



А. В. Склярєнко

Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро, Україна

ОЦІНЮВАННЯ ВПЛИВУ ПРОМИСЛОВИХ УМОВ НА ВЕЛИЧИНУ ФЛУКТУЮЧОЇ АСИМЕТРІЇ ЛИСТКОВОЇ ПЛАСТИНКИ *BETULA PENDULA* ЗАПОРІЗЖЯ

Досліджено мінливість морфометричних параметрів листкової пластинки *Betula pendula* в різних насадженнях за впливом урботехногенного середовища м. Запоріжжя. Збір матеріалу проведено після зупинки росту листкових пластинок, наприкінці липня – на початку серпня 2017–2018 рр. Проби листків *Betula pendula* відібрано в зелених насадженнях санітарних зон 7 промислових підприємств з різними класами шкідливості. Вимірювання проведено за п'ятьма показниками у міліметрах (параметри 1–4) та градусами (параметр 5) з лівого і правого боків листкової пластинки. Під час аналізу комплексу морфометричних ознак використано інтегральний показник за методикою В. М. Захарова (2000). Найчутливішими до впливу урботехногенного середовища пластинки *Betula pendula* є показник 3 параметра – відстань між основами першої та другої жилок другого порядку, середнє значення якого становить 0,111 см. Параметр 2 – довжина другої від основи листка жилки другого порядку, є найбільш стійкий до впливу чинників техногенного забруднення середовища, асиметрія не перевищує 0,030 см. На основі обчислення середнього значення флюктуючої асиметрії встановлено залежність порушення рівня симетрії за дії забруднення довкілля. Мінімальне значення коефіцієнта асиметрії (0,040) зафіксовано в насадженнях Трансформаторного заводу. Найбільшого техногенного пресу *Betula pendula* зазнає в захисних насадженнях, що ростуть біля промислових об'єктів Вогнетриву, Запоріжсталь, Коксохіму, Дніпроспецсталь, Титано-магнієвого та Алюмінієвого комбінатів (межі коливання показника флюктуючої асиметрії на цих ділянках від 0,058 до 0,065).

Ключові слова: *Betula pendula*; флюктуюча асиметрія; інтегральний показник стабільності розвитку.

Вступ. Підвищення інтенсивності впливу антропогенного навантаження на урбоекосистеми потребує екологічної оцінки усіх її складових, насамперед атмосферного повітря. Це можуть забезпечити методи біоіндикації, особливо ті, що базуються на морфогенетичному підході, який засновано на внутрішньоіндивідуальній мінливості морфологічних структур, а саме ступеня прояву флюктуючої асиметрії. Фітоіндикація є досить ефективною під час оцінювання екологічного стану території, оскільки живі системи дуже чутливі до змін зовнішнього середовища і мають властивість реагувати раніше, ніж ці зміни стануть очевидними (Bessonova et al., 1996a, 1996b; Bessonova, 1999). Як біоіндикаційні деревні культури, для визначення забруднення навколишнього середовища, використовують *Betula pendula* (Savintceva et al., 2012; Malashchenko et al., 2013; Ivanov et al., 2015; Seredova, 2017; Butsiak et al., 2018; Petrushkovych, 2018), *Acer platanoides* (Наврюкова, 2014), *Acer pseudoplatanus* (Glukhov et al., 2011) *Salix alba*, *Populus pyramidalis* (Pliatsuk, 2015), *Quercus geminata* і *Q. myrtifolia* (Cornelissen et al., 2003), *Miconia fallax* (Silva et al., 2016), *Armeniaca vulgaris* (Ibragimova, 2010).

