

**ФЛУОРЕСЦЕНЦІЯ ПІГМЕНТНОГО КОМПЛЕКСУ
ДЕРЕВНИХ РОСЛИН ЯК РЕАКЦІЯ НА ТЕХНОГЕННІ ЗМІНИ
У ПРИРОДНОМУ ДОВКІЛЛІ КАРПАТ**

П. С. Гнатів¹, доктор біологічних наук, професор

*Н. Я. Лопотич¹, аспірант**

Я. Д. Хоркавців², Н. Я. Кияк², кандидати біологічних наук

¹ Львівський національний аграрний університет

² Відділ екоморфогенезу рослин ІЕК НАН України

Представлені результати дослідження загрози довкіллю Сколівського району (гірська частина Львівщини) з боку експлуатації автотраси «Київ-Чоп». Методом індукції флуоресценції встановлено вагомий техногенний тиск на функціональний стан асиміляційного апарату деревних порід, що ростуть у смузї розташування міжнародного автошляху. Викиди транспорту сукупно активно впливають на стан рослинних компонентів ландшафтних екосистем, на забрудненість ґрунтів важкими металами, а, відповідно, і природного довкілля загалом. Рекомендовано аналізувати розміщення сіножатей, пасовищ, присадибних городніх культур, садів тощо з урахуванням вірогідності потрапляння викидів транспорту у харчові мережі екосистем.

***Ключові слова:** природне довкілля, деревні рослини, флуоресценція, пігментний комплекс, важкі метали.*

Гірськокарпатська частина Львівської області (Сколівський, Турківський, Старосамбірський райони) відрізняються від решти її території значно меншою техногенною трансформованістю ландшафтних екосистем, відсутністю промислових підприємств і відносно малою щільністю населення. Від 2005 року і дотепер Сколівський і Турківський райони, згідно державної статзвітності, викидають у повітря від 400 до 2251 тонн забруднюючих речовин

* Науковий керівник – доктор біологічних наук П.С. Гнатів

від транспортних джерел [15]. Це відносно малі обсяги, оскільки щільність викидів, порівняно з середньообласними показниками є у 3-4 рази, а в розрахунку на 1 мешканця – на 23–25% меншими (табл. 1). За таких обставин реального впливу транспорту на чистоту карпатського повітря і ґрунтів на Львівщині до сьогодні ніхто глибоко не вивчав, хоча її гірську частину перетинають шляхи автомобільного і залізничного сполучення міжнародного значення із вельми інтенсивним рухом.

1. Викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря Львівщини від автотранспорту упродовж 2012 року

Об'єкт дослідження	Обсяги викидів загалом, т	Щільність викидів, т/км ²	Викиди в розрахунку на 1 особу, кг
Львівська область	118460	5426,2	46,6
Сколівський р-н	1933	1314,2	40,7
Турківський р-н	1994	1671,8	39,7

Оцінку чистоти повітря здійснюють як хіміко-аналітичними, так і біоіндикаційними методами. Для цього використовують фізіолого-біохімічні, анатомо-морфологічні та інші реакції біоти на забруднення атмосфери.

Традиційно досліджуваною реакцією рослин на шкідливі викиди в атмосферу є зміна вмісту пігментів у листках [8, 3]. За порушення функціонального стану клітини в першу чергу зменшується біосинтез хлорофілу *a*. Проте, вміст хлорофілу в більшості видів рослин значно перевищує ту межу, яка забезпечує максимальне поглинання променистої енергії зеленим листям [21, 23, 24]. Тобто, хлорофілу, зазвичай, завжди є значно більше, ніж рослина фізіологічно може використати світла. Очевидно, що кількість хлорофілу не може відображати ні інтенсивності фотосинтезу, ні стану пігментної системи, ні пристосованості рослини до певних умов існування, а лише їх ситуативну властивість, на що звертали увагу й інші автори [7, 12].

Аналіз низки наукових досліджень [10, 12, 13, 14, 17, 22] дає підставу розглядати флуоресцентні властивості листків як адекватні фізичні показники їхнього фізіологічного стану, котрі відображають функціональну реакцію

організму на умови зовнішнього середовища. Адже флуоресценція – це виділена енергія, яка утворюється безпосередньо в листку [19, 20].

З метою оцінки впливу міського довкілля на асиміляційний апарат дерев у відділі інтродукції Ботанічного саду НЛТУ України (м. Львів) індукцію флуоресценції листкових пластинок, її реєстрацію і вимірювання здійснювали за допомогою однопроменевого динамічного флуорометра власної конструкції [9]. За розробленою методикою фіксували графічно на самописці такі її параметри, як максимум підйому кінетичної кривої ($I_{\text{макс.}}$, відн. од.), рівень фонові флуоресценції ($I_{\text{ст.}}$, відн. од.) і тривалість спаду індукованої флуоресценції ($T_{\text{фл.}}$, с). Крива, отримана авторами, схематично відповідає опублікованим зображенням багатьох дослідників [6, 4], встановлених приладами серійного виготовлення.

