

УДК 712.41:582.685.4:632.111.8

**Мокрий В.І.** – студент спеціальності 101 “Екологія” ступеня вищої освіти “Магістр” КЗВО “Вінницька академія безперервної освіти”.

*Науковий керівник:* **Мудрак О.В.** – доктор сільськогосподарських наук, професор, завідувач кафедри екології, природничих та математичних наук КЗВО “Вінницька академія безперервної освіти”.

## **БІОФІЗИЧНІ ПАРАМЕТРИ БУКА ЄВРОПЕЙСЬКОГО У ПАМ'ЯТКАХ ПРИРОДИ ЛЬВОВА**

**Анотація.** Досліджено ботанічні пам'ятки природи за участю декоративних форм бука європейського, які використовуються в озелененні Львова. Показано наукову та історичну цінність природоохоронних територій ботанічної категорії та їх роль для моніторингу міської дендрофлори. Виконано порівняльний аналіз вмісту пігментів та флуоресцентних параметрів бука в еколого-фітоценотичних поясах комплексної зеленої зони міста. Підтверджено фізіологічну стійкість бука до урбогенного впливу. Запропоновано більш широке використання декоративних форм бука при формуванні міських насаджень. Обґрунтовано використання сучасних методів флуоресцентного експрес-тестування рослинності для виконання задач моніторингу довкілля, збереження біорізноманіття та охорони флористичного генофонду урбанізованих територій.

**Ключові слова:** природно-заповідний фонд, ботанічні пам'ятки природи, моніторинг, фотосинтез, хлорофіл, флуоресценція.

**Summary.** The botanical sights of nature were studied, including the decorative forms of the European beech, which are used in the landscaping of Lviv. The scientific and historical value of nature conservation areas of the botanical category and their role in monitoring urban dendroflora are shown. A comparative analysis of the content of pigments and fluorescent parameters of beech in the ecological and phytocenotic zones of the complex green zone of the city was performed. The physiological resistance of beech to urbogenic influence has been confirmed. A wider use of decorative forms of beech in the formation of urban plantings is proposed. The use of modern methods of fluorescence express vegetation testing for the fulfillment of the tasks of environmental monitoring, preservation of biodiversity and protection of the floral gene pool of urbanized territories is substantiated.

**Key words:** nature reserve fund, botanical monuments of nature, monitoring, photosynthesis, chlorophyll, fluorescence.

**Постановка проблеми.** Одним з аспектів сталого (збалансованого) розвитку сучасного суспільства є збереження біоландшафтного різноманіття. Основним завданням його відтворення є оптимізація структури природно-заповідних територій і об'єктів у відповідності до структури просторових елементів екологічної мережі. Особливого значення і актуальності набувають дослідження об'єктів і територій природно-заповідного фонду як основних структурних елементів екомереж та комплексної зеленої зони міст.

У загальній структурно-функціональній організації міських територій вагоме місце займає комплексна зелена зона, в межах якої знаходяться унікальні природні та антропогенно змінені об'єкти природно-заповідного фонду України (ПЗФ) – насамперед регіональні ландшафтні парки і заказники,

ботанічні сади і дендрологічні парки, пам'ятки природи та парки-пам'ятки садово-паркового мистецтва, які виконують в урбанізованих екосистемах низку екологічних, економічних і соціальних функцій та є складовою частиною формування єдиної Всеєвропейської екологічної мережі.

Ботанічні пам'ятки природи виконують важливу роль у збереженні біорізноманіття. “Біорізноманіття” фактично є синонімом поняття “життя на Землі”. Його охорона є важливою державною справою будь-якої з країн світу. В Україні напрямок охорони біорізноманіття широко представлений у законодавстві ще з перших років незалежності, коли були розроблені закони про природно-заповідний фонд, рослинний і тваринний світ та започатковано ведення Червоної книги України і Зеленої книги України.