Листки *Betula pendula* може бути зручним показником для швидкої оцінки якості навколишнього середовища. Встановлено, що в урбанізованій зоні, в екологічних важких умовах, листки характеризуються збіль-

шенням довжини черешка, зменшенням довжини та ширини листової пластинки та її площі. Режими догляду за культурдендрозенносами не компенсують негативний вплив екологічних чинників (Savosko et al., 2013). Шкідники, які пошкоджують листову пластинку, також можуть викликати збільшення флюктуючої асиметрії листка (Kozlov et al., 2018). Цей показник для берези повислої в урбанізованому середовищі збільшується залежно від концентрації таких забрудників, як нікель (Kozlov et al., 1996), важкі метали і хронічне іонізуюче випромінювання (Ivanov et al., 2015), а також дещо збільшується у посушливих умовах (Bessonova et al., 1996a). У багатьох літературних джерелах зазначають, що на стабільність розвитку *Betula pendula* впливають викиди промислових підприємств та вихлопні гази автотранспорту (Pliatsuk, 2015; Minakova et al., 2015; Petrushkovych, 2018). Проте деякі дослідники наголошують на тому, що показники асиметрії спричиняють абіотичні та біотичні чинники (Beliaeva, 2013), вікові показники (Zorina, 2014). Сукупно всі чинники завдають істотного навантаження на рослинні насадження, що може відобразитись на зміні морфологічних ознак асиміляційного апарату *Betula pendula*.

Проте існують дослідження, які не підтверджують зв'язку між показниками флюктуючої асиметрії листків та рівнем забруднювального атмосферного повітря. Цей

Інформація про авторів:

Склярєнко Анастасія Вікторівна, аспірант, кафедра садово-паркового господарства. Email: s-k2015@ukr.net;

<https://orcid.org/0000-0002-4954-5007>

Цитування за ДСТУ: Склярєнко А. В. Оцінювання впливу промислових умов на величину флюктуючої асиметрії листкової пластинки *Betula Pendula* Запоріжжя. Науковий вісник НЛТУ України. 2019, т. 29, № 6. С. 54–57.

Citation APA: Sklyarenko, A. V. (2019). Assessing the impact of industrial conditions on the level of fluctuating asymmetry of the *Betula Pendula* leaf blade in the city of Zaporizhzhya. *Scientific Bulletin of UNFU*, 29(6), 54–57. <https://doi.org/10.15421/40290611>

показник не показав ніякої реакції ні на важкі метали, ні на посуху (Zverev et al., 2018). Про відсутню реакцію флуктуючої асиметрії на екологічний стрес відображено і в інших роботах (Sandner et al., 2019; Coster et al., 2013).

Останнім часом проаналізували флористичний склад санітарно-захисних зон, дендрофлору зелених насаджень (сучасний стан і перспективи її збереження та використання). Проте вивчення флуктуючої асиметрії листків берези повисло в умовах Запоріжжя не проводили.

Метою роботи – визначення рівня забруднення повітряного середовища м. Запоріжжя методом біоіндикації зі застосуванням флуктуючої асиметрії листків.

Матеріал і методи дослідження. Збір матеріалу проводили після зупинки росту листових пластинок, наприкінці липня – на початку серпня 2017–2018 рр. Проби листків *Betula pendula* відібрали в зелених насадженнях санітарних зон 7 промислових підприємств з різними класами шкідливості: Запорізький Титано-магнієвий комбінат – ділянка 1, ПАТ "Електрометалургійний завод Дніпроспецсталь" – ділянка 2, ПАТ "Запоріжжкокс" – ділянка 3), "Закрите акціонерне товариство Вогнетрив-СОЮЗ" – ділянка 4, ПАТ "Запорізький металургійний комбінат "Запоріжсталь"" – ділянка 5, ПАТ "Запорізький виробничий алюмінієвий комбінат" – ділянка 6). Сьома ділянка знаходилась в іншому районі, який вважають відносно чистим, і вона розташована поруч з заводом, який належить до 4 класу шкідливості – ПАТ "Запоріжтрансформатор". Контрольна ділянка знаходилась в умовно чистій зоні. Збір листя проводили з рослин, що знаходяться у відносно однакових екологічних умовах за рівнем освітлення, типу біотопа. Листя – приблизно однакового, середнього для цього виду розміру, з нижньої частини крони, на рівні 1,5 м від поверхні ґрунту. Для аналізу використовували тільки середньовікові рослини.

