосоціоцентр, 2014. – 392 с.
35. Неверова, О. А. Применение фитоиндикации в оценке загрязнения окружающей среды / О. А. Неверова // Биосфера. – 2016. – Т. 1, № 1. – С. 82–92.
36. Нестерова Н.Г. Особливості водного режиму деревних видів рослин в екологічних умовах м. Київ / Н.Г. Нестерова, І.П. Григорюк // Збалансоване природокористування. – 2013. – № 2–3. – С. 89-95.
37. Осипова Л. М., Сумська А. М. Характер впливу атмосферних токсикантів на вміст різних форм води й інтенсивність транспірації листя деревних рослин // Проблеми екології та охорони природи техногенного регіону. – Донецьк: ДонНУ, 2017. – № 1 (9). – С. 202 – 206.
38. Панасенко Б. Д. Поверхневі води // Географія Вінницької області. Вінниця: Гіпаніс, 2018. С.79.
39. Петрушкевич Ю.М. Вплив промислових умов на величину флуктуючої асиметрії листової пластинки *Betula pendula* // Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер. біол. – 2018, № 1 (72). – С. 82 – 89.
40. Пірогов М.В., Волгін С. О. Біоіндикаційні дослідження за епіфітною лехінофлорою шпилькових і листяних дерев на західній Україні. – Львів, 2019. – С.86-91.
41. Пляцук Д.Л. Проведення інтегральної експрес-оцінки якості атмосферного повітря в умовах зміни промислової інфраструктури регіону // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2015. –75.– С. 58-63.

42. Савосько В. М., Католіченко О. М. Флюктууюча асиметрія листків берези повислої в умовах аеротехногенного забруднення Криворіжжя // Питання біоіндикації та екології. 2014. Вип. 19. № 2. С. 90–102
43. Савосько В.М. Морфологічні особливості листків берези повислої культурдендроценозів степу в умовах промислового міста / В.М. Савосько, К.М. Домшина, В.В. Савосько // Питання біоіндикації та екології. – 2013. – Випуск 18. – № 2. – С. 121–133.
44. Суханова, І. П. Лехіоіндикація якості повітряного середовища дендропарку «Софіївка» НАН України [Текст] / І. П. Суханова // Збірник наукових праць Харківського національного педагогічного університету імені Г.С. Сковороди. Біологія та валеологія. – 2012. – Вип. 14. – С. 162–170.
45. Стрельцов А. Б., Логинов А. А. Біоіндикаційний метод оцінки антропогенного впливу // СПб., 2016. – С. 40-41
46. Федорова Г. В. Біогеохімія для екологів : Навч. посібник. Одеса : Екологія, 2015. 284 с
47. Федоровський В.Д. Дендрофлора зелених насаджень м.Кривий Ріг і перспективи її збереження та збагачення /В.Д. Федоровський, Ю.С. Юхименко, О.В. Данильчук та ін.// Вісті Біосферного заповідника "Асканія-Нова". 2012. – Том 14. – С. 405–408.
48. Хаєцький Г.С. Внутрішньоаквальна ландшафтна структура антропогенних водних об'єктів Поділля // Антропогенні географія і ландшафтознавство в XX і XXI століттях. Вінниця-Воронеж: Гіпаніс, 2012. С. 129-133.
49. Царенко О.М., Олійник Г.М. Захист довкілля в умовах зростаючого техногенного навантаження на природу – Суми: Слобожанщина, 2013. – 464 с
50. Цицюра Я.Г., Грунтовий покрив Вінниччини: генезис, склад, властивості та напрямки ефективного використання: монографія / Я. Г. Цицюра, Л. Ф. Броннікова, Л. В. Пелех ; Він. нац. аграр. ун-т. – Вінниця : ВНАУ, 2017 – 452с.).
51. Штірц Ю. О. Показники асиметрії листової пластинки *Populus nigra*

Л. та їх біоіндикаційна інформативність // Чорномор. бот. журнал. 2013. Т. 3. № 9. С. 349–358.