Україна підписала Рамкову конвенцію ООН про охорону біорізноманіття (1992) та одинадцять інших міжнародних угод у сфері біорізноманіття. Близько 7% площі держави включено до складу територій природно-заповідного фонду. Україна також розпочала формування Смарагдової мережі (Emerald Network) як частини адаптації України до законодавства Європейського Союзу. Охорона біорізноманіття є важливою частиною Закону України “Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року”, Цілей сталого розвитку та інших програмних документів. Тому моніторинг морфо-фізіологічного стану рідкісних, екзотичних, зникаючих і Червонокнижних видів дерев, які ростуть в умовах урбанізованого середовища та збережені в пам'ятках природи ботанічної категорії, є актуальним.

Аналіз біофізичних параметрів є сучасним інструментом біоіндикації впливу різноманітних екологічних факторів на рослини. Забруднювачі середовища будучи інгібіторами і активаторами біоенергетичних процесів, що протікають в тилакоїдах рослинних клітин, суттєво впливають на вміст пігментів та параметри кінетики і спектральні особливості флуоресценції рослин. Багатьма дослідниками показано, що вимірювання флуоресценції є найбільш швидким, зручним та інформативним, серед багатьох інших експериментальних методів, використовуваних для екологічного моніторингу. Наразі флуоресцентні методи широко використовуються для діагностики стану рослин, починаючи з окремих рослин і закінчуючи станом екосистем [1].

#### **Матеріали й методи досліджень.**

**Об'єкт дослідження** – видове різноманіття декоративних форм бука європейського в ботанічних пам'ятках природи м. Львова.

**Предмет дослідження** – морфо-фізіологічні та флуоресцентні параметри стресової адаптованості бука до комплексного урбогенного навантаження міського середовища.

**Методи дослідження** – рекогносцирувальні обстеження насаджень, сформованих природними і штучними деревостанами, спектро-фотометричні і флуоресцентні методи вимірювань біофізичних параметрів дендрофлори, інформаційні технології формування бази даних.

**Результати досліджень.**

Бук лісовий належить до родини букових (*Fagaceae*), роду бук (*Fagus L.*), Рід налічує до 10 видів, які розповсюджені в північній півкулі. В Україні природно ростуть два види бука – бук лісовий, європейський або звичайний (*Fagus sylvatica L.*) і бук кримський (*Fagus taurica Popl.*), який деякі дослідники вважають підвидом бука східного. Природний ареал першого з них приурочений до Карпатських гір, де він має надзвичайно велике екологічне та промислове значення. Букові праліси Карпат у 2017 р. отримали статус об'єкта Всесвітньої природної спадщини ЮНЕСКО “Букові праліси і давні ліси Карпат та інших регіонів Європи”. У Західній Європі бук лісовий поширений досить широко в багатьох країнах від Скандинавії до Середземного моря і від Португалії до України [2, 3].

Бук має надзвичайно велике екологічне значення – особливо у продукуванні кисню, очистці повітря, збереженні вологи у ґрунті. Крона дерева добре піддається формуванню, тому його широко застосовують у парковому будівництві, системі озеленення міста. Бук лісовий є досить декоративним видом та характеризується наявністю великої кількості морфологічних (декоративних) форм, які відрізняються за зовнішньою будовою, величиною чи забарвленням окремих органів дерева (листової пластинки, крони, кори, плодів тощо). Зустрічається бук у двох фенологічних формах: ранньо- та пізньоквітучою з різницею розвитку у два тижні.

В таблиці 1 систематизовані місцезростання видового різноманіття бука і його декоративних форм в пам'ятках природи м. Львова – окремі дерева чи рослинні асоціації, котрі мають вагомим наукове, культурне, історичне або естетичне значення та повний заповідний режим.

Згідно аналізу даних таблиці 1 отримано результати, в яких показано, що бук зростає в різних умовах, відмінних за ступенем впливу антропогенних факторів на рослинність. Закономірності просторового розміщення рослинних угруповань покладені в основу екокліної диференціації фітоценотичного покриття великих міст і їх приміських зон [4].

До першого еколого-фітоценотичного поясу (ЕФП) відноситься рослинність приміських лісів з характерним панівним лісовим кліматом.

