

МОН УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
(УНУС)

Факультет плодоовочівництва, екології та захисту рослин
Кафедра екології та безпеки життєдіяльності

Допущено до захисту
«___» _____ 2024 року
Зав. кафедри, к. с.-г., доцент
_____ Ольга ВАСИЛЕНКО

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ступеня вищої освіти магістр

ЖИТТЄВІСТЬ ТА ЕКОЛОГІЧНА РОЛЬ ЯЛІВЦІВ У ПОКРАЩЕННІ
СТАНУ ДОВКІЛЛЯ УРБОЕКОСИСТЕМ

Виконала: студентка 2 курсу, групи 21м-ек
спеціальності 101 Екологія
ЗІНЮК Анжеліка Олександрівна
Керівник: ВАСИЛЕНКО Ольга,
к. с.-г. н., доцент

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ОЦІНКИ РОЛІ ЯЛІВЦІВ В МІСЬКОМУ ОЗЕЛЕНЕННІ (огляд літератури).....	5
1.1. Еколого-меліоративна функція озеленення в містах.....	5
1.2. Хвойні в озелененні населених місць.....	6
1.3. Систематика, біологія та екологія кущових ялівців.....	7
1.4. Види і культивари кущових ялівців.....	9
РОЗДІЛ 2. УМОВИ, ОБ'ЄКТ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ..	11
2.1. Умови місцевості розміщення об'єкта дослідження.....	11
2.2. Об'єкт дослідження.....	13
2.3. Методика проведення досліджень.....	15
2.5. Охорона праці	20
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	23
3.1. Діагностика життєвості кущових ялівців в межах урбоекосистеми м. Гайсин.....	24
3.2. Екологічна роль ялівців у покращенні стану довкілля урбоекосистем.....	28
РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА	32
ВИСНОВКИ.....	35
ПРОПОЗИЦІЇ.....	36
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	37
ДОДАТКИ.....	40

ВСТУП

Актуальність теми. До елементів оздоровлення урбогенного середовища належить озеленення мертвої підстилаючої поверхні відкритих просторів міст. З урахуванням цілорічної декоративності і санувальної активності хвойних рослин їхня участь в озелененні має бути значно розширеною. Особливо це стосується кущових видів ялівців, своєрідність ауекологічного пристосування та санітарно-гігієнічна роль яких (газопоглиняльна, пиле- та газофільтрувальна, фітонцидна, шумопоглиняльна) практично не досліджена [1].

Проте екобіологічні особливості розвитку кущових ялівців дослідники аналізували переважно в умовах ботанічних садів, дендраріїв, парків. Лише окремі наукові праці, опубліковані в Україні [2, 3] і, стосувалися росту і розвитку кущових ялівців саме в умовах міста.

У зв'язку з цим дослідження життєвості кущових ялівців в урбогенних умовах міста Гайсин Вінницької області з його високим рівнем ксерофітності та забруднення довкілля є актуальною справою, спрямованою на наукове обґрунтування їхньої інтродукції у міське озеленення та підвищення ефективності рослин в оздоровленні міського середовища.

Мета роботи. Мета роботи – з'ясувати ауекологічну життєвість кущових ялівців та обґрунтувати їх ефективне використання для покращення стану довкілля міста Гайсин Вінницької області. Для досягнення цієї мети поставлено такі **завдання**:

- оцінювання динаміки імпедансу рослин ялівцю залежно від еколого-фітоценотичного поясу;
- оцінювання динаміки поляризаційної ємності рослин ялівцю залежно від еколого-фітоценотичного поясу;
- вивчення пилефільтрувальної ефективності кущових ялівців;
- оцінювання рівня шумопоглинання досліджуваних кущових ялівців.

Наукове та практичне значення одержаних результатів. Результати дослідження дозволяють значно розширити знання про екологічну роль ялівців у міських екосистемах, зокрема, щодо їх здатності покращувати якість повітря,

знижувати рівень шумового забруднення, поглинати пил та шкідливі гази, а також впливати на мікроклімат урбанізованих територій. Встановлено особливості адаптації різних видів та культиварів ялівців до складних умов міського середовища, таких як висока концентрація забруднювальних речовин, перепади температури та вологості. Це дозволяє краще розуміти механізми стійкості цих рослин до стресових факторів урбанізованого середовища.

Практичне значення результатів дослідження полягає в їх можливості застосування для покращення екологічної ситуації в урбанізованих територіях. Оцінка пилепоглиналих властивостей ялівців дає змогу впровадити їх у програми озеленення для зменшення рівня забруднення атмосферного повітря в міських зонах. Результати дослідження підтверджують значну здатність ялівців знижувати рівень шуму, що є важливою перевагою для зниження шумового забруднення в густонаселених районах, особливо в зонах з високим автомобільним рухом.

Об'єктом дослідження є кущові ялівці роду *Juniperus L.*.

Апробація дипломної роботи відбувалась на Всеукраїнській студентській науковій конференції у 2024 році (Додаток А).

РОЗДІЛ 1.

ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ОЦІНКИ РОЛІ ЯЛІВЦІВ В МІСЬКОМУ ОЗЕЛЕНЕННІ (огляд літератури)

1.1. Еколого-меліоративна функція озеленення в містах

У літературних джерелах значна увага приділяється еколого-фітомеліоративній функції озеленення, оскільки міська рослинність володіє високим екологічним потенціалом. Це обумовлено тим, що в умовах міської забудови, яка, як правило характеризується високою щільністю і дефіцитом відкритих просторів, є високий рівень загазованості повітря, пилу, шуму [4]. На листяному покриві дерев і чагарників, осідає і затримується значна частка пилу, сажі, які продукують транспорт, промислові підприємства. Поверхня рослин “приймає” на себе значну кількість цих продуктів “життєдіяльності” міста [5]. Дослідженнями ряду вчених встановлено, що запиленість на території мікрорайону, із достатньою кількістю дерев і чагарників є на 40% меншою, ніж на відкритих ділянках [6, 7].

Поєднання водних поверхонь, газонів, напівзакритих та закритих просторів за участю деревно-чагарникової рослинності, сприяє формуванню горизонтальних і вертикальних повітряних потоків, які виносячи забруднюючі політанти, знижують їх концентрації та оздоровлюють простір [8]. Вагомою є роль зелених насаджень у формуванні комфортного мікроклімату відкритих просторів [9].

Міська рослинність впливає на рівень вологості ґрунту і довколишнього простору, утворюючи випаровуючу поверхню, яка у багато разів перевищує площу території, яку займають рослини [10]. Середньорічна різниця відносної вологості повітря у лісі і місті в межах 18–22% [11].

