

Наталія Костянтинівна Гойванович,

кандидат біологічних наук, доцент кафедри біології та хімії
Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка, Україна
orcid.org/0000-0002-3442-0674, Scopus Author ID: 57203341250, e-mail: natahoyvan@gmail.com

Галина Володимирівна Кречківська,

кандидат біологічних наук, доцент кафедри біології та хімії
Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка, Україна
orcid.org/0000-0002-8424-7232, e-mail: gkrechkivska@gmail.com

Василина Дмитрівна Задільська,

здобувач другого рівня вищої освіти
Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка, Україна
e-mail: oliynuk99v@gmail.com

Ірина Васи́лівна Паращак,

здобувач першого рівня вищої освіти
Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка, Україна
e-mail: iryna.parashchak@dspu.edu.ua

БІОМОНІТОРИНГ СТАНУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА МІСТА ТРУСКАВЦЯ

Анотація. Урбанізаційні процеси зумовили накопичення промислових і побутових відходів у містах і на їхніх околицях. Антропогенна діяльність призводить до постійного забруднення навколишнього природного середовища: атмосферного повітря, природних вод і ґрунтів. Важкі метали швидко акумулюються в рослинах і ґрунтах, можуть тривалий час негативно впливати на рослинність, передусім біля автомобільних доріг.

Трускавець – центр рекреації й оздоровлення, стан його навколишнього середовища впливає на ефективність лікувальних процедур. Стан довкілля має опосередкований вплив на рослини-індикатори. Умови місцезростання рослин-індикаторів зумовлюють появу в них морфологічних і фізіологічних змін на клітинному, тканинному й органічному рівнях організації рослинного організму. За цими змінами можна оцінити стан навколишнього середовища.

Установлено, що в умовах Трускавця відбувається збільшення площі листових пластинок досліджуваних рослин-індикаторів. Такий ефект може виникати як адаптаційна реакція для інтенсифікації процесів фотосинтезу в умовах забруднення. Максимальні значення інтегрального показника флукуаційної асиметрії листків рослин-індикаторів характерні для особин, які зростали в межах районів із найвищим рівнем антропопресії – вулиці Героїв УПА, Стебницька та Мазепи, де зосереджений найбільший трафік автотранспорту. Якісні прояви макроскопічних патологічних змін мають виражений видоспецифічний характер.

Аналіз результатів усіх показників, як-от: площа листової пластинки, інтегральний показник флукуаційної асиметрії, характер ураження листків, ступінь некротизації та дехромації, концентрація та вміст фотосинтетичних пігментів (хлорофілів, каротиноїдів), свідчить, що в умовах міста Трускавця відбувається незначний тиск на навколишнє середовище, що насамперед простежується на вулицях Мазепи, Стебницькій і Героїв УПА.

Ключові слова: довкілля, Трускавець, біомоніторинг, рослини-індикатори, морфологічні зміни, біохімічні зміни.

ВСТУП

Карпатський регіон багатий природними та рекреаційними ресурсами. Для охорони та збереження природних ресурсів – флори та фауни – у регіоні функціонує ціла мережа пам'яток природи, заказників, національних і біосферних заповідників. Площа природо-заповідного фонду постійно зростає [1].

Одним із найбільших центрів рекреації й оздоровлення Львівської області є Трускавець – бальнеологічний курорт, заснований ще в 1827 р. Як і будь-яке інше місто, яке активно розвивалося, Трускавець зачепили урбанізаційні процеси та зміна екосистем. У 50–60-х рр. минулого століття місто активно озеленювалось, збільшувалась площа лісопаркових насаджень. Це сприяло більш інтенсивному виробленню кисню, газопоглинальній функції, естетичній, фітонцидній, що також допомагало оздоровленню населення [2].

З початку цього століття розпочалась фаза активної забудови міста, зріс відсоток багатоквартирних висоток. Багато скверів і внутрішньоквартальних зелених насаджень були вирізані, а натомість побудовані нові магазини та торгові центри.

Найбільшим джерелом забруднення атмосферного повітря у великих містах є викиди промисловості (дим, пил, дрібні часточки вугілля, пари сильних кислот, окис вуглецю тощо), що осідають на рослинах і призводять до незворотних змін – інкубують ріст рослин, знижують рівень фотосинтетичних процесів, порушують розмноження тощо. Індикаційними ознаками в деревних рослин є некрози, хлорози й опадання хвої, відмирання листя [3]. Сукупний вміст поллютантів в атмосфері може зумовлювати різні морфологічні та фізіологічні прояви залежно від їх концентрації [4; 5].