Перший ЕФП характеризуються малим або відсутнім прямим антропогенним навантаженням. Другий ЕФП – це рослинність крупних лісопарків і парків, приміських садів, яка відрізняється від лісової більшою

**Характеристика видового різноманіття декоративних форм бука в пам'ятках природи м. Львова**

№ п/п	Декоративна форма бука лісового	Адміністративне розташування та місцезнаходження об'єкту ПЗФ	Кількість штук
1	Бук східний ( <i>Fagus orientalis</i> )	Ботанічна пам'ятка природи місцевого значення в Україні, м. Львів, площа Св. Юра, північно-східна частина скверу	1
2	Бук лісовий форма дуболиста ( <i>Fagus sylvatica</i> 'Quercifolia' Schneid)	Стрийський парк – <a href="#">пам'ятка садово-паркового мистецтва</a> національного значенням, м. Львів	1
3	Бук лісовий форма пірамідальна ( <i>Fagus sylvatica</i> 'Fastigiata' Koch)	Ботанічний сад Львівського Національного університету ім. І. Франка – об'єкт ПЗФ загальнодержавного значенням, м. Львів	1
4	Бук лісовий форма плакуча, повисла, звисаюча ( <i>Fagus sylvatica</i> 'Pendula' Loud., <i>F. s.</i> 'Bonnyensis' Simon-Louis)	Ботанічний сад Львівського Національного університету ім. І. Франка;	1
		Ботанічний сад Національного лісотехнічного університету України – об'єкт ПЗФ загальнодержавного значення; Стрийський парк, м. Львів	2
5	Бук лісовий форма рожево-облямowana ( <i>Fagus sylvatica</i> 'Roseomarginata' Henry)	Ботанічний сад Львівського Національного університету ім. І. Франка;	1
		вул. І. Франка, м. Львів,	1
6	Бук лісовий форма розсіченолиста ( <i>Fagus sylvatica</i> 'Laciniata' Vignet)	Ботанічний сад Львівського Національного університету ім. І. Франка,	1
		Ботанічний сад Національного лісотехнічного університету м. Львів	1
7	Бук лісовий форма темно-пурпурова ( <i>Fagus sylvatica</i> 'Purpurea' Ait., <i>F. s.</i> 'Atropurpurea' Reg)	Ботанічний сад Національного лісотехнічного університету	1
		Стрийський парк;	10
		вул. І. Франка;	1
		Снопківський парк – пам'ятка садово-паркового мистецтва, об'єкт ПЗФ місцевого значення, м. Львів	5

зрідженістю насаджень, а отже, і сухішим кліматом, який називають “лісостеповим”. Для другого ЕФП характерний помірний урбогенний вплив. До третього ЕФП належать міські сади і сквери, які внаслідок великої зріджуваності насаджень і теплоенергетичного впливу міста характеризуються “степовим” кліматом. Для цього ЕФП характерне сильне антропогенне навантаження. Четвертий ЕФП – це вуличні насадження на території із значними замоцненням і забудовою. Вони повністю залежать від “пустельного” клімату цих територій, про що свідчить різке скорочення вегетаційного періоду вуличних насаджень і передчасне опадання листя. Цей кліматичний градієнт названо “пустельним”. В четвертому ЕФП найбільш

суттєвим середовищеутворюючим елементом зелених насаджень є вуличні насадження, одиноко-стоячі дерева, та контейнерна зелень. Систематизація міських насаджень за ЕФП забезпечує ідентифікацію впливу комплексного урбогенного навантаження на функціональний стан міської дендрофлори.

Бук східний – ботанічна пам'ятка природи місцевого значення в Україні. Зростає в межах міста Львова, на площі Св. Юра, у північно-східній частині скверу (III ЕФП). Статус надано 2018 р., з метою збереження вікового бука (бук східний, *Fagus orientalis*) (рис. 1). Описаний українським ботаніком Володимиром Липським. Відрізняється від бука лісового тим, що верхні листочки, які оточують мисочку, шилоподібні, нижні – вузьколінійні, довші від верхніх, від чого всі листочки розміщені майже на одному рівні. В Україні зростає переважно на північних схилах Кримських гір, де утворює чисті лісостани на висоті 450-1400 м над рівнем моря. Вимогливий до родючості ґрунту і вологи, тіньовитривалий.