Киснезбагачувальна функція зелених насаджень полягає у наповненні атмосфери киснем, споживання якого зростає у місцях концентрації транспорту та промисловості [12].

Для здоров'я людей, їх нормальної психофізіологічній діяльності велику роль відіграє іонізація кисню, яка надає йому високої біологічної активності. Високий ступінь іонізації кисню який присутній у лісах і горах є у 2-3 рази вищим ніж у містах. Важливими є також фітонцидні властивості рослинного покриву [13].

Важливе значення для оздоровлення міського середовища має фільтрувальна здатність насаджень, яка пояснюється архітектонікою крони і листя рослин. При проходженні запиленого повітря через цей природний фільтр, значна частка пилу затримується на поверхні листя, гілок і стовбура, при опадах змивається і потрапляє у каналізаційну мережу [14].

Значною проблемою великих міст є перевищення фонових шумів. Саме тому важливою є шумопоглинальна властивість зелених насаджень [15]. На зниження рівня шуму впливають ряд факторів: щільність крони, густота покриву, асортимент рослинності і розміщення відносно джерела шуму [16].

У сфері озеленення формуються декілька науково-практичних напрямків: екологізації озеленення, проектування садово-паркового об'єктів, формування фітоценотичної структури лісопарків і парків, підвищення пізнавального, естетичного та екологічного значення історичних парків, озеленення девастрованих територій, водойм та формування стійких до умов витоптування газонів, інтродукції та акліматизації рослинного матеріалу технології формування садово-паркових композицій [17].

1.2. Хвойні в озелененні населених місць

Хвойні являють собою одну із найдревніших і найчисленніших груп голонасінних рослин. Витоки їхньої історії розпочинаються ще у кам'яновугільному періоді (345–280 млн. років). Широкого поширення вони набули у юрському (201–145 млн. років) і крейдовому (145–66 млн. років) періодах мезозойської ери. Саме у цій історико-геологічній епосі виникають більшість сучасних родів, спостерігається диференціація їх видового різноманіття у двох півкулях Землі [18].

Виходячи із такого різноманітного родового та видового представництва хвойні важливим рослинним матеріалом, який використовується у міському озелененні [19].

Хвойні рослини є важливим композиційним елементом, котрий використовується у насадженнях усіх категорій функціонального призначення: у приміському лісопарковому поясі (I ЕФП), парках (II ЕФП), скверах (III ЕФП) і у вуличному озелененні (IV ЕФП). Дослідник В. В. Пушкар, проаналізувавши сучасне різноманіття хвойних у озелененні, приводить 80 видів, які рекомендує використовувати у озелененні населених місць [20].

При інтродукції хвойних у міське середовище слід враховувати специфіку урбогенних умов: дефіцит вологи, підвищена температура, значне ущільнення ґрунту, асфальтове вкриття, пилове, димове і газове забруднення, концентрування важких металів і радіонуклідів. Дані фактори, впливають на рівень життєвості хвойних, спричиняють фізіологічне ослаблення, інфікування шкідниками і хворобами [21].

У міському озелененні видове і формове різноманіття хвойних, створює можливість використання їх у озелененні в якості поодиноких посадок, у одно- і багатовидових групах, в поєднанні із іншими хвойними чи листяними видами, в поєднанні із квітниками, при створенні алей, бульварів, живоплотів, зелених стін, альпінаріїв, для озеленення порушених водною ерозією схилів.

1.3. Систематика, біологія та екологія кущових ялівців

Рід Ялівець систематично належить до класу Хвойні (Pinopsida), порядку Соснові (Pinales), котрий складається із родин: Pinaceae Lindl. – соснові, Araucariaceae Henkel & Hochs. – араукарієві, Podocarpaceae Endl. – подокарпові, Sciadopityaceae Luer. – сціадопітісові, Cephalotaxaceae Neger. – головчатотисові, Taxaceae Gray. – тисові та Cupressaceae F.W. Neger. – кипарисові [22].

Даний порядок має ряд характерних рис: відсутність у деревині смоляних ходів, хвоя лінійно-ланцетна, голчаста або ж луската, із почерговим,

супротивним або ж кільчастим розміщенням, наявність мікростробілів і шишок, насінні луски зрослі з покривними повністю або ж частково, на яких формуються від 2 до 12 насінних зачатків [23].

Родина Кипарисові (Cupressaceae F.W. Neger.), до якої належить рід Ялівець, є численною. До неї входять вічнозелені дерева і чагарники, які належать до 30 родів і 135 видів. Кипарисові зустрічаються із Юрського періоду (201,3–145,0 млн. pp. до н.е.) [24].

Рі Ялівець (*Juniperus* L.) є найчисленнішим у видовому представленні родини. Згідно даних The Plant List – енциклопедичного інтернет-проекту Королівського ботанічного саду в Кью (Великобританія) і Міссурійського ботанічного саду (США), станом на 2019 рік, виділяють 92 види, характеристики яких описані, і 6 культиварів (гібридів), які ідентифіковані, але ще не достатньо описані. Рід володіє притаманними лише йому ознаками, значною морфологічною різноманітністю, що дало можливість розділити на кілька підродів, секцій [23].

Рід Ялівець вирізняється широким різноманіттям життєвих форм:

- із прямим стовбуром високі дерева до 10-12 м заввишки (рідше 20-30 м.),
- невисокі дерева із багатьма стовбурами, схожі на високі кущі (8-10 м.),
- кущі заввишки 1,5-2 (3) м
- сланники, висота яких коливається в межах 0,1-1,0 м [24].

Важливим виявленням поліморфізму ялівців є те, що один і той самий вид, в різних частинах ареалу або ж у різних екологічних умовах, утворює різні життєві форми, що є ознакою високої пластичності і пристосування. Автори виділяють залежно від ареалу наступні біоморфні групи ялівців:

- деревовидні (Середземномор'я, Середня Азія, Північна Америка), де переважає субтропічний клімат;
- багатостовбурні дерева і високі кущі (гори Середньої Азії, Криму і Кавказу), де панує помірний клімат;

– низькорослі кущі та сланники поширені у суворих природних умовах високогірних областей, арктичних і субарктичних зонах, нижче межі лісу на кам'янистих схилах, схилах напівпустель, в умовах аридного клімату [25].

