

Н.В. ДРАГАН¹, Н.М. ДОЙКО¹, Г.І. ДРАГАН²

¹ Державний дендрологічний парк «Олександрія» НАН України
Україна, 09113 Київська область, м. Біла Церква

² Київський обласний інститут післядипломної освіти педагогічних кадрів
Україна, 09107 м. Біла Церква, вул. Ярослава Мудрого, 32

ЗАСТОСУВАННЯ ІНДЕКСУ ФЛУКТУЮЧОЇ АСИМЕТРІЇ ДЛЯ РАЙОНУВАННЯ ТЕРИТОРІЇ ДЕНДРОЛОГІЧНОГО ПАРКУ «ОЛЕКСАНДРІЯ» ЗА ВЕЛИЧИНОЮ ТЕХНОГЕННОГО ЗАБРУДНЕННЯ

*Розглянуто можливість використання індексу флуктуючої асиметрії (на прикладі листя *Partenocissus quinquefolia* (L.) Planch.) для районування території дендропарку «Олександрія» за ступенем техногенного забруднення. Підтверджено статус двох найбільш техногенно забруднених ділянок парку та виявлено нову — північно-східний район парку.*

Важливе місце в системі моніторингу природних і техногенних середовищ займає біологічний моніторинг, що передбачає можливість оцінки стану природного середовища та прогнозу його змін за специфічними реакціями живих організмів. Останнє зумовлене високою чутливістю біоти і стабільністю реакцій-відповідей на дію багатьох антропогенних факторів.

У системі біоіндикації і біомоніторингу дедалі ширше застосування знаходить використання показників асиметрії білатеральних організмів [6, 10, 11].

При зміні умов існування, при появі в середовищі нового сильнодіючого фактора, рослини реагують певним чином, що може виявлятися зміною перебігу фізіологічних і біохімічних реакцій, а також зміною морфоструктури, в тому числі симетрії організмів.

Симетрія (правильне розміщення однакових за походженням, тобто гомологічних частин тіла, органів чи окремих структур відносно певної осі чи площини) є однією з найважливіших властивостей більшості живих організмів [1, 12]. Рівень асиметрії, виражений у кількісних одиницях, використовується при оцінці стабільності розвитку організму, зокрема його морфогенезу [11].

Величина морфологічних відхилень є мінімальною лише при більш чи менш оптимальних значеннях факторів зміни середовища і зростає при збільшенні стресових впливів [6, 10].

Таким чином, існуюча залежність величини асиметрії від напруженості негативних впливів середовища на організм дає змогу використовувати показники асиметрії в системі біологічного моніторингу.

Метою наших досліджень було районування території дендрологічного парку «Олександрія» за величиною техногенного навантаження за допомогою біоіндикаційних досліджень, а саме за величиною індексу флуктуючої асиметрії (або дисперсії асиметрії ширини листка).

Необхідність проведення досліджень була зумовлена тим, що дендропарк «Олександрія» протягом останніх десятиліть зазнає сильного техногенного забруднення. На даний час встановлено дві основні ділянки хімічного забруднення території парку: Західна балка в західній частині парку (нафтопродукти, важкі метали, аміак тощо) та джерело «Лев» у центральній частині парку (поліхлорбіфеніли, виявлені експедицією «Грінпіс» в 1987 році, а також дані щодо радіоактивного забруднення території дендропарку радіонуклідами вна-