52. Електронний ресурс: Бар.<http://imsu-vinnycja.com/mista-i-sela-vinnycioi-oblasti/barskuj-rajon/bar.html> (дата звернення 14.06.2023 р.)



## ДОДАТКИ

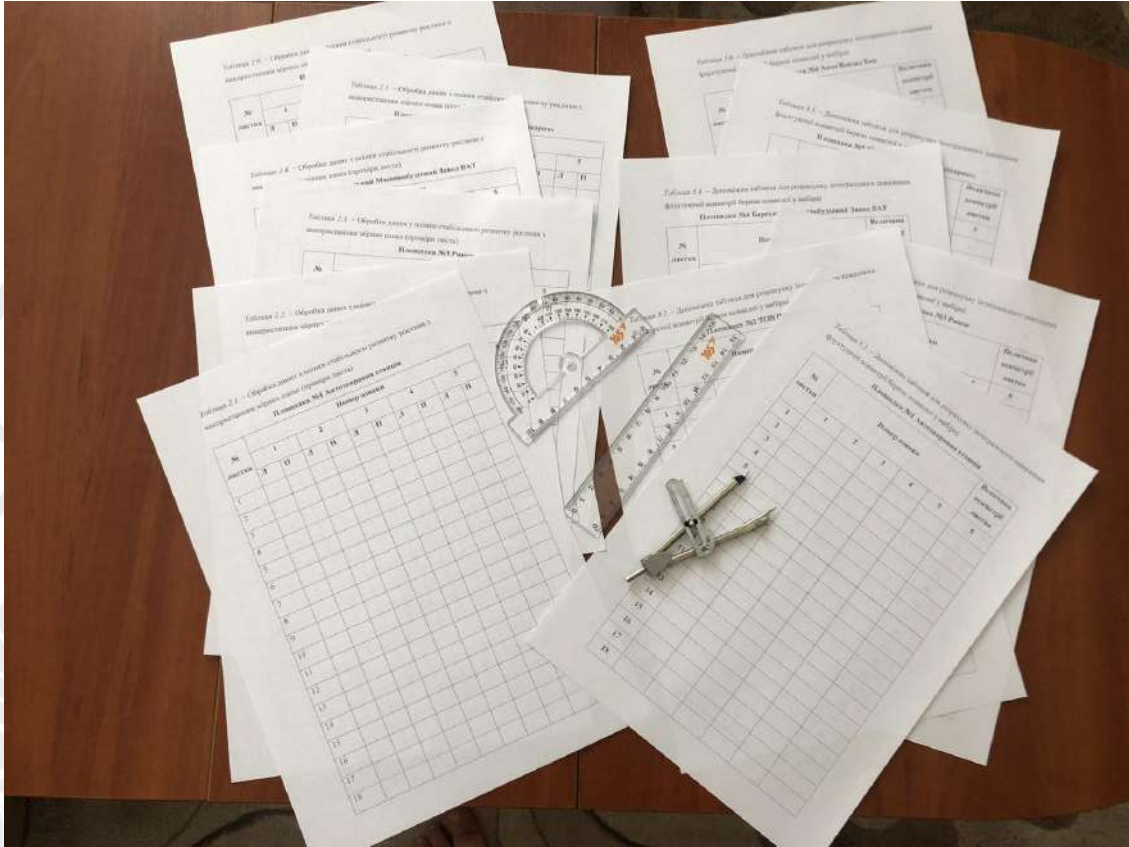


Фото 1. Підготовка інструментів та бланків для дослідження.



