

ОЦІНКА СТАНУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА М. СТАРИЙ САМБІР ЗА МОРФО-БІОЛОГІЧНИМИ ЗМІНАМИ *TILIA CORDATA*

Гойванович Н.К., Юзьвяк М.О., Біла В.В., Климишин О.С.
Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка
вул. Шевченка 23, 82100, м. Дрогобич
natahoyvan@gmail.com, maruk7991@gmail.com, biodrohobych@gmail.com

Сумарна дія антропогенних факторів будь-якої інтенсивності викликає у деревних рослин виражений морфо-біологічний ефект, що дозволяє визначити рівень антропогенного навантаження на рослини. Фіксація і оцінка морфологічних змін дають достовірну картину умов місця зростання рослин і відображають стан міського середовища. До основних змін належать площа листової поверхні та рівень некротичних уражень листків. Оцінено стан навколишнього середовища міста Старий Самбір за морфо-фізіологічними показниками рослини індикатора липи серцелистої (*Tilia cordata*) в залежності від району зростання, ступінь асиметрії та рівень некротичного ураження листової пластинки.

У рослин міста Старий Самбір виявлено закономірності відмінностей досліджуваних параметрів відносно фонових значень, а також між досліджуваними морфометричними показниками *Tilia cordata*, які зростають у різних районах даної урбоєкосистеми в залежності від особливостей їх фізико-географічного розташування та віддаленості від забруднювачів довкілля.

У досліджених видів деревних рослин спостерігається збільшення фотосинтетичної поверхні. Максимальні відхилення зазначеного показника відмічені для вулиць Дрогобицька та Д. Галицького. Значні відхилення даного показника у зазначених районах міста Старий Самбір можуть бути спричинені цілісним впливом техногенного фактору, що особливо виражений у районі вул. Дрогобицька та Д. Галицького внаслідок транспортного забруднення довкілля. Результати досліджень вказують на стійкі зміни рослини-індикатора *Tilia cordata* на морфо-біологічному рівні. Проведені дослідження дають підставу стверджувати, що в умовах м. Ст. Самбір простежується значний антропогенний тиск на навколишнє середовище. **Ключові слова:** навколишнє середовище, Старий Самбір, *Tilia cordata*, ступінь асиметрії, рівень некротичного ураження, транспортне забруднення.

Assessment of the state of the environment of Staryi Sambir on morpho-biological changes of *Tilia cordata*. Hoivanovych N., Yuzviak M., Bila V., Klymyshyn O.S.

The total effect of anthropogenic factors of any intensity causes a pronounced morphological effect in woody plants. This allows to determine the level of anthropogenic load on plants. Fixation and evaluation of morphological changes show a reliable picture of the habitat conditions and reflect the state of the urban environment. The main changes are the area of leaf surface and the level of necrotic lesions in leaves. The morphometric changes in the leaves of *Tilia cordata*, depending on the growth area of in the town of Staryi Sambir, as well as the degree of asymmetry and the level of necrotic lesions in the leaf blade.

The patterns of differences between the studied parameters in relation to the background values, as well as between the studied morphometric indices of the plants, which grow in different areas of this urban ecosystem depending on the peculiarities of their physical and geographical location and remoteness from environmental pollutants, have been revealed in the plants within the city of Staryi Sambir. There is an increase in photosynthetic surface in the investigated plants *Tilia cordata*, the maximum deviations of the above indicator were noted for Drohobych Str. and D. Halytsky Str. Significant deviations of this indicator in the specified areas of the city of Staryi Sambir can be caused by the holistic influence of the technogenic factor, which is especially pronounced within the Drohobych Str. and D. Halytsky Str. due to transport pollution.

The results of the studies indicate stable changes in indicator plant *Tilia cordata* at morphological level. Thus, the conducted research gives grounds to assert that there is a slight anthropogenic pressure on environment in the conditions of Staryi Sambir. **Key words:** environment, Staryi Sambir, *Tilia cordata*, degree of asymmetry, level of necrotic lesion, transport pollution.