Вимірювання проводили за п'ятьма показниками у міліметрах (параметри 1–4) та градусами (параметр 5) з лівого і правого боків листової пластинки: 1) ширина половини листка; 2) довжина жилки листка другого порядку; 3) відстань між основою першої і другої жилки другого порядку; 4) відстань між кінцями першої і другої жилки другого порядку; 5) кут між головною жилкою і другою від основи листка жилкою другого порядку (рисунок).

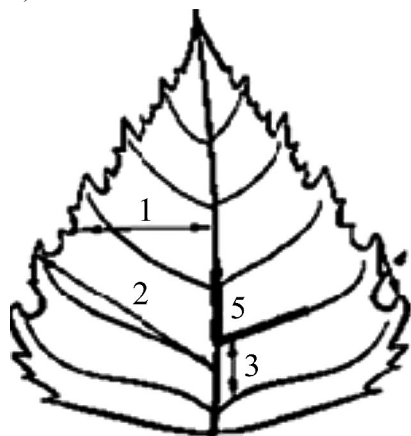


Рисунок. Показники для визначення асиметрії листової пластинки

Розрахунки інтегрального значення флуктуючої асиметрії здійснювали за формулами:

$$Y = \frac{|L - R|}{L + R}; Z = \frac{Y_1 + T_2 + \dots + Y_n}{N}; X = \frac{\sum Z}{n} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n z_j,$$

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

Під час аналізу комплексу морфологічних ознак використовували інтегральний показник за методикою (Zakharov et al., 2000).

Табл. 1. Шкала оцінки відхилень стану організму від умовної норми за величиною інтегрального показника стабільності розвитку

Бал	Величина показника стабільності розвитку	Значення стабільності розвитку
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

Результати досліджень та їх обговорення. За результатами замірів та статистичної обробки величини асиметрії за 5 параметрами листової пластинки найбільш стійкою виявилась ознака 2 – довжина другої від основи листка жилки другого порядку, середні значення якої змінювалися від 0,016 до 0,034 на різних дослідних ділянках (табл. 1). За параметром 3 (відстань між основами першої та другої жилок другого порядку) розбіжність між показниками лівої і правої сторін листка виявилась максимальною, величина асиметрії досягає 0,145 (на ділянці 2 – завод Дніпроспецсталь). Цей параметр найбільш інформативний, що підтверджується в роботах інших науковців (Tagigova & Kulagin, 2015; Petrushkovych, 2018).

За ступенем збільшення порушення асиметрії показники утворили таку послідовність: 2>5>1>4>3.

Під час проведення дослідження встановили загальний показник асиметрії морфометричних параметрів листової пластинки дерев *Betula pendula*. Виявили відмінності за величиною флуктуючої асиметрії, що є сукупним відображенням порушення стабільності розвитку листка цього виду на різних ділянках.

Максимальний показник флуктуючої асиметрії *Betula pendula* відзначили на ділянці 1 (ПАТ "Вогнетрив") – 0,065. Це підприємство належить до III класу шкідливості, але близько розташоване до мартенівських печей Заводу Запоріжсталь. На ділянках 2–7 коефіцієнт флуктуючої асиметрії змінюється в межах 0,058–0,065. Мінімальні порушення спостерігаємо в санітарно-захисних насадженнях Трансформаторного заводу – 0,040. За шкалою оцінки відхилень стану організму від умовної норми визначили величину інтегрального показника стабільності розвитку для *Betula pendula* (табл. 2). Як видно з табл. 3, стабільність розвитку характеризується різними балами. У зелених зонах Трансформаторного заводу інтегральний показник *Betula pendula* відповідає балу II, що свідчить про незначне відхилення від норми. Ця ділянка знаходилась в 7 км від промислового скупчення підприємств. Максимальні значення порушення стабільності розвитку відзначили в дерев, які

зростають на ділянках з великим промисловим і транспортним навантаженням. Дані отримали на ділянках, оцінили в 5 балів, що характеризують "критичний" стан середовища. Такі заводи, як Дніпроспецсталь та Коксохім, знаходяться поряд, межують один з одним, їх значення флюктуючої асиметрії однакові – 0,061. Підприємство "Запоріжсталь" належить до I класу шкідливості, але показник асиметрія, порівняно з іншими точками відбору, значно менший. Це можна обґрунтувати, по-перше, тим, що за цими деревами здійснюють нагляд та постійно поливають, хоча, за дослідженнями деяких дослідників, режими догляду за культурдендропеонами не компенсують негативного впливу екологічних чинників (Savosko et al., 2013), а по-друге, дим внаслідок промислової діяльності заводу значно вище зосереджений, оскільки труби мають значну висоту.