Фото 2. Матеріал для проведення дослідження

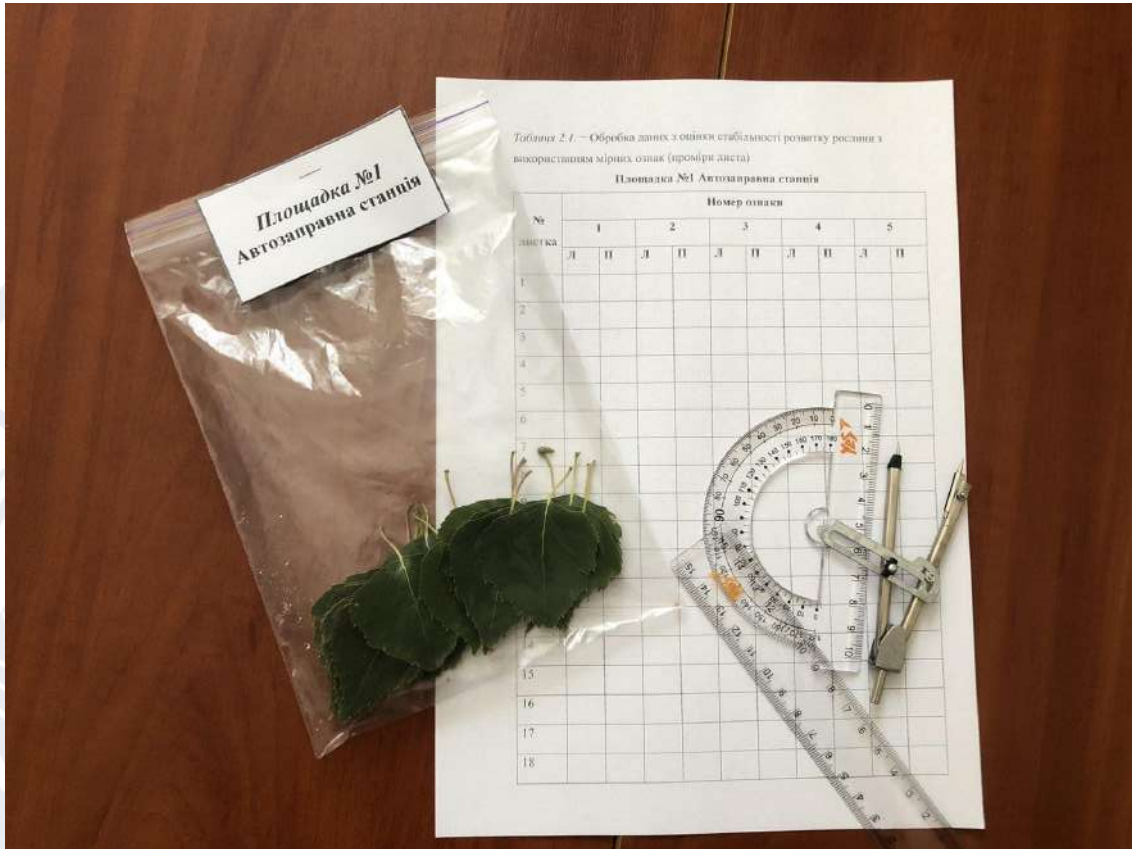


Фото 3. Початок дослідження





Фото 4. Вимірювання показників



Фото 5. Вимірювання показників



Фото 6. Вимірювання показників



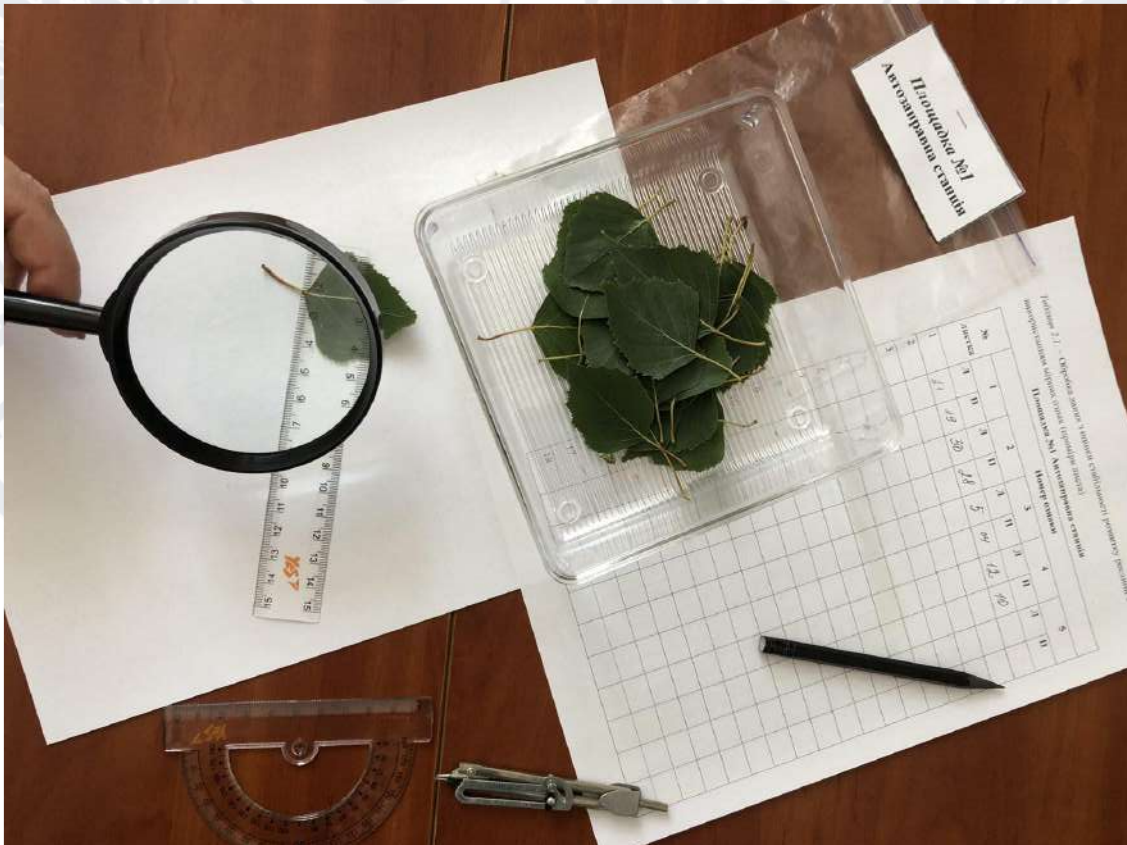
Фото 7. Вимірювання показників



Фото 8. Вимірювання показників



Фото 9. Вимірювання показників



Таблиця 2.1. – Обробка даних з оцінки стабільності розвитку рослини з використанням мірних ознак (проміри листка)

**Площадка №1 Автозаправна станція**

№ листка	Номер ознаки									
	1		2		3		4		5	
	Л	П	Л	П	Л	П	Л	П	Л	П
<b>1</b>	21	19	30	28	5	4	12	10	40	38
<b>2</b>	18	20	32	33	4	4	12	11	45	47
<b>3</b>	18	18	33	33	4	4	14	13	49	48
<b>4</b>	12	14	22	22	4	3	11	10	39	38
<b>5</b>	20	19	33	32	3	3	12	11	42	40
<b>6</b>	13	14	25	23	5	3	10	8	39	42
<b>7</b>	18	16	32	30	4	3	12	11	44	43
<b>8</b>	18	20	33	31	4	3	14	13	41	38
<b>9</b>	20	19	33	32	3	3	12	11	42	40
<b>10</b>	18	19	32	32	4	4	12	12	45	46
<b>11</b>	18	19	33	33	4	3	14	13	49	48
<b>12</b>	20	19	33	32	3	3	12	11	42	40
<b>13</b>	19	19	33	33	4	3	14	13	49	48
<b>14</b>	20	20	33	32	3	3	12	11	42	40
<b>15</b>	20	19	33	32	3	3	12	11	42	40
<b>16</b>	14	14	25	23	5	3	10	8	39	42
<b>17</b>	18	19	33	33	4	3	14	13	49	48