Постановка проблеми. Сталий розвиток суспільства неможливий без збереження навколишнього середовища, водних та земельних ресурсів. Екологічний моніторинг стану урбанізованих територій України здійснюється, в основному, за фізико-хімічними показниками лімітованими ГДК [3, 8, 10]. Європейське суспільство давно відійшло від дослідження спорадичного впливу окремих показників на стан довкілля, усі полутанти діють сумарно, тому рівень їхнього впливу на організм-індикатор необхідно вивчати комплексно.

Актуальність дослідження. Однією з найважливіших проблем екології на сьогодні є посилення

антропогенного тиску в міських екосистемах, який спричиняє забрудненням навколишнього середовища, негативний вплив якого відбивається на рослинному та ґрунтовому покриві, здоров'ї населення [5]. Інтенсифікація антропогенного тиску на урбоєкосистеми впродовж останніх десятиліть призводить до їх деградації. Біоіндикація є швидким, доступним та інформативним методом визначення стану навколишнього середовища [1, 10].

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Впродовж 2018–2021 рр. виконується комплексний

моніторинг стану навколишнього середовища і природних ресурсів Львівщини. Аналіз результатів вивчення стану навколишнього середовища м. Стрий, Стебник, Дрогобич методом біоіндикацій свідчить про значний рівень антропопресії [2, 4, 15].

Метою роботи є проведення оцінки стану навколишнього середовища міста Старий Самбір за морфо-біологічними показниками липи серцелистої (*Tilia cordata*).

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Дані екологічних паспортів Львівської області та регіональних доповідей про стан довкілля в області (2018–2020 рр.) свідчать про збільшення викидів токсичних речовин у навколишнє середовище, тому біологічний моніторинг доповнить картину стану довкілля [6, 12].

Новизна. Біологічний моніторинг стану довкілля в Львівській області є спорадичним, даних про оцінку стану довкілля м. Старий Самбір методом біоіндикації недостатньо. Для виключення впливу ґрунтово-кліматичних умов на рослини-індикатори, біоіндикаційна оцінка стану довкілля проводиться впродовж кількох років.

Викладення основного матеріалу

Матеріали і методи дослідження. Оцінка стану навколишнього середовища м. Старий Самбір проводилась впродовж 2019–2021 рр. методом біоіндикації морфо-біологічних показників *Tilia cordata*. Для зручності проведення роботи та підвищення її об'єктивності, досліджувана територія, була структурована на окремі моніторингові точки: парк Відкриті серця, вул. Лева Галицького, вул. Лесі Українки, вул. Листопадова, вул. Дрогобицька.

Робота виконана у лабораторії “Експериментальної біології” Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка.

Оцінку стану довкілля проводили за наступними морфо-біологічними показниками: площею лист-

кових пластинок, рівнем некротичного ураження листової пластинки, ступенем асиметрії листових пластинок і рівнем викидів автотранспорту.

Визначення площі листових пластинок здійснювали ваговим методом з модифікацією Л. В. Дорогань [8]. Оцінку відсоткового ураження листків некрозами здійснювали за загальноприйнятою методикою [8]. Виявлення некротичних та депігментаційних уражень листків деревних рослин здійснювали візуально. Класифікацію виявлених уражень листка проводили з використанням схеми, запропонованої Р. Шубертом [3]. Для визначення ступеня асиметрії листових пластинок вимірювали фоліарні показники, які оцінювали за 5-ти бальною шкалою відхилення від норми, у якій 1 бал – відносна норма, а 5 балів – критичне значення із 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; балів – більше 0,070. Розрахунок викидів шкідливих речовин автотранспортним засобами здійснювали за допомогою загальноприйнятої методики [7].

Результати досліджень. Антропогенне навантаження будь-якої інтенсивності викликає у деревних рослин морфологічні, фізіологічні та біохімічні зміни, їх фіксація і оцінка дозволяє одержати достовірну інформацію про стан навколишнього середовища, дозволяє проаналізувати стан забрудненості певної ґрунтової екосистеми [1, 14, 16].

Дослідження площі листових пластинок липи серцелистої (*Tilia cordata*) виконували впродовж 2019–2021 рр., у кінці вегетаційного періоду. Встановлено прямий зв'язок між зміною морфометричних показників деревних порід і фізико-географічним розташуванням та віддаленістю до джерел забруднень довкілля у межах ґрунтової екосистеми міста Старий Самбір.