У межах міста Трускавця немає великих промислових підприємств. До промислових об'єктів можна віднести тільки завод мінеральних вод «Трускавецька» і завод молочної продукції «Карпатські луки», що розташовані на околицях міста.

Основним забруднювачем навколишнього середовища є автотранспорт, трафік якого значно зріс упродовж останніх десятиліть. Після початку військових дій на Львівщину, зокрема й у Трускавець, евакуйовано понад 300 тисяч населення зі сходу, півдня та центру України. Наприкінці весни 2022 р. кількість переселенців у Трускавці становила приблизно 30 тисяч осіб, частина евакуйовувалась на власному транспорті. Усі ці чинники вплинули на стан довкілля в межах міста. Тому метою роботи є біомоніторинг стану навколишнього середовища міста Трускавця за біолого-екологічними показниками липи серцелистої (*Tilia cordata*), клена гостролистого (*Acer platanoides*) і граба звичайного (*Carpinus betulus*).

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Для оцінки стану навколишнього середовища методом біоіндикації (рослинами-індикаторами) дослідження проводять за таким планом: морфологічні прояви (ушкодження, хлорози, некрози); видозміни тканин і структур вегетативних органів; ступінь некротизації та дехромації; біохімічні порушення у фотосинтетичній системі, зміни концентрацій хлорофілів і каротиноїдів. Дослідження проводились у межах урбоекосистеми курортного міста Трускавця. Дана територія була поділена на окремі ділянки: вул. Героїв УПА, Курортний парк, вул. Івана Мазепи, санаторій «Карпати», вул. Стебницька, вул. Помірецька (у межах якої було виділено фітостаціонари), для проведення біоіндикаційних досліджень відповідно до мети та поставлених завдань.

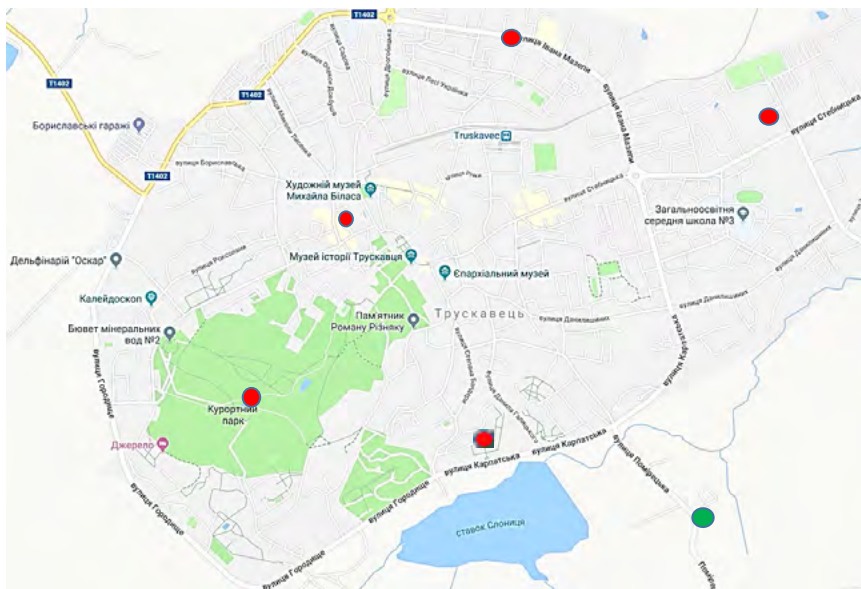


Рис. 1. Карта міста Трускавця [6]

Визначення площі листових пластинок здійснювали ваговим методом з модифікацією Л.В. Дорогань [7]. Оцінку відсоткового враження листків некрозами здійснювали за загальноприйнятою методикою [7]. Виявлення некротичних і депігментаційних уражень листків деревних рослин здійснювали візуально. Класифікацію виявлених уражень листка проводили з використанням схеми, запропонованої Р. Шубертом [7]. Для визначення ступеня асиметрії листових пластинок вимірювали фоліарні показники, які оцінювали за 5-тибальною шкалою відхилення від норми, у якій 1 бал – відносна норма, а 5 балів – критичне значення з наступною градацією: 1 бал – до 0,055; 2 бали – 0,055–0,060; 3 бали – 0,060–0,065; 4 бали – 0,065–0,070; 5 балів – більше 0,070. Вміст хлорофілів *a*, *b* і каротиноїдів визначали в загальному екстракті пігментів без попереднього їх розділення, спектрофотометрично [8].