Питанням з'ясування екологічних особливостей ялівців у природних місцезростаннях присвячено чимало праць. За даними дослідників ялівці є світлолюбивими, стійкими до засухи, високих і низьких температур, зимостійкі, цілком нормально переносять наші зимові погодні умови, перебуваючи під шаром снігу. Ростуть на легких ґрунтах, коренева система проникаючи крізь які, здатна розгалужуватись на багато метрів, добуваючи воду та поживні речовини. Тому в природних умовах ростуть на засолених пісках морського узбережжя (*J. procumbens*, *J. conferta*), в пустелях (*J. chinensis*), біля боліт серед хвойних лісів Півночі (*J. communis*) [26].

1.4. Види і культивари кущових ялівців

Деревні та високі екземпляри ялівців широко використовуються у паркових насадженнях для створення поодиноких насаджень, декоративних груп.

Чагарникові та сланкі кущові ялівці, які ростуть низько і стеляться поверхнею, використовують для закріплення та покриття схилів, відкосів, при створенні альпінаріїв та скелястих гірок, декорування берегів водойм. Застосовуються в озелененні внутрішніх двориків, кільцевих перехресть міських автошляхів, парків, меморіальних місць, площ та присадибних ділянок приватного сектору [27].

В міському озелененні кущові ялівці використовуються як солітери, які виступають декоративною домінантою простору, як акценти в регулярних та пейзажних композиціях, алеї і майданчиків. Поодинокі кущові ялівці доповнюють архітектурні об'єкти, пам'ятники в міських скверах [28].

Групи за участю низькорослих кущових ялівців широко використовуються перед адміністративними спорудами. Часто

використовуються як самостійний елемент композиції для запобігання витоптування газону, укріплення ерозійних схилів [29].

Використовуються ялівці і при створенні живоплотів, хоча порівняно із туями західними та тисами, практикуються рідше. Для створення живоплотів використовують такі види і культивари: *J. virginiana* („Stricta“, „Glauca“), *J. communis* („Arnold“, „Compressa“), *J. scopulorum* („Skyrocket“, „Blue Heaven“). Для формування зелених стін мають практичну цінність високі культивари *J. communis* „Hibernica“ та *J. scopulorum* „Blue Arrow“ [30]. Використовуються кущові ялівці в створенні садів – терас, садів на дахах, які вдало компенсують нестачу простору для посадок на заасфальтованих вулицях та створюють комфортний мікроклімат. Для цих цілей використовуються *J. media* „Pfitzeriana nana“, *J. communis* („Repanda“, „Green Carpet“), *J. horizontalis* („Glauca“, „Plumosa“, „Mother Lode“), *J. procumbens* „Nana“ [31].

Кущові ялівці використовуються у озелененні поблизу громадських закладів (готелі, ресторани, кафе, банки, торгові центри). Вони ростуть як у відкритому ґрунті, так і в численних стаціонарних або переносних контейнерах.

Для цього широко використовуються види: *J. sabina* („Blue Danube“, „Variegata“), *J. chinensis* „Expansa variegata“, *J. media* („Blue and Gold“, „Gold Star“), *J. procumbens* „Nana“, *J. squamata* „Blue Star“ [32].

РОЗДІЛ 2

УМОВИ, ОБ'ЄКТ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Кліматичні та погодні умови території проведення досліджень

Гайсин – місто в Україні, адміністративний центр Гайсинського району Вінницької області. Населення: 25495 осіб. Щільність населення: 2550 осіб/км².

Гайсинський район лежить у межах Лісостепової зони. Клімат даного району помірно-континентальний, формується під впливом, головним чином, повітряних атлантичних мас. Характеризується клімат відносно м'якою зимою та теплим вологим літом.

Вегетаційний період триває 215 днів у році. Середньорічна кількість опадів коливається і досягає 590 мм.

Вітровий режим території характеризується напрямком, що залежить від взаємного розташування областей високого і низького тисків, і швидкістю, що залежить від різниці атмосферного тиску взаємодіючих областей.

На даній території зимою весною і восени переважають південно-західні вітри. Влітку активізується азорський максимум і збільшує повторюваність західних вітрів. Циклонічна діяльність особливо активно виявляється в зимовий період, при проходженні циклонів спостерігаються вітри різних напрямків.

Сильні вітри в даному районі спостерігаються в період активної циклонічної діяльності, найчастіше в холодний період року. Істотну роль у процесі посилення вітру грає рельєф місцевості та висотні відмітки.

Максимальна швидкість вітру, головним чином, складає 16-20 м/с, в окремі роки – досягає 24-28 м/с, пориви – до 30 м/с.

Температура повітря:

- середньорічна 8,9°С;
- максимальна 38° С;
- мінімальна мінус 31° С;
- при ожеледі мінус 5° С.

Середній тиск повітря – 742 мм ртутного стовпа.

Режим опадів характеризується середніми багаторічними сумами опадів по місяцях та за рік. У річному ході місячних сум опадів максимум випадає на літні місяці, мінімум – у березні. В окремі роки місячні суми опадів, у залежності від умов атмосферної циркуляції, можуть значно відхилятися від середніх багаторічних сум, перевищуючи їх у 2-3 рази.

Середня кількість опадів за рік 590 мм. Сніговий покрив на даній території з'являється у другій декаді грудня і сходить наприкінці березня. Середньорічне число днів зі сніговим покривом до 98. Висота снігового покриву (середня з найбільших декадних висот), у зв'язку з частими відлигами, невелика і складає 10-15 см; найбільша – досягає 45 – 50 см.

Невелика висота снігового покриву приводить до досить глибокого промерзання ґрунту. Середня глибина промерзання ґрунту 60-85 см, максимальна глибина промерзання – 120 см.

Грози на даній території спостерігаються з квітня по вересень, рідко бувають в інші місяці року. Виникнення гроз, головним чином, зв'язано з проходженням холодних фронтів. Тривалість гроз у середньому за рік – 40-50 годин.

Ґрунтоутворюючими материнськими породами являються леси і лесовидні суглинки товщиною від 5 до 7 м, а також алювіальні відклади на яких сформовані сучасні ґрунти. Найбільш поширеними ґрунтами в районі являються опідзолені сірі і темно-сірі лісові ґрунти, а також чорноземи опідзолені, чорноземи мало гумусні. Сірі лісові ґрунти займають схили межирич внаслідок, чого вони в значній мірі еродовані.

Більш плоскі ділянки межирич займають темно-сірі лісові ґрунти, а по низинах на менш деградованих ділянках – чорноземи наносні. За механічним складом вони глинисті або суглинисті по степеню вологості – свіжі. Рівень ґрунтових вод коливається від 2 до 5 метрів в долинах і проймах річок до 20 метрів на підвищеннях.