Максимальне зростання площі листових пластинок відмічені для вулиць Д. Галицького

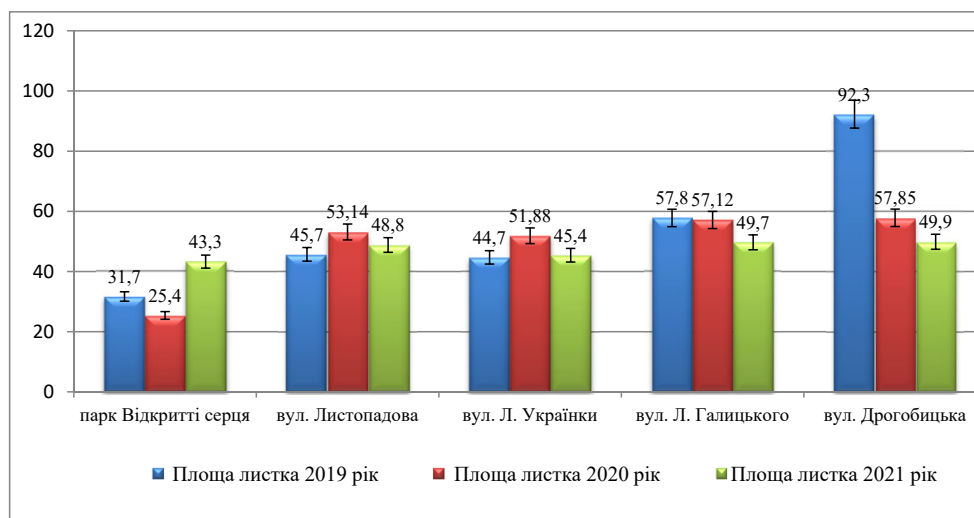


Рис. 1. Зміна площі листових пластинок *Tilia cordata* м. Старий Самбір 2019–2021 років

та Дрогобицької ($p < 0,05-0,001$). Значні відхилення даного показника у зазначених районах міста Ст. Самбір можуть бути спричиненні цілісним впливом техногенного фактору, що особливо виражений у районі вулиці Дрогобицької, ймовірно, внаслідок транспортного забруднення довкілля. Найінтенсивніший приріст площі листових пластинок спостерігається у 2019 році, ймовірно після введення загальнодержавного карантину у 2020 р. інтенсивність викидів автотранспорту знизилась.

Збільшення асиміляційних органів у досліджуваних рослин може розглядатися як пристосувальна реакція, що забезпечує підвищення активності газообмінних процесів у умовах забруднення довкілля [9, 11].

Наступним етапом нашого дослідження був аналіз ступеня асиметрії листових пластинок *Tilia cordata*, оскільки ця ознака виступає важливим критерієм сталого розвитку флори загалом, і використовується як важлива популяційна ознака в екологічних дослідженнях [13, 16, 17].

Найбільші значення ступеня розходження ознак листків деревних рослин характерні для особин, які зростали в межах локальних міських екотопів із найвищим рівнем антропогенного тиску – вулиць Лева Галицького і Дрогобицької, де зосереджений найбільший рух транспорту (табл. 1).

У таблиці 1 показані мінімальні та максимальні значення розходження ознак і показника асиметрії листків деревних рослин впродовж 2019–2021 рр. Аналіз результатів досліджень свідчать, що максимальний ступінь розходження ознак для *Tilia cordata* притаманний вулиці Дрогобицькій (2020 р.) – 0,92, що відповідає критичному значенню забруднення довкілля за шкалою Захарова (5 балів). У цілому, до ознак, що найбільше змінюються належить ширина половини листка і кут між головною та другою від основи жилкою другого порядку. Найменший ступінь розходження ознак деревних рослин характерна для фонових ділянок.

Простежується негативна тенденція, за період спостережень ступінь асиметрії зріс, якщо у 2019 році навколишнє середовище за станом *Tilia cordata* можна було оцінити в 1–3 бали, що відповідає середньому значенню, то у 2020–2021 рр. – стан навколишнього середовища оцінюється як значний (4–5 балів).

Визначення відсоткового ураження листової пластинки некрозами є важливою ознакою для оцінки стану атмосферного повітря на досліджуваних територіях. Отримані дані наведені та поданні у вигляді рис. 2.

