

УДК 630:504.5

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.143.2.36>

ОЦІНКА ТЕХНОГЕННОГО ВПЛИВУ НА СТАН НАСАДЖЕНЬ ЛІСОПАРКОВОЇ ЗОНИ М. ВІННИЦЯ

Матусяк М.В. – к.с.-г.н., доцент,
завідувач кафедри лісового та садово-паркового господарства,
Вінницький національний аграрний університет
orcid.org/0000-0001-8099-7290

Бондар А.О. – д.с.-г.н., професор,
академік,
Лісівнича академія наук України
orcid.org/0009-0007-0063-7713

Панкова С.О. – д.філос. з агрономії,
асистент кафедри лісового та садово-паркового господарства,
Вінницький національний аграрний університет
orcid.org/0000-0002-5975-5251

Дослідження присвячено оцінці впливу техногенного навантаження на лісопаркові насадження міста Вінниці, зокрема в зоні прилягання до інтенсивно завантажених автомагістралей. Основним джерелом забруднення визначено автотранспорт, який є причиною надходження в екосистему важких металів (свинець, кадмій, мідь) та оксидів сірки.

Оцінка стану дерев проводилася за міжнародною методикою ICP-Forests з використанням таксаційних показників (діаметр, висота, протяжність крони), а також візуальних критеріїв (дефоліація, дехромація, клас Крафта). Додатково досліджувався вміст важких металів у хвої сосни та ялини за допомогою лабораторного аналізу.

Результати показали, що найбільш пошкодженими є хвойні породи (сосна звичайна та ялина європейська), які мають IV клас Крафта, високу дефоліацію (26-60%) та дехромацію через токсичний вплив вихлопних газів. Листяні дерева (дуб, граб, липа) виявилися стійкішими, з переважанням 1-2 ступеня пошкодження. Аналіз вмісту важких металів у хвої показав наявність свинцю (0,745-0,865 мг/кг), кадмію (0,276-0,567 мг/кг) та міді (8,6-11,2 мг/кг), що не перевищує загальні ГДК, але може призводити до хронічного ослаблення дерев. Встановлено прямий зв'язок між відстанню до автомобільної магістралі та ступенем пошкодження дерев. Найбільш критичний вплив спостерігається на відстані до 50-100 метрів від джерела забруднення.

Таксаційні показники (діаметр, висота, щільність крони) вказують на загальне ослаблення деревостанів, особливо хвойних порід, які мають нижчі показники розвитку порівняно з листяними.

Результати дослідження підтверджують критичний вплив автотранспортного забруднення на стан лісопаркових насаджень. Отримані дані можуть слугувати основою для розробки стратегій моніторингу та захисту міських зелених зон. Особливу увагу варто приділити хвойним насадженням, які потребують додаткових заходів захисту в умовах підвищеного техногенного навантаження.

Ключові слова: лісопаркові насадження, техногенне забруднення, важкі метали, дефоліація, дехромація, автотранспортний вплив, моніторинг ICP-Forests.

Matusiak M.V., Bondar A.O., Pankova S.O. Assessment of the anthropogenic impact on the state of the forest park zone in Vinnitsia

The study assesses the impact of anthropogenic load on the forest park plantations of Vinnitsia city, in particular in the area adjacent to intensively used highways. The main source of pollution was identified as motor vehicles, which are the cause of heavy metals (lead, cadmium, copper) and sulfur oxides entering the ecosystem.

The condition of the trees was assessed according to the international ICP-Forests methodology using taxonomic indicators (diameter, height, crown length) and visual criteria (defoliation, dechromation, Kraft class). Additionally, the content of heavy metals in pine and spruce needles was studied using laboratory analysis.