З Гайсина в усякі боки розходиться п'ять ключових міжрайонних автошляхів. Через Гайсин пролягають автошлях міжнародного значення Е50 М30 (Стрий-Знам'янка-Ізварине) та автошлях регіонального значення Брацлав-

Гайсин-Умань-Черкаси (завдовжки 317 км), побудований у 1961 році під проводом інженера Степана Кожум'яки. Стан її нині жахливий, щомісяця трапляються дорожньо-транспортні події. У місті Гайсині діє однойменна залізнична станція, через яку курсують приміські поїзди сполученням Гайворон-Вінниця.

2.2. Об'єкт дослідження

Об'єктом даного дослідження обрано кущові ялівці роду *Juniperus L.*, які є представниками родини кипарисових (*Cupressaceae*) і включають численні види та різновиди, що використовуються в озелененні міст, а також мають важливі екологічні функції (рис. 2.1). Вибір цього об'єкта обґрунтований кількома ключовими аспектами, які визначають їх значення для міського середовища та наукового інтересу.



Рис. 2.1. Рослина ялівцю виду *J. sabina*

Кущові ялівці є одними з найбільш стійких рослин до екстремальних умов, які характерні для міських агломерацій. Міста зазвичай мають підвищений рівень забруднення, високу щільність транспорту, значні коливання температури та вологості, що створює специфічні умови для розвитку рослин. Ялівці, завдяки своїй здатності до адаптації, витривалості до посухи, а також стійкості до різноманітних хвороб та шкідників, стають ідеальними об'єктами для дослідження життєвості та екологічної ефективності.

Крім того, ялівці мають низку важливих екологічних функцій, таких як:

- Пилепоглинання: Ялівці, завдяки своїй густій хвої та шершавим поверхням, здатні ефективно поглинати пил та інші частки забруднення з повітря. Це особливо важливо для міст з високим рівнем пилового забруднення.
- Шумопоглинання: Поширена гілляста форма кущових ялівців сприяє зменшенню рівня шуму, що є важливим аспектом покращення якості життя в урбанізованих територіях.

Juniperus L. демонструє високу стійкість до змін кліматичних умов, забруднення навколишнього середовища, а також обмеженості простору для росту кореневої системи. Це робить їх ідеальними рослинами для міського озеленення, зокрема для зелених зон в районах з високим рівнем забруднення або шкідливими факторами довкілля, такими як вугільний пил, сіль на дорогах, дим, вихлопи транспорту.

Ялівці здатні витримувати:

- Забруднення повітря: вони толерантні до газових викидів, таких як діоксид азоту та сірки, що часто зустрічаються в міських умовах.
- Нестача води: їх коренева система є глибокою, що дозволяє їм витягувати воду з більш глибоких шарів ґрунту.
- Підвищені температури: ялівці можуть витримувати високі температури, що важливо в умовах глобальних змін клімату.

Ялівці використовуються в декоративному озелененні як у паркових, так і в приватних територіях. Окрім естетичної привабливості, вони виконують важливі функції:

- Захист від ерозії: їх щільне коріння допомагає утримувати ґрунт і запобігати його ерозії на схилах.
- Інтеграція в екосистему: ялівці забезпечують місця для проживання місцевих видів фауни, таких як птахи та комахи, і сприяють збереженню біорізноманіття.

Дослідження пилепоглинання та шумопоглинання є важливою темою в екології міських територій. З точки зору пилепоглинання, кущові ялівці можуть бути порівняно ефективними завдяки своїм шершавим голкам, які здатні

затримувати пилові частки, що осідають на рослинах. Враховуючи, що пил є одним з головних забруднювачів міського повітря, дослідження здатності ялівців поглинати пил допомагає зрозуміти, які види рослин можуть бути найбільш ефективними в міському ландшафтному дизайні для покращення якості повітря.

Щодо шумопоглинання, ялівці з їх густим, розгалуженим і щільним кущовим покриттям можуть значно знижувати рівень шуму, що виникає від транспорту або інших джерел у міських умовах. Це важливий аспект для покращення комфортного середовища у житлових районах і зменшення стресового впливу шуму на мешканців міста.

Рід *Juniperus* включає близько 60 видів, які є різноманітними за своїми фізіологічними та морфологічними характеристиками. Це дозволяє проводити порівняльні дослідження між різними видами ялівців та вибирати найбільш ефективні для конкретних міських умов, зокрема в контексті забруднення повітря, шуму або вітрових навантажень. Оскільки ялівці представлені як деревами, так і кущами, це дозволяє вибрати рослини з різними висотними та декоративними характеристиками для створення оптимальних умов для рослинності у міських парках, скверах та на вулицях.

Отже, об'єктом дослідження обрано кущові ялівці роду *Juniperus L.*, оскільки вони мають низку важливих властивостей, які роблять їх унікальними для вивчення екологічних функцій у міських умовах, зокрема здатності до пилепоглинання та шумопоглинання. Ялівці є стійкими до міських забруднень і стресових умов, що робить їх ефективними в міському озелененні. Їх дослідження дозволяє оцінити можливості застосування цих рослин для поліпшення якості повітря та зниження рівня шумового забруднення, що є надзвичайно актуальним для сучасних урбанізованих територій.

2.3. Методика проведення досліджень

Дослідження електричних властивостей рослинних тканин, зокрема прикамбіальної тканини ялівцю (*Juniperus L.*), є важливим етапом для

розуміння фізіологічних процесів, що відбуваються в них. Одними з основних параметрів, що використовуються для вивчення електричних властивостей рослин, є електричний опір та поляризаційна ємність. Ці параметри можуть бути корисними для оцінки стану тканин, їх здатності до адаптації в умовах стресу, а також для розуміння фізико-хімічних процесів, що забезпечують життєдіяльність рослин.

Цей розділ описує методику вимірювання електричного опору прикамбіальної тканини ялівцю та визначення поляризаційної ємності, що дозволить оцінити зміни в цих параметрах залежно від умов навколишнього середовища, таких як забруднення або стресові фактори.

2. Основні принципи дослідження

1. Електричний опір тканини залежить від її водоутримуючої здатності, концентрації іонів у клітинних розчинах, а також від морфологічних і структурних характеристик клітин. Високий електричний опір свідчить про погану провідність тканини, що може бути наслідком зниження метаболічної активності або пошкодження мембран клітин.

