

О.В. Барабаш, Т.М. Лозова, Т.А. Козлова

Національний транспортний університет

вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, Київ, 01010, Україна

el_barabash@ukr.net

ОЦІНКА ІНТЕНСИВНОСТІ АНТРОПОГЕННОГО ВПЛИВУ ЗА РІВНЕМ ФЛУКТУАЦІЙНОЇ АСИМЕТРІЇ МОРФОЛОГІЧНИХ СТРУКТУР

Найбільш простим і доступним для широкого використання прийомом оцінки стабільності розвитку живих організмів є визначення величини флуктуаційної асиметрії (ФА) білатеральних морфологічних ознак, які виявляють незначні ненаправлені відмінності між правою і лівою сторонами органу, що закладаються під час онтогенезу. Стабільність розвитку як здатність організму до проходження всіх стадій онтогенезу є чутливим індикатором стану природних популяцій і дозволяє оцінювати сумарну величину антропогенного навантаження.

*У статті висвітлено результати інтегральної оцінки якості середовища (атмосферного повітря) урбосистеми за ступенем порушення стабільності розвитку організмів, визначеним на основі показників ФА листових пластинок *Betula pendula* Roth. Збір матеріалу проводили на території м. Києва у 4-х районах із різним техногенним навантаженням: зона інтенсивного транспортного потоку (проспект Перемоги), район ПАТ НВЦ «Борщівський хіміко-фармацевтичний завод», район розташування Київської телевежі та територія парку «Нивки». Листкові пластинки збирали з дерев, розташованих на відстані 10–20 м від об'єктів впливу.*

Розрахунок бальних оцінок якості урбосередовища за показниками ФА показав, що листові пластинки дерев у районах паркових зон та територій підприємств із позитивним природоохоронним іміджем сформувались в умовах, які мінімально впливають на індивідуальний розвиток, на відміну від листових пластинок дерев м. Києва, районом зростання яких є автотранспортні магістралі, що істотно порушують стан атмосферного повітря і тим самим формують критичний IV клас стану середовища.

Подальшого дослідження потребує оцінка стану якості середовища (атмосферного повітря) інших районів для створення карти, що надасть дані по рівню забруднення території м. Києва на основі показника ФА.

Ключові слова: екологічний моніторинг, біоіндикація, флуктуаційна асиметрія інтегральна оцінка якості, *Betula pendula* Roth.

Вступ. Як відомо, державний моніторинг навколишнього природного середовища – це система спостережень, збору, обробки, передачі, збереження й аналізу інформації про стан навколишнього середовища, прогнозування його змін і розробка науково обґрунтованих рекомендацій для розробки управлінських рішень [2]. Достатня кількість робіт зарубіжних вчених спрямовані на вирішення питань щодо визначення сфер і напрямків моніторингу, показників оцінки, методів і засобів його проведення [3].

У зв'язку зі збільшенням антропогенного впливу на навколишнє середовище набуває особливої актуальності екологічний моніторинг за біологічними об'єктами (біоіндикація). Деякі автори пропонують використовувати в якості об'єктів біоіндикації трав'янисті однорічні і багаторічні рослини [9], але більшість із них вважають, що для характеристики великих територій найефективніше використовувати деревні рослини [4, 6, 8].

Основними джерелами забруднення в умовах міста є промислові підприємства й автомобільний транспорт, у результаті цього резистентність деревних рослин до абіогенних стресорів істотно знижується, що призводить до анатомо-морфологічних флуктуацій їх вегетативних та генеративних органів. Для оцінки стабільності розвитку живих організмів застосовують критерії флуктуаційної асиметрії (ФА), які виявляють незначні ненаправлені відмінності між правою і лівою сторонами органу, що закладаються під час онтогенезу. При задовільному стані навколишнього середовища їх рівень мінімальний, коли ж негативний вплив збільшується, проявляється асиметрія [7]. Показник ФА дозволяє фіксувати навіть незначні відхилення параметрів середовища, але головною умовою використання об'єкта є білатеральна симетрія його органу, параметри якого будуть застосовуватися для дослідження [1].

