

Клименко М. О., д.с.-г.н., професор, Борщевська І. М., к.с.-г.н., доцент, Турчина К. П., к.с.-г.н., доцент, Клименко Л. В., к.с.-г.н., доцент (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, m.o.klimenko@nuwm.edu.ua, i.m.borschevska@nuwm.edu.ua, k.p.turchina@nuwm.edu.ua, l.v.klimenko@nuwm.edu.ua)

ОЦІНКА ЯКОСТІ СЕРЕДОВИЩА МІСТА РІВНОГО ЗА ПОКАЗНИКАМИ ФЛУКТУЮЧОЇ АСИМЕТРІЇ

Проведено оцінку якості середовища міста Рівного за показниками флуктуючої асиметрії (ФА). Визначено величину асиметрії морфологічних ознак листових пластин берези повислої (*Betula pendula*), що проростає в різних районах міста з різним ступенем техногенного навантаження.

Оцінено стан міського середовища за бальною шкалою за тест-полігонами. Для проведення досліджень територію міста було поділено на 12 досліджуваних тест-полігонів, які охоплюють житлові, антропогенно-навантажені та рекреаційні райони, площею 1–5 км². Тест-полігони I–IV представляють північну частину міста, IX–XII – південну, V – західну, VI–VII – центральну, VIII – східну частину міста.

Для кількісного вираження ступеня асиметрії рослинного організму розроблена шкала відхилення від норми, що характеризує рівень забруднення території на основі показника флуктуючої асиметрії, де 1 бал – «умовна норма», а бал 5 – «критичний стан».

На основі обчислення середнього значення ФА встановлено залежність порушення рівня симетрії внаслідок забруднення міського середовища. Найбільшого техногенного впливу зазнає *Betula pendula* на території 1, V, VII, IX та XI тест-полігонів. Показник ФА в цих частинах міста коливається від 0,057 до 0,060. Стан середовища характеризується як критичний (близько 50% території міста) і оцінюється у 5 балів. Найбільш сприятливим є середовище у районі X тест-полігону із показником ФА 0,037, що відповідає стабільності умовної норми і оцінюється як 1 бал.

Виявлено вплив забруднення атмосферного повітря на стан

генеративних органів *Betula pendula*. Встановлено, що серед п'яти морфометричних параметрів ознака 3 (відстань між основами першої і другої жилки) є найбільш чутливою до впливу техногенного забруднення. Найбільш стійкою ознакою до техногенного впливу є параметр 2 – довжина другої жилки 2-го порядку.

На основі даних натурних спостережень створено картосхему стану навколишнього середовища м. Рівне за показниками ФА за тест-полігонами. Запропоновані рекомендації щодо покращення екологічної ситуації м. Рівне: упорядкування руху транспорту, удосконалення транспортної інфраструктури, перехід на електротранспорт.

Таким чином, якість середовища обумовлена станом атмосферного повітря, що відображається через флуктуючу асиметрію.

Ключові слова: флуктуюча асиметрія (ФА); антропогенний вплив; біоіндикація; береза повисла (*Betula pendula*); білатеральна симетрія; морфологічні ознаки; забруднення навколишнього середовища.

Постановка проблеми. Зростання інтенсивності впливу антропогенного навантаження на навколишнє середовище на сучасному етапі потребує екологічної оцінки усіх його складових, зокрема атмосферного повітря. Основними джерелами забруднення в умовах міста є промислові підприємства і автомобільний транспорт.

Ефективним методом оцінювання екологічного стану середовища є біоіндикація. Живі організми дуже чутливі до змін зовнішнього середовища і раніше реагують, ніж ці зміни будуть виявлені інструментальним методом [1].

Останнім часом поряд із традиційними методами контролю стану повітря, поширення набули методи біоіндикації, які ґрунтуються на оцінці морфометричних параметрів живих організмів. Одним із таких біологічних методів є флуктуюча асиметрія (ФА), яка характеризується статистично незначним відхиленням різниці величин правої і лівої частин листка рослини.

Функціонально активним органом, який реагує на зміни навколишнього середовища, є листова пластинка деревних рослин, тому вона найбільш часто використовується у біоіндикаційних дослідженнях.