2. Поляризаційна ємність є здатністю тканини накопичувати електричний заряд при прикладанні електричного поля. Цей параметр дозволяє оцінити іонні властивості клітинних мембран і зміну їх структури при різних фізіологічних чи стресових умовах.

Об'єктом дослідження є кущові ялівці роду *Juniperus* (наприклад, *Juniperus communis*), зокрема тканини прикамбіального шару. Для проведення досліджень обираються здорові рослини, що ростуть в однакових умовах, з однаковими параметрами (вік, розмір, вид та сорт). Зразки тканин для вимірювань беруть з прикамбіальної області стебла ялівця, яка є важливою для транспортування води та поживних речовин.

Підготовка зразків:

1. Для вимірювання електричного опору та поляризаційної ємності вибираються свіжозрізані зразки молодих пагонів ялівцю довжиною 5–7 см.

2. Зразки ретельно промиваються водою для видалення забруднень.

3. Зразки поміщають в контейнер з водою, щоб забезпечити належний рівень вологості тканини перед вимірюванням.

4. Після підготовки зразків вимірювання проводяться безпосередньо в тому ж контейнері з водою для підтримання фізіологічного стану тканини.

Обладнання для вимірювань:

1. Мультиметр або система для вимірювання електричного опору (електричний вимірювальний прилад) – для вимірювання електричного опору прикамбіальної тканини ялівцю.

2. Поляризаційний вимірювач ємності – для вимірювання поляризаційної ємності тканини. Це може бути прилад, який забезпечує прикладання змінного або постійного електричного поля для вивчення іонної активності.

3. Електроди – використовуються спеціальні електроди для вимірювання електричних властивостей рослинних тканин. Для вимірювання вологого стану тканини можуть бути застосовані плоскі електроди або інші типи контактних пристроїв.

6. Методика вимірювання електричного опору

1. Підготовка електродів: Для вимірювання електричного опору прикамбіальної тканини використовуються два електроди, які повинні бути контактено встановлені на поверхні зрізу тканини. Один електрод розташовується на верхньому краї зрізаного стебла, а другий – на нижньому.

2. Вимірювання опору:

- Після підключення електродів до вимірювального приладу, встановлюється постійна напруга (наприклад, 1 В).

- Вимірюється струм, що проходить через тканину, а на основі закону Ома ($R = U/I$) визначається електричний опір.

- Для кожного зразка проводиться кілька вимірювань (не менше трьох) для отримання середнього значення електричного опору.

3. Оцінка результатів: Отриманий результат дозволяє оцінити здатність тканини до провідності. Зниження опору може вказувати на порушення мембранної функції або зміни в структурі клітин.

Методика вимірювання поляризаційної ємності

1. Підготовка зразка: Для вимірювання поляризаційної ємності тканини, зразок також поміщається у водний розчин і контактує з двома електродами, які підключаються до вимірювального пристрою.

2. Встановлення параметрів вимірювання: Поляризаційна ємність вимірюється за допомогою змінного або постійного електричного поля. Найчастіше використовують змінний струм на частотах від 1 кГц до кількох МГц.

- Програма вимірювання визначає імпеданс тканини, зокрема ємнісну складову, на основі якої розраховують поляризаційну ємність.

3. Визначення поляризаційної ємності:

- Процес вимірювання може бути здійснений за допомогою спеціалізованих приладів, таких як аналізатор імпедансу або ємнісний аналізатор.

- Під час вимірювань спостерігається, як тканина накопичує заряд при прикладанні електричного поля. Поляризаційна ємність визначається за рівнянням ємності:

$$C=Q / V$$

де C – поляризаційна ємність, Q – кількість заряду, V – прикладена напруга.

4. Оцінка результатів: Зміни поляризаційної ємності можуть вказувати на зміни в структурі мембран, іонному складі тканини або зміну її загального фізіологічного стану. Це важливий показник для оцінки стійкості рослини до стресових факторів.

Обробка результатів:

- Обчислення середніх значень: Для кожного зразка проводяться не менше трьох вимірювань, щоб отримати середнє значення електричного опору та поляризаційної ємності.

- Порівняння з контрольними зразками: Для порівняння отриманих результатів використовуються контрольні зразки ялівцю, вирощені в умовах без

стресу, що дозволяє визначити зміни, які виникають у рослині при різних умовах навколишнього середовища (забруднення, обмеження води тощо).

Методика вимірювання електричного опору та поляризаційної ємності прикамбіальної тканини ялівцю дозволяє отримати важливу інформацію про фізіологічний стан рослин. Вивчення цих параметрів є корисним для оцінки адаптивних можливостей ялівців до змін кліматичних та екологічних умов, а також для виявлення ранніх ознак стресу або пошкодження тканин [33].

Метою дослідження також була оцінка пилефільтрувальної ефективності культиварів кущових ялівців на трьох ділянках міста, що мають різний рівень антропогенного навантаження. Для кожного культивару було вибрано по 5–10 рослин на кожній ділянці, що дозволило забезпечити репрезентативність даних. Всі рослини мають однаковий вік та однакові умови зростання, щоб зменшити можливі відмінності, не пов'язані з різницею у стані рослин. Для оцінки кількості пилу, що осідає на рослинах, використовувалися спеціальні фільтри, які поміщалися поруч з рослинами. Всі фільтри збирали пил протягом 1–2 тижнів (залежно від інтенсивності пилових викидів), після чого зважувалися. Для обчислення пилефільтрувальної ефективності культиварів ялівців виводять середнє значення для кожної ділянки. Пилефільтрувальна ефективність кожного культивару на кожній ділянці визначається як відношення маси пилу, що осів на рослині, до площі поверхні рослини або об'єму пилу, що осів на одиницю площі. Це дозволяє порівняти ефективність різних культиварів та ділянок. Результати вимірювань пилефільтрувальної здатності культиварів на різних ділянках аналізуються для виявлення кореляцій між антропогенним впливом і ефективністю пилопоглинання. Це дозволяє зробити висновки про те, які культивари є найбільш ефективними в умовах різного рівня забруднення повітря.

Рівень поглинання шуму фіксували за допомогою шумоміра. Для досліджень використовувався шумомір BENETECH GM 1352. Це специфічний моніторинговий пристрій, який призначений для вимірювання рівнів звуку. Такий цифровий шумомір може перетворювати аналоговий звуковий сигнал, який сприймається мікрофоном шумоміра, у цифровий сигнал. Таким способом

параметри шуму відображаються на екрані цифрового шумоміра. Діапазон вимірів рівня звуку складає від 30 до 130 дБА. Чуттєвість такого приладу в межах 2 секунд, а отже, показання на цифровому дисплеї можуть відображатися відразу.