Упродовж 2019–2021 років, максимальне значення некротичного ураження листової пластинки

Таблиця 1

Ступінь асиметрії листків *Tilia cordata* міста Ст. Самбір 2019–2021 років

Район дослідження	Відносна середня відмінність між ознаками					
	2019 р.		2020 р.		2021 р.	
Парк Відкритті серця	0,051	1 б.	0,054	1 б.	0,044	1 б.
Вулиця Лева Галицького	0,062	3 б.	0,067	3 б.	0,071	5 б.
Вулиця Лесі Українки	0,032	1 б.	0,057	2 б.	0,060	2 б.
Вулиця Листопадова	0,052	1 б.	0,058	2 б.	0,660	4 б.
Вулиця Дрогобицька	0,068	4 б.	0,092	5 б.	0,081	5 б.

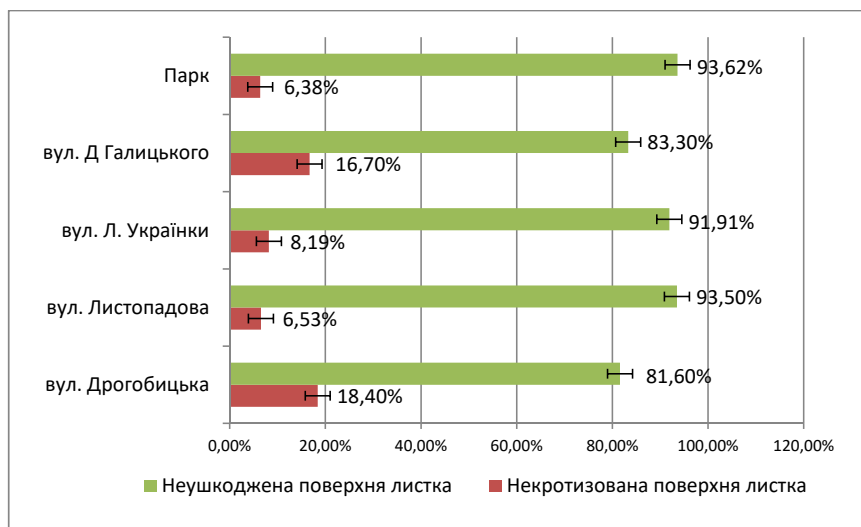


Рис. 2. Рівень некротичного ураження листової пластинки *Tilia cordata* у окремих районів міста Ст. Самбір 2019–2021 років

характерне для *Tilia cordata* на вулицях: Д. Галицького та Дрогобицької, а середнє – вул. Л. Українки. Зокрема, найбільший відсоток некротичних уражень поверхні листків S пош.=18,40% (вул. Дрогобицька) та S пош.=16,70% (вул. Д. Галицького), що є у майже у 3 рази вище порівняно з контрольною зоною (S пош. = 6,38%, Парк Відкритті серця) ($p < 0,05-0,001$). Найнижчі значення некротичних уражень характерні для вул. Листопадової – S пош. = 6,53%, вони майже не відрізняються від фонових значень. Збільшення некротичної поверхні є наслідком сумарного навантаження на екосистему міста. Найвищий рівень некротизації встановлено на вулиці Дрогобицькій.

Таким чином, при дії урботехногенних чинників досліджуваної території у деревних рослин спостерігалось збільшення площі та асиметричності листків, яке відповідає рівню антропогенного тиску на моніторингових точках.

Збільшення площі листових пластинок *Tilia cordata*, ступеню їх асиметрії і рівня некротизації порівняно з фовою територією свідчить про

зростання рівня забруднення довкілля м. Старий Самбір за напрямом (рис. 4).

Загострення проблеми забруднення міських середовищ є однією з найбільш важливих екологічних проблем всього світу. Значний негативний вплив на сучасну екологію чинить автотранспортний комплекс, тому ми провели визначення джерел забруднення довкілля та співвідношення цих даних з макроскопічними ефектами у *Tilia cordata*.

Серед усіх видів транспорту для м. Ст. Самбір найпоширенішими є легкові автомобілі, натомість характерна мала кількість вантажівок. Найбільша кількість автотранспорту відмічена для вул. Дрогобицька та простежується протягом усієї доби, це зумовлено тим, що вона сполучає місто з: Львовом, Ужгородом та митним кордоном «Смільниця-Кросценко». Найменша кількість транспорту відмічена для вулиці, що розташована біля парку (таблиця 2).