Для міст і міських агломерацій проблема чистого повітря є особливо актуальною, тому важливо постійно здійснювати контроль за його якістю.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для якісної оцінки компонентів довкілля актуальними є експрес-методи. Біоіндикаційні методи є інтегральними, оскільки враховують вплив окремих чинників [2].

Як вважає чимало дослідників, біоіндикація є оперативним моніторингом навколишнього середовища на основі спостережень за станом і поведінкою біологічних об'єктів [3; 4; 5].

Показником стабільності розвитку організмів, які мають білатеральну будову досліджуваних структур є флуктуюча асиметрія. Згідно з авторами [1; 2; 4] саме *Betula pendula* є найбільш вдалим біоіндикатором для оцінки екологічного стресу. Стресові впливи різного типу викликають зміни розвитку у живих організмів, які можна оцінити за порушенням процесу гомеостазу [3].

Цей метод широко використовують для оцінки рівня забруднення навколишнього середовища як найбільш простий, доступний, перспективний [1; 2; 6].

Як стверджують окремі дослідники, ФА особливо виділяється серед різних форм асиметрії білатеральних ознак живих організмів, яка дозволяє оцінити нестабільність розвитку цілого організму або його частин [7]. В основі методу ФА лежить білатерально симетрична будова органів рослин, зокрема листової пластини. Перевагою цього методу є також можливість повторних дослідів [8].

За нормальних умов рівень відхилень у морфологічній будові є мінімальним і зростає за наявності стресового впливу, що призводить до збільшення асиметрії [2].

Ряд авторів засвідчують, що у якості біоіндикаційних деревних культур найбільш вдалим біоіндикаційним об'єктом є береза повисла (*Betula pendula*), оскільки вирізняється частотою трапляння на території міста, швидкою реакцією на зміни середовища, значними обсягами матеріалу [4; 5; 8].

В якості тест-об'єкта використовують листя берези повислої. При дії стресових факторів середовища спостерігається порушення стабільності морфогенезу листя і як наслідок, збільшення його асиметрії. На стабільність розвитку *Betula pendula* впливають викиди промислових підприємств та вихлопні гази автотранспорту [2; 4; 11].

Рядом авторів були розроблені шкали, за допомогою яких можна оцінити ступінь відхилень морфометричних параметрів від норми [9; 10].

Методи біоіндикації є досить ефективними при оцінці екологічного стану території, оскільки живі системи дуже чутливі до змін зовнішнього середовища і реагують раніше, ніж ці зміни стануть очевидними [1].

Мета і завдання досліджень. Мета роботи – дослідити і оцінити стан середовища міста м. Рівне методом визначення величин асиметрії морфологічних ознак берези повислої (*Betula pendula*), що проростає в різних районах міста з різним ступенем техногенного навантаження.

Завданням роботи було провести збір матеріалу по тест-полігонах відповідно до поставленої мети; обчислити рівень ФА листових пластинок, зібраних на тест-полігонах та на основі одержаних результатів оцінити якість середовища, спираючись на шкалу оцінки.

Об'єкт досліджень – забруднення повітряного середовища м. Рівного, предмет дослідження – відхилення у білатерально-симетричній будові листка *Betula pendula* під впливом антропогенних чинників.

Методи і методика досліджень. Дослідження були проведені маршрутним методом у 2024 році на території міста Рівне. Місто Рівне розташоване на межі Волино-Подільської височини і Поліської низовини. Північніше міста проходить межа між природними зонами Полісся та Лісостепу. Площа міста становить 71 км², населення 250 тис. жителів.

Для проведення досліджень територію міста було поділено на 12 досліджуваних тест-полігонів, які охоплюють житлові, антропогенно-навантажені та рекреаційні райони, площею 1–5 км². Тест-полігони I–IV представляють північну частину міста, IX–XII – південну, V – західну, VI–VII – центральну, VIII – східну частину міста.

Під час маршрутних досліджень на території міста відбирали зразки листя берези повислої у 29 точках спостережень, розташованих на дванадцяти тест-полігонах з різним ступенем антропогенного навантаження. Кількість досліджуваних зразків становила 580 екземплярів.