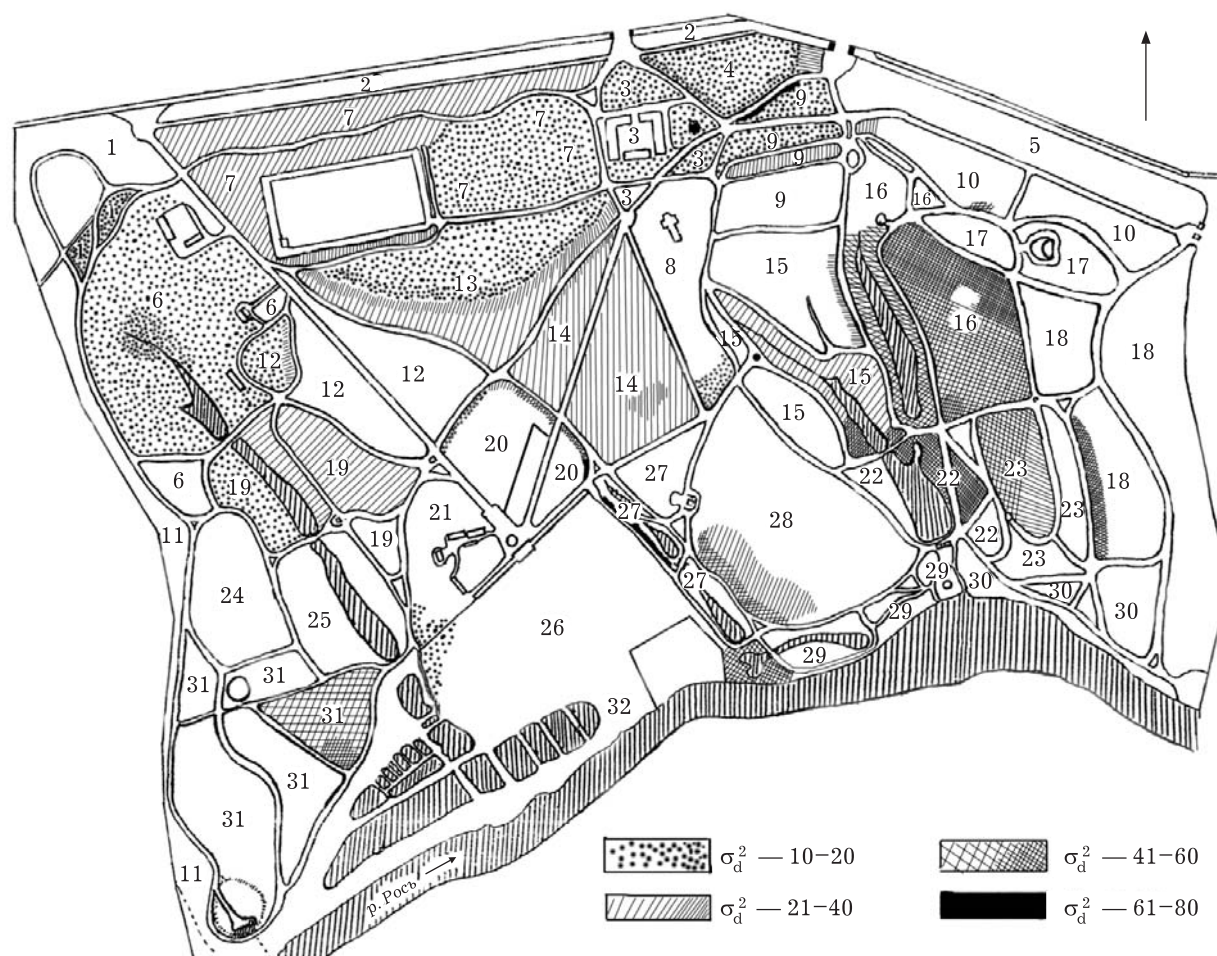


Рис. 1. Розподіл індексу флуктуючої (σ_d^2) асиметрії по території парку: 1–32 — номер ландшафтних ділянок (кварталів)

слідок аварії на ЧАЕС (згідно з картою, складеною фахівцями Правобережної геологорозвідувальної експедиції).

Моніторингові обстеження соснових насаджень виявили й інші ландшафтні ділянки з сильним ослабленням або навіть відпадом рослин [5].

Pinus sylvestris L., з допомогою якої ми провели низку біоіндикаційних досліджень [2, 5], є одним з найкращих об'єктів для екологічних досліджень, однак, на території дендрологічного парку «Олександрія» вона зростає не всюди. Тому, щоб провести районування всієї території парку, потрібно було підібрати такий об'єкт для біоіндикаційних досліджень, який зростав би по

всій або майже по всій території парку. Таким об'єктом є *Partenocissus quinquefolia* (L.) Planch., який зростає в парку з початку ХІХ ст. і нині поширився практично по всій його території.

