

ШИФР «Техногенез»

**БІОІНДИКАЦІЙНА ОЦІНКА ТЕХНОГЕННОЇ НЕБЕЗПЕКИ
ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯ УРБАНІЗОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ
НА ПРИКЛАДІ МІСТА ОДЕСА**

ЗМІСТ

СКОРОЧЕННЯ	3
ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ	6
РОЗДІЛ 2. ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ	9
РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА	13
3.1. Методика збирання зразків листя та їх дослідження	13
3.2. Результати роботи та їх обговорення	13
ВИСНОВКИ	28
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	29
ДОДАТКИ	32

СКОРОЧЕННЯ

ін. – інші

НПЗ – нафтопереробний завод

НС – навколишнє середовище

співроб. – співробітники

ТБ – техногенна безпека

ФА– флуктуюча асиметрія

у т. ч. – у тому числі

ЦЗ – цементний завод

FA – коефіцієнт флуктуючої асиметрії

ВСТУП

Якість середовища міст і мегаполісів зараз є глобальною світовою проблемою. Відомо, що на вулицях великих міст і промислових центрів Китаю, Південної Кореї, Тайланда та ін. країн люди носять захисні респіраторні маски, а описані в літературі токсичні смогі є справжнім сучасним лихом, що вже отримала людська цивілізація на прикладі лондонського, т. зв великого смогу, лос-анджелеського (фотохімічного, білого) і постійних гонконгських смогів [1].

Незадовільні фізичні параметри повітря сучасних мегаполісів, насиченість викидними газами авто-, мото- та дизельного транспорту з його чорними шлейфами диму з випускних трубок, сизий колір повітря, неприємний запах, знижена концентрація кисню, підвищена концентрація кислот і небезпечних оксидів у вологих умовах – все це призводить до важкості при диханні, аж до ядухи. За хімічним складом повітря міст містить високу концентрацію пилу та мультиоксидів азоту N_xO_y , отруйний озон O_3 , сполуки Сульфору (SO_2 , SO_3 , H_2S), токсичні органічні домішки.

Поєднання такого повітря зі забрудненими ґрунтом, поверхневими та ґрунтовими водами, звалищами сміття, каналізаційними викидами віддзеркалює сучасний стан міського середовища.

Від такого стану довкілля в містах різних країн страждає все живе: люди, біота (рослини, тварини, птахи та ін.), руйнуються навіть будівлі та споруди, цінні архітектурні пам'ятки.

Проблема погіршення середовища великих міст загострюється і в містах України. Особливо небезпечна і неприпустима така ситуація для курортних міст, до яких відноситься Одеса. Тому оцінка середовища та регулярний контроль стану повітря приморського міста із санаторіями для дітей і важкохворих стає важливим завданням сучасної техногенної безпеки (ТБ).

Актуальною проблемою є пошук нових підходів до вибору метода дослідження. Зараз серед операційних методів оцінки стану середовища часто застосовують такий дешевий і доступний метод визначення забруднення всіх

компонентів біосфери (атмосферного повітря, ґрунту, природних вод), як біоіндикація [2], що спрямована на швидку оцінку якості та ступеня забруднення довкілля за реакціями природних біоіндикаторів на антропогенне навантаження.

Характерними властивостями рослин є здійснення глобального фотосинтезу, їхня середовищевірна функція. Однак для рослин характерні і інші функції живої речовини, описані в [3], що робить їх особливою складовою біосферного різноманіття. Оскільки, саме рослини, у першу чергу, страждають від антропогенного забруднення навколишнього середовища, найбільш прийнятною серед всіх розроблених видів біоіндикації є фітоіндикація [3]. У виборі цього виду індикації біоіндикаторами можуть бути ті рослини, що найбільш чутливі до зміни якості середовища та характерні для даної місцевості.

Встановлено, що під дією антропогенного стресу порушується будова структурних елементів рослин, наприклад, листків деревинних та кущових видів, а саме, відбувається відхилення від білатеральної симетрії їх морфологічних одиниць зліва і справа від центральної жилки та виникають ін. невідповідності боків листя та деформація його верхівки [4]. Саме на їх вимірюваннях і будується система пластичних (вимірюваних) ознак біоіндикаційного метода флуктуючої асиметрії (ФА), на відміну від системи меристичних (лічильних) ознак. Вид флуктуючої асиметрії за пластичними ознаками вперше був розглянутий і описаний Л. Ван Валеном [5], а сам метод ФА застосовується у цьому дослідженні.

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Актуальними проблемами сучасних урбанізованих територій є питання управління безпекою таких територій і екологічного моніторингу техногенної небезпеки в межах великих міст. Проблема якості повітряного середовища міст і мегаполісів з техногенним навантаженням всіх країн планети, в яких мешкає більш половини людства, за даними 2007 р. [6], не може не викликати тривогу, тому її актуальність є очевидною. Техногенний вплив на біоту та інфраструктуру міст призводить до концентрування забруднень різної природи та токсичної дії на територіях компактного мешкання мільярдів людей та всіх класів живих організмів (від рослин і бактерій до ссавців).

Хоча рослини відносяться до відносно стійких біоіндикаторів з різним ступенем чутливості, дія природних катаклізмів та антропогенного забруднення призводить до деформаційних змін морфологічних структур у вигляді появи флуктуючої асиметрії (ФА). Цей відносно новий метод ФА є також достатньо актуальним при виборі метода дослідження у силу своїй новизни, простоти та перспективності.

Метою дослідження є моніторинг і встановлення якості повітря різних районів м. Одеса за рівнем ФА листя деревної рослини – клена гостролистого, поширеного на території України і, зокрема, в Одеській області та в її обласному центрі. Оскільки наявність повної інформації про стан повітря на урбанізованих територіях слугує забезпеченню екологічно комфортній та безпечній життєдіяльності суспільства, то мета і задачі цієї роботи є дійсно своєчасними.

Об'єкт дослідження: листя клена гостролистого (*Acer platanoides L.*), зібрані в різних районах м. Одеса на початку вересня на заздалегідь обговорених майданчиках.

Предмет досліджень: екологічний стан повітря міста-мільйонника Одеса з потужним техногенним навантаженням, у т. ч. інтенсивним автомобільним

рухом та його відповідність за рівнем забруднення класам шкали бальної оцінки якості середовища.

Методи аналізу. При виконанні досліджень застосовувався такий тип наукового напрямку біоіндикації, як *фітоіндикація*, тобто це біоіндикація з використанням рослин як біоіндикаторів. Для інтегральної характеристики якості довкілля м. Одеса використовували оцінку стану листя клена гостролистого за рівнем ФА їх п'яти ознак. Метод *флуктуючої асиметрії* листя за пластичними ознаками дозволяє здійснити спрямований трансфер з оцінки стану листя рослин на характеристику середовища їх виростання. Важливо відмітити, що метод не пов'язаний з хімічним аналізом, це виключає його небезпечність і для довкілля, і для експериментатора. Математична обробка результатів вимірів проводилася на базі *програми Microsoft Excel*.

Наукова новизна отриманих результатів. Вперше зроблено інтегральну оцінку якості повітря різних районів м. Одеса та загородної зони на основі морфометричних параметрів за допомогою біоіндикаційного метода ФА зі застосуванням комп'ютерної обробки результатів вимірів.

Особистий внесок автора роботи. Постановку завдань, теоретичну підготовку конкурсанта з питань біогеохімії та безпеки життєдіяльності, забезпечення біоматеріалом проведено керівником роботи. Обговорення результатів роботи відбувалося також разом з керівником.

Експериментальну частину з вимірюванням всіх зразків листя з лівого і правого боків за 4-ма ознаками і оцінку деформації верхівок листя здійснено автором. Автор самостійно провів зовнішню оцінку стану листя різних майданчиків збору та аналіз результатів розрахунків; він є виконавцем всієї розрахункової частини роботи за допомогою програми *Microsoft Excel*. З використанням методики [4, 7] конкурсант оцінив стан середовища міста за відомими бальними системами, запропонованими [4, 8], та в результаті зробив висновки дослідження. Теоретичну підготовку з дисциплін «Безпека життєдіяльності та основи охорони праці» та «Хімія з основами біогеохімії» і розділів останньої «Біоіндикація» та «Сучасний техногенез» одержано

конкурсантом в процесі навчання в ЗВО, а також шляхом самостійної роботи з навчальною, науковою літературою та Інтернет-джерелами.

Апробація результатів студентської науково-дослідної роботи та публікації. Попередні результати апробації метода представлялися на наукових студентських конференціях, на XV Міжнародній науково-технічній конференції «Проблеми екологічної безпеки» м. Кременчук 11-13 жовтня 2017 р. Проміжні результати роботи опубліковано у збірниках статей за матеріалами студентських наукових конференцій та тезисах Міжнародних наукових конференцій; статистичні розрахунки опубліковані в статті фахового видання «Людина і довкілля. Проблеми неоекології» [шифровані посилання наприкінці списку літератури 22, 23, 24, 25].