Таким чином, рівень ФА морфологічних структур може використовуватися як неспецифічний стрес-індикатор, що відображає деформацію взаємодій між організмом та навколишнім середовищем [10]. При ФА відмінності між сторонами не є строго генетично детермінованими, тому що така асиметрія не має самостійного адаптивного значення. Вона є показником незначних порушень симетрії, що допускається природним добром, і відображає стабільність розвитку. Оцінка величини ФА є коректним способом формалізації ступеня відхилення розвитку особини від норми. Моніторинг таких проявів дестабілізації може надати інформацію не тільки про негативні біотичні або абіотичні чинники, а й про наявність антропогенного тиску [8].

Мета дослідження – оцінка якості урбосередовища м. Києва методом біоіндикації. Для досягнення мети були поставлені такі завдання: виявити морфологічні особливості деревних рослин в умовах урбосередовища та вплив антропогенних чинників на формування морфологічних структур деревних рослин шляхом визначення показників ФА листової пластинки у різних районах міста; оцінити стан рослин за величиною інтегрального показника стабільності розвитку організмів; визначити залежність рівня ФА рослини від інтенсивності забруднення середовища.

Матеріали і методика досліджень. Об'єктом дослідження для визначення ступеню порушення стабільності розвитку обрана береза повисла (*Betula pendula* Roth.), яка досить часто використовується для озеленення міст [5]. Цей вид є однією з найбільш швидкозростаючих деревних порід. При сприятливих умовах досягає 25–30 м у висоту і до 80 см у діаметрі. Рослина світлолюбна, її крона ажурна, пропускає багато світла. Коренева система сильно розвинена, але проникає у ґрунт неглибоко.

Збір матеріалу проводився 2017 р. відповідно до методики оцінки стану організмів за показниками порушення стабільності розвитку [1]. Матеріалом досліджень слугували листкові пластинки *B. pendula*, відібрані після зупинки росту листя (в кінці серпня). Кожна вибірка складалася із 100 листкових пластинок (по 10 листків з одного дерева). При зборі листя враховували його розмір і функціональний стан.

Збір матеріалу на території м. Києва проходив у 4-х районах із різним техногенним навантаженням: зона інтенсивного транспортного потоку (проспект Перемоги), район ПАТ НВЦ «Борщагівський хіміко-фармацевтичний завод», район розташування Київської телевежі та територія парку «Нивки». Листкові пластинки збирали з дерев, розташованих на відстані 10–20 м від об'єктів впливу.

Для оцінки величин ФА, згідно з існуючими підходами [1], досліджено 5 білатеральних ознак: 1 – ширина лівої і правої половинок листка; 2 – відстань від основи до кінця жилки другого порядку, другої 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 головною жилкою і другою від основи листка жилкою другого порядку.

Для розрахунку інтегрального показника застосовували методику В.М. Захарова [1] у такій послідовності: 1) для кожної листкової пластинки обчислювали відносні величини асиметрії за кожною з ознак; 2) розраховували показник асиметрії для кожного листка; 3) визначали інтегральний показник стабільності розвитку.

Для оцінки ступеня виявлених відхилень від норми використовували бальну шкалу, що характеризує рівень забруднення території на основі показника ФА [1] (табл. 1).

Таблиця 1

Шкала оцінки відхилень стану організму від умовної норми за величиною інтегрального показника стабільності

Бал	Величина показника ФА	Характеристика
I	< 0,040	Умовна норма
II	0,040–0,044	Рослини відчувають слабкий вплив несприятливих факторів
III	0,045–0,049	Забруднені райони
IV	0,050–0,054	Дуже забруднені райони
V	> 0,054	Вкрай несприятливі умови, рослини знаходяться в дуже пригніченому стані

Значення інтегрального показника асиметрії, який відповідає першому балу, зазвичай спостерігаються у вибірках рослин сприятливих умов зростання, наприклад, у природних заповідниках. П'ятий бал – критичне значення (такі дані показника асиметрії відзначаються у вкрай несприятливих умовах, коли рослина перебуває в сильно пригніченому стані). Статистичну обробку отриманого матеріалу проводили за допомогою стандартного пакету програми MS Excel.