Мета дослідження – оцінка можливої загрози чистоті довкілля Сколівського району з боку автотраси «Київ-Чоп» за допомогою методу індукції флуоресценції як показника фотооптичної активності листків дерев, що піддані постійному впливу транспортних викидів.

Матеріали і методика дослідження. Дослідні об'єкти знаходяться в околиці сіл Дубина та Верхнє Синьовидне (Сколівський р-н на Львівщині), з правого боку міжнародної автотраси «Київ-Чоп». Трансекта маршруту прокладена перпендикулярно шосе. Точки спостереження вибрані на віддалі 5, 10, 15, 500 і 1500 м від полотна дороги. На вказаній відстані від шосе відбирали зразки ґрунту з гумусово-елювіального горизонту (0-10 см) для визначення вмісту рухомих форм важких металів за стандартними методами, відповідно до ДСТУ 4287.2004, а також агрохімічних показників родючості. Аналізи виконали методами ЦІНАО [11] на базі Львівського проектно-технологічного центру «Облдержродючість» з використанням атомно-абсорбційного спектрофотометра С 115-1М. З кожної видової групи (береза повисла, верба біла і ялина європейська) на кожній точці відбору за допомогою телескопічної штанги довжиною 5 м, згідно зі схемами досліджень (кінець весни, середина літа; початок осені), відбирали 15-20 типових за розмірами і виглядом здорових

листіків (10 лапок хвої). У зволоженому стані упродовж доби їх зберігали в суцільній темряві в холодильнику [3]. Під час вимірювання відбирали 10 цілком здорових морфологічно однакових листки (хвоїнки). Фіксацію флуоресцентних властивостей кожного зразка робили двічі у різних частинах листка чи хвої. Отже, повторність загалом становила $(10 \times 2) = 20$ вимірювань зразків для кожного варіанта досліду. Показник інтенсивності флуоресценції фіксували за допомогою люмінесцентного мікроскопа Carl Zeiss AxioScop A-1, дообладнаного датчиком для вимірювання оптичного сигналу і лічильником, що градуйований у відносних одиницях (рис. 1).



Рис. 1. Люмінесцентний мікроскоп (1), дообладнаний лічильником фотонів (2) для реєстрації інтенсивності флуоресценції листків

Активність руху автотранспорту автотрасою М 06 «Київ-Чоп» оцінювали у літній та осінній дні. Статистичне і графічне моделювання процесів виконали з використанням програми MS Excel.

Результати, обговорення й узагальнення. Інтенсивність дорожнього руху упродовж доби, днів тижня і сезонів року на автомобільних дорогах загального користування досліджували в багатьох регіонах [1, 16, 18]. Загальні

висновки вказують, що від 9.00 до 19.00 дня активність руху змінюється мало. У подальшому відбувається її спад, а зранку – підйом. Зміна інтенсивності перевезень упродовж тижня також незначна. Збільшення руху спостерігали в середу і четвер. Упродовж сезонів року рух змінюється істотно. Максимум припадає на літньо-осінні місяці.

Із цих міркувань ми вели облік руху автотранспорту у літній та осінній дні у середині тижня – в середу двічі упродовж дня (табл. 2). Встановлено, що в середньому до опівдня влітку трасою М 06 «Київ-Чоп» проїжджає 828 одиниць транспорту, у надвечір'я – менше. В осінню пору кількість автотранспорту на трасі вагомо збільшується, особливо у другій половині дня.

2. Активність руху автотранспорту по автотрасі М 06 «Київ-Чоп» у пункті спостереження між селами Дубина і Верхнє Синьовидне Сколівського р-ну

Години дня	Автотранспорт	Активність руху	
		од. за год.	од. за хв.
Літо (червень – середа)			
10-12 год.	Легкові авто	442	7,4
	Вантажні авто й автобуси	386	6,4
	Разом	828	13,8
17-19 год.	Легкові авто	431	7,2
	Вантажні авто й автобуси	304	5,1
	Разом	735	12,3
Осінь (вересень – середа)			
10-12 год.	Легкові авто	556	9,3
	Вантажні авто й автобуси	480	8,0
	Разом	1036	17,3
17-19 год.	Легкові авто	827	13,8
	Вантажні авто й автобуси	267	4,5
	Разом	1094	18,2

Агрохімічні аналізи відібраних нами ґрунтових зразків показали, що на віддалі 5 м гумусово-акумулятивний горизонт містить найбільше гумусових речовин (табл. 3), має найменшу актуальну кислотність і містить найбільшу суму увібраних основ. З віддаленням від траси ці показники змінюються: гумусу стає істотно менше, $pH_{\text{сол.}}$ і сума основ зменшуються. Найкислішим