Методика досліджень

Для оцінки якості різних екоотопів ми використали дисперсію асиметрії ширини листка (або індекс флуктуючої асиметрії — σ_d^2), запропонований І.А. Хмелевською для оцінки якості міського середовища за допомогою листя деревних рослин [11].

Відбір проб проводили по кварталах, яких у парку нараховується 31 (рис. 1). На великих кварталах виділяли кілька

модельних ділянок (МД). Окремі МД виділяли поблизу відомих джерел забруднення та в місцях, де досліджувані показники різко відрізнялися від таких у кварталі в цілому. Всього було виділено 36 МД.

Для відбору матеріалу для досліджень модельну ділянку (МД) умовно розподіляли на квадрати розміром 1×1 м і у вершинах квадратів відбирали по листку. З відібраного матеріалу формували середній зразок — 100 листків. На маленьких МД збільшували кількість квадратів за рахунок зменшення їхніх розмірів. Для обчислення показника флуктуючої асиметрії вимірювали ширину верхівкового листочка в найширшій його частині перпендикулярно до центральної жилки, причому окремо з правого та лівого боку.

Враховуючи значущість світла як потужного фактора морфогенезу рослин, усі виділені ділянки були максимально порівнянні за світловим режимом.

Досліджували морфологічні показники листка: форму, особливості верхівки, характер зубчиків та жилкування листочків, а також розміри листових пластинок, надмірну розсіченість чи зростання листових пластинок, кількість листочків у складному листку. При аналізі морфологічних особливостей листка керувалися роботами І.М. Григори зі співавт. (2004).

Листя винограду пальчастоскладне, з 5 (4–9 [2] — 5–7 [7]) листочками. Листочки еліптичні чи оберненояйцеподібні, 4–12 см завдовжки, на верхівці гострокінцеві, з клиноподібною основою, у верхній частині грубогородчасті чи зубчасті, голі, зверху темно-зелені і тьмяні, знизу сизуваті [12]. За даними Д.Р. Костирко (1978), листки винограду сильно варіюють за величиною і формою від широко-оберненояйцеподібних до продовгуватих, 12 (7–18) см завдовжки, 7 (2,5–15) см завширшки, із загостреною верхівкою, часто вигнутою у середнього листочка вбік, з клиноподібною, трохи нерівносторонньою основою, грубо нерівносторопильчасті чи зморшкуваті, чи більш-менш гладенькі, темно-зелені, блискучі, рідше злегка матові зверху, знизу світліші,

з опуклими, злегка опушеними жилками, на черешках 1,0–4,5 см завдовжки [7].