2.4. Охорона праці

Обстеження ялівців у межах міста є важливим етапом екологічних досліджень, що включають оцінку їх життєвості, здатності до пиленпоглинання та шумопоглинання. Однак, як і будь-який інший вид польових досліджень, обстеження рослин в міському середовищі потребує ретельної уваги до питань охорони праці, оскільки процес може включати роботу в умовах підвищеного забруднення, наявність небезпечних об'єктів або складних погодних умов. Правильне організування безпечних умов праці дозволяє не лише забезпечити здоров'я та життя працівників, а й підвищити ефективність самого дослідження.

Цей розділ присвячений аналізу основних вимог охорони праці при обстеженні ялівців у межах міста. Особливу увагу приділено заходам безпеки під час польових робіт, використанню спеціального обладнання та інструментів, а також профілактиці травматизму і професійних захворювань, пов'язаних із умовами міського середовища.

Обстеження ялівців у міських умовах може супроводжуватися різними потенційними ризиками. Основні з них включають:

- Ризик травмування при роботі з інструментами (пилорами, лопатами, ножами для обрізки, тощо).
- Ризик травмування через падіння з висоти (обстеження верхніх частин рослин або доступ до ялівців на висоті).
- Вплив забруднення повітря (високий рівень пилу, вихлопних газів, токсичних речовин).

- Необхідність роботи в небезпечних або непридатних для роботи умовах (недостатнє освітлення, слизькі поверхні, неустатковані міські території).
- Ризик контакту з хімічними речовинами (у випадку використання гербіцидів або інших хімічних засобів для обробки рослин).
- Ризик виникнення теплових або холодових ударів при роботі в екстремальних температурних умовах.

З метою мінімізації цих ризиків необхідно передбачити відповідні заходи безпеки та організувати робочий процес так, щоб забезпечити здоров'я та безпеку працівників.

3. Загальні вимоги до організації безпечних умов праці

1. Оцінка місця проведення робіт. Перед початком досліджень необхідно провести попередній огляд місця робіт, визначити можливі небезпеки, такі як наявність великого руху транспорту, проходження електричних ліній, хімічне забруднення повітря, небезпечні для здоров'я рослини або тварини (наприклад, отруйні види флори, комахи чи гризуни).

2. Охорона здоров'я працівників. Обов'язковою вимогою є наявність медичного огляду працівників, що беруть участь в обстеженні, а також забезпечення їх засобами індивідуального захисту: респіраторами, рукавичками, спеціальним одягом (в залежності від виду робіт).

3. Підготовка робочого місця. Якщо обстеження проводиться в межах парків або інших природних зон, слід упевнитися, що територія є безпечною для робітників. Це включає перевірку на наявність таких небезпек, як:

- Обірвані електричні дроти.
- Небезпечні споруди чи конструкції.
- Наявність збудників інфекцій чи шкідливих тварин.

4. Наявність необхідного інструменту та обладнання. Працівники повинні бути забезпечені якісним та справним обладнанням для досліджень. У разі роботи з підвищеним ризиком (наприклад, висотні роботи, використання інструментів з гострими кінцями), мають бути передбачені додаткові заходи безпеки.

4. Індивідуальні засоби захисту

1. Захисний одяг:

- Відповідний одяг має забезпечити захист від механічних пошкоджень (порізів, подряпин), погодних умов (сонячне випромінювання, дощ) та забруднення (наприклад, земля, пісок).

- Спеціальні черевики або ботинки з антиковзаючою підошвою повинні запобігати травмам при роботі на слизьких або нерівних поверхнях.

2. Захист органів дихання:

- Якщо роботи проводяться в умовах високого рівня забруднення повітря (наприклад, в районах з високим рівнем пилу чи вихлопних газів), необхідно використовувати респіратори або маски для захисту дихальних шляхів.

3. Захист рук і очей:

- Для роботи з інструментами та хімічними речовинами використовуються захисні рукавички (наприклад, гумові або шкіряні рукавички для роботи з інвентарем, хімічні рукавички для роботи з гербіцидами).

- Для запобігання травмам очей необхідно використовувати захисні окуляри або щитки при роботі з механічними інструментами.

5. Спеціальні заходи безпеки під час польових робіт

1. Робота на висоті. Якщо в рамках дослідження необхідно обстежити верхні частини ялівців (наприклад, при оцінці стану рослини або вимірюванні рівня пилопоглинання на різних рівнях), робота проводиться з використанням страхувальних систем (поясів, мотузок) і під наглядом досвідченого фахівця. Обов'язковим є наявність сходів або лісів, що відповідають стандартам безпеки.

2. Контакт з хімічними речовинами. Якщо дослідження передбачає використання гербіцидів або інших хімічних засобів, працівники повинні бути інструктовані щодо техніки безпеки. Усі хімічні речовини повинні зберігатися в спеціальних контейнерах, а робота з ними проводиться в захисних рукавичках та респіраторах.

3. Робота в умовах забрудненого середовища. У разі проведення робіт в зонах з високим рівнем забруднення повітря (великі міські вулиці, промислові

зони) передбачаються перерви для відпочинку, з метою уникнення надмірного навантаження на організм. Також необхідно організувати постійний контроль за станом здоров'я працівників.

6. Дії в разі виникнення надзвичайних ситуацій.

У разі виникнення надзвичайних ситуацій (пошкодження інструменту, травмування, нещасні випадки) слід передбачити наявність аптечок першої допомоги на місці роботи та призначення відповідальних осіб за надання допомоги. Також важливо мати телефонну комунікацію для швидкого виклику медичних служб або рятувальних команд.

Отже, охорона праці є важливою складовою частиною процесу обстеження ялівців у межах міста. Виконання вимог безпеки дозволяє знизити рівень травматизму та професійних захворювань, що може негативно вплинути на ефективність досліджень. Забезпечення належного рівня безпеки під час проведення польових робіт є гарантією успішного завершення досліджень і дотримання високих стандартів екологічної безпеки [34].

РОЗДІЛ 3.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1. Діагностика життєвості кущових ялівців в межах урбоєкосистеми м. Гайсин

Для вивчення рівня життєвості рослини з повним збереженням її складної клітинно-тканинної системи використовуються електрофізіологічні методи. Для індикації стану життєвості рослин проводили визначення електричного опору прикамбіальної тканини (імпеданс) та поляризаційну ємність.