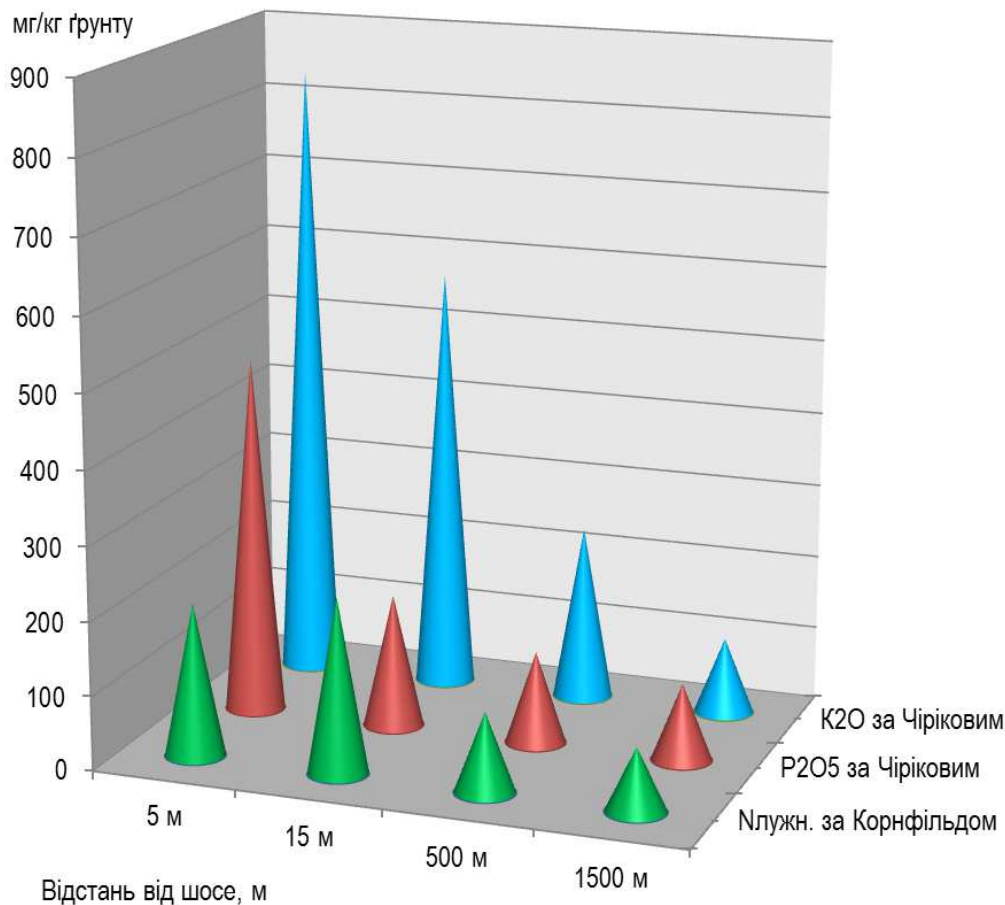
грунт є у контрольній точці на відстані 1500 м. З наближенням до дорожнього полотна від контрольної точки більше як у 2 рази зростає запас легкогідролізованого азоту (рис. 2). Проте особливо виразно у ґрунті підвищуються запаси доступних форм фосфору (більше як у 4 рази) і калію (більше як у 8 разів).

3. Агрохімічні показники гірськолісового дерново-буроземного ґрунту на трансекті між селами Дубина і Верхнє Синьовидне Сколівського р-ну

Віддаль від шосе М 06 «Київ-Чоп»	Гумус за Тюріним, %	рН _{сол.}	Гідролітична кислотність	Сума ввібраних основ
			мг-екв/100 г ґрунту	
5 м	4,55	6,18	1,82	17,0
15 м	2,57	6,12	1,46	16,5
500 м	1,81	5,86	1,74	12,5
1500 м	3,25	4,33	4,11	4,5

Отже, газо-димові викиди транспорту, що потрапляють у компоненти придорожного ландшафту, вагомо змінюють агрохімічні показники ґрунту, адже містять і оксиди азоту й інші біоактивні сполуки. Виявлені нами зміни покращують показники родючості традиційно бідного бурого гірськолісового ґрунту, який має її природні параметри на достатній віддалі від дороги.

З'ясування вмісту важких металів у приповерхневому (0-10 см) пласті ґрунтів придорожного ландшафту показало, що з наближенням до шосе найдинамічніше збільшується вміст рухомого марганцю, цинку й міді (рис. 3). Їх кількість зросла відповідно у 2, 5 і 2 рази, порівняно з віддаленою на 1500 м точкою відбору. Доволі виразно у приповерхневому пласті зросли концентрації кадмію, кобальту і свинцю. Це свідчить про істотний вплив міжнародної автотраси, як джерела викиду відпрацьованих автомобільних газів, на чистоту природного довкілля гірського регіону Львівщини.