РЕЗУЛЬТАТИ

Морфологічні зміни рослин-індикаторів в умовах міста Трускавця. Урбоєкосистема – це біологічна система, на яку завжди здійснюється тиск: антропогенний чи біогенний. Упродовж останніх десятиліть кількість урбоєкосистем стрімко зростає, що не може не відобразитися на стані навколишнього середовища. Трускавець є рекреаційною зоною, і стан його довкілля є одним із чинників оздоровлення населення.

Якщо порівняти умови функціонування екосистем у Трускавці років 30 тому і зараз, то можна побачити стрімкі та незворотні зміни. Передусім це значне зниження відсотка зелених насаджень міста. Зелені рослини виконували не тільки естетичну роль, але й газопоглинальну, шумоізоляційну, виробляли більше кисню, володіли фітонцидними властивостями. По-друге, значно зросла кількість транспортних засобів на дорогах міста, особливо вантажних. По-третє, місто сильно «забудували», майже

не залишилось зелених сквериків чи альтанок. Під час будівництва багатоквартирних споруд значно забруднювалось навколишнє середовище, особливо промисловими відходами [9].

Для більш достовірної оцінки стану довкілля міста Трускавця дослідження методом біоіндикації та фіксації змін деревних рослин-індикаторів відбувалась упродовж 2021–2022 рр. На рис. 2 зображено динаміку зростання площі листкових пластинок рослин-індикаторів залежно від виду рослин і їх місцезростання у 2021 р.

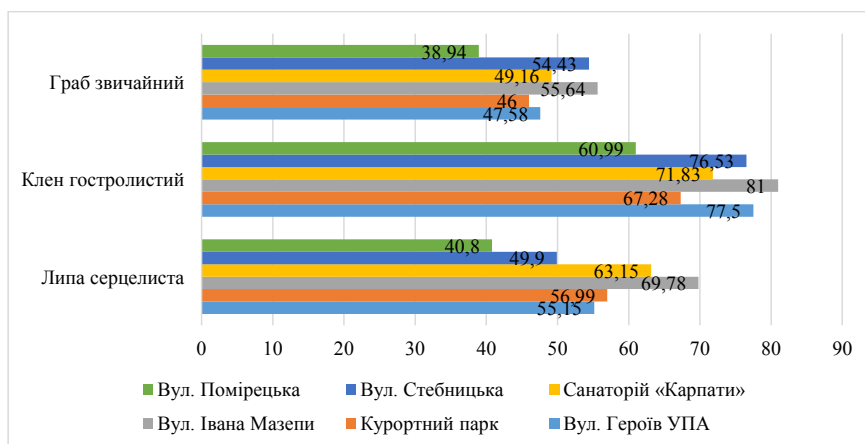


Рис. 2. Зміна площі листкових пластинок рослин-індикаторів міста Трускавця в осінній період 2021 р.

Учені практики біологічних методів досліджень рекомендують проводити дослідження з декількома видами індикаторів водночас, це пов'язано з можливою видоспецифічною ознакою та реакцією певного індикатора. Після проведеного аналізу результатів досліджень у 2021 р. встановлено, що найбільш якісно та кількісно морфологічні зміни простежуються в липи серцелистої ($p < 0,05-0,001$). Імовірно, це пов'язано зі структурою самого листка, адже він досить легкий і шорсткий, затримує більше забруднювачів. Найбільше зросла площа листкових пластинок на вул. Мазепи та Стебницькій, це може бути зумовлене великою кількістю автотранспорту на дорогах уздовж цих вулиць.

На рис. 3 зображено динаміку зростання площі листкових пластинок рослин-індикаторів залежно від виду рослин і їх місцезростання у 2022 р. Загалом, показники площі листкових пластинок у 2022 р. є значно вищими за показники у 2021 р. На нашу думку, це пов'язано з декількома можливими чинниками. По-перше, 24 лютого 2022 р. в Україні розпочались військові дії, масовані обстріли важкою артилерією, ракетами та БПЛА, що призвело до значних руйнувань, пожеж та інших екологічних катастроф. Усе це не могло не вплинути на довкілля, з повітряними масами тони пилу переносилися на значні площі. По-друге, масовані руйнування зумовили появу в регіоні великої кількості переселенців, багато з яких приїхали на власному транспорті. У березні – травні 2022 р. населення Трускавця зросло майже удвічі ($p < 0,05-0,001$). По-третє, кліматичні умови влітку 2022 р. були аномальними для нашої місцевості – надзвичайно мала

кількість опадів у червні та температурні піки впродовж липня – серпня (понад +33°C). Найвищі показники зростання площі листових пластинок спостерігались на вул. Героїв УПА й Івана Мазепи.