Дослідження електричного опору прикамбіальної тканини ялівцю та поляризаційної ємності можуть бути важливими з кількох причин, особливо в контексті біофізичних та екологічних досліджень:

1. Вивчення біофізичних властивостей рослин:

1.1. Електричний опір прикамбіальної тканини (імпеданс) є важливим показником для розуміння властивостей проводящих тканин рослин. Імпеданс дозволяє визначити, як електричний струм проходить через рослинну тканину, що може свідчити про стан її метаболічних і фізіологічних процесів. Наприклад, зміни в імпедансі можуть відображати зміни в іонному складі тканини, наявність пошкоджень або хвороб, а також реакцію на стресові фактори.

1.2. Поляризаційна ємність відображає здатність тканини до накопичення заряду в умовах прикладання електричного поля. Це має важливе значення для вивчення структури мембран і загальної електричної активності рослин. Зміни в поляризаційній ємності можуть бути показником змін у стані мембран, їх проникності для іонів, а також індикатором різних фізіологічних станів, таких як водний стрес або адаптація до екстремальних умов.

2. Діагностика здоров'я та розвитку рослин. Дослідження цих параметрів дозволяють оцінити здоров'я рослини на різних етапах її розвитку. Наприклад, збільшення електричного опору може свідчити про деградацію провідних тканин або порушення нормального функціонування клітин, тоді як

зміни в поляризаційній ємності можуть вказувати на проблеми з іонним балансом або мембраною клітин.

3. Вивчення адаптаційних механізмів. Електричні властивості тканин рослин можуть змінюватися в залежності від умов навколишнього середовища (температура, вологість, наявність забруднювачів тощо). Дослідження імпедансу та поляризаційної ємності можуть допомогти зрозуміти, як ялівець адаптується до різних стресових факторів, таких як посуха, засолення ґрунтів або забруднення.

Таким чином, ці дослідження є важливими для вивчення біофізичних властивостей рослин, розуміння їхнього фізіологічного стану та розвитку, а також для практичного застосування у екології.

Фізіологічний стан рослин ялівцю оцінювався у співвідношенні обох показників: у ослаблених рослин, які зростають в несприятливих умовах III і IV ЕФП, імпеданс виявився високим, а поляризаційна ємність навпаки, низькою. В рослин, котрі зростають у сприятливих умовах I-го і II-го ЕФП, імпеданс низький, а рівень поляризаційної ємності високий.

Вивчалися особливості сезонної динаміки імпедансу та поляризаційної ємності *J. sabina* „*Cupressifolia*“ та *J. media* „*Pfitzeriana compacta*“, які знаходились у різних ЕФП. Дослідні екземпляри II-го ЕФП зростали на території двох парків: парку культури і відпочинку ім. Б. Хмельницького та сквер біля вул. Південна. Екземпляри з IV-го ЕФП росли у двох місцях: *J. sabina* „*Cupressifolia*“ на перехресті вул. 1-го травня – Садова, а *J. media* „*Pfitzeriana compacta*“ у посадці на вул. Грушевського. Ділянки IV ЕФП знаходяться поруч із зоною інтенсивного руху автотранспорту.

Зведені результати сезонної динаміки імпедансу та поляризаційної ємності рослин *J. sabina* „*Cupressifolia*“ представлені на рис. 3.1 та 3.2.

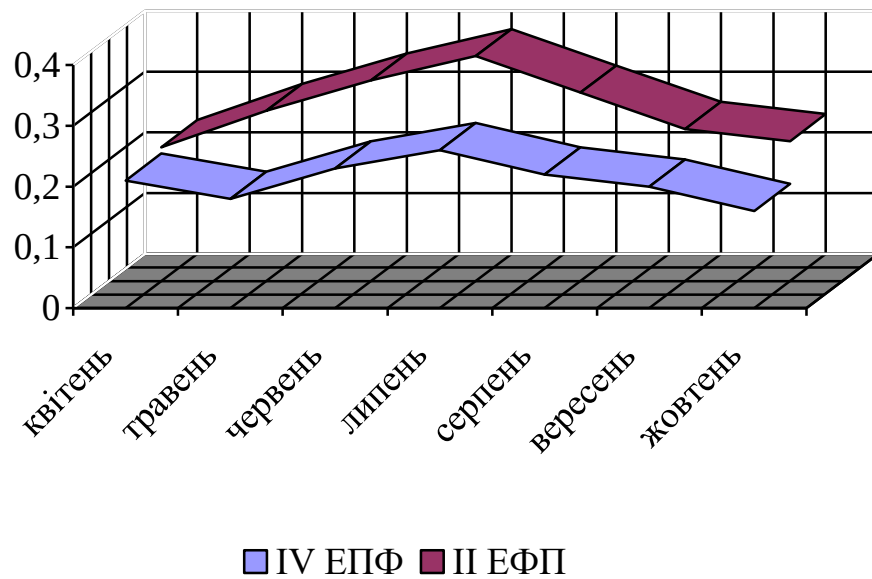


Рис. 3.1. Динаміка імпедансу *J. sabina* „*Cupressifolia*“ залежно від еколого-фітоценотичного поясу, Ом

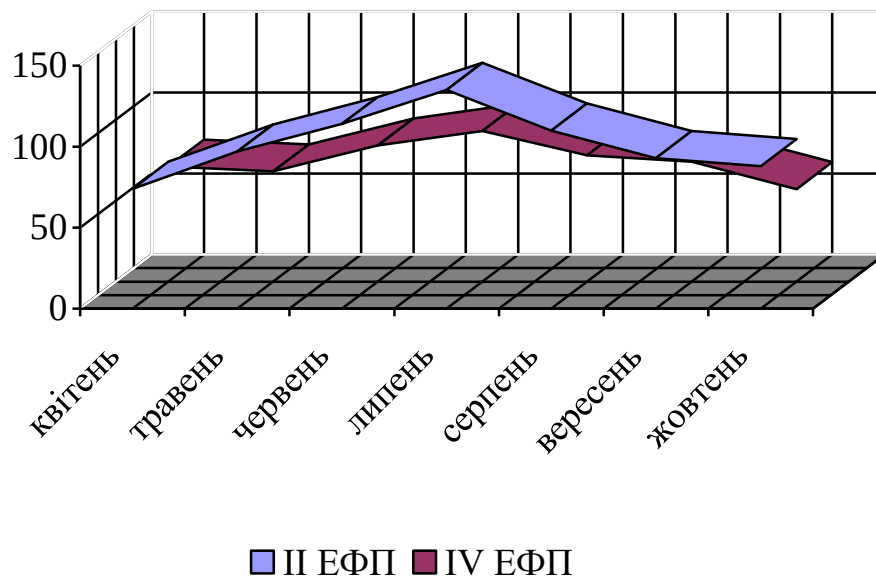


Рис. 3.2. Динаміка поляризаційної ємності *J. sabina* „*Cupressifolia*“ залежно від еколого-фітоценотичного поясу, мФ