Відстань від шосе, м	5 м	15 м	500 м	1500 м
Нлужн. за Корнфільдом	207	238	108	86
Р2О5 за Чіріковим	485	180	124	104
К2О за Чіріковим	836	571	236	103

Рис. 2. Зміни вмісту рухомих форм поживних елементів у поверхневому (0-10 см) пласті ґрунту, залежно від віддаленості від шосе М 06 «Київ-Чоп» (між селами Дубина і Верхнє Синьовиднє, Сколівський р-н, Львівщина)

З наукових джерел можемо судити, що ситуація із рівнем забруднення передгірських ґрунтів у Сколівському районі, порівняно з іншими регіонами [2], не є катастрофічною. Уздовж шосе М-07 «Київ-Ковель-Ягодин» в околиці Ковеля (Волинь) у дерново-підзолистих ґрунтах на відстані 10 м від полотна міститься у 8 разів більше фонового рівня рухомого свинцю, у 5 – цинку, у 4 – міді і т.д. Свинець і мідь у цих дослідженнях на Волині у майже 3 і 2 рази перевищує ГДК для дерново-підзолистих ґрунтів.

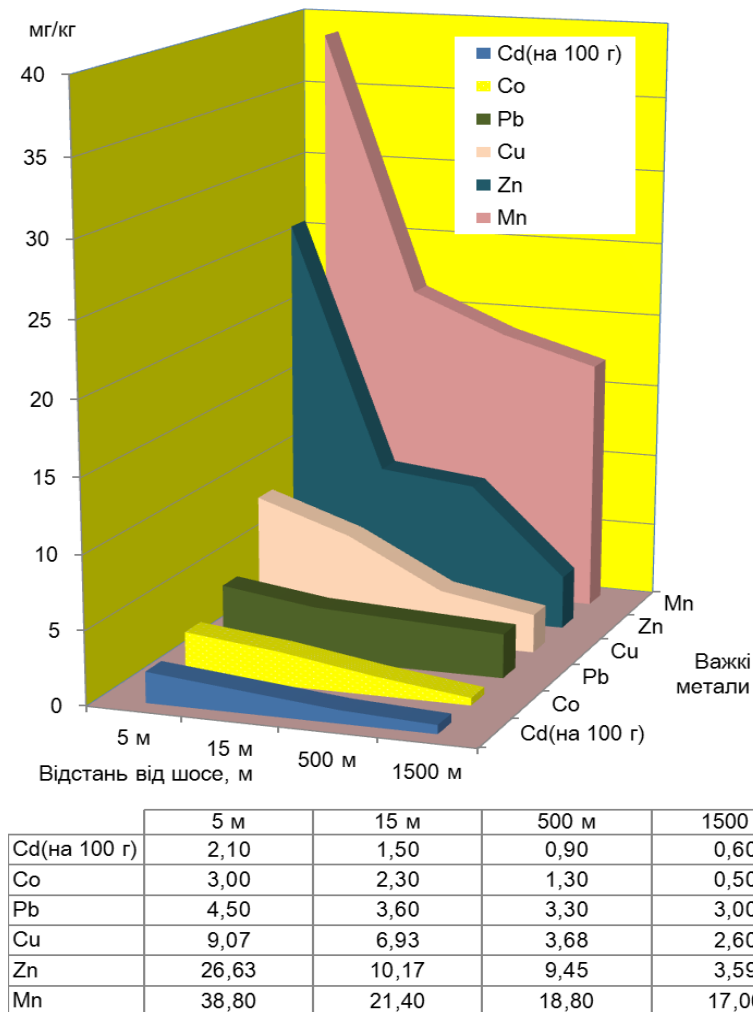


Рис. 3. Зміни рухомих форм важких металів у поверхневому (0-10 см) пласті ґрунту, залежно від віддаленості від шосе М 06 «Київ-Чоп» (між селами Дубина і Верхнє Синьовидне, Сколівський р-н, Львівщина)

Проте, важливо з'ясувати, чи чинить який-небудь вплив невеликий рівень забрудненості придорожніх ландшафтів на компоненти місцевих екосистем, адже зміни агрохімічних параметрів ґрунту очевидні. Для цього ми дослідили фотооптичні активності асиміляційного апарату деревних рослин у різних екотопах.

Спостереження показали, що місцеві, добре адаптовані до природного довкілля, деревні види дуже виразно реагують на диспозицію відносно шосе за функціональними показниками пігментного комплексу.

Найчіткіше фотооптичну активність асиміляційного апарату змінює ялина європейська, що для хвойних порід є встановленою особливістю.

Інтенсивність флуоресценції живих листків є найбільшою у точці, розташованій найближче до дороги (рис. 4).