<b>18</b>	21	19	30	28	5	4	12	10	40	38
<b>19</b>	21	19	30	28	5	4	12	10	40	37
<b>20</b>	19	18	32	31	4	4	12	11	42	40
<b>21</b>	18	19	33	32	4	3	14	13	49	48
<b>22</b>	14	16	25	23	5	3	10	8	39	38
<b>23</b>	17	17	29	28	4	4	12	11	40	38
<b>24</b>	20	20	33	32	3	3	12	11	41	40
<b>25</b>	20	20	31	31	4	4	12	12	40	39
<b>26</b>	19	18	32	31	4	4	12	11	42	40
<b>27</b>	14	12	26	25	5	3	11	11	35	40
<b>28</b>	18	19	30	32	2	3	10	11	40	38
<b>29</b>	21	19	30	28	5	4	12	10	39	38
<b>30</b>	19	21	30	30	4	4	11	11	40	38
<b>31</b>	18	19	30	31	4	4	11	10	41	41
<b>32</b>	19	19	32	31	4	4	12	11	42	40
<b>33</b>	20	20	31	31	4	4	12	12	40	39
<b>34</b>	19	18	32	31	4	4	12	11	42	40
<b>35</b>	21	19	30	28	5	4	12	10	40	38
<b>36</b>	20	19	30	28	5	4	12	10	40	38
<b>37</b>	18	18	30	32	3	3	10	11	40	38
<b>38</b>	21	19	30	28	5	4	12	10	40	38
<b>39</b>	19	20	31	31	4	4	12	12	40	39
<b>40</b>	16	17	29	28	4	4	12	11	40	38

Таблиця 2.2. – Обробка даних з оцінки стабільності розвитку рослини з використанням мірних ознак (проміри листка)

**Площадка №2 ТОВ Пфанер-Бар**

№ листка	Номер ознаки									
	1		2		3		4		5	
	Л	П	Л	П	Л	П	Л	П	Л	П
1	22	20	33	33	4	3	12	11	42	41
2	18	20	32	33	4	4	12	12	45	47
3	22	19	33	32	5	3	12	11	42	40
4	19	18	32	31	4	4	12	11	43	40
5	19	18	32	31	4	4	12	11	42	40
6	23	21	30	30	5	4	11	11	42	38
7	21	19	30	28	5	4	12	10	40	38
8	18	17	29	28	4	3	12	11	41	38
9	16	14	22	22	4	3	11	10	39	38
10	20	19	33	32	3	3	12	11	42	40
11	22	20	33	32	5	3	12	11	43	40
12	21	21	28	28	5	4	14	12	40	37
13	20	19	33	32	4	3	13	11	42	40
14	21	19	30	28	5	4	12	10	39	38
15	19	18	32	31	5	4	12	11	42	40
16	23	20	31	31	5	4	14	12	40	39
17	16	17	29	28	4	3	12	11	40	38

<b>18</b>	15	14	22	22	4	3	12	10	39	38
<b>19</b>	20	19	33	32	3	3	12	11	42	40
<b>20</b>	18	20	32	33	4	4	12	12	45	47
<b>21</b>	16	17	29	28	4	4	12	11	40	38
<b>22</b>	16	14	22	22	4	3	11	10	39	38
<b>23</b>	20	19	33	32	3	3	12	11	42	40
<b>24</b>	20	20	33	32	3	3	12	11	42	40
<b>25</b>	21	19	30	28	5	4	12	10	40	37
<b>26</b>	20	20	33	32	3	3	12	11	42	40
<b>27</b>	21	19	30	28	5	4	12	10	39	38
<b>28</b>	19	18	32	31	6	4	12	11	42	40
<b>29</b>	20	20	33	33	3	3	12	11	42	40
<b>30</b>	18	20	32	33	5	4	12	12	45	47
<b>31</b>	16	17	29	28	4	4	12	11	40	38
<b>32</b>	12	14	22	22	4	3	11	10	39	38
<b>33</b>	20	19	33	32	3	3	12	11	42	40
<b>34</b>	22	20	33	32	5	3	12	11	42	40
<b>35</b>	20	19	33	32	3	3	12	11	42	40
<b>36</b>	18	20	32	33	4	4	12	12	45	47
<b>37</b>	20	20	33	32	3	3	12	11	42	42
<b>38</b>	20	18	32	31	6	4	12	11	42	40
<b>39</b>	21	18	32	31	5	4	12	11	42	40
<b>40</b>	20	21	30	30	4	4	11	11	40	38