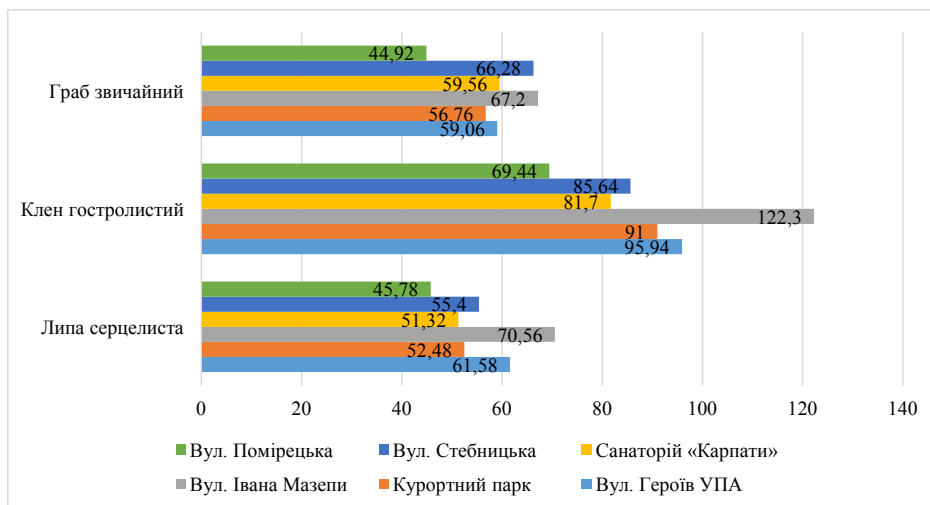


Рис. 3. Зміна площі листових пластинок рослин-індикаторів міста Трускавця в осінній період 2022 р.

Загалом збільшення площі листових пластинок деревних рослин-індикаторів відбувалося в такому напрямку: вул. Помірецька → Санаторій «Карпати» → Курортний парк → вул. Героїв УПА → вул. Стебницька → вул. Івана Мазепи.

Визначення показника інтегральної асиметрії листків деревних рослин-індикаторів. Інтенсивне збільшення фотосинтетичної поверхні рослин-індикаторів може бути зумовлене активізацією фотосинтетичних процесів в умовах забруднення атмосферного повітря. Кількість прорихів зменшується під дією великої концентрації вихлопних газів, включається адаптаційний механізм – збільшити інтенсивність фотосинтезу.

Водночас стрімке неконтрольоване збільшення площі листових пластинок призводить до порушення їх асиметрії, що фіксується інтегральним показником флуктуаційної асиметрії. Даний показник дозволяє за шкалою Захарова оцінити стан навколишнього середовища за допомогою балів.

Для підрахунку інтегрального показника флуктуаційної асиметрії ми визначали фоліарні показники рослин-індикаторів і обраховували ступінь розходження ознак листків. Одержані результати представлені в таблиці 1.

За одержаними результатами видно, що максимальні значення ступеня розходження ознак листків рослин-індикаторів в осінній період 2021 р. характерні для особин, які зростали в межах районів із найвищим рівнем антропопресії – вул. Героїв УПА, Стебницька та Мазепи, де зосереджений найбільший трафік автотранспорту. Ці вулиці за всіма рослинами-індикаторами отримали 5 балів – критична межа за шкалою Захарова ($p < 0,05-0,001$). Однак Курортний парк і район санаторію «Карпати» отримали від 1 до 3 балів, що показує низький або середній рівень забруднення довкілля.

**Розходження ознак листків рослин-індикаторів міста Трускавця
в осінній період 2021–2022 рр.**

Район дослідження	Відносна середня відмінність між ознаками, X					
	2021 р.					
	Липа	Бал	Клен	Бал	Граб	Бал
Вул. Героїв УПА	0,110	5	0,101	5	0,073	5
Курортний парк	0,062	3	0,059	2	0,060	3
Вул. Івана Мазепи	0,073	5	0,063	3	0,122	5
Санаторій «Карпати»	0,060	2	0,045	1	0,035	1
Вул. Стебницька	0,141	5	0,077	5	0,096	5
Вул. Помірецька	0,054	1	0,040	1	0,029	1
2022 р.						
Вул. Героїв УПА	0,083	5	0,107	5	0,113	5
Курортний парк	0,065	4	0,064	3	0,068	4
Вул. Івана Мазепи	0,126	5	0,073	5	0,092	5
Санаторій «Карпати»	0,064	3	0,054	1	0,057	2
Вул. Стебницька	0,095	5	0,119	5	0,105	5
Вул. Помірецька	0,056	2	0,051	1	0,049	1

