

УДК: 504.5:574 (477.63)

**ФЛЮКТУЮЮЧА АСИМЕТРИЯ ЛИСТКІВ БЕРЕЗИ
ПОВИСЛОЇ В УМОВАХ АЕРОТЕХНОГЕННОГО
ЗАБРУДНЕННЯ КРИВОРІЖЖЯ**

В.М. Савосько¹, О.М. Католіченко²

¹*Криворізький національний університет*

²*Криворізький природничо-науковий ліцей*

savosko@list.ru

В зоне минимального аеротехногенного загрязнения Криворожья морфометрические параметры листовой пластинки березы повислой находятся в пределах естественных значений. При среднем и максимальном загрязнении они уменьшаются на 10–35 %. Показатель асимметрии листьев березы повислой в зависимости от уровней загрязнения индуцирует: условную норму ($FA=0,035$), максимальный уровень влияния ($FA=0,054$) и крайне неблагоприятные условия ($FA=0,081$). Между значениями флуктуирующей асимметрии листьев березы повислой и уровнями аеротехногенного загрязнения выявлена прямая и очень сильная корреляционная связь ($R=0,963-0,993$).

Betula pendula Roth, биометрія листової пластинки, кореляційно-регресійні зв'язки

ВСТУП

Сьогодні вимірювання параметрів стану довкілля лише за допомогою інструментальних методів багатьма дослідниками вважається досить трудомістким, дорогим та недостатньо точним та не дозволяє отримувати інформацію в польових умовах. Тому на їх думку перспективним є використання заходів фітоіндикації, які дають змогу з'ясувати екологічні фактори і стан фітосистем в цілому. Крім цього, методи фітоіндикації дають змогу також прогнозувати наслідки як еволюційних природних процесів, так і антропогенного втручання людини [2, 12, 17].

Серед напрямків фітомоніторингу стану довкілля сучасних промислових регіонів дуже перспективним вважається використання показників морфології листків деревних рослин, зокрема їх флюктуючої асиметрії. Як відомо, всім живим організмам, і рослинам в тому числі, властива тенденція формоутворення на основі радіальної або білатеральної симетрії. Тобто симетрія є ознакою оптимального стабільного

формування, а відхилення від неї – індикатором впливу на рослину стресових факторів [3, 13, 16]. Також слід зазначити, що коефіцієнт флюктууючої асиметрії зростає при зниженні життєвості живих організмів під впливом різних стресових факторів. Тому, на цій підставі вважається, що дані з флюктууючої асиметрії придатні для біоіндикації якості середовища існування людини, в тому числі й території сучасних міст [6, 12, 16].

Останнім часом деревні рослини в зелених насадженнях Криворіжжя неодноразово були темою досліджень та наукових публікацій. При цьому було проаналізовано: флористичний склад спонтанної дендрофлори [5], дендрофлора зелених насаджень (сучасний стан та перспективи її збереження та використання) [8], морфологічні особливості листків берези повислої. Проте, майже не проводилося вивчення показників флюктууючої асиметрії листків берези повислої в залежності від рівня аеротехногенного забруднення.

Мета роботи: дослідити показники флюктууючої асиметрії листків берези повислої в умовах аеротехногенного забруднення Криворіжжя.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

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

Територія ділянки № 1 розташована в межах парку «Веселі Терни» (максимальна відстань від промислових підприємств). Ділянка 2 знаходиться в межах скверу ім. Артема (середня відстань). Ділянка 3 розташована на території колишньої міської лікарні № 2 (мінімальна відстань).

На кожній ділянці в серпні – вересні 2012 року відбирали неушкоджені максимально розвинуті листки в середній частині вегетативних пагонів, що припинили ріст, із середини південного боку крони десяти нормально розвинених дерев берези повислої. Відібрані листочки висушували до постійної температури [3].

В камеральних умовах проводили виміри морфометричних показників, відповідно лівої та правої половинок: I – ширина половинки листка; II – довжина другої жилки другого порядку від основи листка; III – відстань між основами першої і другої жилок другого порядку; IV – відстань між кінцями цих жилок; V – кут між головною жилкою і другою від основи жилкою другого порядку, VI – довжина черешка.