Табл. 2. Значення параметрів флюктуючої асиметрії

Місце відбору проб	Ознака	$\bar{x} \pm s \bar{x}$	min	max	S
Контроль	1	0,027 ^{±0,003}	0,000	0,076	0,019
	2	0,016 ^{±0,002}	0,000	0,072	0,015
	3	0,066 ^{±0,011}	0,000	0,230	0,055
	4	0,012 ^{±0,003}	0,000	0,091	0,023
	5	0,030 ^{±0,003}	0,000	0,073	0,022
	ФА	0,030 ^{±0,009}	0,012	0,066	0,021
Титано-магнієвий комбінат	1	0,030 ^{±0,003}	0,005	0,084	0,019
	2	0,022 ^{±0,003}	0,000	0,131	0,021
	3	0,143 ^{±0,016}	0,000	0,404	0,105
	4	0,059 ^{±0,006}	0,000	0,211	0,024
	5	0,060 ^{±0,015}	0,005	0,638	0,098
	ФА	0,062 ^{±0,021}	0,022	0,143	0,047
Дніпроспецсталь	1	0,031 ^{±0,004}	0	0,100	0,024
	2	0,022 ^{±0,002}	0	0,058	0,014
	3	0,145 ^{±0,020}	0	0,552	0,127
	4	0,074 ^{±0,009}	0	0,243	0,060
	5	0,035 ^{±0,003}	0	0,077	0,022
	ФА	0,061 ^{±0,023}	0,022	0,145	0,050
Коксохім	1	0,039 ^{±0,005}	0	0,119	0,028
	2	0,034 ^{±0,009}	0,006	0,356	0,054
	3	0,121 ^{±0,013}	0	0,388	0,081
	4	0,074 ^{±0,005}	0,02	0,182	0,036
	5	0,041 ^{±0,004}	0	0,108	0,026
	ФА	0,061 ^{±0,016}	0,033	0,121	0,036
Вогнетрив	1	0,047 ^{±0,005}	0	0,139	0,035
	2	0,029 ^{±0,004}	0	0,096	0,025
	3	0,103 ^{±0,012}	0	0,396	0,075
	4	0,094 ^{±0,020}	0	0,807	0,127
	5	0,054 ^{±0,007}	0	0,168	0,043
	ФА	0,065 ^{±0,014}	0,029	0,103	0,032
Запоріжсталь	1	0,033 ^{±0,003}	0	0,092	0,024
	2	0,024 ^{±0,002}	0	0,092	0,018
	3	0,134 ^{±0,018}	0	0,611	0,116
	4	0,069 ^{±0,005}	0	0,142	0,033
	5	0,032 ^{±0,003}	0	0,086	0,022
	ФА	0,058 ^{±0,020}	0,24	0,134	0,018
Алюмінієвий	1	0,045 ^{±0,005}	0,003	0,233	0,037
	2	0,030 ^{±0,003}	0,001	0,076	0,019
	3	0,115 ^{±0,015}	0	0,531	0,100
	4	0,072 ^{±0,008}	0	0,190	0,051
	5	0,051 ^{±0,006}	0	0,135	0,038
	ФА	0,063 ^{±0,015}	0,030	0,115	0,032
Трансформаторний	1	0,033 ^{±0,004}	0	0,136	0,029
	2	0,021 ^{±0,003}	0	0,051	0,016
	3	0,066 ^{±0,011}	0	0,313	0,069
	4	0,047 ^{±0,006}	0	0,139	0,042
	5	0,034 ^{±0,005}	0	0,151	0,032
	ФА	0,040 ^{±0,007}	0,021	0,066	0,017

Примітка: \bar{x} – середнє значення у вибірці, $s \bar{x}$ – похибка середнього значення, min – мінімальне значення у вибірці, max – максимальне значення у вибірці, S – стандартне відхилення.