Для оцінки якості міського середовища використано показники стабільності розвитку берези повислої (*Betula pendula*) – дерево

родини березових (Betulaceae) висотою 20–25 м, з ажурною кроною і зазвичай обвислими гілками. *B. Pendula* – європейсько-середньосибірсько-середземноморський вид. Мезофанерофіт, мезофіт. Основна лісоутворююча порода дрібнолистяних лісів. *B. Pendula* широко використовується в озелененні.

Відбір зразків проводили з гілок першого порядку галуження з нижнього ярусу крони у липні місяці 2024 року. Вибірка включала до 10 дерев по 20 листових пластинок з кожного дерева. Проводили вимірювання показників ФА за загальновідомою методикою та оцінювали стан дерев рослин за показником стабільності розвитку.

Відбирали листки без наявних ушкоджень на висоті 2 м від поверхні землі. Обирали дерева, що ростуть на відкритих ділянках, враховували віковий стан дерев (брали до уваги середньовікові дерева). Збирали листки з нижньої частини крони на рівні піднятої руки з максимальної кількості доступних гілок з різних напрямків – з півночі, півдня, заходу, сходу. Листя відбирали приблизно одного розміру.

З кожного листка знімали показники з правої і лівої сторони за 5-ма параметрами:

- ширина половини листкової пластинки;
- довжина другої жилки другого порядку від основи листка;
- відстань між основами першої і другої жилок другого порядку;
- відстань між кінцями першої і другої жилок другого порядку;
- кут між основною жилкою першого порядку і другого від основи жилки другого порядку.

Вимірювання проводили за допомогою штангенциркуля, лінійки та транспортира.

Для кількісного вираження ступеня асиметрії організму розроблена шкала відхилення від норми, що характеризує рівень забруднення території на основі показника флуктуючої асиметрії, де 1 бал – «умовна норма», а бал 5 – «критичний стан» (Методика Захарова В. М. та ін., 2000, Горової, 2014).

Рівень флуктуючої асиметрії оцінювали за допомогою інтегрального показника – величини середнього відносного розходження на ознаку (X) (1–3):

$$Y = \frac{X_{\text{л}} - X_{\text{п}}}{X_{\text{л}} + X_{\text{п}}} ; \quad (1)$$

$$Z = \frac{Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4 + Y_5}{N} ; \quad (2)$$

$$\bar{X} = \frac{\sum Z}{n} = \frac{Z_1 + Z_2 \dots + Z_n}{n} , \quad (3)$$

де Y – показник, розрахований для кожної ознаки як розходження між правим (П) та лівим (Л) боками, Z – відносна середня відмінність між ознаками для кожного листка, N – кількість ознак (5), X – інтегральний показник асиметрії, n – число листків.

Таким чином, зіставивши отримані у ході розрахунків значення показників асиметрії зі шкалою відхилення від норми, ми оцінили стан навколишнього середовища досліджуваної території.

Виклад основного матеріалу дослідження. Величина асиметричності оцінюється за допомогою інтегрального показника – величини середньої відносної похибки на ознаку. Подібні обрахунки проводимо для кожної ознаки. В результаті проведених досліджень та обрахунків отримуємо 5 значень Y для одного листка. Такі ж обрахунки проводять для кожного листка окремо. Результати розрахунків зводимо в табл. 1.

Таблица 1

Величина асиметрії листової пластинки *Betula pendula*
(тест-полігон VII, приклад розрахунку для 10-ти листків)

№	Ознака					Величина асиметрії листка (Z)
	1. Ширина половинок (Y ₁)	2. Довжина 2-ї жилки (Y ₂)	3. Відстань між основами 1-ї і 2-ї жилки (Y ₃)	4. Відстань між кінцями 1-ї і 2-ї жилки (Y ₄)	5. Кут між центральною і 2-ю жилками (Y ₅)	
парк ім. Шевченка						
1	0,000	0,038	0,111	0,053	0,026	0,046
2	0,062	0,054	0,143	0,091	0,024	0,075
3	0,071	0,020	0,091	0,053	0,027	0,052
4	0,034	0,057	0,143	0,048	0,143	0,085
5	0,000	0,034	0,143	0,091	0,048	0,063
6	0,062	0,033	0,111	0,091	0,077	0,075
7	0,062	0,020	0,250	0,111	0,012	0,091
8	0,111	0,000	0,250	0,048	0,040	0,090
9	0,062	0,020	0,111	0,053	0,111	0,107
10	0,028	0,017	0,091	0,111	0,086	0,067

У табл. 1 приводиться розрахунок середньої відносної величини асиметрії для 10 рослин тест-полігону VII, точка спостереження – парк ім. Шевченка.