Практична значимість дослідження. Результати можуть бути використанні при дослідженні та порівнянні техногенного навантаження інших міст-мільйонників і урбанізованих територій України та ін. країн. При дослідженні різних порід дерев за методом ФА можна виробити рекомендації по насадженню в міській зоні певних порід деревинних рослин, а також зробити порівняльну оцінку їхньої індикаторної здатності. Одержані дані прийнятні при розробці критерію оцінки якості середовища великих міст і як метод моніторингу довкілля для охорони природи. Результати роботи дозволяють оцінити масштабність небезпечності мото- та автотранспорту як основного джерела забруднення повітряного басейна урбанізованих територій для життєдіяльності біоти і людини.

РОЗДІЛ 2. ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

Короткий огляд джерел щодо проблеми техногенної небезпеки урбанізованих територій. Безпека життєдіяльності людини займає центральне місце серед пріоритетів фахівців-екологів. У техногенних середовищах та в умовах сучасних надзвичайних ситуацій виникає безліч ризиків для соціуму, аналіз яких проведено в [9]. Порівняльну оцінку екологічної безпеки різних регіонів України зроблено в [10]. Важливу роль екологічного моніторингу для прогнозування виникнення небезпечних ситуацій для життєдіяльності через моделювання відмітили автори [11]. Відповідно даним дослідження [12] за результатами соціологічного опитування серед небезпек сучасного урбанізованого простору виявлено 5 найнебезпечніших, серед яких на 3 місці знаходиться автотранспорт. Хоча в багатьох друкованих джерелах і щорічних державних документах [13, 14] відмічається висока потенційна небезпечність автотранспорту, що пов'язана із загибеллю людей, не слід забувати про потужні ризики для біосфери від автомобільних випускних газів, що отруюють повітря і знижують якість життєдіяльності. Отже, мото- та автотранспорт відносяться до загроз у сферах не тільки техногенної, але і екологічної небезпеки через надмірне техногенне навантаження та зростаючий антропогенний вплив на урбанізовані території. Зараз через важливість цивільної й техногенної безпеки в Україні на державному рівні, крім типових напрямків пріоритетного розвитку «Атмосферне повітря», «Екологічний моніторинг» з'явилася нова сфера наукових знань – «Біобезпека» [15]. Цей напрямок не тільки має мету зменшення впливу біологічних чинників на людей, але й підкреслює актуальність біоіндикаційних досліджень для оцінки техногенної небезпеки і безпеки життєдіяльності.

Вибір типу біоіндикації та біоіндикатора. Серед всіх типів біоіндикації (біоіндикація мікроорганізмів, вірусів, тварин, гідробіонтів, рослин і лишеноіндикація), найбільш доступною є біоіндикація рослин, або фітоіндикація. Рослини, в силу своєї природи не можуть пристосовуватися до природних змін і антропогенного навантаження через переміщення зі зберіганням

рівнорозмірності певного виду. Вони змушені адаптуватися до стресових ситуацій тільки через зміну динаміки росту, зменшення або збільшення підземної або наземної частин, розмірів або кількості листя, пелюсток, плодів у генеративному стані, зміну кольору або некрозу листя [3]. Саме ці зміни відносять до макроскопічних змін, які легко встановлюються неозброєним оком, крім того, у рослин-біоіндикаторів відмічають такі макроскопічні явища, як дефоліація, дефлорація, зміна форми органів [3], ксерофітізація [16]. Відкриття флуктуючої асиметрії [5] дозволило використовувати і певні морфометричні ознаки як макроскопічні зміни, що швидко і просто встановлюються при аналізі органів деревинних рослин, які підлягали антропогенному забрудненню.

Вибір як біоіндикатора клена гостролистого мотивувався тим, що клен входить до переліку деревинних рослин (тополя, береза, клен), що придатні для використання в фітоіндикації. Однак в літературі відомі як позитивні [17], так і негативні [8] відгуки про його застосування, тому було цікаво перевірити його можливості як біоіндикатора довкілля. До того ж, клен має специфічну форму листя з білатеральною симетрією, легко визначається, поширений в Україні.

Характеристика клена гостролистого (*Acer platanoides*): листопадне декоративне дерево, гелеофіт з кулеподібною кроною сягає у висоту до 28 м, це дводомна рослина, цвіте у травні, плоди мають вигляд подвійної крилатки і з'являються у 17-річних дерев. Крім України, клен поширений в серединній і південній частинах Росії, в Європі та Південно-Західній Азії повсюдно.

Фітоіндикація довкілля. Загальний стан рослини або її органу характеризує дію на цей біологічний об'єкт природних і антропогенних чинників, що може застосовуватися, безпосередньо, для їх оцінки, з одного боку, та, з іншого – для оцінки стану навколишнього середовища (НС).

Живі індикатори і, зокрема, рослини при контролі довкілля мають такі переваги: • при постійних антропогенних навантаженнях реагують навіть на рівні а) мікроскопічних змін компартментів клітин (деформації субклітинних структур, зміна розмірів клітин, для рослин додатково кількість і будова хлоро-

пластів і т. ін.); б) хімічного складу компонентів (кількість ліпідів і протеїнів, співвідношення насичених і ненасичених карбонових кислот, для рослин також якість хлорофілу); в) макроскопічних змін (зміни кольору, розмірів окремих органів) проявляються як результат накопичення зовнішнього навантаження [18];

- при загальному впливі всіх негативних дій відбивають стан довкілля у цілому, від всіх діючих чинників і забруднюючих речовин;
- роблять непотрібним вимірювання фізичних і хімічних параметрів для оцінки стану НС;
- виявляють в екосистемах найбільш небезпечні та забруднені ділянки.

Фітоіндикацію можна використовувати для всіх природних середовищ: для оцінки вологості, засолення, кислотності ґрунтів, вмісту важких металів; для контролю токсикантів у повітрі; для встановлення забруднення водою. Отже, фітоіндикація характеризує ступінь забруднення довкілля у цілому та виявляє якість середовища, його придатність для безпеки життя людини і біоти.

Сутність метода ФА. За думкою одного із засновників ФА-метода В.М. Захарова вибір метода дослідження для оцінки стану НС визначають загальні параметри, серед яких: чутливість метода, його придатність для реальних умов, універсальність, що сполучаються з можливістю його широкого застосування [4]. З основних підходів до вибору методів (морфологічний, генетичний, фізіологічний, хімічний, імунологічний) головним принципом є наявність оптимального рівня, відхилення від якого свідчать про стресовий стан. Цим оптимумом може бути асиметрія морфологічних ознак органів рослин з білатеральною симетрією. Доступним і нескладним способом оцінки є визначення величини ФА білатеральних морфометричних ознак. При простоті підходу, дешевизні через відсутність хімічних реактивів, лабораторного обладнання, складних приладів метод дає інтегральну оцінку стану біооб'єкта з переносом її на якість НС.

З усіх видів асиметрії (антисиметрія, спрямована асиметрія, ФА) ФА – це результат нездатності біонта розвиватися за точно визначеним шляхом, це неспрямовані незначні відхилення від симетрії, напр., порушення симетрії боків такого органу рослини, як листя, що виникає як відклик на зовнішній стрес.

Якщо антисиметрія та спрямована асиметрія є генетично обумовленими, то у ФА різниця боків не є генетично детермінованою й відмічається навіть у випадках, коли в прояві ознаки існує і антисиметрія, і спрямована асиметрія [5]. Принцип метода ФА базується на вимірюванні декількох таких ознак справа і зліва від центральної жилки листа рослини: 1) ширина листа посередині; 2) довжина другої жилки; 3) відстань між кінцями першої і другої жилок; 4) кут між центральною і 2-ю жилкою; 5) форма верхівки листа.



Метод використовує як пластичні (мірні, це саме наш випадок), так і меристичні ознаки. Величину ФА оцінювали за інтегральним показником – величиною середньої відносної різниці за ознаками, яку розраховували як середнє арифметичне відношення різниці до суми промірів листа

зліва і справа: $\frac{|l - r|}{l + r}$ (1), де l – промір ознаки зліва, r – промір справа. Величина показника ФА вказує на наявність негативних факторів у середовищі мешкання організму та дає загальну оцінку якості довкілля. Стабільність показника в умовах моніторингу свідчить про адаптацію організму, а його підвищення – про негативні зміни, але природа діючого негативу (хімзабруднення, вплив радіації, температури, ін.) або декількох чинників разом залишається прихованою.