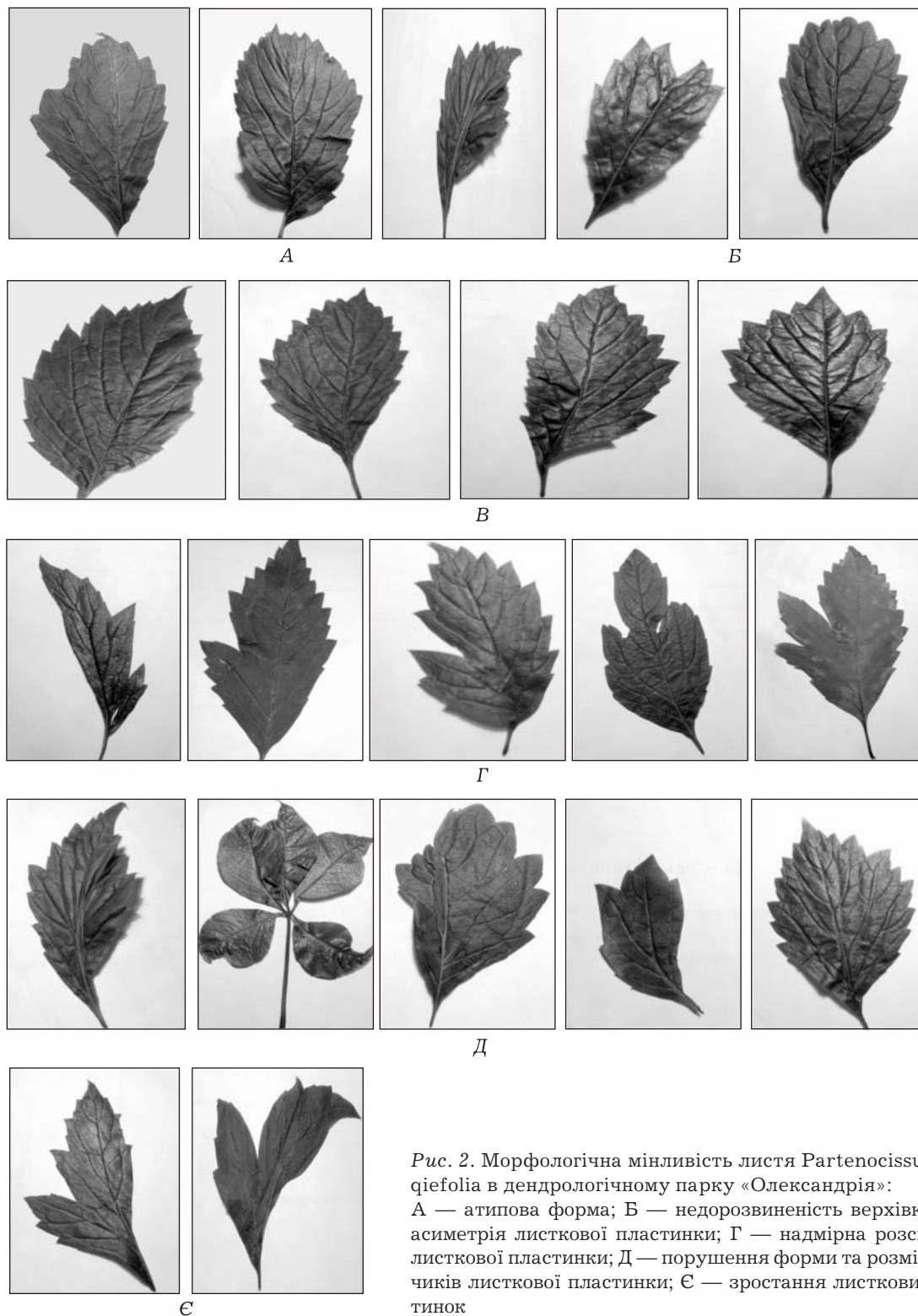
Така велика морфологічна мінливість листя винограду передбачає його високу пластичність і чутливість до дії різноманітних стрес-факторів, що робить цей об'єкт привабливим для біоіндикаційних досліджень.

Результати досліджень показали, що показник флуктуючої асиметрії (σ_d^2) листя *P. quinquefolia* в дендрологічному парку «Олександрія» змінюється в широких межах — від 10,6 до 72,9 (рис. 2).

Дуже високий показник (40–60) відмічено в східних, північно-східних районах парку, а також на схилах Центральної балки; високий (20–40) — в центральній частині парку, на окремих ділянках західної частини, а також на значній частині північних ділянок парку. Деяко нижчі та відносно низькі показники (12–20) зафіксовано в західній та північній частинах парку, на невеликих ділянках у центральній частині (таблиця).

Надвисокі значення показника ($\sigma_d^2 = 60–80$) виявлено у верхів'ях Центральної балки і безпосередньо біля джерела «Лев», що збігається з картою радіоактивного забруднення парку. Очевидно, дією радіоактивного фактора можна пояснити надвисокі значення σ_d^2 на невеликих ділянках біля кам'яних брил скульптури «Варна» та кам'яної стіни вздовж межі кварталу № 3 (див. рис. 1). Зазначені споруди виконані з місцевого граніту, який, за результатами дослідження Д.М. Гродзинського (1969), характеризується підвищеною природною радіоактивністю.

Звертають на себе увагу високі значення σ_d^2 (до 40) у східних та північно-східних районах парку, де на даний час немає інструментально дослідженої наявності якихось забруднювачів. Попередні моніторингові дослідження виявили два основні осередки всихання соснових насаджень у дендропарку — західна частина парку та північно-східні і північні райони. У північно-східній частині парку протягом останнього десятиліття спостерігається також інтенсивне всихання березових насаджень.