Інтегральним показником стабільності розвитку для мірних ознак є середня величина відносного розходження між сторонами. Цей показник розраховується як середнє арифметичне суми відносної величини асиметрії з усіма ознаками (табл. 2).

Таблиця 2

Інтегральний показник ($\bar{X}$) флуктуючої асиметрії популяції *Betula pendula* на території м. Рівного

№ тест-полігону	Середнє значення ФА за кожною ознакою					Середнє значення ФА	Бал
	1	2	3	4	5		
I	0,053	0,015	0,111	0,048	0,059	0,057	5
II	0,023	0,031	0,091	0,077	0,036	0,052	4
III	0,045	0,029	0,111	0,043	0,016	0,049	3
IV	0,048	0,014	0,125	0,043	0,022	0,049	3
V	0,043	0,022	0,142	0,103	0,022	0,057	5
VI	0,080	0,019	0,098	0,028	0,073	0,060	5
VII	0,025	0,014	0,111	0,130	0,017	0,059	5
VIII	0,073	0,022	0,094	0,055	0,028	0,054	4
IX	0,062	0,022	0,074	0,111	0,030	0,060	5
X	0,026	0,012	0,111	0,030	0,010	0,037	1
XI	0,080	0,018	0,097	0,027	0,072	0,059	5
XII	0,020	0,012	0,077	0,120	0,020	0,050	4
середнє	0,048	0,019	0,103	0,068	0,034		

Наведені у табл. 2 дані показують, що не за всіма застосованими морфометричними параметрами листків дерев спостерігається однакова реакція рослин на антропогенне навантаження. Серед 5-ти

обраних морфометричних параметрів, ознака 3 (відстань між основами 1 і 2 жилки) володіє високим рівнем розходження між правим і лівим боками листової пластинки *B. pendula* у всіх досліджуваних районах, тобто є найбільш чутливою до впливу техногенного забруднення (середнє значення становить 0,103 см).

Найбільш стійким до впливу техногенного забруднення є параметр 2 – довжина другої жилки другого порядку, асиметрія якого не перевищує 0,019 см, що свідчить про її нечутливість до факторів навколишнього середовища (рис. 1).