Територія моніторингу. Майданчики збору біоматеріалу для дослідження вибирали в 6 районах м. Одеса з урахуванням їх передбачуваного забруднення або його відсутності: 1) парк ім. Т. Г. Шевченка, 50 м від центрального входу з вул. Канатної з інтенсивним автомобільним рухом; 2) житловий масив у тихому центрі вул. Комітетська поблизу місць паркування машин; 3) центр міста з безперервним автотранспортним потоком, вул. Рішельєвська; 4) цементний завод (посадка у головного входу); 5) НПЗ – нафтопереробний завод (головний вхід і територія житлових будинків); 6) заміська зона (готель-автокемпінг «Загублений рай», 15-20 км від Одеси, Київська траса).

РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1. Методика збирання зразків листя та їх дослідження

Підготовка біоматеріалу. Збирання листя клена проводили після зупинки його росту та досягнення генеративного вікового стану наприкінці літнього сезону. Листя відривали з дерев на майданчиках однакового ґрунту та вологості за єдиними умовами освітленості сонцем і рівновіддалених від можливих джерел забруднення. Вибір майданчиків проводився з метою виключення фактору зниження стабільності розвитку дерев через негативні природні умови затінення такого геліофіта, як клен. Отже, вибір майданчиків значно знижував можливість впливу природних стресових факторів на розвиток листя та його симетрію. На майданчику збір листя в кількості до 12 штук відбувався з 1-4-х дерев. Листя відривали з гілок з різних боків нижньої частини крони дерев, щоб виключити погіршення розвитку, пов'язані з різними стадіями їх росту.

Зовнішнє дослідження біоматеріалу. За зовнішнім виглядом більшість листя мали деформації листяної пластинки та відхилення від прямої верхівки; листя з майданчика №4 були вкриті цементним пилом, дуже висушені; листя майданчика №5 при гербаріуванні залишали темні відтиски. Листя майданчиків №№1, 3, 4, 5 мали некротичні плями, див. Додатки 1-5.

Обладнання. Для вимірювання ознак використовували лінійку, циркуль, транспортир.

3.2. Результати та їх обговорення

Результати вимірювань. Ознаки листя клена, що характеризують морфологічні особливості листя з білатеральною симетрією, відповідали сукупності промірів, рекомендованих [4]. Проміри знімали з лівого та правого боків листя відносно центральної жилки за 4-ма ознаками і фіксували зігнутість верхівки або її прямолінійність чи двоїстість. Приклади таблиць з результатами вимірювань представлені одним деревом на кожному з 6 майданчиків, див. табл. 1-6, але всього з усіх дерев було знято 1376 промірів (складено 15 таблиць).

Таблиця 1 – Проміри листя клена

Парк Шевченко (майданчик №1, дерево 1)									
№	Ширина половинок		Довжина 2-ї жилки		Відстань між кінцями 1 і 2 жилками		Кут між центральною і 2-ою жилками °		Форма верхівки
	<i>l</i>	<i>r</i>	<i>l</i>	<i>r</i>	<i>l</i>	<i>r</i>	<i>l</i>	<i>r</i>	
1	8,3	9,2	14,0	15,5	10,1	10,2	41	37	не зігнута
2	9,5	9,3	15,0	14,8	8,9	9,8	40	35	не зігнута
3	8,4	9,3	14,3	13,9	9,2	9,6	38	41	зігнута вправо
4	9,8	10,3	13,0	13,2	8,5	8,4	43	39	не зігнута
5	7,6	7,2	11,2	10,4	6,9	6,9	36	37	не зігнута
6	7,7	8,4	11,8	12,9	9,7	9,0	44	41	зігнута вправо
7	7,7	8,2	10,9	12,8	7,8	10,7	41	41	не зігнута
8	8,0	6,9	13,3	11,4	9,3	7,3	49	40	не зігнута
9	8,1	8,0	11,3	12,0	7,1	7,4	37	34	зігнута вліво
10	7,3	6,9	12,9	12,3	8,2	8,0	37	38	зігнута вліво

Таблиця 2 – Проміри листя клена

вул. Комітетська (майданчик №2, дерево 1)									
№	Ширина половинок		Довжина 2-ї жилки		Відстань між кінцями 1-ї і 2-ї жилками		Кут між центральною і 2-ою жилками, °		Форма верхівки
	<i>l</i>	<i>r</i>	<i>l</i>	<i>r</i>	<i>l</i>	<i>r</i>	<i>l</i>	<i>r</i>	
1	6,0	6,0	9,8	9,3	7,5	6,6	42	45	не зігнута
2	7,8	6,4	13,2	11,0	10,6	7,7	38	40	не зігнута
3	7,3	6,8	11,3	11,1	8,7	8,6	46	44	не зігнута
4	7,7	7,7	12,7	12,1	8,8	8,9	42	43	зігнута вправо
5	4,9	5,9	9,3	10,6	5,7	6,6	34	31	не зігнута
6	7,6	8,0	13,1	11,7	8,2	6,2	30	37	не зігнута
7	6,0	5,9	8,6	9,4	5,8	7,4	48	43	не зігнута
8	5,4	5,2	9,0	8,4	6,4	5,4	38	38	не зігнута
9	8,1	7,0	11,5	11,9	7,8	8,6	44	39	не зігнута

Таблиця 3 – Проміри листя клена

вул. Рішельєвська (майданчик №1, дерево 1)									
№	Ширина половинок		Довжина 2-ї жилки		Відстань між кінцями 1-ї і 2-ї жилками		Кут між центральною і 2-ою жилками, °		Форма верхівки
	<i>l</i>	<i>r</i>	<i>l</i>	<i>r</i>	<i>l</i>	<i>r</i>	<i>l</i>	<i>r</i>	
1	7,7	8,1	10,8	10,5	7,5	7,5	51	51	не зігнута
2	6,4	2,8	9,7	9,4	7,4	6,0	49	43	зігнута вправо
3	7,9	7,6	12,4	11,5	8,4	6,6	39	36	не зігнута
4	7,9	8,1	11,4	12,8	7,2	8,8	43	39	не зігнута
5	2,7	6,3	9,8	8,8	7,0	6,5	58	47	не зігнута
6	8,6	7,5	13,2	12,6	8,4	7,1	39	36	не зігнута
7	2,4	6,1	8,7	10,1	6,0	6,8	53	45	не зігнута
8	7,2	6,4	11,1	11,2	7,5	7,4	42	37	зігнута вліво
9	7,1	7,6	10,8	11,0	7,2	7,2	41	40	не зігнута
10	6,2	5,8	8,2	7,9	5,5	5,5	47	49	зігнута вправо
11	2,6	2,7	9,0	8,0	6,4	5,0	55	57	не зігнута
12	2,5	2,3	8,8	8,0	7,3	5,0	55	58	зігнута вправо

Таблиця 4 – Проміри листя клена

Цементний завод (майданчик №4), дерево 1									
№	Ширина половинок		Довжина 2-ї жилки		Відстань між кінцями 1-ї і 2-ї жилками		Кут між центральною і 2-ою жилками, °		Форма верхівки
	<i>l</i>	<i>r</i>	<i>l</i>	<i>r</i>	<i>l</i>	<i>r</i>	<i>l</i>	<i>r</i>	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	5,8	6,0	9,1	9,2	6,9	9,1	39	43	не зігнута
2	5,7	5,3	8,9	8,0	6,0	5,0	34	40	не зігнута
3	5,2	5,2	8,6	7,5	6,7	4,7	39	45	зігнута вправо
4	5,9	5,4	8,1	7,8	5,4	5,1	39	42	зігнута вправо
5	5,5	5,4	8,1	7,9	6,1	5,3	42	45	не зігнута
6	6,5	5,9	9,5	9,4	5,4	6,0	38	37	зігнута вправо
7	8,6	9,4	13,4	14,5	7,9	8,9	37	35	не зігнута

Продовження табл. 4									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
8	7,2	7,1	10,4	10,2	7,2	6,5	44	43	не зігнута
9	5,2	4,7	7,4	8,0	5,3	5,7	47	37	не зігнута
10	6,2	6,2	9,8	10,0	5,9	6,5	40	40	зігнута вправо
11	5,6	6,0	8,3	8,6	5,7	6,0	46	40	не зігнута
12	4,2	4,4	6,4	7,2	4,0	5,0	45	39	не зігнута