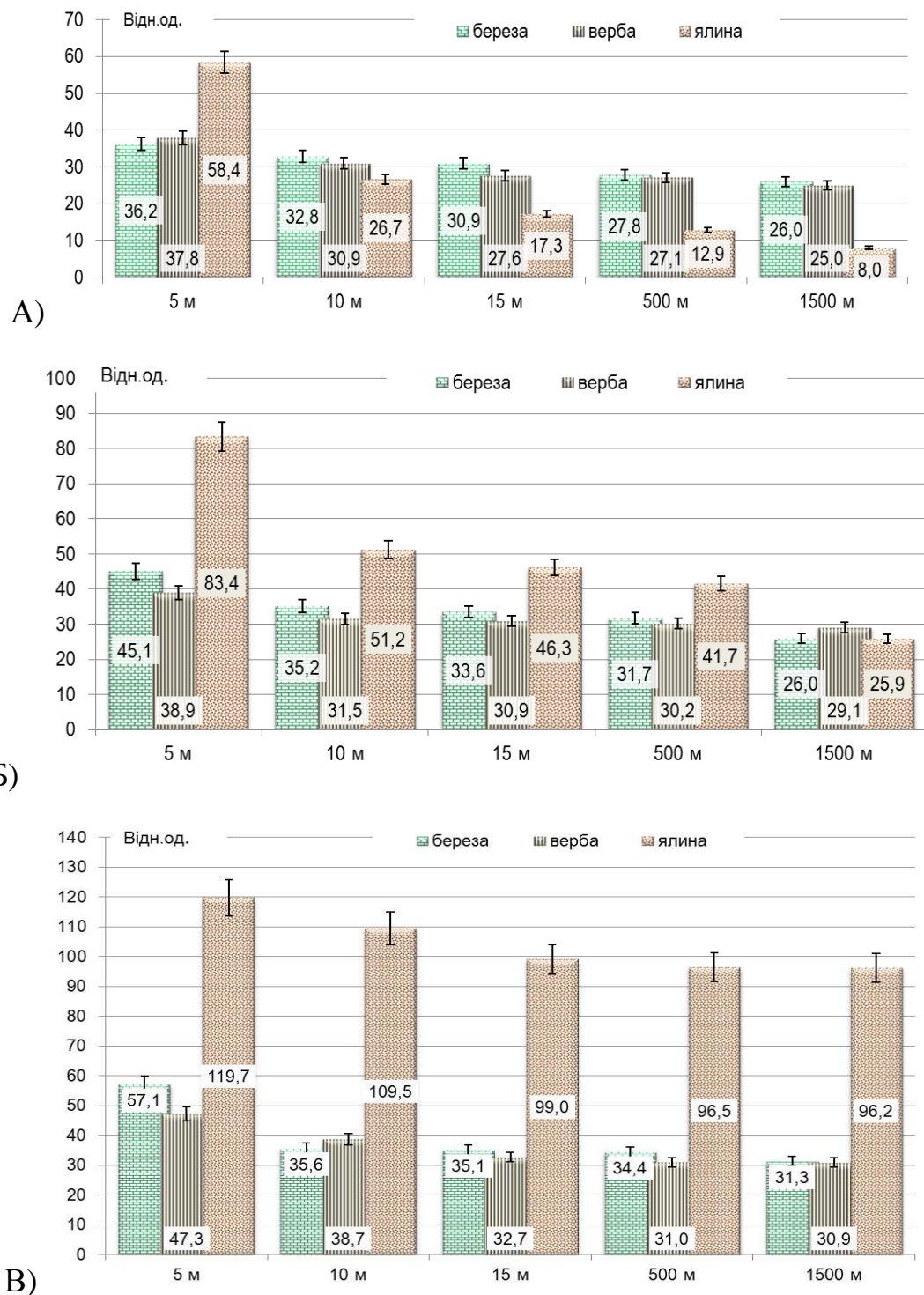


Рис. 4. Динаміка флуоресценції пігментного комплексу деревних рослин, залежно від віддаленості їх місцеоселення від міжнародного шосе М 06 «Київ-Чоп» (між селами Дубина і Верхнє Синьовидне, Сколівський р-н, Львівщина), відн. од.: А) весна; Б) літо; В) осінь

Упродовж вегетації у міру старіння хвої флуоресцентна властивість її зростає, що також є нормою для живих рослин, адже функціональна спроможність пігментного комплексу засвоювати енергію світла з плином часу послаблюється [6, 10]. І знову ж ця закономірність найяскравіше проявляється у ялини європейської.

Береза повисла і верба біла на початку вегетації виявляли відносну стійкість до впливу забруднення. Проте, зі старінням листків флуоресценція ставала інтенсивнішою. Мінімальною вона була як на початку (рис. 4 – А; Б), так і в кінці (рис. 4 – В) вегетаційного періоду на віддалі 1500 м від полотна шосе.

Отже, реагування рослин на забруднення повітря і ґрунтів у придорожній смузі підтверджує зміну якості довкілля, а видоспецифічність функціональної реакції порід за фотооптичними властивостями пігментного комплексу описана й іншими науковцями [13, 14]. За дослідженнями лабораторії екології Ботанічного саду НЛТУ України [3] середні параметри динамічних кривих індукованої флуоресценції листків двох видів – дуба звичайного і клена гостролистого відрізнялися, залежно від умов росту дерев. Як показали вимірювання, найбільше коливалася величина індукованого максимуму ($I_{\text{макс}}$) і найменше – рівень фонової флуоресценції ($I_{\text{ст}}$).