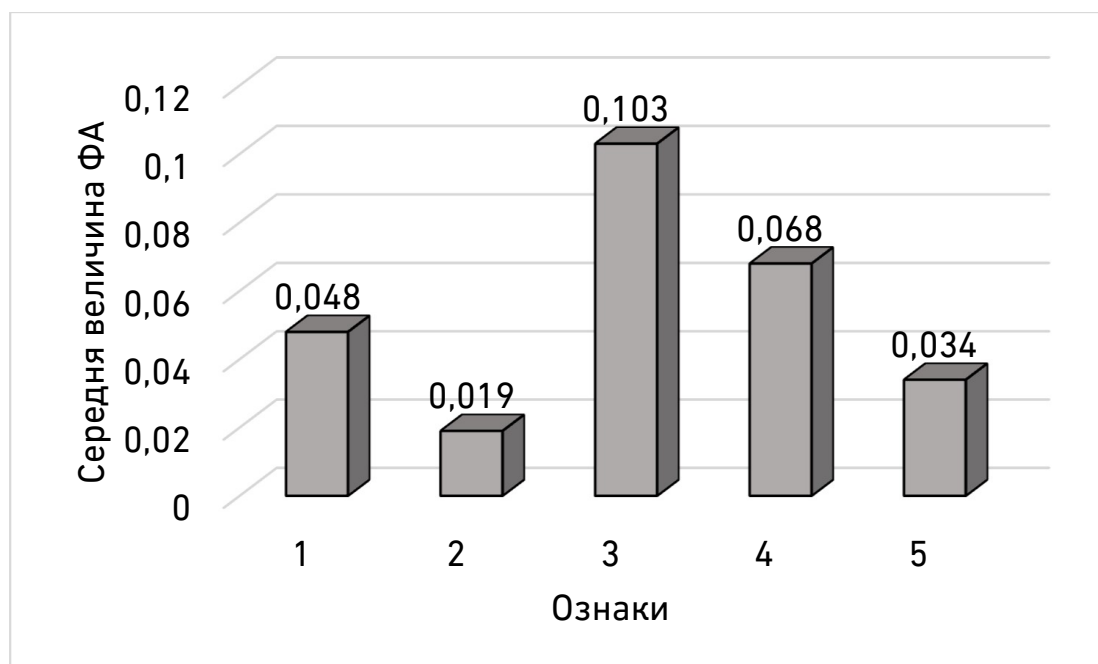


Рис. 1. Середня величина асиметрії для кожної ознаки по місту загалом:

1 – ширина половини листової пластинки; 2 – довжина другої жилки другого порядку від основи листка; 3 – відстань між основами першої і другої жилок другого порядку; 4 – відстань між кінцями першої і другої жилок другого порядку;

5 – кут між основною жилкою першого порядку і другою від основи жилки другого порядку

Характеристика районів м. Рівного за інтегральним показником флуктуючої асиметрії популяції *Betula pendula* подано в табл. 3.

Обговорення отриманих результатів. На основі даних натурних спостережень було створено картограму стану навколишнього

середовища м. Рівного за показниками флуктуючої асиметрії за тест-полігонами (рис. 2).

Таблиця 3

Характеристика районів м. Рівного за інтегральним показником флуктуючої асиметрії популяції *Betula pendula*

№ тест-полігону	Середнє значення асиметрії	Бал	Характеристика стану середовища
I	0,057	5	Критичний стан
II	0,052	4	Значне відхилення від норми
III	0,049	3	Середній рівень відхилення від норми
IV	0,049	3	Середній рівень відхилення від норми
V	0,057	5	Критичний стан
VI	0,060	5	Критичний стан
VII	0,059	5	Критичний стан
VIII	0,054	4	Значне відхилення від норми
IX	0,060	5	Критичний стан
X	0,037	1	Стабільність умовної норми
XI	0,059	5	Критичний стан
XII	0,050	4	Значне відхилення від норми

Із картограми видно, що максимальні показники ФА (0,057–0,060) спостерігаються на тест-полігонах I, V–VII, IX та XI, відповідно в північній, центральній та південній частині міста. Показники ФА відповідають критичному стану та мають максимальний бал – 5. На нашу думку, найбільшого техногенного впливу *Betula pendula* зазнає в результаті великої інтенсивності транспортного потоку. Це територія мікрорайону Ювілейний, вулиця Соборна, центр міста, район Тинного, Басів Кут. Це райони зі значними транспортними потоками.