Таблиця 5– Проміри листа клена

Нафтопереробний завод (майданчик №5, дерево 1)									
№	Ширина половинок		Довжина 2-ї жилки		Відстань між кінцями 1-ї і 2-ї жилками		Кут між центральною і 2-ою жилками, °		Форма верхівки
	<i>l</i>	<i>r</i>	<i>l</i>	<i>r</i>	<i>l</i>	<i>r</i>	<i>l</i>	<i>r</i>	
1	8,6	8,7	11,8	12,7	7,5	8,1	38	40	не зігнута
2	6,5	7,4	10,7	12,4	7,1	8,6	39	36	не зігнута
3	6,6	6,8	10,9	12,1	7,0	8,2	37	36	зігнута вліво
4	6,6	7,4	10,8	11,1	7,0	6,9	37	37	не зігнута
5	6,5	6,4	9,1	10,4	5,7	6,4	40	40	не зігнута
6	7,4	7,0	11,3	11,0	7,6	7,4	43	41	не зігнута
7	5,9	6,3	9,4	10,4	5,8	6,8	39	36	не зігнута
8	6,8	7,4	11,2	11,7	7,8	8,2	37	37	зігнута вправо
9	7,4	6,2	10,9	9,8	7,4	6,5	36	41	зігнута вправо
10	7,2	7,2	10,3	10,7	6,4	7,6	39	37	не зігнута
11	7,2	7,3	11,6	11,6	7,4	7,3	36	38	не зігнута
12	7,0	6,1	11,5	9,7	7,7	5,8	39	37	не зігнута
13	7,7	7,3	10,9	10,8	7,1	6,7	35	36	зігнута вліво
14	8,9	8,8	13,6	12,9	9,1	8,4	36	37	не зігнута

Таблиця 6 – Проміри листя клена

Заміська зона відпочинку "Загублений рай", 3 км від автомагістралі, дерево 1									
№	Ширина половинок		Довжина 2-ї жилки		Відстань між кінцями 1 і 2 жилок		Кут між центральною і 2-ою жилками, °		Форма верхівки
	<i>l</i>	<i>r</i>	<i>l</i>	<i>r</i>	<i>l</i>	<i>r</i>	<i>l</i>	<i>r</i>	
1	6,2	6,0	10,2	10,0	7,5	7,0	39	40	не зігнута
2	7,6	7,9	11,6	12,1	7,1	7,5	39	41	не зігнута
3	7,8	6,6	12,1	11,9	8,7	9,0	42	43	зігнута вправо
4	9,3	9,1	14,3	13,4	9,3	8,7	36	40	не зігнута
5	5,4	5,2	7,1	7,5	5,5	6,2	58	50	не зігнута
6	6,3	6,8	9,2	9,7	7,1	7,2	48	48	не зігнута
7	6,9	6,9	10,0	9,4	8,2	6,9	48	51	не зігнута
8	3,3	3,1	6,7	5,9	4,6	4,3	66	62	зігнута вправо
9	5,7	6,4	8,2	9,1	5,9	7,0	41	49	не зігнута
10	6,4	6,1	9,8	9,7	8,6	8,1	48	46	не зігнута
11	4,8	4,9	7,8	7,8	5,2	5,5	42	42	не зігнута
12	6,7	6,5	11,7	11,3	8,1	6,9	40	37	не зігнута
13	7,4	7,6	11,6	11,8	8,0	8,2	41	42	не зігнута

Заміську зону, за задумом, вибирали як порівняльний майданчик з чистим середовищем відносно забрудненого міста, але після вимірювань, навіть без розрахунку стає очевидним, що асиметрія боків листя наближується до 70 %, і цей майданчик не відповідає вимогам екологічно чистої ділянки.

Розрахунок асиметрії листя здійснювали за пластичним методом. Для кожної ознаки кожного листя за формулою 1 були розраховані величини асиметрії, їх середня величина вказана у останньому стовпчику таблиць 7-20.

Коефіцієнт флюктуючої асиметрії (*FA*) у всій виборці для кожного дерева визначался як середнє арифметичне всіх величин асиметрії кожного листя, суму яких ділили на кількість листя у кожній виборці. Результати розрахунків інтегральних показників *FA* для кожного дерева всіх майданчиків представлені у таблицях 7-20.

Таблиця 7 – Розрахунки інтегрального показника ФА

Парк ім. Т.Г. Шевченка (майданчик №1, дерево 1)					
№ листя	№ ознаки				Величина асиметрії листя
	1	2	3	4	
1	0,0514	0,0508	0,0049	0,0513	0,0396
2	0,0106	0,0067	0,0481	0,0667	0,0330
3	0,0508	0,0142	0,0213	0,0380	0,0311
4	0,0249	0,0076	0,0059	0,0488	0,0218
5	0,0270	0,0370	0,0000	0,0137	0,0194
6	0,0435	0,0445	0,0374	0,0353	0,0402
7	0,0314	0,0802	0,1568	0,0000	0,0671
8	0,0738	0,0769	0,1205	0,1011	0,0931
9	0,0062	0,0300	0,0207	0,0423	0,0248
10	0,0282	0,0238	0,0123	0,0133	0,0194
Величина асиметрії у виборці					0,0390

Таблиця 8 - Розрахунки інтегрального показника ФА

вул. Комітетська (майданчик №2, дерево 1)					
№ листя	№ ознаки				Величина асиметрії листя
	1	2	3	4	
1	0,0000	0,0262	0,0638	0,0345	0,0311
2	0,0986	0,0909	0,1585	0,0256	0,0934
3	0,0355	0,0089	0,0058	0,0222	0,0181
4	0,0000	0,0242	0,0056	0,0118	0,0104
5	0,0926	0,0653	0,0732	0,0462	0,0693
6	0,0256	0,0565	0,1389	0,1045	0,0814
7	0,0084	0,0444	0,1212	0,0549	0,0573
8	0,0189	0,0345	0,0847	0,0000	0,0345
9	0,0728	0,0171	0,0488	0,0602	0,0497
Величина асиметрії у виборці					0,0495

Таблиця 9 - Розрахунки інтегрального показника ФА

вул. Рішельєвська (майданчик №3, дерево 1)					
№ листя	№ ознаки				Величина асиметрії листя
	1	2	3	4	
1	0,0253	0,0141	0,0000	0,0000	0,0099
2	0,3913	0,0157	0,1045	0,0652	0,1442
3	0,0194	0,0377	0,1200	0,0400	0,0543
4	0,0125	0,0579	0,1000	0,0488	0,0548
5	0,4000	0,0538	0,0370	0,1048	0,1489
6	0,0683	0,0233	0,0839	0,0400	0,0539
7	0,4353	0,0745	0,0625	0,0816	0,1635
8	0,0588	0,0045	0,0067	0,0633	0,0333
9	0,0340	0,0092	0,0000	0,0123	0,0139
10	0,0333	0,0186	0,0000	0,0208	0,0182
11	0,0189	0,0588	0,1228	0,0179	0,0546
12	0,0417	0,0476	0,1870	0,0265	0,0757
Величина асиметрії у вибірці					0,0687

Таблиця 10 - Розрахунки інтегрального показника ФА

Цементний завод (майданчик №4, дерево 1)					
№ листя	№ ознаки				Величина асиметрії листя
	1	2	3	4	
1	0,0169	0,0055	0,1375	0,0488	0,0522
2	0,0364	0,0533	0,0909	0,0811	0,0654
3	0,0000	0,0683	0,1754	0,0714	0,0788
4	0,0442	0,0189	0,0286	0,0370	0,0322
5	0,0092	0,0125	0,0702	0,0345	0,0316
6	0,0484	0,0053	0,0526	0,0133	0,0299
7	0,0444	0,0394	0,0595	0,0278	0,0428
8	0,0070	0,0097	0,0511	0,0115	0,0198
9	0,0505	0,0390	0,0364	0,1190	0,0612
10	0,0000	0,0101	0,0484	0,0000	0,0146
11	0,0345	0,0178	0,0256	0,0698	0,0369
12	0,0233	0,0588	0,1111	0,0714	0,0662
Величина асиметрії у вибірці					0,0443

Таблиця 11 - Розрахунки інтегрального показника ФА

Нафтопереробний завод (майданчик №5, дерево 1)					
№ листя	№ ознаки				Величина асиметрії листя
	1	2	3	4	
1	0,0058	0,0367	0,0385	0,0256	0,0267
2	0,0647	0,0736	0,0955	0,0400	0,0685
3	0,0149	0,0522	0,0789	0,0137	0,0399
4	0,0571	0,0137	0,0072	0,0000	0,0195
5	0,0078	0,0667	0,0579	0,0000	0,0331
6	0,0278	0,0135	0,0133	0,0238	0,0196
7	0,0328	0,0505	0,0794	0,0400	0,0507
8	0,0423	0,0218	0,0250	0,0000	0,0223
9	0,0882	0,0531	0,0647	0,0649	0,0678
10	0,0000	0,0190	0,0857	0,0263	0,0328
11	0,0069	0,0000	0,0068	0,0270	0,0102
12	0,0687	0,0849	0,1407	0,0263	0,0802
13	0,0267	0,0046	0,0290	0,0141	0,0186
14	0,0056	0,0264	0,0400	0,0137	0,0214
Величина асиметрії у вибірці					0,0365