Таблиця 2.3. – Обробка даних з оцінки стабільності розвитку рослини з використанням мірних ознак (проміри листка)

Площадка №3 Ринок

№ листка	Номер ознаки									
	1		2		3		4		5	
	Л	П	Л	П	Л	П	Л	П	Л	П
1	20	20	33	33	3	3	12	11	42	40
2	22	21	28	27	5	4	12	12	40	37
3	20	20	32	32	3	3	12	11	42	40
4	21	19	30	28	5	4	12	10	39	38
5	19	18	32	31	4	4	12	11	42	40
6	20	20	31	31	5	4	13	12	40	39
7	16	17	29	28	4	4	12	11	40	38
8	12	14	22	22	4	3	11	10	39	38
9	20	19	33	32	3	3	12	11	42	40
10	21	20	33	32	4	4	12	12	45	47
11	22	20	33	30	4	3	12	11	42	41
12	18	19	33	33	4	4	12	12	45	47
13	20	19	33	32	3	3	12	11	42	40
14	19	19	32	32	4	4	12	11	42	40
15	19	18	32	31	4	4	12	11	42	40
16	22	21	32	30	5	4	11	11	40	38
17	21	19	30	28	5	4	12	10	41	38



<b>18</b>	19	17	29	28	4	4	12	11	40	38
<b>19</b>	12	14	22	22	4	3	11	10	39	38
<b>20</b>	20	19	33	32	3	3	12	11	42	40
<b>21</b>	18	20	32	33	4	3	13	12	45	47
<b>22</b>	22	20	33	32	3	3	12	11	42	42
<b>23</b>	21	19	31	30	4	4	13	11	42	40
<b>24</b>	19	18	32	31	5	3	12	11	43	40
<b>25</b>	22	20	33	31	3	3	12	11	42	41
<b>26</b>	18	20	32	33	6	4	13	12	45	47
<b>27</b>	20	19	33	32	3	3	12	11	44	40
<b>28</b>	21	19	34	32	5	3	11	10	42	40
<b>29</b>	19	18	32	31	4	4	12	11	42	40
<b>30</b>	19	21	31	30	5	4	11	11	40	38
<b>31</b>	21	19	30	28	6	4	12	10	40	39
<b>32</b>	17	17	28	28	4	4	12	11	40	38
<b>33</b>	12	14	22	22	4	3	11	10	39	38
<b>34</b>	20	19	33	32	3	3	12	11	42	40
<b>35</b>	21	20	33	32	4	3	13	11	43	40
<b>36</b>	21	21	28	28	5	4	12	12	40	37
<b>37</b>	20	19	33	32	3	3	12	11	42	40
<b>38</b>	21	19	30	28	5	4	12	10	39	38
<b>39</b>	19	19	31	32	4	4	12	11	43	40
<b>40</b>	19	18	32	31	4	4	12	11	42	40

Таблиця 2.4. – Обробка даних з оцінки стабільності розвитку рослини з використанням мірних ознак (проміри листка)

**Площадка №4 Барський Машинобудівний Завод ВАТ**

№ листка	Номер ознаки									
	1		2		3		4		5	
	Л	П	Л	П	Л	П	Л	П	Л	П
1	22	20	33	31	5	4	12	10	45	47
2	16	17	29	28	4	3	12	11	41	39
3	15	14	23	22	4	3	11	10	39	38
4	23	20	33	32	3	3	12	11	42	40
5	20	20	33	32	3	3	12	11	44	40
6	21	20	29	28	5	5	12	10	40	37
7	22	20	33	32	3	3	12	11	42	40
8	21	19	30	28	5	4	12	10	39	38
9	19	18	32	31	4	4	12	11	42	40
10	20	20	33	33	4	3	13	11	44	40
11	22	19	32	33	4	4	12	12	45	47
12	18	17	29	27	6	4	12	11	42	38
13	16	14	23	22	4	4	11	10	39	38
14	20	19	33	32	5	3	12	11	42	40
15	23	20	34	33	5	3	12	12	42	40
16	19	19	32	32	4	3	12	11	43	40
17	20	20	33	32	4	3	13	11	42	40