Упродовж 1996-1997 років здійснені порівняльні дослідження параметрів індукованої флуоресценції у низки видів [3] (табл. 4). В акації, верби і ясена спостерігали ріст величини $I_{\text{макс}}$ з погіршенням умов життя. Менш стійкі за цим показником деревні види: гіркокаштан, дуб і клен. У них з посиленням техногенного навантаження $I_{\text{макс}}$ спадала. Фонова флуоресценція в акації з погіршенням умов вирощування зростала. Решта видів на зміну середовища реагували зменшенням цього показника (верба, гіркокаштан і клен) або виразно не реагували. Тривалість затухання флуоресценції зменшувалася з погіршенням умов у тих видів, у котрих підвищувалася $I_{\text{макс}}$, як у акації і верби, але в інших видів подібних чітких залежностей виявити не вдалося. Отже *Robinia pseudo-acacia* і *Salix alba* як дуже світлолюбні види, та *Fraxinus excelsior* як

світлолюбний, із зміною властивостей середовища (від парку до вулиці) активували фоточутливість листків, *Aesculus hippocastanum* і *Acer platanoides* як тіньовитривалі види, а також *Quercus robur* як світлолюбний за вершиною крони і тіньовитривалий з боків, зменшували її за інтенсивністю флуоресценції.

4. Інтенсивність фотоіндукованої флуоресценції листків дерев в екотопах Львова [3]

Вид	Екотоп	I _{макс} , відн. од.	Вид	Екотоп	I _{макс} , відн. од.
<i>Robinia pseudoacacia</i>	Парк	29,25 ± 1,43	<i>Aesculus hippocastanum</i>	Парк	29,25 ± 2,65
	Сквер	41,50 ± 2,60		Сквер	25,75 ± 1,55
	Вулиця	100,8 ± 9,28		Вулиця	21,50 ± 1,09
<i>Salix alba</i>	Парк	35,25 ± 2,02	<i>Quercus robur</i>	Парк	30,25 ± 2,14
	Сквер	40,75 ± 3,87		Сквер	29,00 ± 4,02
	Вулиця	49,00 ± 3,32		Вулиця	23,33 ± 2,03
<i>Fraxinus excelsior</i>	Парк	22,75 ± 1,29	<i>Acer platanoides</i>	Парк	51,50 ± 2,95
	Сквер	36,25 ± 2,95		Сквер	46,25 ± 2,69
	Вулиця	30,00 ± 0,71		Вулиця	25,00 ± 0,81

Іншими дослідженнями [5] також з'ясовано, що інтенсивність флуоресценції листків моху *Leskea polycarpa* Hedw. у центральній частині Львова в 1,5–2 рази нижча, ніж в околицях міста.

Стан пігментної системи видів липи у вуличних екотопах досліджували у Києві [13, 14]. Аналізували такі ж параметри флуоресценції листків – інтенсивність (F_{\max}^{680}), фоновий рівень у різних діапазонах (F_{st}^{680} , F_{st}^{530}) та ін. (табл. 5).

5. Параметри флуоресценції пігментного комплексу видів роду *Tilia* в екотопах Києва [14]

Вид	Екотоп	Флуоресценція F_{st}^{680} , відн. од.
<i>Tilia begoniifolia</i>	пр. Голосіївський	61,2
	вул. Саксаганського	100,0
	контр. – норм. екотоп	91,1
<i>Tilia cordata</i>	вул. Ковпака	228,6
	контр. – норм. екотоп	87,4
<i>Tilia platyphyllos</i>	вул. Саксаганського	22,7
	контр. – норм. екотоп	64,7
<i>Tilia tomentosa</i>	вул. Саксаганського	45,8
	контр. – норм. екотоп	68,4

В усіх дослідних видів спостерігали зміни флуоресценції. Найбільшу інтенсивність флуоресценції спостерігали у листках *Tilia begoniifolia* (вул. Саксаганського), *Tilia cordata* (вул. Ковпака), у яких рівень дехромації був у межах 50–90% від площі листка. Оскільки кількість пігментів у вуличних екотопах менша, високий вихід флуоресценції хлорофілу F_{\max}^{680} можна пояснити тільки блокуванням реакційних центрів. Отже, депресія функцій пігментного комплексу явно виражена. Найбільша кількість неактивних молекул хлорофілів, які не задіяні у процес передачі енергії на реакційні центри, була зазначена авторами у *Tilia cordata* з найвищим ступенем некрозу листових тканин (вул. Ковпака) [13, 14]. Збільшення цих показників пропорційне інтенсивності флуоресценції F_{\max}^{680} .

Таким чином переконуємося, що не потрібно з'ясовувати вміст пігментів для того, щоби пояснити «проблеми» у функціональності пігментного комплексу в рослин. Також не потрібно чекати появи некрозів на листках від дії токсичних забруднень, щоби впевнитися у вагомому техногенному тиску на функціональний стан асиміляційного апарату деревних порід, що ростуть у «ризикованих» умовах.