Рівень флюктууючої асиметрії оцінювали за допомогою інтегрального показника за формулою

$$FA = \frac{1}{n \cdot m} \sum_m^1 \sum_n^1 \frac{|L_{ji} - R_{ji}|}{L_{ji} + R_{ji}},$$
 де R_{ji} та L_{ji} – значення j -ої ознаки у

i -го листка, відповідно зліва та справа від площини симетрії.

Отримані результати вимірів і проміжних розрахунків оброблялися методами варіаційної та кореляційно-регресійної статистик на рівні значущості $P < 0,95$ [20].

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Морфометричні параметри. Аналіз отриманих результатів (табл. 1) показав, що в зоні мінімального забруднення атмосферного повітря Криворіжжя морфологічні параметри листкової пластинки берези повислої знаходяться в межах значень, характерних для цього виду рослин [15].

На нашу думку можна припустити, що в цій зоні умови росту та розвитку берези повислої знаходяться майже на рівні природного ареалу. У зв'язку з цим отримані значення морфометричних характеристик листків берези повислої нами були використані як умовний контроль.

Таблиця 1 – Морфометричні параметри листків берези повислої в зоні мінімального забруднення атмосферного повітря Криворіжжя

Table 1 – Morphometric parameters of leaf's *Betula pendula* in the zone of minimum air pollution at Kryvorizhzhya

№	Параметри		Статистика				
			Min	Max	M±m	V %	P %
1	I	Л	18,00	31,00	22,90±1,36	18,80	5,95
		П	19,00	31,00	23,20±1,13	15,45	4,89
2	II	Л	30,00	40,00	34,30±1,18	10,91	3,45
		П	30,00	42,00	35,30±1,32	11,80	3,73
3	III	Л	2,00	6,00	4,05±0,42	32,64	10,32
		П	2,00	6,00	4,10±0,48	37,17	11,75
4	IV	Л	10,00	14,00	12,20±0,53	13,82	4,37
		П	8,00	15,00	11,60±0,75	20,40	6,45
5	V	Л	40,00	59,00	49,30±1,99	12,76	4,03
		П	39,00	59,00	49,20±1,74	11,21	3,54
6	VI	–	56,00	70,00	60,60±1,45	7,59	2,40

Примітка: I – ширина половинки листка, мм; II – довжина другої жилки другого порядку від основи листка, мм; III – відстань між основами першої і другої жилок другого порядку, мм; IV – відстань між кінцями цих жилок, мм; V – кут між головною жилкою і другою від основи жилкою другого порядку, VI – довжина черешка, мм. Л – ліва половинка, П – права половинка.

Закономірно, що збільшення рівнів забруднення атмосферного повітря негативним чином впливає на морфометричні показники листків берези повислої (рис). Так, в зоні середнього забруднення для всіх показників встановлено зменшення числових значень у порівнянні зі значеннями, що були отримані в зоні мінімального забруднення.

За нашими даними, мінімальна відмінність показників була встановлена для значень кута між головною жилкою та другою від основи листка жилкою другого порядку, відповідно 97 % для правої половини та 88 % для лівої.

Одночасно, максимальні відмінності були у значень відстані між основами першої та другої жилок другого порядку (відповідно 83 та 77 %). При найбільшому забрудненні атмосферного повітря, як і в попередньому випадку, має місце

зменшення морфометричних значень, що свідчить про негативний вплив аерогенних поллютантів (рис.).

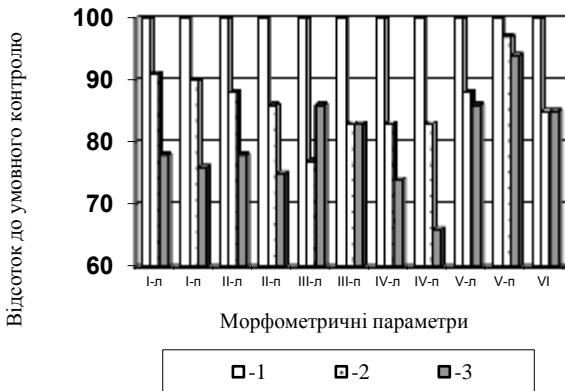


Рисунок – Відносні морфометричні параметри листків берези повислої в різних зонах забруднення атмосферного повітря Криворіжжя

Figure – Relative morphometric parameters of leaf’s *Betula pendula* at different zones of air pollution at Kryvorizhzhya

Морфометричні параметри: I – ширина половинки листка, мм; II – довжина другої жилки другого порядку від основи листка, мм; III – відстань між основами першої і другої жилок другого порядку, мм; IV – відстань між кінцями цих жилок, мм; V – кут між головною жилкою і другою від основи жилкою другого порядку, VI – довжина черешку, мм. Л – ліва половинка, П – права половинка. Зони забруднення: 1 – мінімальна, 2 – середня, 3 – максимальна.