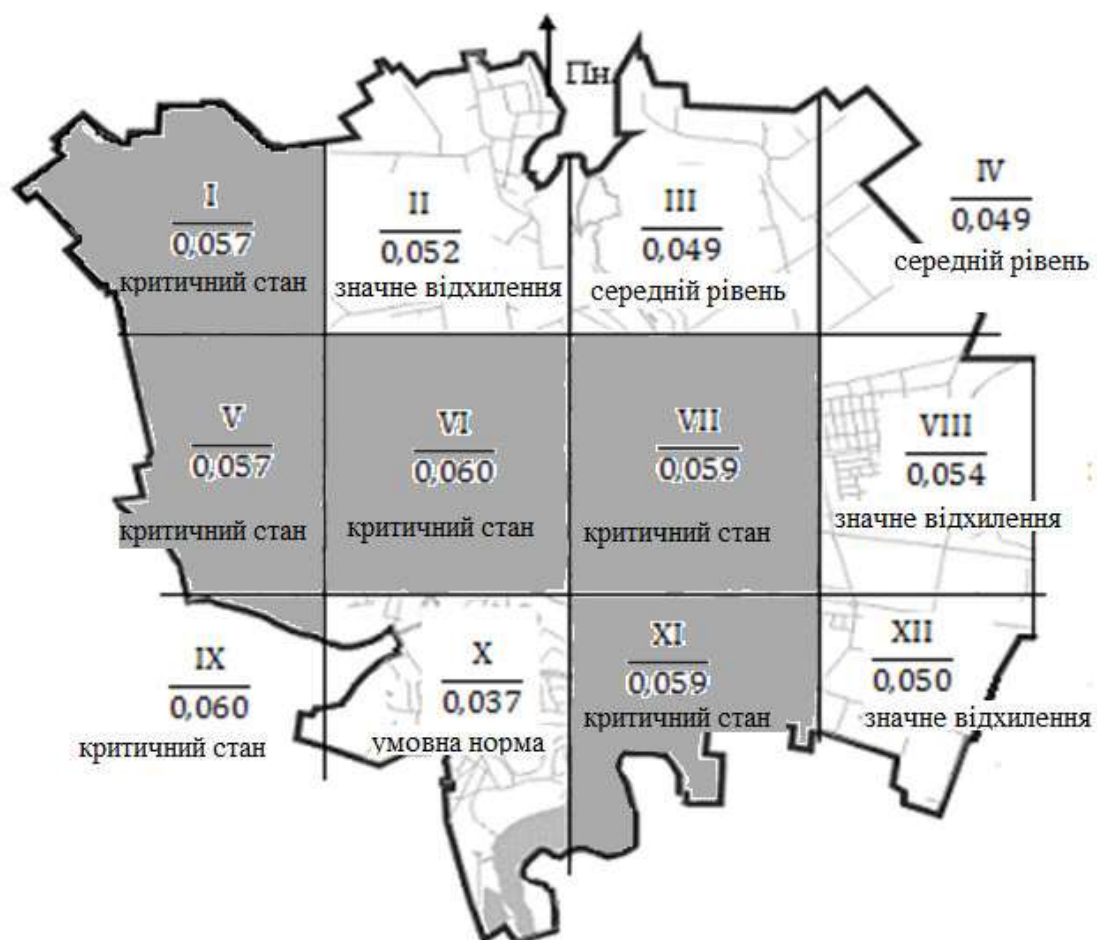


Рис. 2. Картограма стану навколишнього середовища м. Рівне за показниками ФА:

I
0,057 – номер тест-полігону, середнє значення ФА, якість
критичний стан середовища

ФА на тест-полігонах II (північна частина міста), VIII (східна частина міста) і XII (південна частина міста) становить 0,050–0,054 і характеризує досліджувану територію як таку, що має значне відхилення розвитку *Betula pendula* від норми (бал стабільності розвитку становить 4).

Мінімальні показники асиметрії спостерігаються на тест полігоні X – 0,037 (1 бал). Це пов'язано з тим, що ця ділянка характеризується значно меншим транспортним потоком, найбільш віддалена від центральної траси (район гідропарку міста). Тут переважає

рекреаційне навантаження, яке не має суттєвого впливу на показник ФА. Стан середовища характеризується як стабільність умовної норми.

Висновки

1. За середнім значенням ФА встановлено залежність порушення рівня симетрії внаслідок забруднення міського середовища. Найбільшого техногенного впливу зазнає *Betula pendula* на території 1, V, VII, IX та XI тест-полігонів. Показник ФА в цих частинах міста коливається від 0,057 до 0,060. Стан середовища характеризується як критичний (близько 50% території міста) і оцінюється у 5 балів. Найбільш сприятливим є середовище у районі X тест-полігону із показником ФА 0,037, що відповідає стабільності умовної норми і оцінюється як 1 бал.

2. Найбільш чутливим до впливу техногенного забруднення середовища міста є показник параметра 3 листової пластинки *Betula pendula* – це відстань між основами першої і другої жилок другого порядку, середнє значення якого становить 0,103 см.

Найбільш стійким до впливу техногенного забруднення є параметр 2 – довжина другої жилки другого порядку, асиметрія якого не перевищує 0,019 см.

3. Таким чином, якість середовища обумовлена станом атмосферного повітря, що відображається через флюктуючу асиметрію. В результаті досліджень було підтверджено, що джерелом надходження забруднюючих речовин в атмосферу є викиди автотранспорту.