The results showed that conifers (Scots pine and European spruce) are the most damaged, with Kraft class IV, high defoliation (26-60%) and dechromation due to the toxic effects of exhaust gases. Deciduous trees (oak, hornbeam, linden) proved to be more resistant, with a predominance of 1-2 degrees of damage. The analysis of heavy metals in the needles showed the presence of lead (0.745-0.865 mg/kg), cadmium (0.276-0.567 mg/kg) and copper (8.6-11.2 mg/kg), which does not exceed the general MPCs, but can lead to chronic weakening of trees. A direct relationship between the distance to the highway and the degree of tree damage was established. The most critical impact is observed at a distance of 50-100 meters from the source of pollution.

Taxation indicators (diameter, height, crown density) indicate a general weakening of stands, especially coniferous species, which have lower development rates compared to deciduous species.

The results of the study confirm the critical impact of vehicle pollution on the condition of forest park plantations. The data obtained can serve as a scientific basis for developing strategies for monitoring and protecting urban green spaces. Particular attention should be paid to coniferous plantations, which require additional protection measures in the face of increased anthropogenic pressure.

Key words: forest park plantations, anthropogenic pollution, heavy metals, defoliation, dechromation, motor vehicle impact, ICP-Forests monitoring.

Актуальність теми дослідження. Враховуючи важливість підтримання здорового стану та динамічності системи лісових насаджень, особливої уваги набуває розвиток та удосконалення низки різноманітних заходів для подібних насаджень з порушеною стійкістю. Особливо це питання є актуальним для насаджень лісового типу прилеглих або тих, що знаходяться на урбанізованих територіях.

Постановка проблеми. Основним об'єктом нашого дослідження стали насадження, розташовані в лісопарковій зоні міста Вінниці. Варто підкреслити, що ця територія прилягає до однієї з найбільш завантажених автомагістралей міста. Відповідно, головним джерелом техногенного навантаження є автотранспорт, який інтенсивно рухається цією ділянкою. Це спричиняє низку проблем із санітарним станом насаджень, пов'язаних передусім із викидами забруднюючих речовин із двигунів внутрішнього згоряння [1, с. 166].

З огляду на необхідність збереження життєздатності та сталого функціонування лісових екосистем, особливе значення набуває впровадження ефективних заходів для відновлення та підтримки таких насаджень, що зазнають впливу техногенних чинників. Це питання є особливо актуальним для лісових територій, розташованих у межах або поблизу урбанізованих зон.

Методика досліджень. Нами було проведено закладання ділянок моніторингу в різноманітних лісових насадженнях, таких як дубові, соснові, грабові, ялинові. Площа кожної ділянки (пробної площі) визначалася за наявності 50 дерев головної (переважної) породи. Кожне дерево нумерувалося з метою проведення тривалого спостереження за його станом. Для обліку стану дерев визначалися різні візуальні показники, включаючи діаметр (в сантиметрах), висоту (для окремих дерев, у метрах), протяжність крони (у відсотках), клас Крафта (розвиненість дерева), дефоліацію (у відсотках), дехромацію (у відсотках) та рівень пошкодження шкідниками та бактеріальними хворобами [4, с. 23].

Оцінка рівня стану лісових насаджень за рівнем дехромації та дефоліації проводився згідно загальноприйнятої шкали, представлені в таблиці 1.

Таблиця 1

Методика оцінки стану лісових насаджень за рівнем ураження

Ступінь пошкодження	Характеристика стану	Рівень дефоліації та дехромації, %
1	не пошкоджені	0-10
2	умовно пошкоджені	11-25
3	середньо пошкоджені	26-60
4	сильно пошкоджені	61-99

Результати досліджень. Лісопарк розташований на північно-західній околиці міста Вінниці й охоплює площу 6,8 га. До його складу входять два лісові масиви – П'ятничанський ліс і власне Лісопарк – які зберегли переважно природну структуру. Насадження представлені хвойними та листяними породами дерев. Між масивами пролягають шосейна дорога та озеро Гуральня [7, с. 5.3].

У межах дослідження було проведено обстеження лісових ділянок, у складі яких домінують такі деревні види, як сосна, ялина, дуб, граб і липа. У зазначених насадженнях були закладені пункти моніторингу, кожен з яких охоплював близько 50 дерев переважаючої породи. Оцінювання стану деревостанів здійснювалося відповідно до міжнародного моніторингу ICP-Forests. Отримані результати наведено в таблиці 2.