Аналіз наших досліджень свідчить, що найбільш чутливими до забруднення атмосфери є значення відстані між кінцями першої та другої жилки другого порядку: права частина листка 64 % до контролю, ліва – 74 %. Слід відзначити, що показники кута між головною та другою від основи листка жилкою другого порядку, найменшим чином залежать від забруднення атмосфери: їх значення знаходяться на рівні 86 % від контролю (ліва частина листка) та 94 % (права половина).

Флюктууюча асиметрія. У різноманітних екологічних дослідженнях дедалі частіше увагу дослідників привертає

проблема асиметричного прояву ознак на різних боках білатерально симетричних організмів. Серед основних типів асиметрії найбільший інтерес викликає флюктуюча асиметрія, яка характеризується невеликими відхиленнями й відсутністю спрямованості [31, 35, 38].

Данні таблиці 2 свідчать, що інтегральний показник асиметрії листків берези повислої на території з мінімальним забрудненням атмосферного повітря є найнижчим – 0,0351. Це значення відповідає умовній нормі за силою впливу на біоту [11, 12]. Збільшення рівня забруднення до середнього закономірно зумовило збільшення показника флюктуючої асиметрії до значень 0,0542, що вказує на максимальний рівень впливу на березу повислу. Встановлено, що в зоні максимального забруднення атмосферного повітря показники флюктуючої асиметрії (0,0814) свідчать про вкрай несприятливі умови, рослини перебувають у сильно пригніченому стані.

Таблиця 2 – Флюктуюча асиметрія листків берези в різних зонах забруднення атмосферного повітря Криворіжжя

Table 2 – Fluctuating asymmetry of leave's *Betula pendula* in different zones of air pollution at Kryvorizhzhya

№	Зона забруднення	Флюктуюча асиметрія	Екологічна оцінка території
1	Мінімальна	0,0351	Умовна норма
2	Середня	0,0542	Максимальний рівень впливу
3	Максимальна	0,0814	Вкрай несприятливі умови, рослини перебувають у сильно пригніченому стані

Слід відзначити, що серед п'яти досліджених нами морфометричних параметрів, ознака III (відстань між основами першої та другої жилок другого порядку) характеризується найвищим рівнем розходження між правим і лівим боками листової пластинки берези. Водночас найбільшу стабільність у розходженні між боками листової пластинки берези повислої демонструє ознака II (довжина другої жилки другого порядку

від основи листка), що також свідчить про її нечутливість до факторів навколишнього середовища.

Еколого-математичне моделювання. Аналіз результатів розрахунків показав, що між значеннями флюктууючої асиметрії листків берези повислої та рівнями забруднення атмосферного повітря виявлений статистично достовірний кореляційний зв'язок (табл. 3). Математичні знаки коефіцієнтів кореляції вказують на наявність прямого зв'язку: збільшення рівнів забруднення атмосферного повітря зумовлює збільшення значень флюктууючої асиметрії.

Таблиця 3 – Кореляційно-регресійна залежність між флюктууючою асиметрією листків берези повислої та рівнями забруднення атмосферного повітря Криворіжжя
Table 3 – Correlation and regression dependence between fluctuating asymmetry of leaf's *Betula pendula* and the level of air pollution at Kryvorizhzhya

№	Забруднювач	R	P	Рівняння регресії	D
1	Пил	0,96254	<0,05	$Y=0,03574+0,00779*x$	0,9265
2	Діоксид вуглецю	0,97809	<0,05	$Y=0,03443+0,01605*x$	0,9567
3	Діоксид сірки	0,98682	<0,05	$Y=0,02931+0,2956*x$	0,9738
4	Оксиди азоту	0,99262	<0,05	$Y=0,03143+0,3918*x$	0,9853

R – коефіцієнт кореляції, P – значущість коефіцієнта кореляції, D – коефіцієнт детермінації

Слід зазначити, що серед забруднювачів атмосферного повітря найбільший вплив на показники флюктууючої асиметрії спричиняють оксиди азоту, в той час як найменший – пил. Також слід відзначити, що встановлений нами кореляційний зв'язок може бути охарактеризований як дуже сильний, що дає підстави для регресійного моделювання.