<b>18</b>	22	21	28	27	5	4	12	12	40	37
<b>19</b>	20	19	33	32	3	3	12	11	42	40
<b>20</b>	22	19	30	28	5	4	12	10	39	38
<b>21</b>	19	18	32	31	4	4	12	11	42	40
<b>22</b>	22	20	31	31	6	4	12	12	40	39
<b>23</b>	18	17	29	28	4	3	12	11	40	38
<b>24</b>	12	14	22	22	4	3	11	10	39	38
<b>25</b>	20	19	33	32	3	3	12	11	42	40
<b>26</b>	18	20	32	32	4	4	14	12	45	46
<b>27</b>	22	20	33	31	4	3	12	11	42	41
<b>28</b>	20	18	33	32	5	4	12	12	45	47
<b>29</b>	19	17	29	28	4	3	12	11	38	38
<b>30</b>	14	14	22	22	4	3	11	10	39	38
<b>31</b>	20	19	33	32	3	3	12	11	42	40
<b>32</b>	20	20	33	32	3	3	12	11	43	40
<b>33</b>	22	21	30	29	5	4	12	10	41	37
<b>34</b>	23	20	34	32	5	3	12	11	42	40
<b>35</b>	21	19	30	28	5	4	12	10	39	38
<b>36</b>	19	18	32	31	4	4	12	11	43	40
<b>37</b>	20	19	34	30	6	5	12	10	40	38
<b>38</b>	20	18	33	32	6	4	12	11	45	45
<b>39</b>	20	18	34	33	4	3	14	13	49	48
<b>40</b>	14	12	23	22	3	3	11	10	39	38

Таблиця 2.5. – Обробка даних з оцінки стабільності розвитку рослини з використанням мірних ознак (проміри листка)

**Площадка №5 КНП «Барська міська лікарня»**

№ листка	Номер ознаки									
	1		2		3		4		5	
	Л	П	Л	П	Л	П	Л	П	Л	П
<b>1</b>	20	19	33	32	3	3	12	11	42	40
<b>2</b>	20	20	33	32	3	3	12	11	42	40
<b>3</b>	21	21	29	28	5	5	12	10	40	37
<b>4</b>	22	20	33	32	3	3	12	11	42	40
<b>5</b>	21	19	30	28	5	4	12	10	39	39
<b>6</b>	19	18	32	31	4	4	12	11	43	40
<b>7</b>	21	19	30	28	5	4	12	10	40	38
<b>8</b>	18	19	32	33	4	4	11	11	45	47
<b>9</b>	18	19	33	33	4	3	14	13	49	48
<b>10</b>	12	14	22	22	4	3	11	10	39	38
<b>11</b>	19	18	32	31	4	4	12	12	42	40
<b>12</b>	20	20	32	31	4	4	12	12	40	39
<b>13</b>	18	17	29	28	4	4	12	11	38	38
<b>14</b>	12	14	22	22	4	3	11	10	39	38
<b>15</b>	20	19	33	32	3	3	12	11	42	40
<b>16</b>	18	20	32	33	4	4	12	12	45	47
<b>17</b>	20	20	33	33	3	3	12	11	42	41