**Рис.1. Бук східний – ботанічна пам'ятка природи місцевого значення в Україні, м. Львів**

Бук лісовий форма дуболиста – дуже гарне декоративне дерево з глибоко вирізаними, вузькими листками, подібними до листків дуба. Лопаті листків часто хвилясті, інколи слабозубчасті. Облікований екземпляр росте у Стрийському парку м. Львова (I ЕФП). Зустрічається у парку “Софіївка” (м. Умань) [2, 3].

Бук лісовий ф. пірамідальна – високе дерево з пірамідальною формою крони, гілки спрямовані вгору [3]. У Ботанічному саду Львівського НУ ім. Івана Франка росте завезений у 2002 році із “Софіївки” один із екземплярів цієї форми (II ЕФП). Деревце невеличке за розмірами – висотою 1,2 м.

Бук лісовий ф. плакуча – високе дерево з дуже довгими (до 7 м) гілками першого порядку, звисаючими вертикально вниз [3]. Один із найбільш декоративних екземплярів даної форми росте у Стрийському парку (I ЕФП). На території Ботанічного саду Національного лісотехнічного університету (НЛТУ) України, по вул. О. Кобилянської, 1 росте дерево даної форми, крона якого вся зміщена на один бік (II ЕФП). Така форма була інтродукована у Ботанічний сад Львівського НУ ім. І. Франка (дерево висотою 1,03 м) у 2002 році (II ЕФП).

Бук лісовий ф. рожево-облямована – дерево з широкими темно-пурпуровими чи зеленими листками, які мають неправильні світло-рожеві краї [3]. Рослина цієї форми представлена в Ботанічному саду Львівського НУ ім. І. Франка (II ЕФП). по вул. М. Черемшини, 44, де була розмножена щепленням у 1971 р. із дерева, що росло у Стрийському парку

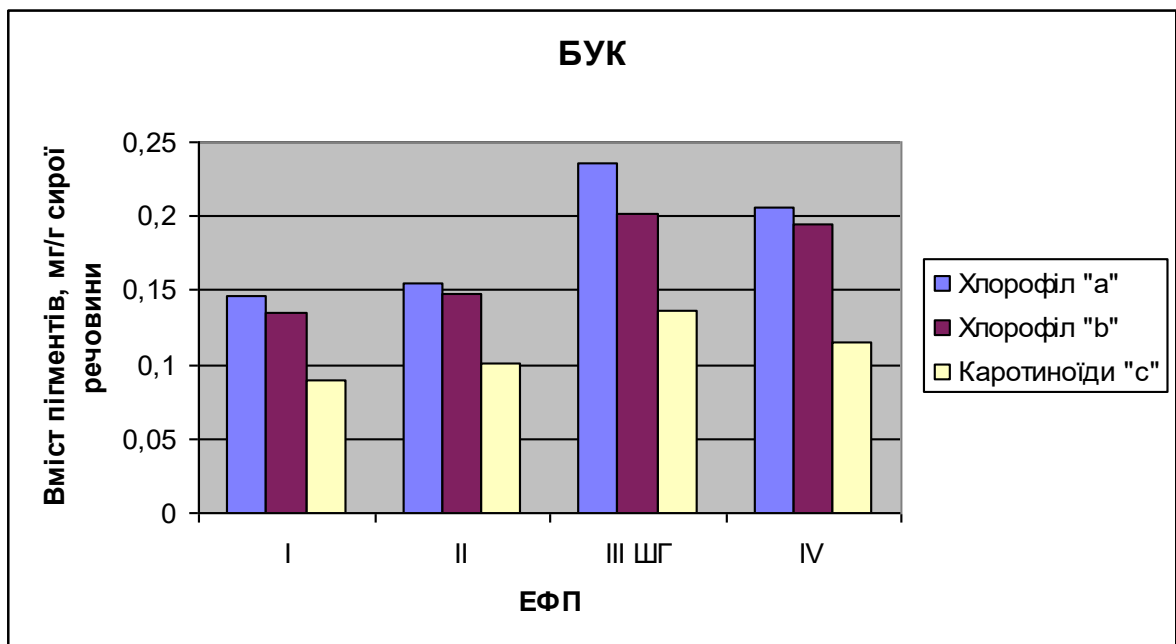
Бук лісовий ф. розсіченолиста – рослини з листочками від вузькоеліптичних (ланцетних), зубчастих до глибоколопатових, інколи лінійних, цілокраїх. Дерево, що росте у Ботанічному саду Львівського НУ ім. І. Франка (II ЕФП), завезене у 2002 р. з парку “Софіївка”. Екземпляр, що росте у дендропарку НЛТУ України (II ЕФП) ефективно контрастує, завдяки досить високо піднятій кроні та глибокорозсіченим вузькоеліптичним листовим пластинкам, які восени набувають темно-бурого забарвлення.