4. Показник ФА виступає критерієм сталого розвитку рослинних організмів і може використовуватися в якості біоіндикаційної ознаки при екологічних дослідженнях міського середовища.

5. Для покращення екологічної ситуації у місті пропонується: упорядкування руху транспорту, удосконалення транспортної інфраструктури, перехід на електротранспорт.

1. Бессонова В. П. Методи фітоіндикації в оцінці екологічного стану довкілля : навч. посіб. Запоріжжя : ЗДУ, 2001. 196 с. 2. Склярєнко А. В. Оцінювання впливу промислових умов на величину флюктуючої асиметрії листової пластинки *Betula Pendula* Запоріжжя. *Науковий вісник НЛТУ України*. Дніпро, 2019. № 6. С. 54–57. 3. Дідух Я. П. Основи біоіндикації. Київ : НВП «Видавництво «Наукова думка» НАН України», 2012. 44 с. 4. Петрушкевич Ю. М. Вплив

промислових умов на величину флуктуючої симетрії листкової пластинки *Betula pendula*. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету. Біологія*. Тернопіль, 2018. № 1 (72). С. 82–89. **5.** Савосько В. М., Домшина К. М., Савосько В. В. Морфологічні особливості листків берези повислої культур дендроценозів степу в умовах промислового міста. *Питання біоіндикації та екології*. 2013. Вип. 18. № 2. С. 121–133. **6.** 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*. 2021. № 1. С. 41–47. **7.** 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. С. 98–104. **8.** Буцяк А. А., Буцяк В. І., Музіка Л. І. Використання рослин біоіндикаторів для оцінки стану атмосферного повітря в зоні діяльності Добротвірської ТЕС. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Ґжицького*. Львів, 2018. С. 122–126. **9.** Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт студентами напряму підготовки 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування» / А. І. Горова та ін. Національний гірничий університет. Д., 2014. 76 с. **10.** Здоровье среды: практика оценки / Захаров В. М. и др. М. : Изд. Центра экол. политики России, 2000. 318 с. **11.** Прищепа А. М., Борщевська І. М., Буднік З. М., Брежицька О. А., Курилюк О. М. Біоіндикаційна оцінка стану повітряного середовища міста Рівного на основі аналізу флуктуючої асиметрії. *Вісник національного університету водного господарства та природокористування. Сільськогосподарські науки*. 2017. Вип. 4(80). С. 30–38.

REFERENCES:

1. Bessonova V. P. Metody fitoindykatsii v otsyntsi ekolohichnoho stanu dovkillia : navch. posib. Zaporizhzhia : ZDU, 2001. 196 s.
2. Skliarenko A. V. Otsiniuvannia vplyvu promyslovykh umov na velychynu fluktuiuchoi asymetrii lystkovoï plastynky *Betula Pendula* Zaporizhzhia. *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy*. Dnipro, 2019. № 6. S. 54–57.
3. Didukh Ya. P. Osnovy bioindykatsii. Kyiv : NVP «Vydavnytstvo «Naukova dumka» NAN Ukrainy», 2012. 44 s.
4. Petrushkevych Yu. M. Vplyv promyslovykh umov na velychynu fluktuiuchoi symetrii lystkovoï plastynky *Betula pendula*. *Naukovi zapysky Ternopilskoho natsionalnoho pedahohichnoho universytetu. Biolohiia*. Ternopil, 2018. № 1 (72). S. 82–89.
5. Savosko V. M., Domshyna K. M., Savosko V. V. Morfolohichni osoblyvosti lystkiv berezy povysloi kultur dendrotsenoziv stepu v umovakh promysloвого mista. *Pytannia bioindykatsii ta ekolohii*. 2013. Vyp. 18. № 2. S. 121–133.
6. Mashtaler O. V., Mylka A. V., Mikulich L. O. Otsinka stanu miskoho