<b>18</b>	18	20	32	32	4	4	12	12	45	47
<b>19</b>	16	17	29	28	4	4	12	11	40	38
<b>20</b>	14	14	22	22	4	3	12	12	39	38
<b>21</b>	18	18	33	32	4	4	12	12	45	46
<b>22</b>	16	17	29	28	4	4	12	11	40	38
<b>23</b>	12	14	22	22	4	3	11	10	39	38
<b>24</b>	19	19	33	32	3	3	12	11	42	40
<b>25</b>	22	20	33	31	5	3	12	10	43	40
<b>26</b>	20	19	33	32	3	3	12	11	42	40
<b>27</b>	20	20	33	33	3	3	12	11	42	41
<b>28</b>	23	21	28	27	5	4	12	12	40	37
<b>29</b>	21	20	33	32	3	3	12	12	42	41
<b>30</b>	21	19	30	28	5	4	12	10	39	38
<b>31</b>	20	20	33	32	3	3	12	11	42	40
<b>32</b>	21	21	28	28	5	4	12	12	40	37
<b>33</b>	22	21	32	30	3	3	12	11	42	40
<b>34</b>	21	19	30	28	5	4	12	10	39	38
<b>35</b>	19	19	32	31	4	4	12	11	42	40
<b>36</b>	23	20	31	30	6	4	13	11	43	40
<b>37</b>	16	17	29	28	4	4	12	11	40	38
<b>38</b>	12	14	22	21	4	3	11	10	39	38
<b>39</b>	20	19	33	32	3	3	12	11	42	40
<b>40</b>	19	20	30	33	4	4	12	12	45	46

Таблиця 2.6. – Обробка даних з оцінки стабільності розвитку рослини з використанням мірних ознак (проміри листка)

**Площадка №6 Авто Вокзал Бар**

№ листка	Номер ознаки									
	1		2		3		4		5	
	Л	П	Л	П	Л	П	Л	П	Л	П
1	22	19	33	31	6	4	13	11	43	40
2	22	20	32	31	5	4	13	12	41	39
3	18	16	29	28	5	4	12	11	40	38
4	14	12	22	21	4	3	11	10	39	38
5	20	19	33	32	3	3	12	11	42	40
6	19	20	32	33	4	4	12	12	45	47
7	23	20	33	30	5	3	13	11	42	40
8	20	18	33	30	6	4	14	12	45	43
9	17	16	29	28	4	4	12	11	40	38
10	16	14	23	22	4	3	11	10	39	38
11	20	19	33	31	3	3	12	11	42	40
12	22	20	33	32	3	3	12	11	42	40
13	23	21	30	28	5	4	12	10	40	37
14	23	20	33	32	3	3	12	11	42	40
15	21	19	28	28	5	4	12	10	39	38
16	19	18	32	31	4	3	12	11	42	40
17	21	19	30	28	5	4	12	10	40	38

<b>18</b>	18	20	32	33	4	4	12	11	45	47
<b>19</b>	19	17	33	33	5	3	14	13	49	47
<b>20</b>	15	14	22	20	4	3	11	10	39	38
<b>21</b>	18	20	32	33	4	4	12	12	45	47
<b>22</b>	16	17	29	28	4	4	12	11	40	38
<b>23</b>	14	14	22	22	4	3	11	10	39	38
<b>24</b>	20	19	33	32	3	3	12	11	42	40
<b>25</b>	22	20	33	32	3	3	12	11	42	40
<b>26</b>	21	19	30	28	5	4	12	10	40	37
<b>27</b>	20	20	33	32	3	3	13	11	42	40
<b>28</b>	21	19	30	28	5	4	12	10	39	38
<b>29</b>	19	18	32	31	4	4	12	11	42	40
<b>30</b>	20	20	33	33	5	3	13	11	42	40
<b>31</b>	18	20	32	33	4	5	13	11	45	47
<b>32</b>	17	16	29	28	4	4	12	11	41	38
<b>33</b>	14	12	23	22	4	3	11	10	39	38
<b>34</b>	20	19	33	32	4	3	12	11	43	40
<b>35</b>	21	20	33	32	4	3	12	11	41	39
<b>36</b>	20	19	33	32	3	3	12	11	42	40
<b>37</b>	23	20	34	32	5	3	12	11	42	41
<b>38</b>	23	21	28	27	5	4	13	12	40	37
<b>39</b>	20	19	33	32	5	3	12	11	42	40
<b>40</b>	21	19	30	28	5	4	12	10	39	38