У 2022 р. ситуація зі станом рослин погіршилась. Імовірно, це пов'язано з військовими діями, масованими обстрілами важкою артилерією та пожежами. Показники асиметрії в Курортному парку та санаторії «Карпати» зросли до середнього рівня забруднення. На нашу думку, на ці показники вплинув також чинник значного переміщення переселенців із районів бойових дій, адже багато з них були на власному автотранспорті. Згідно з даними Трускавецької міської ради, упродовж весни 2022 р. чисельність переселенців дорівнювала кількості корінного населення Трускавця.

Отже, за дії комплексу антропогенних чинників у рослин-індикаторів відбувається зростання ступеня розходження ознак листків, пропорційне рівню антропогенного навантаження на екосистему [10; 11]. У результаті проведеного аналізу одержаних даних виявлені ознаки, найбільш схильні до асиметрії: ширина половинки листка та кут між головною жилкою і другою від основи жилкою другого порядку.

Некротизація листкових пластинок. На перших етапах дослідження ми оцінювали вплив токсикантів, що містяться в навколишньому середовищі, на морфологічні прояви та видозміни листкових пластинок – збільшення площі пластинки як адаптивної ознаки до забруднення та збільшення асиметрії листка – відстані між жилками, зміни форми листка.

Наступний етап пов'язаний із внутрішніми змінами на рівні рослинних тканин – характер і рівень некротизації. Першоступеневим пошкодженням листя є його деформація, скручування, зміна галуження, поява виростів (рис. 4).

Упродовж 2021–2022 рр. у весняний і осінній періоди фіксувалися характерні зміни листкових пластинок – точковий, плямистий, міжжилковий, крайовий, верхівковий, тип «риб'ячого скелета».

Максимальне значення некротичного ураження листкової пластинки характерне для граба звичайного (7,5–7,9%), що на вул. Героїв УПА та Мазепи, для липи серцелистої (7,2–7,5%), листя якої зібрано на вул. Стебницькій і Мазепи, клена гостролистого

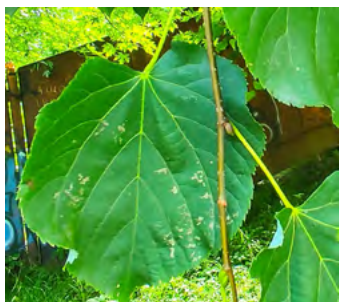


Рис. 4. Види уражень липи серцелистої

(6,1–6,2%), що майже не відрізняється від фонових значень ($p < 0,05–0,001$). Мінімальне значення некротичного ураження характерне для клена гостролистого (4,6%) – на вул. Помірецькій. У всіх зонах міста ушкодження на відібраних рослинах утворені, точкові, плямисті та міжжилкові некрози та дехромації. Такі ушкодження виникають унаслідок змін у листовій пластинці через поглинання токсичних речовин з атмосферного повітря та ґрунту на окремих її ділянках [12].

Аналіз вмісту фотосинтезуючих пігментів у листках рослин-індикаторів. Фотосинтез і транспірація є базовими процесами, що забезпечують процеси життєдіяльності в рослинному організмі. Для урбанізованих екосистем характерне зниження ступеня озеленення вулиць і міжквартальних площ, відповідно і зниження рівня кисню, підвищення загазованості повітря тощо [3; 5; 10; 13; 14].

Перші етапи дослідження, що фіксували морфологічні зміни деревних рослин-індикаторів в умовах міста Трускавця, підтвердили, що відбувається тиск навколишнього середовища на рослинні організми. Зміни в рослинних організмах на органічному та тканинному рівні можуть бути зумовлені й біохімічними порушеннями на клітинному рівні. Тому завершальним етапом дослідження стало визначення концентрації та вмісту фотосинтетичних пігментів в екстрактах листків рослин-індикаторів – хлорофілу *a*, хлорофілу *b*, каротиноїдів. Адже саме зміна вмісту фотосинтезуючих пігментів рослин є ознакою адаптації до нових умов навколишнього середовища [2].