Таблиця 2

Відомість отриманих даних моніторингу у насадженнях лісопаркової зони м. Вінниці

Порода	Діаметр, см	Протяжність крони, %	Клас Крафта	Щільність крон, %
Сосна звичайна	36	26	III	43,5
Дуб звичайний	44	48	II	75
Граб звичайний	24	54	II	78,5
Липа широколиста	28	37	II	75,2
Ялина звичайна	32	28	IV	56,6

Згідно отриманих результатів досліджень у табл. 1 встановлено, що всі деревні види мають оптимальні таксаційні показники відповідно до групи віку, більшість досліджених видів відносяться до II класу Крафта і лише насадження хвойних до III та IV класів відповідно, що вказує про негативний вплив техногенного навантаження саме на хвойні деревостани.

У цьому контексті актуальним завданням стало вивчення впливу техногенних факторів урбанізованої території міста Вінниці на стан лісопаркових насаджень. Попри відсутність великомасштабних промислових підприємств, на території міста функціонує низка малих виробництв, таких як пекарні, хлібозавод, молокозавод, кондитерська фабрика, а також теплоелектроцентрально. Ці об'єкти господарювання є джерелами викидів значної кількості забруднюючих речовин в атмосферу. Найбільш шкідливими для лісових екосистем є оксиди сірки й фосфору, а також важкі метали [6, с. 124].

Проте основним чинником антропогенного навантаження на лісонасадження залишається автомобільний транспорт, обсяг якого у місті протягом останнього року помітно зріс. Для більш повного уявлення про інтенсивність транспортного впливу було проведено обстеження руху транспорту на ключових автомагістралях, що межують із лісопарковою зоною. Зокрема, моніторинг здійснювався на вулицях Хмельницьке шосе та Максимовича – найзавантаженіших ділянках, що безпосередньо прилягають до лісових насаджень. У межах дослідження було здійснено облік транспортних засобів різних категорій, які проїжджали впродовж однієї години. Отримані дані відображено на рисунку 1.

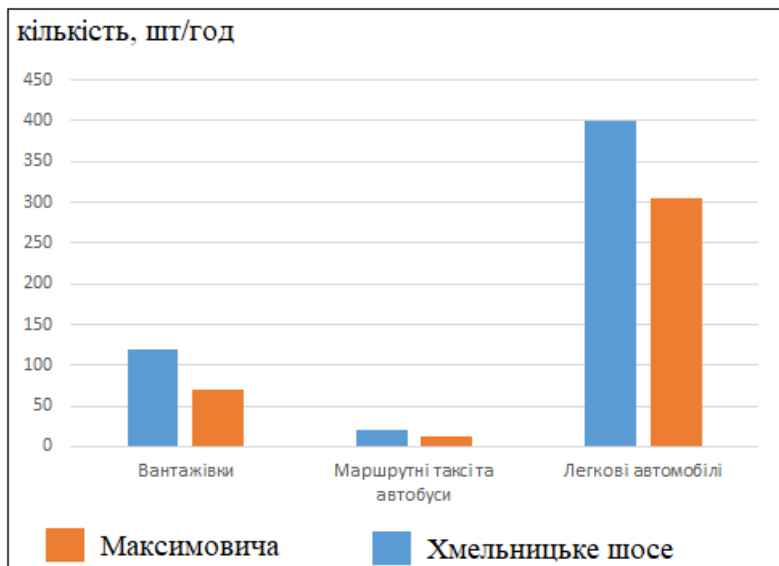


Рис. 1. Завантаженість основних автошляхів біля лісопаркової зони м. Вінниці

Отже, можна зробити висновок, що основне техногенне навантаження на лісопаркові насадження досліджуваної території зумовлене впливом автомобільного транспорту. Як уже зазначалося, найбільшу загрозу для деревної рослинності становлять важкі метали та оксиди сірки, що призводять до ушкодження асиміляційного апарату рослин. Найчутливішими до впливу цих забруднюючих речовин виявилися хвойні породи, зокрема ялина європейська та сосна звичайна [2, с. 213].