Табл. 3. Шкала оцінки відхилень стану організму від умовної норми за величиною інтегрального показника стабільності розвитку

Досліджувана ділянка	Величина показника стабільності розвитку	Якість середовища	Бал
Контроль	0,030	нормальна	I
Титаномагнієвий комбінат	0,062	критичний стан	V
Дніпроспецсталь	0,061	критичний стан	V
Коксохім	0,061	критичний стан	V
вогнетрив	0,065	критичний стан	v
Запоріжсталь	0,058	критичний стан	V
алюмінієвий	0,063	критичний стан	v
Трансформаторний	0,040	початкове відхилення від норми	II

Отже, використання інтегрального показника флюктуючої асиметрії, розрахованого на основі показників листкової пластинки, відображає значні відмінності в стабільності розвитку *Betula pendula* залежно від рівня техногенного навантаження.

Висновки

1. Найчутливішими до впливу урботехногенного середовища пластинки *Betula pendula* є показник 3 параметра – відстань між основами першої та другої жилки другого порядку, середнє значення якого становить 0,111 см.
2. Параметр 2 – довжина другої від основи листка жилки другого порядку є найбільш стійкий до впливу чинників техногенного забруднення середовища, асиметрія не перевищує 0,030 см.
3. На основі обчислення середнього значення флюктуючої асиметрії встановлено залежність порушення рівня симетрії внаслідок забруднення довкілля. Найбільшого техногенного пресу *Betula pendula* зазнає в захисних насадженнях, що ростуть біля промислових об'єктів Вогнетриву, Запоріжсталь, Коксохіму, Дніпроспецсталь, Титано-магнієвого та Алюмінієвого комбінатів (межі коливання показника флюктуючої асиметрії на цих ділянках від 0,058 до 0,065).

Перелік використаних джерел

- Beliaeva, Iu. V. (2013). Indicators of fluctuating asymmetry *Betula pendula* Roth. under conditions of anthropogenic impact (on the example of G. O. Togliatti). *Izvestia Samarskogo nauchnogo tcentra RAN*, 3(7), 2196–2200. [In Russian].
- Beliaeva, Iu. V. (2014). Indicators of fluctuating asymmetry *Betula pendula* Roth. In natural and anthropogenic conditions Togliatti. *Samarskaia Luka: problemy regionalnoi i globalnoi ekologii*, 3, 167–174. [In Russian].
- Bessonova, V. P. (1999). Indication of environmental pollution by their accumulation in plants. *Pytannia bioindykatsii ta ekolohii*, 4, 11–21. [In Russian].
- Bessonova, V. P., Fendiur, L. M., & Peresytkina, T. M. (1996). Possibilities of using decorative flower plants for phytodynamic pollution of the environment. The content of green pigments. *Ukrainian Botanical Journal*, 53(2), 319–324. [In Ukrainian].
- Bessonova, V. P., Gritcai, Z. V., & Iusypiva, Iu. I. (1996). [The use of cytogenetic criteria to assess the mutagenicity of industrial pollutants. *Tsitologia i genetika*, 30(5), 70–76. [In Russian].
- Butsiak, A. A., Butsiak, V. I., & Muzika, L. I. (2018). Use of plants bioindicators to assess the state of atmospheric air in the area of activity of the Dobrotvirska TPP. *Naukovyi visnyk Lvivskoho natsionalnogo universytetu veterynarnoi medytsyny ta biotekhnolohii imeni S. Z. Gzhytskoho*, 89, 122–126. [In Ukrainian]. <https://doi.org/10.32718/nvlvet8922>
- Cornelissen, T., Stiling, P., & Drake, B. (2003). Elevated CO₂ decreases leaf fluctuating asymmetry and herbivory by leaf miners on