Таблиця 12 - Розрахунки інтегрального показника ФА

вул. Рішельєвська (майданчик №3, дерево 2)					
№ листя	№ ознаки				Величина асиметрії листя
	1	2	3	4	
1	2	3	4	5	6
1	0,0575	0,0506	0,1183	0,0303	0,0642
2	0,0164	0,0000	0,0210	0,0000	0,0093
3	0,0083	0,0476	0,0286	0,0411	0,0314
4	0,0345	0,0471	0,0500	0,0263	0,0395
5	0,0219	0,0128	0,0069	0,0588	0,0251

Продовження табл.12

1	2	3	4	5	6
6	0,0081	0,0159	0,0084	0,0256	0,0145
7	0,0201	0,0042	0,0186	0,0115	0,0136
8	0,0222	0,0169	0,0361	0,1136	0,0472
9	0,0072	0,0046	0,0143	0,0115	0,0094
10	0,0000	0,0045	0,0382	0,0133	0,0140
11	0,0333	0,0089	0,0179	0,0345	0,0237
12	0,1327	0,0101	0,0159	0,1594	0,0795
13	0,0265	0,0584	0,0977	0,0115	0,0485
Величина асиметрії у вибірці					0,0323

Таблиця 13 - Розрахунки інтегрального показника ФА

Парк ім. Т.Г. Шевченка (майданчик №1, дерево 2)

№ листя	№ ознаки				Величина асиметрії листя
	1	2	3	4	
1	2	3	4	5	6
1	0,0061	0,0709	0,1111	0,0541	0,0605
2	0,0541	0,0711	0,1299	0,0263	0,0704
3	0,0484	0,0777	0,1719	0,0833	0,0953
4	0,0370	0,0584	0,1235	0,0263	0,0613
5	0,0079	0,0280	0,0063	0,0411	0,0208
6	0,0297	0,0313	0,0853	0,0313	0,0444
7	0,0323	0,0458	0,1243	0,0133	0,0539
8	0,0145	0,0127	0,0743	0,0256	0,0318
9	0,0084	0,0048	0,0511	0,0137	0,0195
10	0,0204	0,0085	0,0178	0,0667	0,0283
11	0,0099	0,0055	0,0909	0,0263	0,0332
Величина асиметрії у вибірці					0,0472

Таблиця 14 - Розрахунки інтегрального показника ФА

Парк ім. Т.Г. Шевченка (майданчик №1, дерево 3)

№ листя	№ ознаки				Величина асиметрії листя
	1	2	3	4	
1	2	3	4	5	6
1	0,0405	0,0039	0,0063	0,0286	0,0198
2	0,0382	0,0081	0,0968	0,0625	0,0514
3	0,0571	0,0364	0,0314	0,0154	0,0351
4	0,0303	0,0383	0,0336	0,0294	0,0329
5	0,0159	0,0377	0,0886	0,0294	0,0429
6	0,0270	0,0160	0,0417	0,0000	0,0212
7	0,0244	0,0204	0,0292	0,0270	0,0253
8	0,0233	0,7209	0,0674	0,0123	0,2060
9	0,0185	0,0455	0,1642	0,0588	0,0717
10	0,1074	0,0242	0,1171	0,0286	0,0693
11	0,0286	0,0226	0,0541	0,1026	0,0520
12	0,0000	0,0000	0,0061	0,0649	0,0178
Величина асиметрії у вибірці					0,0538

Таблиця 15 - Розрахунки інтегрального показника ФА

Цементний завод (майданчик №4, дерево 2)				
№ листя	№ ознаки			Величина асиметрії листя
	1	2	3	
1	0,0460	0,0039	0,0099	0,0199
2	0,0265	0,0041	0,0357	0,0221
3	0,0930	0,0246	0,1545	0,0907
4	0,0845	0,0462	0,1111	0,0806
5	0,0306	0,0174	0,0435	0,0305
6	0,0746	0,0128	0,0968	0,0614
7	0,0991	0,1351	0,0294	0,0879
8	0,0980	0,0526	0,0467	0,0658
9	0,0612	0,0000	0,0833	0,0482
10	0,0314	0,0000	0,0485	0,0267
Величина асиметрії у вибірці				0,0534

Таблиця 16 - Розрахунки інтегрального показника ФА

Цементний завод (майданчик №4, дерево 3)					
№ листя	№ ознаки				Величина асиметрії листя
	1	2	3	4	
1	0,0185	0,0690	0,0609	0,0222	0,0426
2	0,0635	0,0404	0,1040	0,0000	0,0520
3	0,0154	0,0423	0,1407	0,0750	0,0683
4	0,0159	0,0510	0,1189	0,0444	0,0576
5	0,0081	0,0100	0,0216	0,0000	0,0099
6	0,0597	0,0189	0,1695	0,0123	0,0651
7	0,0000	0,0674	0,0450	0,0685	0,0452
8	0,0261	0,0105	0,0606	0,0256	0,0307
9	0,0227	0,0067	0,0538	0,0000	0,0208
10	0,0265	0,0166	0,0074	0,0353	0,0215
11	0,0303	0,0000	0,1207	0,0000	0,0377
12	0,0159	0,0288	0,0068	0,0256	0,0193
13	0,0175	0,0160	0,0598	0,0380	0,0328
14	0,0159	0,0317	0,0127	0,0541	0,0286
Величина асиметрії у вибірці					0,0380

Таблиця 17 - Розрахунки інтегрального показника ФА

Нафтопереробний завод (майданчик №5, дерево 2)					
№ листя	№ ознаки				Величина асиметрії листя
	1	2	3	4	
1	2	3	4	5	6
1	0,0000	0,0112	0,0198	0,0123	0,0108
2	0,0359	0,0067	0,0044	0,0417	0,0222
3	0,0097	0,0031	0,0419	0,0370	0,0229
4	0,0333	0,0909	0,0943	0,0714	0,0725
5	0,0300	0,0563	0,0047	0,0952	0,0466
6	0,0455	0,0364	0,0217	0,0476	0,0378
7	0,0352	0,0272	0,0535	0,0000	0,0290

Продовження табл. 17					
1	2	3	4	5	6
8	0,0162	0,0487	0,0392	0,0400	0,0360
9	0,0000	0,0345	0,0300	0,0227	0,0218
10	0,0146	0,0000	0,0691	0,0000	0,0209
Величина асиметрії у вибірці					0,0321

Таблиця 18 – Розрахунки інтегрального показника ФА

Заміська зона відпочинку, 15-20 км від м. Одеси, у далечі від автомагістралі (готель-автокемпінг "Загублений рай")					
№ листя	№ ознаки				Величина асиметрії листя
	1	2	3	4	
1	0,0164	0,0099	0,0345	0,0127	0,0184
2	0,0194	0,0211	0,0274	0,0250	0,0232
3	0,0833	0,0083	0,0169	0,0118	0,0301
4	0,0109	0,0325	0,0333	0,0526	0,0323
5	0,0189	0,0274	0,0598	0,0741	0,0450
6	0,0382	0,0265	0,0070	0,0000	0,0179
7	0,0000	0,0309	0,0861	0,0303	0,0368
8	0,0313	0,0635	0,0337	0,0313	0,0399
9	0,0579	0,0520	0,0853	0,0889	0,0710
10	0,0240	0,0051	0,0299	0,0213	0,0201
11	0,0103	0,0000	0,0280	0,0000	0,0096
12	0,0152	0,0174	0,0800	0,0390	0,0379
13	0,0133	0,0085	0,0123	0,0120	0,0116
Величина асиметрії у вибірці					0,0303

Таблиця 19 – Розрахунки інтегрального показника ФА

Нафтопереробний завод (майданчик №5, дерево 3)					
№ листя	№ ознаки				Величина асиметрії листя
	1	2	3	4	
1	0,0769	0,0051	0,0370	0,0175	0,0341
2	0,2039	0,2026	0,1698	0,0800	0,1641
3	0,0429	0,0000	0,0492	0,0081	0,0251
4	0,0800	0,0095	0,0313	0,0841	0,0512
5	0,0222	0,0046	0,0233	0,0924	0,0356
6	0,0476	0,0000	0,0400	0,0667	0,0386
7	0,0612	0,0207	0,2034	0,0870	0,0931
8	0,0408	0,0267	0,0598	0,0549	0,0456
9	0,1429	0,0133	0,0702	0,1321	0,0896
10	0,0337	0,0161	0,0123	0,0408	0,0257
Величина асиметрії у вибірці					0,0603

Таблиця 20 – Розрахунки інтегрального показника ФА

Нафтопереробний завод (майданчик №5, дерево 4)					
№ листя	№ ознаки				Величина асиметрії листя
	1	2	3	4	
1	0,1071	0,0137	0,0952	0,1111	0,0818
2	0,1489	0,0270	0,0952	0,0652	0,0841
3	0,0682	0,0382	0,2326	0,0345	0,0933