У зв'язку з цим було проведено дослідження з метою виявлення характерних ознак пошкоджень у деревостанах лісопаркової зони м. Вінниці. За результатами спостережень встановлено, що найбільший негативний вплив викидів автотранспорту припадає саме на ялину звичайну та сосну звичайну, що підтверджує попередні припущення. Під час обстеження було зафіксовано зміну пігментації хвої як індикатор токсичного навантаження. Ступінь ураженості дерев різного виду внаслідок дії вихлопних газів представлено на рисунку 2.

Таким чином, ми можемо зробити висновок, що найбільшого пошкодження від дії вихлопних газів зазнають саме хвойні деревостани лісопаркової зони міста. Особливо це спостерігається у тих представників, які зростають поближче до автомагістралі.



Рис. 2. Рівень пошкодження деревостанів викидами автотранспорту

Визначення нами стану насаджень лісопаркової зони міста Вінниці за показниками дефоліації та дехромації зображено на рис. 3.

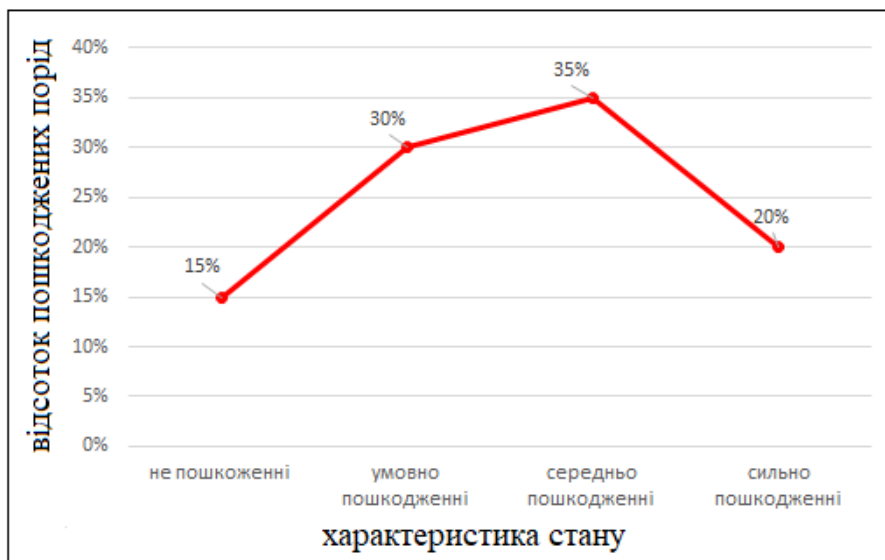


Рис. 3. Характеристика стану насаджень лісопаркової зони м. Вінниці за рівнем дефоліації та дехромації

Згідно проведених досліджень було встановлено, що серед деревостанів лісопаркової зони рівень здорових екземплярів складає лише 15%. До цих порід

належать дуб звичайний та граб звичайний. Умовно пошкодженні представники склали 30% від усіх досліджених деревостанів. Сюди також відносяться дуб і граб, а також липа серцелиста. Найбільш пошкодженими виявилися деревостани сосни та ялини, ступінь пошкодження яких становив майже 35%.

У зв'язку з цим було проведено дослідження вмісту важких металів у складових лісових екосистем. У першу чергу проаналізовано вміст важких металів у хвої сосни та ялини. З метою оцінки рівня накопичення важких металів у лісостанах лісопаркової зони м. Вінниці було відібрано зразки хвої зазначених порід для лабораторного аналізу. Дані щодо концентрації важких металів подано у таблиці 3.