У якості математичної моделі залежності показника флюктууючої асиметрії листків берези повислої від забруднення атмосферного повітря Криворіжжя була обрана регресійна модель $Y=a+b*x$ [12], де x – рівень забруднення атмосферного повітря, y – показник флюктууючої асиметрії (табл. 3).

Встановлено, що збільшення показників забруднення атмосферного повітря зумовлюють збільшення значень флюктууючої асиметрії листків берези повислої. При цьому, коефіцієнти детермінації вказують на високий рівень залежності показників флюктууючої асиметрії (93–99 %) від рівнів забруднення атмосферного повітря.

ВИСНОВКИ

1. У зоні мінімального аеротехногенного забруднення Криворіжжя морфометричні параметри листової пластинки берези повислої знаходяться в межах значень, характерних для цього виду рослин в умовах природного ареалу. В зонах середнього та максимального забруднення атмосферного повітря виявлено зменшення значень цих морфометричних параметрів на 10–35 % по відношенню до першої зони.

2. Інтегральний показник асиметрії листків берези повислої території з мінімальними рівнями аеротехногенного забруднення Криворіжжя відповідає умовній нормі ($FA=0,035$). В зоні середнього рівня забруднення він вказує на максимальний рівень впливу на березу повислу ($FA=0,054$). В зоні максимального забруднення атмосферного повітря цей показник свідчить про вкрай несприятливі умови ($FA=0,081$), а рослини перебувають у сильно пригніченому стані.

3. Між значеннями флюктууючої асиметрії листків берези повислої та рівнями аеротехногенного забруднення Криворіжжя виявлений статистично достовірний кореляційний зв'язок, який підтверджує наявність прямого та дуже сильного зв'язку ($R=0,963-0,993$). Тому ці показники є критеріями сталого розвитку рослинних організмів і можуть використовуватися в практичній діяльності (в якості важливої біоіндикаційної ознаки під час екологічних заходів). У подальших дослідженнях є сенс розширити перелік видів рослин індикаторів, залучивши до цього представників родів Липа та Тополя.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Бессонова В.П. Методи біоіндикації в оцінці екологічного стану довкілля / В.П. Бессонова. – Запоріжжя: ЗДУ, 2001.

– 196 с.

Bessonova V.P. *Metody bioindykatsiyi v otsynsi ekolohichnoho stanu dokilliya* / V.P. Bessonova. – Zaporizhzhya: ZDU, 2001. – 196 s.

2. Ветчинникова Л.Е. *Береза: вопросы изменчивости (морфо-физиологические и биохимические аспекты)* / Л.Е. Ветчинникова. – М.: Наука, 2004. – 182 с.
Vetchynnykova L.E. *Bereza: voprosi izmenchivosti (morfo-fiziolohicheskie i biokhimicheskie aspektu)* / L.E. Vetchynnykova. – М.: Nauka, 2004. – 182 s.
3. 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, С.П. Жуков // *Проблеми екології та охорони природи техногенного регіону.* – 2011. – № 1 (11). – С. 128–134.
Zhukov O.V. *Otsinka metodamy heometrychnoyi morfometriyi morfolohichnoyi minlyvosti lystkovykh plastynok Betula pendula Roth v ekosystemakh z riznym stupenem antropohennoyi transformatsiyi* / O.V. Zhukov, Yu.O. Shtirts, S.P. Zhukov // *Problemy ekolohiyi ta okhorony pryrody tekhnogennoho rehionu.* – 2011. – № 1 (11). – С. 128–134.
4. Злобин Ю.А. *Концепція морфометрії у сучасній ботаніці* / Ю.А. Злобин, В.Г. Скляр, Л.М. Бондарева, К.С. Кирильчук // *Чорноморський ботанічний журнал.* – 2009. – Т. 5, № 1. – С. 5–22.
Zlobin Yu.A. *Kontseptsiya morfometriyi u suchasniy botanitsi* / Yu.A. Zlobin, V.H. Sklyar, L.M. Bondaryeva, K.S. Kyryl'chuk // *Chornomors'kyu botanichnyy zhurnal.* – 2009. – Т. 5, № 1. – С. 5–22.
5. Лакин Г.Ф. *Биометрия* / Г.Ф. Лакин. – М.: Высшая школа, 1990. – 352 с.
Lakin G.F. *Biometriya* / G.F. Lakin. – М.: Vysshaya shkola, 1990. – 352 s.
6. Павлинов И.Я. *Принципы и методы геометрической морфометрии* / И.Я. Павлинов, Н.Г. Микешина // *Журнал общей биологии.* – 2002. – Т. 63, № 6. – С. 473–493.