Значення індексу флуктуючої асиметрії ширини листкової пластинки *Partenocissus quinquefolia* в різних районах дендропарку «Олександрія»

Район	Характер забруднення	Частка листя з морфологічними відхиленнями, %	Дисперсія асиметрії ширини листка
Квартал 20		6,3	17 – 24
Околиці верхів'я Західної балки (кв. 1, 6)	Нафтопродукти	17,7	10,6 – 19,8
Околиці центральної балки (ставки «Акваріум», «Лебединий») — кв. 27		40,8	48,2 – 63,0
Джерело «Лев»	Поліхлорбіфеніли	35,3	54,6
Околиці джерела «Лев» (кв. 15)		22,5	16,2 – 26,3
Імператорський сад (кв. 15), дамба між Лазневим та Холодним ставом		19,1	31 – 45
Кв. 22, 23		31,3	36 – 40
Ювілейне коло (кв. 8, 13, 14)		15,7	34 – 54
Околиці північного входу (кв. 2, 3, 4, 9)		2,7	16 – 26
Клумба «Міксбордер»	Радіаційне забруднення	45,0	72,9
Скульптура «Варна» (кв. 3)	Виготовлені з матеріалів з підвищеним природним радіаційним фоном	16,8	68,7
Приалейна «Бетонна стіна» (кв. 3)		30,2	70,3

Інтенсивне всихання деревних рослин різної таксономічної приналежності, високі рівні σ_d^2 , вираховані для різних рослин (*Partenocissus quinquefolia* та *Pinus sylvestris*) не можуть бути випадковим збігом і потребують проведення спеціальних досліджень з виявлення конкретних забруднювачів у цій частині парку.

Порушення симетрії листя винограду в районі досліджень супроводжувалося великою морфологічною мінливістю листкової пластинки, яка полягала в зміні типової форми листочків, форми та розмірів зубчиків, наявності різновеликих зубчиків, зміні характеру жилкування. Значна частина листя на більшості ділянок мала надмірну розсіченість листкової пластинки, у невеликої кількості листків зафіксоване зростання листкових пластинок. Спостерігалася наявність недорозвинених 1–2 листочків при інших нормальних у складному листку або частина листочків у листку була значно більших розмірів. Поширеним явищем була зміна кількості листочків у листку — від 1 до 7 (при нормі 5).

Невелику кількість зазначених порушень (від 0,02 до 3–5% від загальної кількості листя) виявлено на всіх ландшафтних ділянках. Найменшої мінливості в усіх випадках зазнала кількість листочків в листку, найбільшої — форма листкової пластинки, характер жилкування та форма й розміри зубчиків. Проміжне місце за частотою займали такі порушення, як надмірна розсіченість листкової пластинки, недорозвиненість або гіпертрофія окремих листочків в листку.

На ділянках, де індекс флуктуючої асиметрії досягав надвисоких значень (60–80), кількість морфологічних відхилень різко зростала і могла сягати 0,1–80 % різних типів морфологічних порушень (див. рис. 2).

Таким чином, проведене за допомогою індексу σ_d^2 районування території дендропарку підтвердило статус двох ділянок парку як найбільш техногенно забруднених: верхів'я Західної балки та району джерела «Лев». За результатами досліджень до неблагополучних у цьому відношенні віднесено північно-східний район

парку. Найвищі значення σ_d^2 і мінливості форми листка в цілому виявлено в місцях найбільшого радіоактивного забруднення парку, що підтверджує високу морфогенетичну активність іонізуючого опромінювання.

1. Вейль Г. Симметрия. — М.: Наука, 1968. — 191 с.

2. Головач А.Г. Лианы, их биология и использование. — Л.: Наука, 1973. — 260 с.

3. Григора І.М., Верхогляд І.М., Шаброва та ін. Морфологія рослин. — К.: Фітосоціоцентр, 2004. — 143 с.