Таблиця 3

**Вміст важких металів у хвої ялини звичайної та сосни звичайної,
які зростають в лісопарковій зоні Вінниці, мг/кг**

№ п/п	Назва показника	ГДК	Фактичне значення в хвої ялини європейської	Фактичне значення в хвої сосни звичайної
1	Свинець (Pb)	5,0	0,865	0,745
2	Кадмій (Cd)	0,3	0,276	0,567
3	Мідь (Cu)	30,0	8,6	11,2

Згідно з таблицею 3, у хвої сосни та ялини виявлено наступні концентрації свинцю, кадмію та міді: для сосни – 0,745, 0,567, 11,2 мг/кг відповідно; для ялини – 0,865, 0,276, 8,6 мг/кг відповідно. Оцінка за гранично допустимими концентраціями (ГДК) показує відсутність значного накопичення цих елементів у хвої дерев. Однак наведені значення концентрацій застосовуються для всіх рослин загалом. ГДК для важких металів у хвої сосни та ялини ще не встановлені, тому навіть невеликі концентрації можуть вплинути на стан лісових насаджень.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Техногенний вплив на лісопаркові насадження зумовлений переважно автотранспортом, який є основним джерелом викидів важких металів (свинець, кадмій, мідь) та оксидів сірки. Найбільш уразливими виявилися хвойні породи (сосна звичайна та ялина європейська), що підтверджується їхнім поганим станом (IV клас Крафта, висока дефоліація та дехромація). Стан дерев у лісопарковій зоні Вінниці неоднорідний: найстійкішими є листяні породи (дуб, граб, липа), які мають менше пошкоджень (переважно 1-2 ступінь). Хвойні насадження (особливо поблизу магістралей) демонструють сильні пошкодження (3-4 ступінь) через чутливість хвої до забруднень. Концентрації важких металів у хвої не перевищують ГДК для рослин загалом, але їх накопичення може призводити до хронічного токсичного впливу, що погіршуватиме стан насаджень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Матусяк М. В. Фітоіндикація екологічних факторів основних типів лісових екосистем в умовах Поділля. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2015. Вип. 26 (6). С. 165-170.
2. Матусяк М.В. Особливості проведення ландшафтних рубок у лісопарковій зоні м. Вінниці. *Сільське господарство і лісівництво*. 2016. № 3. С. 209-216.
3. Матусяк М.В. Оцінка видового біорізноманіття та сучасного стану деревних асоціацій парку ім. Горького м. Вінниці. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2016. Вип. № 1. С. 94-98.

4. Методичні рекомендації з ведення моніторингу в лісів України І рівня. Харків, 2001. 26 с.
5. Нейко І.С., Мудрак Г.В., Нейко О.В., Дідур І.М., Матусяк М.В., Козак Ю.В. Лісові генетичні ресурси у контексті збереження біорізноманіття Вінниччини. Вінниця: ТВОРИ, 2022. 500 с.
6. Плєскач Л.Я. Фітотоксичність техногенно забруднених ґрунтів дендропарку «Олександрія» НАН України. *Інтродукція рослин*. 2002. С. 122-128.
7. Прокопчук В.М., Матусяк М. В. Ступінь рекреаційного навантаження та антропогенна толерантність лісових екосистем лісопаркової зони м. Вінниці. *Траєкторія науки*. 2016. Т. № 2. С. 5,1-5,6.
8. Телекало Н.В., Матусяк М.В., Прокопчук В.М. Лісівничо-екологічні особливості лісовідновлення та лісорозведення в умовах Поділля: монографія. Вінниця: ВНАУ, 2021. 185 с.
9. Pavlo Bosak, Nelya Lukyanchuk, Volodymyr Pinder, Igor Shukel, Vasyl Popovych. Performance analysis of protective functions of forest plantations of the Lviv railway line. *Ecological Questions*. 34. 2023. P. 71-82.
10. Savosko, V. M., Lykholat, Y. V. & Bielyk, Y. V. Foresting of Technogenic Devastated Lands as an Effective Factor for Environmental Safety at the Mining & Metallurgical District. In Y. V., Lykholat (ed.). *Effects of Pollution and Climate Change on the Ecosystem Components*. Praha, Oktan Print. 2021. P. 6-39.