Продовження табл. 20					
1	2	3	4	5	6
4	0,2400	0,1096	0,0495	0,1158	0,1287
5	0,1091	0,0063	0,0093	0,0800	0,0512
6	0,0172	0,0370	0,1250	0,1167	0,0740
7	0,0192	0,0405	0,0841	0,0612	0,0513
8	0,0097	0,0071	0,0196	0,0196	0,0140
9	0,0588	0,0186	0,0115	0,1000	0,0472
10	0,1250	0,0431	0,0079	0,0816	0,0644
Величина асиметрії у вибірці					0,0690

Після підрахунку середніх значень інтегральних показників ФА за усіма майданчиками результати, що одержані, занесено до табл. 21:

Таблиця 21 - Інтегральні показники ФА різних районів м. Одеса

№1 Парк	№2 вул. Комітетська	№3 в. Рішельєвська	№4 ЦЗ	№5 НПЗ	№6 «Загублений рай»
0,047	0,0495	0,0505	0,045	0,049	0,0303

Застосування в біоіндикації метода ФА за пластичними ознаками для оцінки стійкості біоіндикатора з переносом їхнього стану на середовище мешкання дозволило науковцям виробити бальні системи відповідності якості довкілля величинам інтегральних показників ФА вищих рослин: берези повислої (*Betula pendula*) [4], клена гостролистого (*Acer platanoides L.*) [8]. Засновники метода ФА В.М. Захаров із співроб. [4] рекомендували бальну шкалу, укладену для берези повислої, використовувати для ін. дерев-біоіндикаторів.

Таблиця 22 – Бальні системи якості середовища за показником ФА клена [8] і берези [4]

Бали якості середовища					
1 Умовна норма	2	3	4	5	Критичний стан
[8] < 0,015	0,016- 0,025	0,026 – 0,035	0,036 – 0,045	0,046 – 0,055	> 0,056
[4] < 0,040	0,040- 0,044	0,045- 0,049	0,050- 0,054	> 0,054	-
Величини інтегральних показників флуктуючої асиметрії					

Отже, за обидвома бальними системами якість і безпечність середовища районів м. Одеса розподілилася таким чином, див. табл. 23.

Аналіз результатів демонструє, що фактично і центральна частина міста, і промислові зони мають однакову ступінь забруднення, що за бальною системою [8] відповідає п'яти балам. Коефіцієнт ФА цементного заводу (0,045) є ме-

Таблиця 23 – Відповідність коефіцієнта *FA* клена гостролистого відомим бальним системам якості середовища

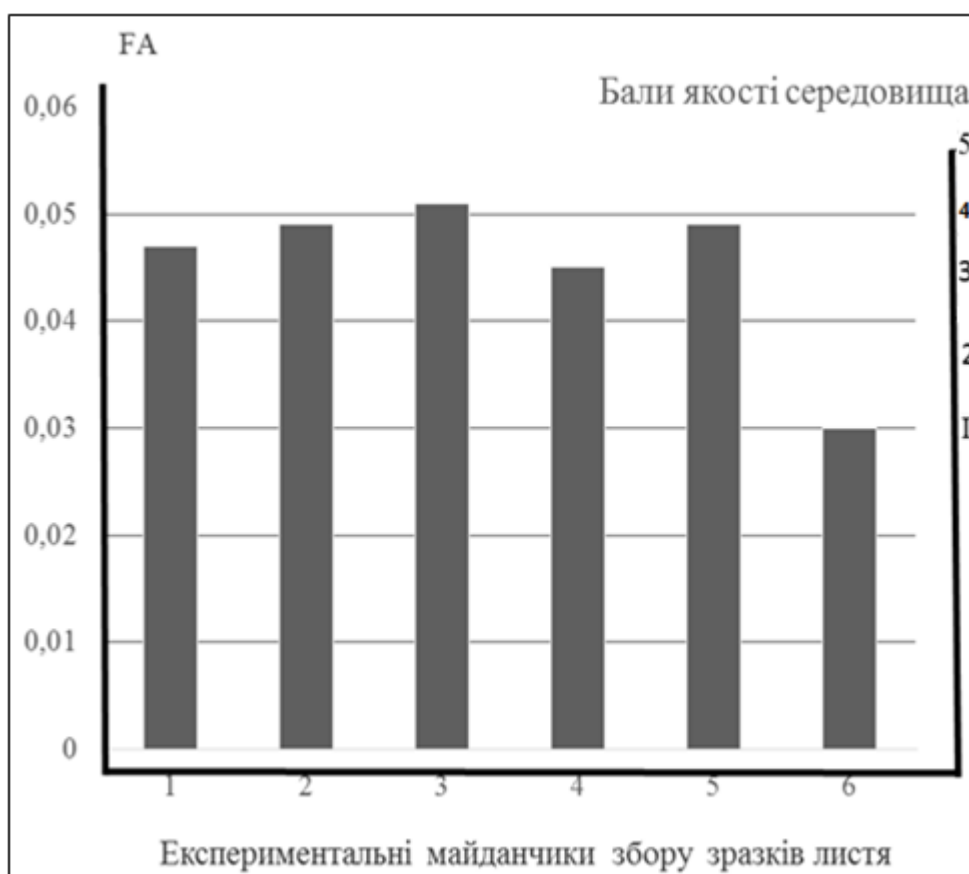
№ майданчика та його розташування	Коефіцієнт <i>FA</i>	Бали за системою Захарова [4]	Бали за системою Мелькумова і Волкова [8]
№1 (Паркова зона)	0,047	3	5
№2 (Тихий центр)	0,049	3	5
№3 (Центр, ул. Рішельєвська)	0,051	4	5
№4 (Цементний завод)	0,045	3	4
№5 (НПЗ)	0,049	3	5
№6 (Заміська зона)	0,030	1	3

жовим і хоча дорівнює 4 балам, вже наближений до балу 5 – дуже брудного та шкідливого середовища (0,046, табл. 22 [8]). Показник *FA* НПЗ дещо вище (0,049). Таку ситуацію можна пояснити тим, що Одеський НПЗ останні роки працює з перебоями і не на повну потужність; що стосується цементного виробництва, відомо, що незважаючи на підвищення потужності до 550 млн т/рік, ЦЗ значно покращив свої позиції за екологічними показниками. На ЦЗ ірландською компанією встановлено нові фільтри на всіх ключових ділянках виробничого процесу та запущені нові сучасні цементні установки [19].

Отже, зараз головним забруднювачем НС м. Одеса є автотранспорт. Тільки цим можна пояснити однакову ступінь забруднення в різних районах міста, яких поєднує інтенсивний автомобільний рух. Треба помітити, що навіть заміська зона характеризується 3 балами (забруднено [8]), хоча вона вибиралася для порівняння як техногенна безпечна. Однак очевидно, що знаходження автостоянок і автокемпінгу з постійним рухом машин не може створювати безпечну екологічну обстановку навіть на заміській території.

Відповідність середніх значень коефіцієнтів *FA* різних районів міста балам якості середовища за шкалою [4] наочно представлено також на діаграмі 1, що також свідчить про забруднення середовища мегаполісу та його небезпечну техногенну обстановку. Принципових різниць між результатами стану повітря районів м. Одеса, одержаних за різними бальними системами немає. Але шкала [8] є більше обґрунтованою і дозволяє дати більш об'єктивну оцінку техногенного стану міста. Очевидно, що знаходження в зоні відпочинку автокемпінгу з автостоянкою та постійним маневруванням машин не може відповідати абсо-

лютно техногенно безпечному і екологічно чистому середовищу: бал 1 за системою [4]. На наш погляд, для сучасних урбанізованих територій з насиченим автомобільним рухом, запиленістю і виробничими викидами в атмосферу такий звужений інтервал показників як в системі [4], табл. 22, не здатний реально відбивати якість довкілля. Аналіз оцінок якості середовища за відомими системами показав: посилення техногенного впливу на повітря і поступова адаптація біоти до антропогенного стресу змушують періодично переглядати квоти ТБ.



Діаграма 1 - Коефіцієнти FA і бали якості середовища м. Одеса за шкалою [4]:
 №1 - Парк ім. Т.Г. Шевченка; №2 - Тихий центр; вул. Комітетська; №3 – Центр; вул. Рішельєвська; №4 - цементний завод; №5 – НПЗ; № 6 - замиська зона «Загублений рай»

За зовнішнім виглядом листя мали не тільки порушення латеральної симетрії, але і деформаційні зміни – відхилення від прямої верхівки; порівняльну оцінку цих деформацій за дослідними майданчиками наведено у табл. 24:

Таблиця 24 - Порушення прямої верхівки листя клена

№1 Парк ім. Шевченка	№2 Тихий центр вул. Комітетська	№3 Центр вул. Рішельєвська	№4 ЦЗ	№5 НПЗ	№6 Замиська зона
52,8 %	10 %	24,2 %	36,6 %	30,4 %	15,3 %

Найменші відхилення від прямої верхівки мали зразки листя замиського майданчика №6 і тихого центра №2; найчастіші – зразки паркової зони №1.