4. Гродзинский Д.М. Естественная радиоактивность растений и почвы. — К.: Наук. думка, 1965. — 215 с.

5. Драган Г.И., Драган Н.В. Биоиндикация местообитаний с помощью морфометрических показателей хвои сосны обыкновенной // Мониторинг природных та техногенных средовищ: Матер. Всеукр. наук. конф. — Сімферополь: Діалі, 2008. — С. 114–117.

6. Захаров В.М., Баранов А.С., Борисов В.И. Здоровье среды: методика оценки. Оценка состояния природных популяций по стабильности развития: Метод. руководство для заповедников. — М.: Центр экологической политики России, 2000. — 66 с.

7. Костырко Д.Р. О полиморфизме представителей рода *Partenocissus* Planch. // Бюл. ГБС. — 1978. — Вып. 108. — С. 9–14.

8. Лакин Г.Ф. Биометрия: Учебное пособие для биологов спец. вузов. — 4-е изд., перераб. и доп. — М.: Высшая школа, 1990. — 352 с.

9. Левон Ф.М., Драган Н.В., Драган Г.И. та ін. Сосна звичайна (*Pinus sylvestris* L.) в ландшафтах дендрологічного парку «Олександрія» // Старовинні парки та проблеми їх збереження: Матер. II Міжнар. наук.-практ. конф. — К.: Фітосоціоцентр, 2003. — С. 140–144.

10. Стабильность индивидуального развития и возможность использования показателя флуктуирующей асимметрии при оценке устойчивости экосистем. — Харьков, 1990. — С. 82–84.

11. Хмелевская И.А., Андреева И.А., Ващенко М.И. Оценка стабильности морфогенеза листьев и качества городской среды с помощью показателя флуктуирующей асимметрии // Использование растений в экологическом мониторинге городов. — Псков: ПГПИ им. С.М. Кирова, 2001. — С. 113–128.

12. Шульгина В.В. Виноградные. — Vitaceae Lindl. // Деревья и кустарники СССР. — М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1958. — Т. 4. — С. 607–659.

13. Урманцев Ю.А. Симметрия природы и природы симметрии. — М.: Мысль, 1974. — 229 с.

Рекомендував до друку
С.І. Галкін

Н.В. Драган¹, Н.М. Дойко¹, Г.И. Драган²

¹ Государственный дендрологический парк «Александрия» НАН Украины, Украина, г. Белая Церковь

² Киевский областной институт последипломного образования педагогических кадров, Украина, г. Белая Церковь

ПРИМЕНЕНИЕ ИНДЕКСА ФЛУКТУИРУЮЩЕЙ АСИММЕТРИИ ДЛЯ РАЙОНИРОВАНИЯ ТЕРРИТОРИИ ДЕНДРОЛОГИЧЕСКОГО ПАРКА «АЛЕКСАНДРИЯ» ПО ВЕЛИЧИНЕ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Рассмотрена возможность использования индекса флуктуирующей асимметрии (на примере листьев *Partenocissus quinquefolia* (L.) Planch.) для районирования территории дендропарка «Александрия» по степени техногенного загрязнения. Подтверждено статус двух наиболее техногенно загрязненных участков парка и обнаружено новый — северо-восточный район парка.

N.V. Dragan¹, N.M. Dojko¹, G.I. Dragan²

¹ State Dendrology Park *Alexandria*, National Academy of Sciences of Ukraine, Ukraine, Bila Tserkva

² Kyiv Regional Institute of Postgraduate Pedagogical Education, Ukraine, Bila Tserkva

USING OF FLUCTUATING ASYMMETRY INDEX FOR THE DIVISION OF THE TERRITORY OF DENDROLOGY PARK *ALEXANDRIA* INTO AREAS ACCORDING TO THE LEVEL OF TECHNOGENIC POLLUTION

Possibility of using of fluctuating asymmetry index (on leaves of *Partenocissus quinquefolia* (L.) Planch.) for division territory of Dendrology Park *Alexandria* into areas according to the level of technogenic pollution was studied. The status of two park areas as the most anthropogenic polluted was confirmed new area in the north-east part of the park was revealed.