Таблиця 2

Концентрація хлорофілів і каротиноїдів у листках рослин-індикаторів міста Трускавця в осінній період 2021–2022 рр.

№	Район дослідження	Вид-індикатор	Схл <i>a</i>	Схл <i>b</i>	С кар
1	Санаторій «Карпати»	<i>Липа серцелиста</i>	6,212 ± 0,098	25,291 ± 0,57	17,465 ± 0,54
		<i>Клен гостролистий</i>	4,188 ± 0,25	13,511 ± 0,45	4,867 ± 0,26
		<i>Гراب звичайний</i>	8,184 ± 0,003	33,820 ± 0,28	12,147 ± 0,28
2	Вулиця Стебницька	<i>Липа серцелиста</i>	3,140 ± 0,26	37,920 ± 0,67	8,718 ± 0,69
		<i>Клен гостролистий</i>	6,804 ± 0,013	64,780 ± 0,94	9,410 ± 0,32
		<i>Гراب звичайний</i>	1,882 ± 0,011	50,980 ± 0,92	6,294 ± 0,89
3	Вулиця Івана Мазепи	<i>Липа серцелиста</i>	3,680 ± 0,12	16,680 ± 0,27	12,272 ± 0,44
		<i>Клен гостролистий</i>	8,750 ± 0,13	62,960 ± 0,89	6,809 ± 0,28
		<i>Гراب звичайний</i>	2,968 ± 0,28	38,080 ± 0,28	13,369 ± 0,24

4	Вулиця Героїв УПА	<i>Липа серцелиста</i>	6,476 ± 0,26	39,760 ± 0,69	11,983 ± 0,33
		<i>Клен гостролистий</i>	1,650 ± 0,34	23,520 ± 0,87	12,516 ± 0,99
		<i>Граб звичайний</i>	2,968 ± 0,27	30,5 ± 0,39	9,611 ± 0,37
5	Курортний парк	<i>Липа серцелиста</i>	5,792 ± 0,16	60,08 ± 0,18	5,581 ± 0,29
		<i>Клен гостролистий</i>	8,960 ± 0,78	67,360 ± 0,96	3,128 ± 0,13
		<i>Граб звичайний</i>	9,508 ± 0,96	8,520 ± 0,28	8,789 ± 0,89
6	Вулиця Помірецька	<i>Липа серцелиста</i>	8,158 ± 0,28	22,6 ± 0,32	5,804 ± 0,27
		<i>Клен гостролистий</i>	9,324 ± 0,78	34,6 ± 0,29	5,426 ± 0,26
		<i>Граб звичайний</i>	10,8 ± 0,74	15,78 ± 0,39	7,458 ± 0,87

Як свідчать результати досліджень, концентрація хлорофілу *a* наприкінці вегетаційного періоду в листках рослин-індикаторів зменшується залежно від місцезростання рослин і має видоспецифічність. Хлорофіл *a* є досить нестійким і швидко руйнується під дією поллютантів, особливо під дією викидів автомобільного транспорту. Це пояснює чітку негативну тенденцію на вулицях уздовж транспортних вузлів (Стебницька, Мазепи, Героїв УПА).

Концентрація хлорофілу *b* значно збільшується, оскільки відбувається активація його синтезу для забезпечення стабільності пігмент-білкових комплексів тилакоїдів [2; 4]. Ця тенденція чітко простежується на вул. Мазепи, Стебницькій і Героїв УПА, водночас концентрація хлорофілу *b* у рослинах Курортного парку та санаторію «Карпати» майже не відрізняється від фонові ділянки. На основі отриманих даних встановлено, що концентрація каротиноїдів у листках липи серцелистої, граба звичайного та клена гостролистого активно зростає, що зумовлено їх участю в механізмах антиоксидантного захисту рослинного організму.

ВИСНОВКИ

У підсумку можна стверджувати, що умови місцезростання рослин-індикаторів зумовлюють появу в них морфологічних і фізіологічних змін на клітинному, тканинному й органному рівнях організації рослинного організму. За цими змінами можна оцінити стан навколишнього середовища. Аналіз результатів усіх показників, як-от: площа листкової пластинки, інтегральний показник флукуаційної асиметрії, характер ураження листків, ступінь некротизації та дехромації, концентрація та вміст фотосинтетичних пігментів, свідчить, що в умовах Трускавця відбувається незначний тиск на навколишнє середовище, що насамперед простежується на вул. Мазепи, Стебницькій і Героїв УПА.