Висновок. Викиди автотранспорту разом з викидами залізниці, яка проходить паралельно шосе лише на кількасот метрів далі від контрольної точки спостереження, сукупно доволі виразно впливають на функціональний стан рослин і властивості ґрунту у ландшафтних екосистемах. Отже, дорожня мережа й інтенсивність руху транспорту у гірській частині Львівщини мають істотний вплив на природне довкілля загалом. Тому, при виборі розміщення сіножатей, пасовищ, присадибних городніх культур, садів тощо слід враховувати вірогідність потрапляння викидів транспорту, зокрема важких металів у харчові мережі екосистем.

Під час планування будівництва житла, відпочинкових комплексів також потрібно брати до уваги, що навіть у відносно чистому довкіллі Карпат можна очікувати негативного впливу транспортних комунікацій на чистоту довкілля, а значить і на здоров'я людини.

Список літератури

1. Акумуляція важких металів рослинами на примігстральних ділянках автошляхів на Закарпатті : збірка тез 3-ї Всеукраїнської наук.-практ. конференції студентів, аспірантів та молодих вчених [“Екологія. Людина. Суспільство.”] – Київ, 2000. – С. 18–19.
2. Волощинська С. С. Важкі метали в ґрунтах урбоєкосистеми м. Ковеля / С. С. Волощинська // Науковий вісник Чернівецького університету. Біологія (Біологічні системи). – 2012. Т.4, Вип.2. – С. 145–148.
3. Гнатів П. С. Оцінка впливу газотранспортних викидів на стан дерев за допомогою фотоіндукованої флуоресценції / П. С. Гнатів, М. Г. Мазепа, Д. В. Артемовська, В. М. Борис // Науковий вісник. Вип. 9. – Львів: УкрДЛТУ, 1998. – С. 115–121.
4. Карапетян Н. В. Переменная флуоресценция хлорофилла как показатель физиологического состояния растений / Н. В. Карапетян, Н. Г. Бухов // Физиология растений. – 1986. – Т. 33, вып. 5. – С. 1013–1025.
5. Оцінка рівня забруднення м. Львова важкими металами із застосуванням моху *Leskea polycarpa* Hedw. : Матеріали міжн. наук. конф. ["Промислова ботаніка: стан та перспективи розвитку"], Донецьк: ТОВ "Лебідь", 2003. – С. 69–71.
6. Корнеев Д. Ю. Информационные возможности метода индукции флуоресценции хлорофилла. – К.: “Альтерпрес”, 2002. – 188 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.oocities.org/photosynthesis_kiev/Kornueyev_book.pdf
7. Коршиков И. И. Адаптация растений к условиям техногенно загрязненной среды / И. И. Коршиков. – К.: Наук. думка, 1996. – 238 с.
8. Криницький Г. Т. Морфофізіологічні основи селекції деревених рослин : автореф. дис... д-ра біол. наук : спец. 06.03.01, 03.00.12 / Г. Т. Криницький. – К.: УДАУ, 1993. – 50 с.

9. Оптоелектронний метод тестування фотосинтетичного апарату в урбогенних умовах : тези доп. 44-ої наук.-техн. конф. ЛЛТІ. – Львів: ЛЛТІ, 1992. – С. 42–43.

10. Лысенко В. С. Флуоресценция хлорофилла растений как показатель экологического стресса: теоретические основы применения метода / В. С. Лысенко и др. // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 4 (часть 1). – С. 112–120. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : www.rae.ru/fs/?section

11. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. – М.: ЦИНАО, 1992. – 61 с.

12. Михайлова Т. А. Показатели состояния пигментного комплекса сосны обыкновенной, угнетенной аэровыбросами / Т. А. Михайлова и др. // Сиб. эклог. журн. – 2000. – Т. VII. – № 6. – С. 693–697.

13. Олексійченко Н. О. Індукція флуоресценції хлорофілу листя липи серцелистої у вуличних насадженнях Києва / Н. О. Олексійченко, О. І. Китаєв, А. М. Лесюк // Наук. пр. ЛАН України : зб. наук. праць. Львів : РВВ НЛТУ України. – 2009. – Вип. 7. – С. 95–97.

14. Совакова М. О. Оцінка функціонального стану листкового апарату видів роду *Tilia* L. за допомогою фотоіндукованих змін флуоресценції хлорофілу / М. О. Совакова // Міжнар. наук.-прак. конф. [«Ліс, довкілля, технології: наука та інновації»], 29 берез. 2012 р. : тези доп. – К., 2012. – С. 237–238.

15. Статистичний щорічник Львівської області за 2012 рік. Ч. II. – Львів: ГУСуЛО, 2013. – 271 с.

16. Степанчук О. В. Оптимізація транспортних потоків у підрайонах міста / О. В. Степанчук, Є. О. Рейцен // Містобудування та терит. планув. – 2003. – № 15. – С. 211–225.