- Pavlinov I.Ya. Printsipy i metodyi geometricheskoj morfolometrii / I.Ya. Pavlinov, N.G. Mikeshina // Zhurnal obschey biologii. – 2002. – T. 63, № 6. – S. 473–493.*
7. 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.
- Savos'ko V.M. Morfolohichni osoblyvosti lystkiv berezy povysloyi kul'turdendrotsenoziv stepu v umovakh promyslovoho mista / V.M. Savos'ko, K.M. Domshyna, V.V.Savos'ko // Pytannya bioindykatsiyi ta ekolohiyi. – 2013. – Vypusk 18. – № 2. – S. 121–133.*
8. Савосько В.Н. Систематический анализ спонтанной дендрофлоры Жовтневого района г. Кривого Рога / В.Н. Савосько, К.М. Алексеева // Питання біоіндикації та екології. – 2007. – Випуск 12. – № 2. – С. 16–23.
- Savosko V.N. Sistematicheskij analiz spontannoy dendroflory Zhovtnevoogo rayona g. Krivogo Roga / V.N. Savosko, K.M. Alekseeva // Pitannya bioindikatsiyi ta ekologiyi. – 2007. – Vypusk 12. – № 2. – S. 16–23.*
9. Собчак Р.О. Оценка экологического состояния рекреационных зон методом флуктуирующей асимметрии листьев *Betula pendula* Roth. / Р.О. Собчак, Т.Г. Афанасьева, М.А. Копылов // Вестник Томского государственного университета. – 2013. – № 368. – С. 195–199.
- Sobchak R.O. Otsenka ekologicheskogo sostoyaniya rekreatsionnyih zon metodom fluktuiruyushey asimmetrii listev Vetula pendula Roth. / R.O. Sobchak, T.G. Afanaseva, M.A. Kopyilov // Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. – 2013. – № 368. – S. 195–199.*
10. 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.

Fedorovskiy V.D. *Dendroflora zelenih nasadzhen m. Kriviy Rig i perspektivi yuiyi zberezheniya ta zbagachennya* / V.D. Fedorovskiy, Yu.S. Yuhimenko, O.V. Danilchuk ta In. // *Vistl Biosfernogo zapovidnika "AskanIya-Nova"*. 2012. – Tom 14. – S. 405–408.

11. Хисматуллина Г.Р. Сравнение морфологических признаков листа *Betula pendula* в условиях урбаноcреды / Г.Р. Хисматуллина // *Вестник Удмуртского университета.* – 2013. – Вып. 2: Биология. Науки о Земле. – С. 48–56.

Hismatullina G.R. *Sravnenie morfologicheskikh priznakov lista Betula pendula v usloviyah urbanosredyi* / G.R. Hismatullina // *Vestnik Udmurtskogo universiteta.* – 2013. – Vyip. 2: *Biologiya. Nauki o Zemle.* – S. 48–56.

12. Хузина Г.Р. Влияние урбаноcреды на морфометрические показатели листа березы повислой (*Betula pendula* Roth) / Г.Р. Хузина // *Вестник Удмурдского университета.* – Сер. Биол. – 2010. – Вып. 3. – С. 53–57.

Huzina G.R. *Vliyanie urbanosredyi na morfometricheskie pokazateli lista berezyi povisloy (Betula pendula Roth)* / G.R. Huzina // *Vestnik Udmurtskogo universiteta.* – Ser. Biol. – 2010. – Vyip. 3. – S. 53–57.

13. Aparicio J.M. *Patterns of growth and fluctuating asymmetry: the effects of asymmetrical investment in traits with determinate growth* / J.M. Aparicio // *Behav. Ecol. Sociobiol.* – 2001. – Vol. 49. – P. 273–282.