Перспективи використання результатів досліджень. Дані біологічного моніторингу стану навколишнього середовища міста Трускавця є частиною комплексного моніторингу довкілля Львівщини, його результати можна буде використовувати для просвітницької роботи з населенням і розроблення системи контролю за станом довкілля.

ЛІТЕРАТУРА

1. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища Львівської області (2018–2020 рр.). *Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України*. URL: <https://menr.gov.ua/> (дата звернення: 04.09.2021).
2. Гетко Н.В. Рослини в техногенному середовищі. Структура та функція асиміляційного апарату. Мінськ : Наука і техніка, 2001. 308 с.
3. Гойванович Н.К., Дрозд І.Ф. Вплив антропогенного навантаження на морфометричні показники рослин-індикаторів в умовах Передкарпаття України. *Розвиток природничих наук: проблеми та рішення* : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, 27–28 квітня 2018 р. Брно, 2018. С. 16–19.
4. Приседський Ю. Г. Адаптація рослин до антропогенних чинників : підручник для студентів вищих навчальних закладів. Вінниця : ТОВ «Ніланд-ЛТД», 2017. 98 с.
5. Застосування рослинних тест-систем для оцінки комбінованої дії факторів різної природи / Д.М. Гродзинський та ін. Київ : Фітосоціоцентр, 2006. 60 с.
6. Карта міста Трускавець. URL: <https://www.google.com.ua/map/place> (дата звернення: 24.09.2021).
7. Осика В.Ф. Якість вимірювань складу та властивостей об'єктів довкілля та джерел їх забруднення : монографія. Київ : Наука, 2001. 663 с.
8. Спектрофотометричні методи в практиці фізіології, біохімії, та екології рослин : навчальний посібник / М.М. Мусієнко та ін. Київ : Фітосоціоцентр, 2001. С. 127–129.
9. Екологічні паспорти Львівської області за 2018–2021 рр. URL: <https://deplv.gov.ua/ekologichnyj-rasport/> (дата звернення: 01.11.2021).
10. Оцінка стану навколишнього середовища м. Старий Самбір за морфобіологічними змінами *Tilia cordata* / Н.К. Гойванович та ін. *Екологічні науки*. 2022. Вип. 3 (42). С. 211–216.
11. Assessment of the urban environment quality in Kyiv / O. Barabash et al. *Acta Carpathica*. 2017. № 28. P. 5–12.
12. Influence of anthropogenic load in the city of Stryi on the functional state of photosynthetic apparatus of plants-indicators / N. Hoivanovych et al. *Acta Carpathica*. 2019. №№ 31–32. P. 52–59.
13. Velickovi M. Developmental stability in *Tilia cordata* leaves. *Period biol.* 2010. Vol. 112. № 3. P. 273–281.
14. Leaf fluctuating asymmetry increases with hybridization and elevation tree – line birches / B.J. Wilsey et al. *Ecology*. 2008. Vol. 79 (6). P. 2092–2099.

REFERENCES

1. Regionalna dopovid pro stan navkolyshnoho pryrodnoho seredovyshcha Lvivskoi oblasti – Regional report of the environment state in Lviv region (2020). Ministerstvo zakhystu dovkillia ta pryrodnykh resursiv Ukrainy – Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine. Retrieved from: <https://menr.gov.ua/> [in Ukrainian].
2. Hetko, N.V. (2001). *Roslyny v tekhnohennomu seredovyshchi. Struktura ta funktsiia asymiliatsiinoho aparatu* [Plants in a technogenic environment. Structure and function of the assimilation apparatus]. Minsk : Nauka i tekhnika [in Ukrainian].
3. Hoivanovych, N.K., & Drozd, I.F. (2018). Vplyv antropohennoho navantazhennia na morfometrychni pokaznyky roslyn-indyikatoriv v umovakh Peredkarpattia Ukrainy [The influence of anthropogenic load on the morphometric parameters of indicator plants in the Precarpathian region of Ukraine]. *Rozvytok pryrodnych nauk: problemy ta rishennia : materialy Mizhnarodnoi nauково-praktychnoi konferentsii – Development of natural sciences: problems and solutions: materials of the International Scientific Conference* (pp. 16–19). Brno [in Ukrainian].