Результати та їх обговорення. Одна з вимог до ознак, за якими визначали ФА, – це низький рівень мінливості показників. У результаті вивчення варіабельності ознак листової пластинки *B. pendula* з'ясовано, що всі ознаки характеризуються низькими значеннями коефіцієнта варіації.

Незважаючи на те, що поряд із парком «Нивки» розташовуються станції метро («Берестейська» – у східній частині парку і «Нивки» – західній) та проходить полотно залізниці, у 2017 р. величина флуктуаційної асиметрії в цьому районі склала 0,036 – умовна норма стану середовища (атмосферного повітря). Отримані показники, скоріш за все, пов'язані з тим, що парк «Нивки» – це один із тих небагатьох парків м. Києва, який ще зберіг на своїй території багатовікові дерева та має достатньо велику площу – 60 га (західна частина – 15 га, а східна – 45 га).

У районі розташування Київської телевежі величина флуктуаційної асиметрії складає 0,038. Показник характеризує умовну норму стану середовища (атмосферного повітря). Ймовірно, віддаленість району розташування Київської телевежі від автотранспортних магістралей та інших об'єктів промислового комплексу дозволяє зменшити негативний вплив на рослинні організми у процесі онтогенезу.

За результатами розрахунку величини асиметрії, у вибірці біля ПАТ НВЦ «Борщагівський ХФЗ», який займає одне із провідних місць за обсягами виробництва і реалізації готових лікарських засобів серед українських фармацевтичних підприємств, визначено, що територія характеризується достатньо сприятливими умовами для розвитку рослин, величина показника ФА – 0,035, що відповідає умовній нормі стану середовища. Це пов'язано з тим, що керівництво підприємства ухвалило рішення щодо технічного переоснащення й створенні системи якості, яка відповідає світовим стандартам виробництва лікарських засобів – вимогам GMP (Good Manufacturing Practice). На підприємстві проведено сертифікаційний аудит на відповідність виробництва правилам GMP. На ПАТ НВЦ «Борщагівський ХФЗ» лабораторією контролю якості здійснюється постійний контроль за зберіганням й транспортуванням стерильних ін'єкцій антибіотиків і антибіотиків у капсулах. У 2003 р. було проведено сертифікаційне інспектування виробництва стерильних порошків антибіотиків у флаконах і антибіотиків у капсулах на відповідність вимогам GMP ЄС, рекомендаціям PIC/S, із обліком GMP. У 2004 р. на підприємстві впроваджено одну з найсучасніших автоматизованих систем керування виробництвом і ресурсами MFG/PRO, впроваджена інтегрована фармацевтична система якості (IPQS), яка об'єднує вимоги стандартів: GMP, GDP, GSP, G (Q) CLP, ISO 9001, ISO 14001, ISO 17025, ISO 50001, OHSAS 18001, SA 8000. Такі кардинальні зміни на ПАТ НВЦ «Борщагівський ХФЗ» у 2006 р. були відзначені Дипломом Міністерства охорони навколишнього природного середовища України та медаллю «Народна шана» за екологічно чисте виробництво.