- two oak species. *Global Change Biolog.* 10, 27–36. <https://doi.org/10.1046/j.1529-8817.2003.00712.x>
- Coster, D. G., Dongen, V. S., Malaki, Ph., Muchane, M., Alcántara-Exposito, A., Matheve, H., & Lens, L. (2013). Fluctuating Asymmetry and Environmental Stress: Understanding the Role of Trait History. *PLoS One*, 8(3), 138–146. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0057966>
- Glukhov, A. Z., Shtirtc, Iu. A., Demkovich, A. E., & Zhukov, S. P. (2011). Estimation of the manifestation of the fluctuating asymmetry of the bilateral signs of *Acer pseudoplatanus* L. under conditions of roadside ecosystems of the industrial city (using the example of the city of Donetsk). *Promyshlenaia botanika*, 11, 90–96. [In Russian].
- Havrykova, V. S. (2014). Screen mapping of Maple Species (*Acer*) as Test Objects for Assessing the Degree of Environmental Pollution. *Scientific Bulletin of UNFU*, 24(6), 70–73. [In Ukrainian].
- Ibragimova, E. E. (2010). Influence of technogenic chemical pollution on the magnitude of fluctuating asymmetry of *Armeniaca vulgaris* L. leaf leaves. (Ser. Biologia, Khimiia). *Uchenye zapisi Tavricheskogo natsionalnogo universiteta im V. I. Vernadskogo*, 23(3), 62–67. [In Russian].
- Ivanov, V. P., Ivanov, Yu. V., Marchenko, S. I., & Kuznetsov, V. I. (2015). Application of fluctuating asymmetry indexes of silver birch leaves for diagnostics of plant communities under technogenic pollution. *Russian Journal of Plant Physiology*, 62(3), 340–348.
- Kozlov, M. V., Gavrikov, D. E., Zverev, V., & Zvereva, E. L. (2018). Local Insect Damage Reduces Fluctuating Asymmetry in Next-years Leaves of Downy Birch. *Insects*, 9(2), 56–64. <https://doi.org/10.3390/insects9020056>
- Kozlov, M. V., Wilsey, B. J., Koricheva, J., & Haukioja, E. (1996). Fluctuating Asymmetry of Birch Leaves Increases Under Pollution Impact. *Journal of Applied Ecology*, 33(6), 1489–1495. <https://doi.org/10.2307/2404787>
- Malashchenko, V. V., Starshikova, L. V., & Gaiduchenko, E. S. (2013). Stability of *Betula pendula* Roth. development in urban ecosystems of Gomel Polesie. *Vesnik MDPU imia I. P. Shamiakina*, 2(39), 19–36. [In Russian].
- Minakova, E. A., Shlychkov, A. P., Shaikhiev, I. G., & Biktemirova, E. I. (2015). Quality assessment of the industrial city s urban environment using the methods of phytomonitoring (using the example of the city of Nizhnekamsk. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta*, 16, 28–286. [In Russian].
- Petrushkovych, Yu. M. (2018). Industrial conditions impact on the magnitude of the leaf blade *Betula pendula* fluctuating asymmetry. (Ser. Biology). *Naukovi zapysky Ternopilskoho natsionalnogo pedahohichnoho universytetu imeni Volodymyra Hnatiuka*, 1(72), 82–89. [In Ukrainian].
- Pliatsuk, D. L. (2015). Conducting an integrated express quality assessment of atmospheric air under conditions of changing the industrial infrastructure of the region. (Ser. Ekologiya). *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3/6(75), 58–63. [In Ukrainian]. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2015.43753>
- Sandner, T. M., Zverev, V., & Kozlov, M. V. (2019). Can the use of landmarks improve the suitability of fluctuating asymmetry in plant leaves as an indicator of stress? *Ecological indicators*, 97, 457–465. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.10.038>
- Savintceva, L. S., Egoshina, T. L., & Shiriaev, V. V. (2012). Quality assessment of the urban environment of Kirov based on the analysis of fluctuating asymmetry of a birch leaf hanging leaf (*Betula pendula* Roth.). (Ser. Biology). *Vestnik Udmurtskogo universiteta. Nauki o Zemle*, 2, 31–37. [In Russian].
- Savosko, V. M., Domshyna, K. M., & Savosko, V. V. (2013). Morphological features of the birch veneer leaves cultural endocenos of the steppe under conditions of an industrial city. *Pytannia bioindykatsii ta ekologii*, 18(2), 121–133. [In Ukrainian].
- Seredova, E. M. (2017). Study of birch leaves (*Betula pendula* Roth.) fluctuating asymmetry for quality assessment of the environment. *Aktualnye problemy lesnogo kompleksa*, 47, 84–88. [In Russian].
- Silva, H. V., Alves-Silva, E., & Santos, J. C. (2016). On the relationship between fluctuating asymmetry, sunlight exposure, leaf damage and flower set in *Miconia fallax* (Melastomataceae). *Tropical Ecology*, 57(3), 419–427.
- Tagirova, O. V., & Kulagin, A. Iu. (2015). Seasonal changes in the integral indicator of developmental stability and vital status of trees *Betula pendula* Roth. under conditions of the Ufa industrial center. *Izvestiia Samarskogo nauchnogo tsentra RAN*, 4(5), 1015–1022. [In Russian].
- Zakharov, V. M., Chubinishvili, A. T., Dmitriev, S. G., Baranov, A. S., Borisov, V. I., Valetckii, A. V., Krysanov, E. Iu., Kriazheva, N. G., Pronin, A. V., & Chistiakova, E. K. (2000). *Environmental Health: Evaluation Practice*. Moscow: Tcentr ekologicheskoi politiki Rossii. [In Russian].
- Zorina, A. A. (2014). Formation of fluctuating asymmetry in the process of *Vetula pendulas* individual development. *Printsipy ekologii*, 4(12), 31–52. [In Russian]. <https://doi.org/10.15393/j1.art.2014.3901>
- Zverev, V., Lama, A. D., & Kozlov, M. (2018). Fluctuating asymmetry of birch leaves did not increase with pollution and drought stress in a controlled experiment. *Ecological indicators*, 84, 283–289. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.08.058>