Бук лісовий ф. темно-пурпурова – дерево з пурпуровими листками, що зберігають свій колір протягом літа. Зустрічається у парках України досить часто, особливо у Львові, Тернополі, Ужгороді, Мукачеві. Кілька екземплярів великих розмірів росте у Стрийському парку м. Львова. Облікований екземпляр росте на вулиці І. Франка м. Львова (IV ЕФП).

Результати визначення кількісного вмісту пігментів у листках різних декоративних форм бука в пам'ятках природи м. Львова та їх порівняльна характеристика в ЕФП м. Львова, представлені на рисунку 2. Зміни фізіологічних функцій рослин в умовах впливу міського середовища є першою реакцією-відповіддю організму на умови зростання.

Завдання біофізичного моніторингу ускладнюється великою різноманітністю атмосферних забруднювачів і різною реакцією-відповіддю на них окремих видів рослин. Деякі речовини, які забруднюють повітря можуть служити для рослин джерелом додаткового живлення і включатися в метаболізм (наприклад, сполуки вуглецю, азоту, сірки), інші навіть в мінімальних концентраціях являються отруйними (озон, ртуть, фтор). Тому шкідливість речовини для організму відзначається швидкістю її метаболізації і нейтралізації, а також представляється можливим швидше характеризувати тенденцію зміни досліджуваного процесу або реакції, а не їх абсолютних

показників, отриманих в конкретних умовах експерименту. Ці результати часто не відтворювані при зміні умов, виду і віку досліджуваних рослин.



*ЕФП* – еколого-фітоценологічний пояс

Рис. 2. Порівняльний аналіз вмісту пігментів в листках різних декоративних форм бука в пам'ятках природи м. Львова

Основною причиною інактивації фотосинтезу є порушення в пігментному комплексі. Зміна вмісту пігментів впливає не лише на інтенсивність фотосинтезу, але і на загальний рівень метаболізму, рух асимілянтів, синтез ростових речовин. У зв'язку з цим, кількісний і якісний склад хлорофілу "а", хлорофілу "b" та каротиноїдів "с" може служити критерієм стану дендрофлори комплексної зеленої зони міста.

На посилення урбогенного навантаження досліджувані рослини реагують збільшенням вмісту хлорофілу в насадженнях парку та вулиці [5]. Згідно [6] не пошкоджуюча дія несприятливого фактора призводить до новоутворень хлорофілу і свідчить про газостійкість породи, а пошкоджуюча – гальмує синтез хлорофілу і руйнує ферменти. Спостережуване збільшення кількості хлорофілу може бути пов'язане з нагромадженням в листках, при незначному забрудненні середовища автотранспортними і промисловими викидами, необхідних для синтезу пігментів продуктів окислення вуглеводнів. Крім цього, можна припустити, що збільшення вмісту пігментів у листках, зокрема хлорофілу, який відіграє водоутримуючу роль, спостерігається при адаптації організмів до ґрунтової засухи, особливо в умовах "кадочної культури" вуличних насаджень і розглядається як адаптаційна функція.