17. Фотосинтез и биопродуктивность: методы определения [под ред. А. Т. Мокроусова] – М.: ПО "Агропромиздат", 1989. – 460 с.

18. Євсєєва М. В. Екологічна безпека ґрунтів придорожньої зони за вмістом сполук свинцю [Електронний ресурс] / [Євсєєва М. В.,

Звуздецька Н. С., Панченко Т. І.] // Збірник наукових статей “ІІІ-го Всеукраїнського з’їзду екологів з міжнародною участю”. – Вінниця, 2011. – Том.2. – С.622–624. – Режим доступу: <http://eco.com.ua/>

19. Barber J., Andersson B. Too Much of a Good Thing: Light Can Be Bad for Photosynthesis // Trends Biochem. Sci. – 1992. – 17. – P. 61–66.

20. Hallik L. Photosynthetic acclimation to light in woody and herbaceous species : a comparison of leaf structure, pigment content and chlorophyll fluorescence characteristics measured in the field / L. Hallik, U. Niinemets, O. Kull / Plant biology. – 2012. – Vol. 14. – P. 88–99.

21. Henriques F. S. Leaf Chlorophyll Fluorescence: Background and Fundamentals for Plant Biologists // Bot. Rev. – 2009. – Vol. 75. – P. 249–270. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://link.springer.com/article/>

22. Joshi M., Mohanty P. Chlorophyll a Fluorescence as a Probe of Heavy Metal Ion Toxicity in Plants – In: Chlorophyll fluorescence: a signature of photosynthesis / ed. by Papageorgiou GC, Govindjee. – Springer. – The Netherlands, Dordrecht, 2004. – P. 447–461. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://link.springer.com/chapter/10.1007/>

23. Nobel P. S. Physicochemical and Environmental Plant Physiology (Fourth Edition). – Academic Press. – New. York, 2009. – P. 319–340. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.google.com.ua/books?hl>

24. Youvan D. C., Marrs B. L. Molecular Mechanism of Photosynthesis // Sci. Amer. – 1987. – 256(6). – P. 42–48.

Представлены материалы исследования возможной угрозы чистоте окружающей среды горной части Львовской области со стороны влияния шоссе «Киев-Чоп». Использован метод дендрофизиологической индикации состояния растений, по которому исследованы показатели фотооптические активности листьев – флуоресценции пигментного комплекса древесных пород. Дендроиндикационный анализ реагирования автотрофов на загрязнение воздуха и почвы придорожных экосистем показал изменение качества окружающей среды. Видоспецифические функциональные реакции древесных пород по фотооптическим свойствам пигментного комплекса показали различную их устойчивость к

загрязнению. Предложенный метод индукции флуоресценции позволяет заблаговременно убедиться в невидимом и неожиданно весомом «техногенном давлении» на функциональное состояние ассимиляционного аппарата древесных пород, растущих в условиях придорожной полосы. Выхлопы автотранспорта вдоль шоссе «Киев-Чоп» вместе с загрязнениями железной дороги, совокупно активно влияют на функциональное состояние автотрофных компонентов ландшафтных экосистем, на загрязнение почв тяжелыми металлами, а, соответственно, и природной среды в целом. Рекомендовано учитывать возможность размещения сенокосов, пастбищ, приусадебных огородных культур, садов и т.п. с учетом вероятности попадания выбросов транспорта в пищевые сети экосистем. Планирование строительства жилья, комплексов отдыха в относительно чистой окружающей среде Карпат следует вести так, чтобы избежать негативного воздействия транспортных коммуникаций на здоровье человека.

Ключевые слова: природная среда, древесные растения, флуоресценция, пигментный комплекс, тяжелые металлы.

The study results of potential threats for the cleanness of environment in Skole district (mountainous part of Lviv region) caused by the highway "Kyiv-Chop" are presented. The method of dendrophysiological indication of the plant is used in the study, which has investigated the indicators of photo optical activity of leaf – fluorescent pigment complex tree species that grow in the monitoring objects. Dendroindicational analysis has showed a change in environmental quality as a result of autotrophs response to air pollution and roadside soil of ecosystems. Specific for certain species functional response has shown a different resistance to contamination of tree species in terms of photooptical properties of pigment complex. The proposed method allows making an early ascertain for induction of fluorescence in the unseen and unexpected weighty technogenic pressure on the functional state of the assimilation system of tree species that are growing in stressful conditions. The emissions from vehicles along the highway "Kyiv-Chop" in addition to emissions from railway, are actively influencing the functional state of autotrophic component of landscape ecosystems, the purity of soils, respectively, and the environment in general. It is recommended to consider placing hayfields, pastures, gardens vegetable crops, orchards, etc., taking into account the probability of getting transport emissions in food webs of ecosystems. Planning for housing, recreational facilities in a relatively clean environment Carpathians should lead the way in order to avoid the negative impact of transport communications on human health.

Key words: natural environment, timber plants, fluorescence, pigment complex, heavy metals.