Розрахунок викидів рухомого автотранспорту у межах м. Старий Самбір свідчать про те, що вміст СО у вихлопних викидах коливається в межах

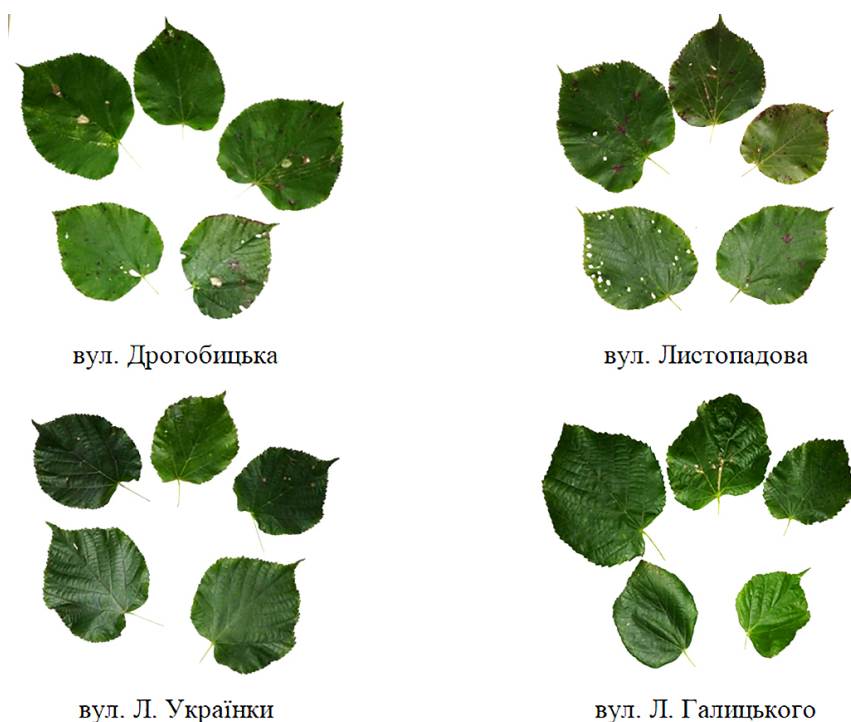


Рис. 3. Некротичні ураження листових пластинок *Tilia cordata* м. Старий Самбір

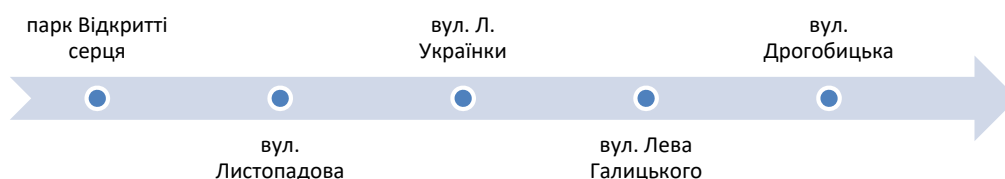


Рис. 4

Таблиця 2

Розрахунок викидів рухомого автотранспорту м. Старий Самбір

Назва вулиці	Вид забруднюючої речовини, г/км					
	CO	NO ₂	CH	SO ₂	Формальдегід	Σ
Парк Відкритті серця	1,4	0,02	0,064	0,002	0,00015	1,5
Д. Галицького	1,9	0,05	0,029	0,0006	0,00006	2,6
Л. Українки	1,4	0,145	0,13	0,0023	0,00025	1,68
Листопадава	1,5	0,06	0,16	0,003	0,00032	1,72
Дрогобицька	2,9	0,06	0,14	0,022	0,00028	3,12

1,4–2,9 г/км, і перевищує норму у 1,5 рази; вміст NO₂ коливається в межах 0,02–0,145 г/км, і перевищує норму у 2 рази; вміст CH коливається у межах 0,029–0,16 г/км, і перевищує норму у 2,6 разів; вміст SO₂ коливається в межах 0,0006–0,003 г/км; вміст формальдегідів коливається в межах 0,00015–0,00032 г/км ($p < 0,05$ –0,001).