З погіршенням умов місцезростання, відбувається збільшення кількості каротиноїдів. Відомо, що каротиноїди відіграють захисну роль по відношенню до хлорофілу – оберігають його від фотоокислення. Тому підвищена їх кількість в листках зумовлює їх меншу пошкоджуваність фітотоксикантами. Динаміка зміни вмісту каротиноїдів, викликаних забрудненням середовища, подібна до динаміки зміни хлорофілу, що свідчить про відносно слабшу адаптованість цих видів.

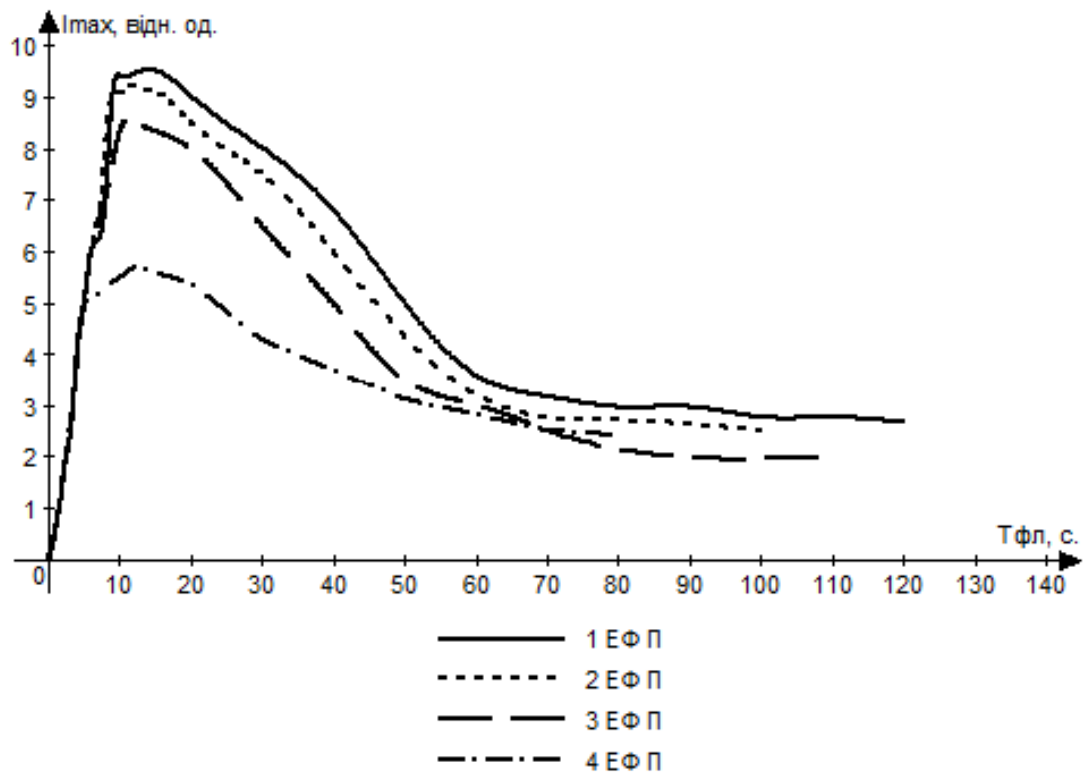
Аналіз вмісту хлорофілу в листках показує не лише його кількісні зміни під впливом несприятливих факторів, але і зміну відношення хлорофіл “а”/хлорофіл “b”. У досліджуваних видах воно мало змінюється, але спостерігається тенденція до збільшення частки хлорофілу “а”. Це свідчить про стійкість порід до комплексного впливу урбогенних факторів. Зміни кількості і співвідношення суми хлорофілів та каротиноїдів можуть характеризувати ступінь толерантності до дії певного фактора. В цілому спостережувані тенденційні зміни цього показника вказують на зменшення частки хлорофілу.