4. Prysedsnyi, Yu.H. (2017). *Adaptatsiia roslin do antropohennykh chynnykiv: pidruch. dlia stud. vyshch. navch. zakl.* [Adaptation of plants to anthropogenic factors: textbook for students]. Vinnytsia : TOV “Niland-LTD” [in Ukrainian].
5. Hrodzynskiy, D.M., Shylina, Yu.V., & Kutsokon, N.K. (2006). *Zastosuvannia roslinnykh test-system dlia otsinky kombinovanoi dii faktoriv riznoi pryrody* [The use of plant test systems to evaluate the combined effect of different factors]. Kyiv : Fitosotsiotsentr [in Ukrainian].
6. Karta mista Truskavets – Truskavets map. Retrieved from: <https://www.google.com.ua/map/place>.
7. Osyka, V.F. (2001). *Yakist vymiriuvan skladu ta vlastyvostei ob'ektiv dovkillia ta dzherel yikh zabrudnennia: monohrafiia* [The quality of the composition and properties of environmental objects, sources of their pollution: monograph]. Kyiv : Nauka [in Ukrainian].
8. Musiienko, M.M., Parshykova, T.V., & Slavnyi, P.S. (2001). *Spektrofotometrychni metody v praktysi fiziologii, biokhimii, ta ekologii roslin: navch. posibnyk* [Spectrophotometric methods in plants physiology, biochemistry and ecology practice: a manual]. K.: Fitosotsiotsentr [in Ukrainian].
9. Ekologichni pasporty Lvivskoi oblasti za 2018–2021 rr. [Environmental passports of the Lviv region 2018–2021]. Retrieved from: [https://deplv.gov.ua/ekologichnyj-pasport/\(01.11.2021\)](https://deplv.gov.ua/ekologichnyj-pasport/(01.11.2021)) [in Ukrainian].
10. Hoivanovych, N.K., Yuzviak, M.O., Bila, V.V. (2022). Otsinka stanu navkolyshnoho sere-dovyshcha m. Staryi Sambir za morfo-biologichnymy zminamy *Tilia cordata* [Assessment of the state of the environment of Staryi Sambir on morpho-biological changes of *Tilia cordata*]. *Ekologichni nauky – Environmental sciences*, 3 (42), 211–216 [in Ukrainian].
11. Barabash, O., Lozova, T., Kozlova, T. (2017). Assessment of the urban environment quality in Kyiv. *Acta Carpathica*, 28, 5–12.
12. Hoivanovych, N., Pavlyshak, Ya., Antonyak, H. (2019). Influence of anthropogenic load in the city of Stryi on the functional state of photosynthetic apparatus of plants-indicators. *Acta Carpathica*. 31–32, 52–59.
13. Velickovi, M. (2010). Developmental stability in *Tilia cordata* leaves. *Period. biol.* 3, Vol. 112, 273–281.
14. Wilsey, B.J., Haukoja, E., Koricheva, J. (2008). Leaf fluctuating asymmetry increases with hybridization and elevation tree – line birches. *Ecology*. Vol. 79 (6), 2092–2099.

ABSTRACT

ENVIRONMENTAL BIOMONITORING OF TRUSKAVETS CITY

In every modern city, a lot of industrial and household waste is generated as a result of human activities. Human activity leads to constant pollution of the natural environment: atmospheric air, natural waters and soils. Heavy metals quickly accumulate in plants, retain toxicogenic properties for a long time, and will have an expressed negative effect and impact on vegetation growing near highways.

Truskavets is a recreation and wellness center, and the state of its environment affects the effectiveness of medical procedures. The state of the environment has an indirect effect on indicator plants. The growth conditions of indicator plants determine the appearance of morphological and physiological changes in them at the cellular, tissue, and organ levels of the organization of the plant organism. These changes can be used to assess the state of the environment.

There is an increase in the leaf area of indicator plants. Such an effect can occur as an adaptive reaction for the intensification of photosynthesis processes under conditions of pollution. The maximum values of the integral indicator of the fluctuating asymmetry of the leaves of the indicator plants are characteristic of the individuals that grew within the districts with the highest level

of anthropopression – Heroiv UPA, Stebnytska and Mazepy streets, where the largest traffic is concentrated. Qualitative manifestations of macroscopic pathological changes have a pronounced species-specific character.

Analysis of the results of all indicators: leaflet area, an integral indicator of fluctuation asymmetry, nature of leaf lesion, degree of necrotization and dechromation, photosynthetic pigments concentration and content (chlorophylls, carotenoids) indicates that there is little pressure on the environment in the conditions of Truskavets, which is mainly detected in the Mazepa, Stebnytska, and Heroes of the UPA streets.

Key words: environment, Truskavets, biomonitoring, indicator plants, morphological changes, biochemical changes.