Отже, методом ФА за двома шкалами різних авторів встановлено передкризовий стан якості повітря м. Одеса та доведено його погіршення за усіма районами міста.

Статистичну обробку промірів листяних платівок здійснювали за такими показниками мір центральної тенденції та мінливості, як середнє арифметичне значення кожної ознаки зліва и справа для всіх вибірок: $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_1^n x_i$; відхилення кожного проміру зліва справа від середнього: $d = x_i - \bar{x}$; дисперсія $\sigma^2 = \frac{1}{n-1} \sum_1^n d^2$; стандартне відхилення: $\sigma = \sqrt{\sigma^2}$; стандартне відхилення середнього результату $S_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ [20]; розмах варіації $(x_{max} - x_{min})$ [21].

Таблиця 25 - Статистична оцінка результатів промірів листя

Майданчик збору листя	Параметри	О З Н А К А							
		№1 Ширина половинки платівки листя		№2 Довжина 2-ї жилки		№3 Відстань між 1 і 2 жилками		№4 Кут між 1-ю та центр-ною жилками	
		<i>L</i>	<i>r</i>	<i>l</i>	<i>r</i>	<i>l</i>	<i>r</i>	<i>l</i>	<i>r</i>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
№1 Парк ім. Шевченка	$(x_{max} - x_{min})$	4,7	5,3	9,2	6,6	4,5	5,4	16	13
	\bar{x}	7,29	7,33	11,8	12,0	7,96	7,94	38,02	36,8
	$\sigma^2 (s)^2$	1,41	1,63	5,35	3,22	1,60	1,37	13,91	9,47
	σ	1,19	1,28	2,31	1,79	1,26	1,17	3,73	3,08
	$S_{\bar{x}}$	0,20	0,22	0,39	0,31	0,22	0,20	0,61	0,51
№2 Тихий центр	$(x_{max} - x_{min})$	3,2	2,8	4,6	3,7	4,9	3,5	18,0	14,0
	\bar{x}	6,94	6,76	11,2	11,0	7,94	7,33	40,30	39,9
	$\sigma^2 (s)^2$	1,59	1,21	3,60	3,18	2,31	1,49	29,79	17,2
	σ	1,26	1,10	1,89	1,78	1,52	1,22	5,46	4,15
	$S_{\bar{x}}$	0,39	0,35	0,60	0,56	0,51	0,41	1,72	1,31
№3 Центр вул. Рішельєвська	$(x_{max} - x_{min})$	5,9	5,6	8,0	10,9	6,3	6,0	38	36
	\bar{x}	6,98	6,96	11,3	11,2	7,48	7,2	47,4	44,2
	$\sigma^2 (s)^2$	7,79	6,62	6,67	6,49	2,79	3,11	94,72	85,8
	σ	2,79	2,57	2,58	2,55	1,67	1,76	9,73	9,26
	$S_{\bar{x}}$	0,49	0,46	0,46	0,46	0,30	0,32	1,70	1,61

Продовження табл. 25									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
№4 Цементний завод	$(x_{max} - x_{min})$,65	6,7	7,1	7,5	2,8	4,7	32	34
	\bar{x}	6,73	6,52	9,73	9,77	6,25	6,23	45,49	43,6
	$\sigma^2 (s)^2$	2,77	2,28	2,97	3,08	10,3	1,49	76,81	53,6
	σ	1,66	1,51	1,72	1,75	1,01	1,22	8,76	7,32
	S_x	0,26	0,23	0,27	0,27	0,19	0,24	1,338	1,11
№5 НПЗ	$(x_{max} - x_{min})$	6	6,1	10,5	10,7	6,2	6,3	30	31
	\bar{x}	7,15	7,22	10,6	10,8	7,05	7,24	44,98	45,0
	$\sigma^2 (s)^2$	3,47	2,92	8,7	8,45	4,45	5,62	66,11	59,5
	σ	1,86	1,71	2,95	2,88	2,11	2,37	8,13	7,71
	S_x	0,27	0,25	0,44	0,43	0,32	0,36	1,19	1,14
№6 Заміська зона відпочинку автокемпінг «Загублений рай»	$(x_{max} - x_{min})$	4,5	6	7,6	7,5	4,7	4,7	30	25
	\bar{x}	6,44	6,39	10,0	9,97	7,22	7,11	45,23	45,1
	$\sigma^2 (s)^2$	2,24	2,19	4,92	4,48	2,21	1,66	72,03	43,6
	σ	1,50	1,48	2,22	2,12	1,49	1,29	8,49	6,60
	S_x	0,42	0,41	0,62	0,59	0,41	0,36	2,36	1,83

Найбільша дисперсія встановлена для кутів між другою за порядком та центральною жилками, тобто саме вони найбільш відрізняються від середнього значення. Для цієї ознаки також найбільший розмах варіації. Розраховані дані стандартних відхилень середнього результату дають можливість визначення для кожної ознаки довірливого інтервалу, а також ймовірної похибки виміру. Інтервальна оцінка параметрів сукупності вимірів визначає довірливий інтервал, в який попадає істинне значення досліджуваної ознаки. Величини довірливих інтервалів для усіх майданчиків для ознаки №1 лівий бік за формулою: $\bar{x} \pm \Delta x = \bar{x} \pm S_x \cdot t$, де t – коефіцієнт Стьюдента при коефіцієнті ймовірності 95 %, наведено у табл. 26:

Таблиця 26 – Розрахунки довірливих інтервалів для ознаки №1 (l)

Дослідний майданчик	Довірливий інтервал ознаки №1 (l)
№1 Парк ім. Т.Г. Шевченка	$7,29 \pm 0,41$
№2 Тихий центр	$6,94 \pm 0,90$
№3 Центр вул. Рішельєвська	$6,09 \pm 0,99$
№4 Цементний завод	$6,73 \pm 0,53$
№5 НПЗ	$7,15 \pm 0,54$
№6 Заміська зона кемпінг «Загублений рай»	$6,44 \pm 0,93$

ВИСНОВКИ

1. Створено масив промірів листяного біоматеріалу за 5 морфологічними ознаками, за якими розраховано інтегральні показники флуктуючої асиметрії та визначено стан повітря в різних районах м. Одеса за двома бальними системами. Метод ФА за пластичними ознаками – нескладний за визначенням, безпечний і дешевий, довів свою привабливість і виявив значні можливості для оцінки якості повітря.

2. Показано, що центральна частина м. Одеса, центральний парк і промислові зони як діючих, так і недіючих виробництв забруднені настільки сильно, що при оцінці техногенної небезпеки якість повітря мала найвищий бал забруднення, наближений до кризового стану середовища. Особлива небезпека життєдіяльності в тому, що м. Одеса є курортним центром півдня України із санаторіями різних напрямків, у т. ч. для дітей і дорослих із захворюваннями органів дихання.

3. Встановлено, що зараз основним техногенним джерелом забруднення повітря м. Одеса є автотранспорт.

4. Проведено статистичну оцінку результатів вимірювань за основними мірами центральної тенденції з встановленням ознаки – виміряного куту, з найбільшими дисперсією та розмахом варіації, та довірливих інтервалів для всіх дослідних майданчиків за ознакою №1, *l*.

5. Фітоіндикаційний метод флуктуючої асиметрії за листям клена, який проявив себе як задовільний фітоіндикатор, підтверджує можливості його застосування для експрес-оцінки якості довкілля, а розвиток біоіндикаційних досліджень з використанням метода ФА для розробок інших деревинних біоіндикаторів, поширених в певних місцевостях, є достатньо перспективним.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Білявський Г.О. Основи екології: теорія та практикум. Навч. посібник/ Г.О. Білявський, Л.І Бутченко. – Київ : Лібра, 2004. – С. 72.
2. Дідух Я. П. Основи біоіндикації. Київ : НВП «Видавництво «Наукова думка» НАН України», 2012. – 344 с.
3. Федорова Г. В. Біогеохімія : Навч. посібник/ Г. В. Федорова. – Одеса : ТЕС, 2015. – С. 267.
4. Здоровье среды: методика оценки/В. М. Захаров, А.С. Баранов, В. И. Борисов и др. М. : Центр экологической политики России, 2000. – 68 с.
5. Van Valen L. Study of fluctuating asymmetry / L. Van Valen. Evolution, 1962. – Vol. 16. - №2. – P. 122-146.
6. Городское население Земли превысило сельское [Электронный ресурс] : : Режим доступа : www.vokrugsveta.ru/news
7. Захаров В. М. Мониторинг здоровья среды на охраняемых природных территориях / В. М. Захаров, А. Т. Чубанишвили. – М. : Центр экологической политики России. 2001. – 136 с.
8. Мелькумов Г. М. Флуктуирующая асимметрия листовых пластинок клена остролистного (*Acer platanoides* L.) как тест экологического состояния паркоценозов городской зоны / Г. М.Мелькумов, Д. Э. Волков. – Вестник ВГУ. Сер. География. 2014. №3. С. 95-98.
9. Соціальні ризики та соціальна безпека в умовах природних і техногенних надзвичайних ситуацій та катастроф/За ред. В.В, Дурдинець.– К.: Стилос, 2011.– 497 с.
10. Іванюта С.П. Екологічна безпека регіонів України : порівняльні оцінки/С.П. Іванюта, А.Б. Качинський//Стратегічні пріоритети, 2013. – Вип.3. – С. 157-164.
11. Баліна О.І. Марковська модель керування природо-техногенною системою визначення ступеня небезпеки техногенного середовища міст/ О.І Баліна, Ю.П. Буценко, В.А. Лабжинський//Управління розвитком складних систем, 2013. – №16. – С. 175-180.