Отримані дані вивчення пігментного комплексу деревних порід підтверджують чутливість цієї системи до впливу стрес-факторів. Основною причиною інактивації фотосинтезу є порушення в пігментному комплексі. Зміна вмісту пігментів впливає не лише на інтенсивність фотосинтезу, але і на загальний рівень метаболізму, рух асимілянтів, синтез ростових речовин. В умовах незначного забруднення і ксерофілізації середовища стимулюється фотосинтез, збільшується кількість пігментів. Характерним для них є посилення синтезу каротиноїдів, як пристосувальної реакції, направленої на захист від фотодинамічного ефекту руйнування хлоропластів, що свідчить про відносну фізіологічну стійкість бука європейського до урбогенного впливу.

Описаний характер змін функціонування фотосинтезу та пігментних комплексів, викликаний антропогенними факторами, являється специфічною реакцією рослин, схожою із змінами фотосинтетичної системи, обумовленими різними стресовими впливами: сильним, або недостатнім освітленням, добовими коливаннями температур, водним режимом, засоленістю ґрунтів [7-11].

Зміни структурно-функціонального стану хлоропластів при адаптації до стресових умов середовища, впливають на кінетику фотоіндукованої флуоресценції хлорофілу.





*Осі координат:* I<sub>max</sub> – інтенсивність флуоресценції.

T<sub>фл</sub> – час вимірювання свічення флуоресценції.

Рис. 3. Кінетика фотоіндукованої флуоресценції листків бука лісового в еколого-фітоценотичних поясах м. Львова

Згідно результатів досліджень кінетики фотоіндукованих переходів флуоресценції хлорофілу, початковий максимум свічення відмінний для дерев у різних урбогенних умовах. Найбільший індукційний максимум спостерігається у зразках, взятих, за візуальними ознаками, з фізіологічно здорових рослин Стрийського парку (1 ЕФП), що зазнають мінімального антропогенного навантаження (контрольні зразки). Найменший – з вуличної посадки (вул. І. Франка), де урбогенний вплив максимальний. Зниження параметру I<sub>max</sub> листків дерев, що знаходяться у екстремальних умовах міського середовища, в порівнянні з контрольними, вказує на пригнічення активності донорної частини фотосистеми II. Разом з тим значення параметру I<sub>const</sub> – фонові флуоресценції (горизонтальне плато на графіках), який не зв'язаний з функціонуванням електрон-транспортного ланцюга, відносно стабільне для всіх дерев, що свідчить про ефективне функціонування антенного комплексу фотосинтезуючої системи.

В індукції флуоресценції фотосинтезуючих об'єктів функціонально розрізняють дві компоненти: змінну флуоресценцію, яка несе інформацію про функціонування фотосинтетичного апарату (параметр I<sub>max</sub>) та фонову флуоресценцію, яка відображає стан “антенного” хлорофілу (параметр I<sub>const</sub>).

Згідно [12], за характером спаду квантового виходу флуоресценції можна оцінити функціонування фотосинтетичного апарату, шляхом визначення індексу життєвості (Rfd). Цей параметр фотосинтетичної активності визначається співвідношенням:  $Rfd = Fd / I_{const}$ , де  $Fd = I_{max} - I_{const}$  – зниження флуоресценції хлорофілу від максимального значення до стаціонарного рівня, внаслідок активації ферментів вуглецевого циклу фотосинтезу.

На підставі порівняльних вимірювань кінетики ФХ *in vivo* визначено індекс життєвості рослин (Rfd). Максимальне значення Rfd свідчить про оптимальні умови місцезростання. Із збільшенням напруженості урбогенного фактору середовища фіксується зменшення значень Rfd, що відображає зниження потенціальної активності фотосинтетичного апарату рослин і узгоджується з даними [8]. У вуличних насадженнях індекс життєвості зменшується в 2 рази в порівнянні з контрольними, що вказує на зниження активності донорної частини фотосинтезуючого апарату.