seredovyshcha za pokaznykamy fluktuiuchoi asymetrii lystkiv *Betula pendula* Roth. (na prykladi m. Mohyliv-Podilskyi). *Acta Biologica Ukrainica*. 2021. № 1. S. 41–47. **7.** Leheta U. V., Sytnikova I. O. Otsinka ekolohichnoho stanu terytorii Chernivetskoi oblasti za intehralnym pokaznykom fluktuiuchoi asymetrii (na prykladi *Tussilago farfara* L.). *Pryrodnychiy almanakh*. 2012. S. 98–104. **8.** Butsiak A. A., Butsiak V. I., Muzika L. I. Vykorystannia roslyn bioindykatoriv dlia otsinky stanu atmosferneho povitria v zoni diialnosti Dobrotvirskoi TES. *Naukovyi visnyk Lvivskoho natsionalnoho universytetu veterynarnoi medytsyny ta biotekhnolohii imeni S.Z. Gzhytskoho*. Lviv, 2018. S. 122–126. **9.** Metodychni rekomendatsii do vykonannia laboratornykh robot studentamy napriamu pidhotovky 6.040106 «Ekolohiia, okhorona navkolyshnoho seredovyshcha ta zbalansovane pryrodokorystuvannia» / A. I. Horova ta in. Natsionalnyi hirnychiy universytet. D., 2014. 76 s. **10.** Zdorove sredi: praktyka otsenky / Zakharov V. M. y dr. M. : Yzd. Tsentra ekol. polytyky Rossyy, 2000. 318 s. **11.** Pryshchepa A. M., Borshchevska I. M., Budnik Z. M., Brezhytska O. A., Kuryliuk O. M. Bioindykatsiina otsinka stanu povitrianoho seredovyshcha mista Rivnoho na osnovi analizu fluktuiuchoi asymetrii. *Visnyk natsionalnoho universytetu vodnoho hospodarstva ta pryrodokorystuvannia. Silskohospodarski nauky*. 2017. Vyp. 4(80). S. 30–38.

Klymenko M. O., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Borshchevska I. M., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Associate Professor, Turchyna K. P., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Associate Professor, Klymenko L. V., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Associate Professor (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

ASSESSMENT OF THE ENVIRONMENTAL QUALITY OF THE CITY OF RIVNE BASED ON FLUCTUATING ASYMMETRY INDICATORS

The environmental quality of the city of Rivne was assessed by indicators of fluctuating asymmetry (FA). The magnitude of the asymmetry of the morphological features of leaf plates of the hanging birch (*Betula pendula*), which grows in different areas of the city with different degrees of technogenic load, was determined.

The state of the urban environment was assessed using a scoring scale based on test polygons. For the research, the city territory was divided into 12 test polygons covering residential, anthropogenically loaded and recreational areas, with an area of 1–5 km². Test polygons

I–IV represent the northern part of the city, IX–XII – the southern, V – the western, VI–VII – the central, VIII – the eastern part of the city.

To quantitatively express the degree of asymmetry of the plant organism, a deviation scale from the norm was developed, which characterizes the level of pollution of the territory based on the fluctuating asymmetry indicator, where 1 point is the "conditional norm", and 5 points are "critical condition".

Based on the calculation of the average value of FA, the dependence of the symmetry level violation due to urban environment pollution was established. *Betula pendula* is subjected to the greatest technogenic impact in the territories of 1, V, VII, IX and XI test polygons. The FA indicator in these parts of the city ranges from 0.057 to 0.060. The state of the environment is characterized as critical (about 50% of the city territory) and is estimated at 5 points. The most favorable is the environment in the area of X test polygon with a FA indicator of 0.037, which corresponds to the stability of the conditional norm and is estimated at 1 point.

The influence of atmospheric air pollution on the state of the generative organs of *Betula pendula* was revealed. It was established that among the five morphometric parameters, characteristic 3 (the distance between the bases of the 1st and 2nd veins) is the most sensitive to the influence of technogenic pollution. The most resistant characteristic to technogenic influence is parameter 2 – the length of the 2nd vein of the 2nd order.

Based on the data of field observations, a map of the state of the environment of the city of Rivne was created according to FA indicators for test polygons. Recommendations were proposed to improve the ecological situation of the city of Rivne: streamlining traffic, improving transport infrastructure, switching to electric transport.

Thus, the quality of the environment is determined by the state of atmospheric air, which is reflected through fluctuating asymmetry.

***Keywords:* fluctuating asymmetry (FA); anthropogenic impact; bioindication; pendulous birch (*Betula pendula*); bilateral symmetry; morphological features; environmental pollution.**