Таким чином, згідно шкали забрудненості території викидами автотранспорту до вулиць, які належать до забрудненої зони належать: вул. Дрогобицька та Л. Галицького. Вулиці помірно-чистої зона: Л. Українки, Листопадава та вулиці екологічно-чистої зони – вулиця біля парку. Проблема забруднення навколишнього середовища автотранспортом актуальна, оскільки шкідливі викиди осідають й акумулюються на зростаючій рослинності, а це погіршує їх основну роль – підтримання газового складу атмосфери.

Головні висновки. Оцінка стану навколишнього середовища міста Старий Самбір за морфо-фізіоло-

гічними показниками рослин індикаторів свідчить про його значне забруднення, виявлено зміни морфометричних показників, збільшення інтегрального ступеня асиметрії та зростання рівня некротизації. Прослідковується чітка взаємозалежність між порушенням морфо-біологічних процесів у листках рослини-індикатора *Tilia cordata* і забрудненням довкілля автотранспортом. Найбільш чітко ця тенденція прослідковується на вулицях Данила Галицького і Дрогобицькій, що співпадає з найвищим рівнем викидів автотранспорту. В умовах м. Ст. Самбір простежується значний антропогенний тиск на навколишнє середовище.

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

Література

- Бессонова В. П. Цитофизиологические эффекты воздействия тяжелых металлов на рост и развитие растений : монография. Запорожье : Запорож. гос. ун-т, 1999. 208 с.
- Біла В., Гункевич С., Гойванович Н. Оцінка ступеня некротичних уражень листків рослин в умовах міста Старий Самбір. *Ecology and human health* : матеріали Міжнародного Конгресу Smart Society 2020, 2–3 квітня 2020 р. Ченстохова, 2020. С. 147–153.
- Гетко Н. В. Рослини в техногенному середовищі. Структура та функція асиміляційного апарату. Мінськ : Наука і техніка, 2001. 308 с.
- 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.
- Гродзинський Д. М., Шиліна Ю. В., Куцоконь Н. К. Застосування рослинних тест-систем для оцінки комбінованої дії факторів різної природи. Київ : Фітосоціоцентр, 2006. 60 с.
- Екологічні паспорти Львівської області за 2018–2020 р. URL: <https://deplv.gov.ua/ekologichnyj-pasport/> (дата звернення: 05.09.2019).
- Купчик О. Ю. Викиди автомобільного транспорту як джерело забруднення атмосферного повітря міста Чернігова. *Молодий вчений*. 2015. № 2(17). С.17–20.
- Лаптев О. О. Екологічна оптимізація біогеоценотичного покриву в сучасному урболандшафті : монографія. Київ : Укр. екол. акад. наук, 1998. 208 с.
- Машталер О. В. Біомоніторинг видами *Bryophyta* техногенно трансформованого середовища південного сходу України : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук : спец. 03.00.16 «Екологія». Дніпропетровськ, 2007. 20 с.
- Осика В. Ф. Якість вимірювань складу та властивостей об'єктів довкілля та джерел їх забруднення: монографія. Київ : Наука, 2001. 663 с.
- Приседський Ю. Г. Адаптація рослин до антропогенних чинників : підруч. для студ. вищ. навч. закл. Вінниця : ТОВ «Ніланд-ЛТД», 2017. 98 с.
- 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: 04.06.2020).
- Barabash O., Lozova T., Kozlova T. Assessment of the urban environment quality in Kyiv. *Acta Carpathica*. 2017. № 28. P. 5–12.

14. Franiel I. Fluctuating asymmetry of *Betula pendula* Roth. leaves – an index of environment quality. *Biodiv. Res. Conserv.* 2008. Vol. 9–10. P. 7–10.
15. Hoivanovych N., Pavlyshak Ya., Antonyak H. Influence of anthropogenic load in the city of Stryi on the functional state of photosynthetic apparatus of plants-indicators. *Acta Carpathica*. 2019. № 31–32. P. 52–59.
16. Velickovi M. Developmental stability in *Tilia cordata* leaves. *Period. biol.* 2010. Vol. 112, № 3, P. 273–281.
17. Wilsey B.J., Haukoja E., Koricheva J. Leaf fluctuating asymmetry increases with hybridization and elevation tree – line birches. *Ecology*. 2008. Vol. 79(6). P. 2092–2099.