14. Black-Samuelsson S. *The effect of nutrient stress on developmental instability in leaves of Acer platanoides (Aceraceae) and Betula pendula (Betulaceae)* /S. Black-Samuelsson, S. Andersson // *American Journal of Botany.* – 2003. – № 90(8). – P. 1107–1112.

15. Kovac S. *Relations between Betula Pendula Roth. (Betulaceae) leaf morphology and environmental factors in five regions of Croatia* / S. Kovac, N. Toni // *Acta biologica Cracoviensia – Series Botanica.* – 2005. – № 47/2. – P. 7–13.

16. Palmer A.R. *Fluctuating asymmetry analyses revisited* / A.R Palmer, C. Strobeck // *In Developmental Instability (DI):*

Causes and Consequences / Ed. M. Polak. – Oxford: Oxford University Press, 2003. – P. 279–319.

17. Valkama J. *Impact of climatic factors on the developmental stability of mountain birch growing in a contaminated area* / J. Valkama, M. Kozlov // *Journal of Applied Ecology*. – 2001. – № 3. – P. 665–673.

FLUCTUATING ASYMMETRY OF LEAVE'S SILVER BIRCH IN CONDITIONS OF AIR POLLUTION AT KRYVORIZHZHYA

V.M. Savosko¹, O.M. Katolichenko²

¹*Kryvyi Rih National University*

²*Kryvyi Rih Natural and Scientific Lyceum*

savosko@list.ru

In this research we used numerical analysis of environmental and morphometric data sets to study the possibility of environmental control of leaf morphology in *Betula pendula* stands from three sites in the city of Kryvyi Rih.

Study area. Territory plot number 1 is located within the park "Vesely Ternu" (maximum distance from the industry). Plot 2 is located within the park "Artem" (middle distance). The plot 3 is located in the former city hospital № 2 (minimum distance).

Field study. At each site in August - September 2012 were selected leaves intact the most developed in the middle of vegetative shoots from the middle of the south side of the crown ten normally developed trees Birch. Featured leaves dried to a constant temperature.

Biometric study. In laboratory conditions was carried out measurements of morphometric parameters, respectively the left and right halves: I – width half sheet; II – length second rib of the second order from the base of the leaf; III – the distance between the bases of the first and second ribs of the second order; IV – the distance between the ends of the veins; V – the angle between the main vein and the second vein from the base of the second order, VI – cutting length.

Mathematical and statistical calculations. The level of Fluctuating asymmetry of leave's silver Birch was assessed using the

integral index formula $FA = \frac{1}{n \cdot m} \sum_m^1 \sum_n^1 \frac{|L_{ji} - R_{ji}|}{L_{ji} + R_{ji}}$, where R_{ji} L_{ji} -

value of j-th feature of the i-th letter, according to the left and right side of the plane of symmetry.

All measurement results and intermediate calculations were processed by methods of variation and correlation and regression statistics at a significance level of $P < 0.95$.

It was established that at zone of minimum aerotechnogenic pollution at Krivorizhzhya morphometric parameters of leaf blade Birch are within values characteristic of the plant species in natural habitat. It is natural that the increase of the air pollution adversely affects to the morphometric parameters Birch leaves (Figure). Thus, in the middle zone of contamination for all parameters set decrease numeric values, in comparison with the values that was obtained in the zone of minimum pollution. In all in the areas of maximum and mean air pollution has decreased values of morphometric parameters by 10-35% on compared to the first zone.

By our results the integral index of asymmetry Birch leaves in areas with minimal air pollution is the lowest - 0.0351. This value corresponds to the conventional norm of the environment by force of impact on the biota. While increasing the level of pollution to the medium naturally led to increase of fluctuating asymmetry values to 0.0542. It indicates the maximum level in effect on Birch. In the area of maximum air pollution indicators of fluctuating asymmetry (0.0814) indicate extremely unfavorable conditions; plants are in a very depressed state.

Between the values level of fluctuating asymmetry of leave's silver Birch and pollution levels aerotechnogenic at Krivorizhzhya was found statistically significant correlation, which confirms the presence of a direct and very strong coupling ($R = 0,963-0,993$). Therefore these figures are the criterion for sustainable development of plant organisms and can be used in practice (as important Bioindication signs at environmental events).

In future research, it makes sense to expand the list of plant indicators, involving representatives of the genus of Lime and Poplar.