Одним із найбільш високих показників величини асиметрії характеризується район досліджень біля автомобільної магістралі на проспекті Перемоги. Велика кількість автомобільного транспорту різних категорій, постійні затори, відсутність автомобільних розв'язок обумовили найвищий ступінь відхилення стану організму від умовної норми та присвоєння цьому району за даними наших досліджень найвищого IV балу із показником 0,051. Це не дивно, оскільки у викидах автомобільного транспорту знаходяться небезпечні для здоров'я людини сполуки, такі як оксиди карбону й нітрогену, різні вуглеводні. Бензинові двигуни виділяють продукти, які у

своєму складі мають метали, хлор, бром, а дизельні – сажу та інші частинки ультрамікроскопічного розміру. Всі ці компоненти потрапляють у навколишнє природне середовище і негативно впливають як на рослинні організми, так і на здоров'я людини.

Висновки. У результаті роботи проведено оцінку стану якості середовища (атмосферного повітря) деяких районів м. Києва за величиною інтегрального показника стабільності розвитку живих організмів. Розрахунок бальних оцінок якості урбосередовища за показниками ФА показав, що листкові пластинки дерев у районах паркових зон та територій підприємств із позитивним природоохоронним іміджем сформувались в умовах, які мінімально впливають на індивідуальний розвиток, на відміну від листкових пластинок дерев м. Києва, районом зростання яких є автотранспортні магістралі, що істотно порушують стан атмосферного повітря і тим самим формують критичний IV клас стану середовища. Подальшого дослідження потребує оцінка стану якості середовища (атмосферного повітря) інших районів для створення карти, що надасть дані по рівню забруднення території м. Києва на основі показника ФА.

Список використаної літератури:

1. Захаров В. М. Асимметрия животных / В. М. Захаров. – М.: Наука, 1987. – 215 с.
2. Скакальський О. Екологічний моніторинг у системі природоохоронної діяльності регіональної влади / О. Скакальський // Державне управління та місцеве самоврядування. – 2015. – Вип. 4. – С. 152–162.
3. Clarke G. Fluctuating asymmetry: a technique for measuring developmental stress of genetic and environment origin / G. Clarke // Acta Zool Fenn. – 1992. – Vol. 191. – P. 31–35.
4. Cowart N. Within- and among-individual variation in fluctuating asymmetry of leaves in the fig (*Ficus carica* L.). / N. Cowart, J. Graham // Int J Plant Sci. – 1999. – Vol. 160. – P. 116–121.
5. Franiel I. Fluctuating asymmetry of *Betula pendula* Roth. leaves – an index of environment quality / I. Franiel // Biodiv. Res. Conserv. – 2008. – Vol. 9–10. – P. 7–10.
6. Nivova D.J. Anatomical, morphological studies of *Platanus acerifolia* at various degrees of air pollution / D.J. Nivova, P.I. Dushkova, G.V. Kovacheva // Ekologiya (Sofia). – 1983. – Vol. 6. – P. 35–47.
7. Palmer A. Fluctuating asymmetry as a measure of developmental stability: implications of non-normal distributions and power of statistical tests / A. Palmer, C. Strobeck // Acta Zool. Fenn. – 1992. – Vol. 191. – P. 57–72.
8. Shadrina E. Evaluation of Environmental Conditions in Two Cities of East Siberia. Using Bio-indication Methods (Fluctuating Asymmetry Value and Mutagenic Activity of Soils) / E. Shadrina, Y. Vol'pert // International Journal of Biology. – 2015. – Vol. 7. – P. 20–32.
9. Sherry R. Developmental stability in leaves of *Clarkia tembloriensis* (Onagracea) as related to population outcrossing rates and heterozygosity / R. Sherry, E. Lord // Evolution. – 1996. – Vol. 50. – P. 80–91.
10. Velickovi M. Developmental stability in *Tilia cordata* leaves / M. Velickovi // Period biol. – 2010. – Vol. 112, № 3. – P. 273–281.

Рекомендує до друку Л.Д. Орлова
Отримано 14.03.2018 р.