12. Муць І.Р. Усвідомлення небезпек сучасного урбанізованого середовища/ І.Р. Муць, Я.В. Галаджун, А.В. Зелінський, З.М. Яремко//Комунальне господарство міст, 2016. – Вип. 120. – С. 95-98.
13. Міністерство інфраструктури України. Стан аварійності на транспорті. [Електронний ресурс]: Режим доступу: mtu.gov.ua/content/stan-avariynosti-na-transporti.html
14. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні [Електронний ресурс]: Режим доступу : undisc.dsns.gov.ua/ua/Nacionalna-dopovid-pro-stan-tehnogennoyi-ta-prirodnoyi-bezpeki-v-Ukraini.html
15. Міністерство енергетики та захисту довкілля [Електронний ресурс]: Режим доступу : menr.gov.ua/timeline/Biobezpeka.html
16. Неверова О.А. Ксерофитизация листьев древесных растений на примере г. Кемерово / О.А. Неверова, Е.Ю. Колмогорова. – Лесное хозяйство, 2002. – №3. – С. 29-33.
17. Щербаков А.В. Флуктуирующая асимметрия листа клена остролистного (*Acer platanoides L.*) как индикаторный показатель качества среды/А.В. Щербаков, Е.О. Королькова. – Социально-экологические технологии, 2015. – №1-2. С. 111-121.
18. Вайнер Э. Биоиндикация загрязнений наземных экосистем /Э. Вайнер, Р. Вальтер, Т. Ветцель. Москва : Мир, 1988. – 348 с.
19. Цементный завод «Цемент» ООО. [Электронный ресурс]: Режим доступа : cement.com.ua>cementnyj-zavod-ceme...
20. Федорова Г. В. Практикум з біогеохімії для екологів : Навч. посібник. Київ : КНТ, 2007. – С. 89-91.
21. Лакин Г. Ф. Биометрия : Учеб. пособие для биол. спец. вузов. 4-е изд., перераб. и доп. М. : Высшая школа, 1990. – 352 с
22. «Техногенез». Оцінка якості повітря міст України біоіндикаційним методом зі застосуванням математичної статистики/Збірник тез доповідей XV Міжнародної науково-технічної конференції 11-13 жовтня 2017 р. м. Кременчук

«Проблеми екологічної безпеки». – Кременчук : ПП Щербатих О.В., 2017.– С. 103 (134 с.)

23. «Техногенез». Использование биоиндикационного метода флуктуирующей асимметрии листа клена остролистного (*Acer platanoides L.*) для оценки качества среды населенных пунктов/Людина і довкілля. Проблеми неоекології, 2017. – №3-4. – С. 130-138.

24. «Техногенез». Оцінка якості середовища м. Одеса фітоіндикаційним методом/Тези доповідей студентської наукової конференції Одеського державного екологічного університету 23-26 квітня 2018 р. – м. Одеса :ТЕС.– С. 286 (302 с.)

25. «Техногенез». До проблеми техногенної небезпеки стану довкілля та участі молоді в її вирішенні/ Електронний збірник статей XXI Міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції «Проблеми та перспективи розвитку сучасної науки в країнах Європи та Азії» 30 листопада 2019 р. у Державному вищому навчальному закладі «Переяслав-Хмельницький державний педагогічний університет ім. Григорія Сковороди». – Переяслав, 2019. – С. 58-60 (280 с.).

ДОДАТКИ

ДОДАТОК 1



Фото 1 – Листя з дерева вул. Рішельєвської (майданчик №3)

ДОДАТОК 2



Фото 2 – Листя з дерева вул. Рішельєвської (майданчик №2)

ДОДАТОК 3



Фото 3 – Листя з дерева території НПЗ (майданчик №3)

ДОДАТОК 4



Фото 4 – Листя з дерева парку ім. Т.Г. Шевченка (майданчик №1)



Фото 5 – Листя з дерева парка ім. Т.Г. Шевченка
(майданчик №1, зігнутість верхівки праворуч)

БІОІНДИКАЦІЙНА ОЦІНКА ТЕХНОГЕННОЇ НЕБЕЗПЕКИ ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯ УРБАНІЗОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ НА ПРИКЛАДІ МІСТА ОДЕСА

Актуальність роботи. Проблеми сучасних урбанізованих територій, найважливішими з яких є якість повітря, пов'язані з питаннями управління безпекою міст і мегаполісів, екологічним моніторингом стану компонентів біосфери, через надмірне антропогенне навантаження віддзеркалюють очевидну актуальність їх рішення. Також актуальними є застосування нових підходів до оцінки безпеки життєдіяльності організмів під сучасним техногенним впливом.

Метою конкурсної роботи є оцінка стану та техногенної безпеки повітря урбанізованих територій під дією техногенних чинників на прикладі м. Одеса застосуванням біоіндикаційної методики фіксування порушень білатеральної симетрії та деформаційних змін листа клена гостролистого – за класифікацією флуктуюча асиметрія,

Змістом основних **завдань** першочергового вирішення були такі: а) збір біоматеріалу для біоіндикаційних досліджень із заздалегідь вибраних майданчиків; б) оволодіння методикою вимірювання пластичних ознак; в) розрахунки середньої відносної величини асиметрії на ознаку, для всього листа на 5 ознак, інтегрального показника для всій вибірки та обробка біоматеріалу кожного майданчика з наданням оцінки техногенного впливу; г) статистична обробка результатів дослідження за мірами центральної тенденції.

Методи дослідження. Використання загальних методик фітоіндикації як одного з напрямків біоіндикації з дослідженням стану рослин-біоіндикаторів (листя клена гостролистого), які знаходяться в зоні постійного техногенного впливу. Застосування метода флуктуючої асиметрії: вимірювання 4-х параметрів листка з лівого та правого боків і визначення деформації верхівки листа. Математична обробка результатів всіх вимірювань (1376 промірів) на базі програми Microsoft Excel.

Вихідні дані експериментальної роботи. Як біоматеріал для дослідження використовували листя листопадного декоративного дерева-геліофіту, клена гостролистого (*Acer platanoides*). Збір листя відбувався після його повного розвитку і впливу техногенного навантаження – наприкінці літнього сезону та початку вересня. З кожного дерева збирали понад 10 листиків. Кількість дерев на дослідному майданчику була в діапазоні 1–4. Територією моніторингу були шість районів міста: центральна вулиця, житлова зона, промислові об'єкти, паркова зона та заміська зона відпочинку. .

Загальна характеристика роботи і результати. Дослідження проведено з метою оцінки якості середовища урбанізованих територій та безпеки життєдіяльності в містах і мегаполісах України на прикладі курортного міста-мільйонника Одеса. Розраховано показники флуктуючої асиметрії (ФА) для біоматеріалу всіх досліджених майданчиків шести районів м. Одеса.

За двома бальними системами авторів Г.М. Мелькумова та В.М. Захарова здійснено трансфер величин показників ФА на стан середовища. Показано перевага системи Г.М. Мелькумова. Фактично, промислові зони міста, його паркова и центральна частини мають значні величини коефіцієнтів флуктуючої асиметрії, тобто високий ступінь забруднення повітря, хоча і не сягаючий критичного рівня, що є показником ситуації техногенної небезпеки. Показано, що зараз головним техногенним стресором довкілля на урбанізованих територіях є автотранспорт. Метод дозволив виявити стан рослин як біоіндикаторів середовища, стан повітряного басейна міста та небезпеку життєдіяльності через потужний техногенний стрес для організмів.

Статистична обробка промірів листової платівки встановила придатність використання вимірюваних ознак і самого біоіндикатора – листя клена для цілій фітоіндикації, а застосування метода ФА перспективним для цілей експрес-оцінки стану середовища.

Ключові слова: біоіндикація, фітоіндикація, флуктуюча асиметрія, біоматеріал, безпека життєдіяльності, антропогенний стрес, техногенний вплив.