A. V. Sklyarenko

Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro, Ukraine

ASSESSING THE IMPACT OF INDUSTRIAL CONDITIONS ON THE LEVEL OF FLUCTUATING ASYMMETRY OF THE *BETULA PENDULA* LEAF BLADE IN THE CITY OF ZAPORIZHZHYA

We studied the variability of morphometric parameters of *Betula pendula* leaf blade in various plantations under the influence of urban technogenic environment in the city of Zaporizhzhya. The data was collected right after the growth of leaf blades had subsided, at the end of July – in early August 2017-2018. The samples of *Betula pendula* leaves were collected in the area of green plantations of sanitary protection zones of 7 industrial enterprises of various toxicity classes. The measurement was carried out in such a way that in total 5 parameters were involved (with parameters from 1st to 4th being taken in millimetres, while the 5th parameter was taken in degrees) on the left and right side of the leaf blade. While analyzing the list of morphometric traits, we have used the integral index derived applying the method of V. M. Zakharov (2000). The most sensitive to the influence of urbo-technogenic environment of the *Betula pendula* leaf blade is the parameter #3 – the distance between the bases of the first and second veins of the second order, which average value is 0.111 cm. Parameter #2, which is the length of the vein of the second order situated second from the base of the leaf, is most resistant to the influence of factors of technogenic pollution (the asymmetry does not exceed 0.030 cm). Based on the calculation of the mean value of the fluctuating asymmetry, we established the dependence between the violation of symmetry levels and the environmental pollution. The lowest value of the asymmetry coefficient (0.040) was detected in plantations in the area belonging to Zaporozhtransformator (ZTR) PJSC. The most extreme technogenic pressure that *Betula pendula* is exposed to can be found in protective forest plantations located near industrial facilities of Zaporozhzhneupor, Zaporizhstal, Zaporizhkok, Dnipropetsstal, ZTMC and ZALK (the limits of fluctuation of the fluctuating asymmetry index in these areas are from 0.058 to 0.065).

Keywords: *Betula pendula*; fluctuating asymmetry; integral index of developmental stability.