Е.В. Барабаш, Т.М. Лозовая, Т.А. Козлова

Национальный транспортный университет

ОЦЕНКА ИНТЕНСИВНОСТИ АНТРОПОГЕННОГО ВЛИЯНИЯ ПО УРОВНЮ ФЛУКТУИРУЮЩЕЙ АСИММЕТРИИ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ СТРУКТУР

Наиболее простым и доступным для широкого использования приемом оценки стабильности развития живых организмов является определение величины флуктуационной асимметрии (ФА) билатеральных морфологических признаков, которые определяют незначительные ненаправленные различия между правой и левой сторонами органа, закладываются в ходе онтогенеза. Стабильность развития как способность организма к прохождению всех стадий онтогенеза является чувствительным индикатором состояния природных популяций и позволяет оценивать суммарную величину антропогенной нагрузки.

В статье отражены результаты интегральной оценки качества среды (атмосферного воздуха) урбосистемы по степени нарушения стабильности развития организмов на основании показателей ФА листовых пластинок *Betula pendula* Roth. Сбор материала проводили на территории г. Киева в 4-х районах с различной техногенной нагрузкой: зона интенсивного транспортного потока (проспект Победы), район ПАО НПЦ «Борщаговский химико-фармацевтический завод», район расположения Киевской телебашни и территория парка «Нивки». Листовые пластинки собирали с деревьев, расположенных на расстоянии 10–20 м от объектов воздействия.

Расчет балльных оценок качества урбосреды по показателям ФА продемонстрировал, что листовые пластинки деревьев в районах парковых зон и территорий предприятий с положительным природоохранным имиджем сформировались в условиях, которые минимально влияют на индивидуальное развитие, в отличие от листовых пластинок деревьев г. Киева, районом роста которых являются автотранспортные магистрали, существенно нарушающие состояние атмосферного воздуха и тем самым формирующие критическое (IV класса) состояние среды.

Дальнейшего исследования требует оценка состояния качества среды (атмосферного воздуха) других районов для создания карты, которая предоставит данные уровня загрязнения территории г. Киева на основе показателя ФА.

Ключевые слова: экологический мониторинг, биоиндикация, флуктуирующая асимметрия, интегральная оценка качества, *Betula pendula* Roth.

O.V. Barabash, T.M. Lozova, T.A. Kozlova

National transport University

ASSESSMENT OF ANTROPOGENIC INFLUENCE INTENSITY BY THE LEVEL OF FLUCTUATION ASYMMETRY OF MORPHOLOGICAL STRUCTURES

The easiest and most commonly used method for the evaluation of living organism's development stability is the determination of the fluctuation asymmetry (FA) value of bilateral morphological features that indicate minor undirected differences between the right and the left sides of the body which are formed during ontogenesis. Stability of the development as the ability of an organism to pass all stages of ontogenesis is a sensitive indicator of the state of natural populations and allows assessing the total amount of anthropogenic load.

The article highlights the results of the integrated evaluation of the environmental quality (atmospheric air) of the urban system by the degree of the organism's development stability impairment defined basing on the parameters of the FA of the *Betula pendula* Roth leaflets. The material was collected in 4 areas of Kyiv with different technogeneous loads: the area with heavy traffic (Peremohy Avenue), the area of the PJSC Scientific Production Center «Borschagivskyi Chemical and Pharmaceutical Plant», the area of the Kyiv television tower and the territory of the «Nyvky» park. The leaflets were collected from the trees located within 10–20 m from the objects of impact.

The calculation of the scoring of the urban environmental quality by the FA indicators showed that the leaflets of the trees in the park and enterprises areas with a positive environmental image are formed in conditions that minimally impact the individual development, unlike the leaflets of the trees of Kyiv which are grown in the highway areas that essentially impair the state of the atmospheric air and form the critical IV class of the environmental status.

The evaluation of the environmental quality (atmospheric air) of other areas require further research to create a map that will provide data on the pollution level of the territory of Kyiv based on the FA values.

Keywords: *environmental monitoring, bioindication, fluctuating asymmetry, development stability parameter, Betula pendula Roth.*