**Висновки.** Пам'ятки природи є одним з ключових понять заповідної справи, але функції цієї категорії в системі суспільних знань і відносин – значно ширше традиційної сфери інтересів охорони природи. Як і архітектурні пам'ятки, зелені насадження міста є свідками багатьох історичних подій. Місто Львів є одним з найзеленіших міст України і відзначається наявністю ботанічних пам'яток природи місцевого значення. Саме пам'ятки природи відіграють роль сталих символів, які формують у свідомості людини цілісні образи рідної природи, рідного. Будь-яка пам'ятка природи – об'єкт, який може бути чуттєво сприйнятим кожною людиною, чітко описаним, цінності якого є набагато очевиднішими і ясно окресленими у порівнянні з цінностями великих площинних об'єктів ПЗФ – національних природних парків або заповідників.

Урбогенна трансформація екосистем міста стає новим фактором адаптогенезу рослин в антропогенному екологічному середовищі. Під впливом урбанізації, в дендрофлорі зелених насаджень Львова відбуваються адаптивні зміни, які супроводжуються морфологічними та анатомічними перебудовами асиміляційного апарату рослин. Досліджена стійкість бука європейського до впливу чинників антропогенного характеру, збереженого в ботанічних пам'ятках природи, дозволяє більш широко використовувати його видове різноманіття декоративних форм, при формуванні насаджень, здатних належним чином виконувати рекреаційно-оздоровчі і захисні функції.

Для покращення загального стану і якості зелених насаджень у містах є доцільним використання сучасних методів флуоресцентного експрес-тестування рослинності, при виконанні задач збереження біорізноманіття та охорони флористичного генофонду урбанізованих територій.

### Використані джерела

1. Посудін Ю.І. Методи вимірювання параметрів навколишнього середовища: підручник для студентів природничих спеціальностей ВНЗ. Київ: Світ, 2003. 288 с.
2. Мельник Ю.А., Гречаник Р.М. Формове різноманіття бука лісового на Львівщині. *Науковий вісник УкрДЛТУ*. Львів: УкрДЛТУ, 2003, Випуск. 13.4. С. 83-88.
3. Мельник А.С. Садово-декоративні форми дуба і бука в озелененні західних областей України. *Досягнення ботанічної науки в Україні*. К.: Наук. думка, 1976. С. 67-68.
4. Кучерявий В.П. Екологія. Львів: Світ, 2001. 500 с.
5. Горишина Т.К. Фотосинтетический аппарат растений и условия среды.– Л.: Изд-во ЛГУ, 1989. 203 с.
6. Ількун Г.М., Миронова А.С., Михайленко Л.А. Пошкодження тканин листків токсичними газами. *Укр. ботанічний журнал*. 1969. №1. С. 72-77.
7. Мокрий В.І. До питання вивчення флуоресцентних властивостей листового апарату бука лісового. Матеріали VI Симпозіуму IUFRO з проблем бука. Львів, 1995. С. 22.
8. Карапетян Н.В., Бухов Н.Г. Переменная флуоресценция хлорофилла как показатель физиологического состояния растений. *Физиология растений*. 1986. Т. 33. Вып. 5. С. 1013-1026.
9. Николаевская Т.В. Промышленная ботаника: состояние и перспективы развития. Донецк, 1990. 134 с.
10. Мокрий В.І., Паславський М.М., Цегельник Л.В. Дослідження флуоресцентних параметрів дерев паркових культур фітоценозів м. Львова. Старовинні парки і ботанічні сади – наукові центри збереження біорізноманіття та охорони історико-культурної спадщини: Матеріали Міжнародної наукової конференції. Київ: Академперіодика, 2006. С. 432-435.
11. Мокрий В.І., Гречаник Р.М., Шемелинець І.Л., Гречух Т.З., Кравців Р.В., Хрептак Н.О., Жалівців С.І. Флуоресцентний моніторинг хвойних насаджень еколого-фітоценотичних поясів Львова. Сучасний стан і перспективи розвитку ландшафтної архітектури, садово-паркового господарства, урбоекології та фітомеліорації: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. Львів, НЛТУ України, 2019. С. 280-281.
12. Капустяник В.Б., Мокрий В.І. Прикладна спектроскопія: навчальний посібник. Львів: Видавничий центр Львівського національного університету імені Івана Франка. 2009. 320 с.