Ослаблені культивари, які зростають у вуличних посадках (IV ЕФП), мають вищі показники імпедансу і нижчу поляризаційну ємність. У зовнішньому вигляді присутні зміни: тьмяність і сухість хвої та пагонів, менша щільність і розгалуженість намету, що є свідченням пониженої життєвості

кущових ялівців. Аналогічні результати ми отримали і про дослідженні життєвості ялівців *J. media* „Pfizeriana compacta“ (рис. 3.3, 3.4).

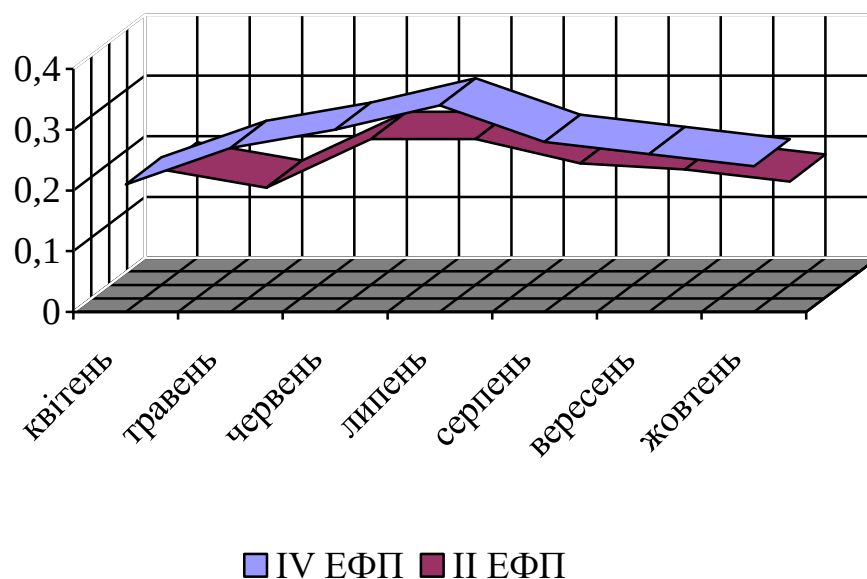


Рис. 3.3. Динаміка імпедансу *J. media* „Pfizeriana compacta“ залежно від еколого-фітоценотичного поясу, Ом

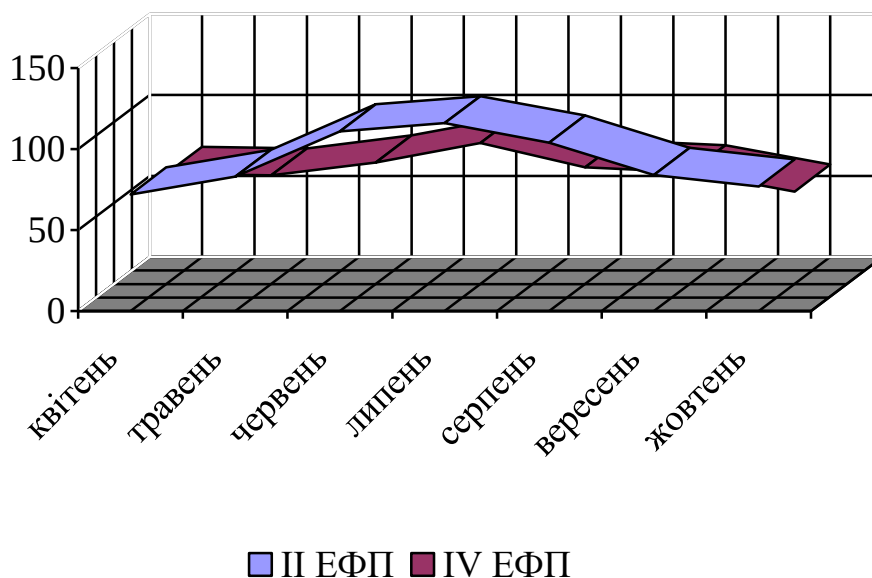


Рис. 3.4. Динаміка поляризаційної ємності *J. media* „Pfizeriana compacta“ залежно від еколого-фітоценотичного поясу, мФ

Результати досліджень життєвості ялівцю *J. media* „Pfitzeriana compacta” свідчать про те, що рослини, які ростуть в межах II-го еколого-фітоценотичного поясу мають високі показники життєвості, а також візуально мають характерне природне забарвлення хвої та мінімальну кількість сухих пагонів.

Одержані результати підтверджують закономірність: фізіологічно здорові екземпляри, які зростають у сприятливих умовах, мають низький імпеданс і високу поляризаційну ємність. Ялівці зростаючі у складних екологічних умовах мають високий імпеданс і низьку поляризаційну ємність, що віддзеркалюється на їхньому зовнішньому вигляді, та може служити фітоіндикатором стану довкілля.

3.2. Екологічна роль ялівців у покращенні стану довкілля урбоєкосистем

Повітряний басейн міста є забруднений пилом, сажею і продуктами внутрішнього згорання транспорту та викидами промисловості, які супроводжують урбанізаційні процеси. Основна маса викидів накопичується у верхніх шарах ґрунту та в рослинах. Під дією атмосферних опадів чи поливу, пил змивається і поглинається підкущовою ґрунтовою товщею, що зменшує його концентрацію у повітряному просторі у 2–3 рази.

У серпні–вересні 2024 року нами проведені дослідження пилефільтрувальної ефективності культиварів кущових ялівців, які зростали на трьох ділянках міста, в зоні різного антропогенного впливу. Дослідні ділянки були розташовані на різних віддальх від міських доріг, вулиць, які є осередками накопичення пилу та сажі.

Перша точка знаходилась в зоні максимального транспортного руху на вул. 1-го травня (IV–й ЕФП) за 5 м від полотна дороги. Друга – в зоні помірного впливу на вул. Перемоги (III–й ЕФП). Третя зона мінімального забруднення розташована на території парку культури і відпочинку ім. Б. Хмельницького (II-й ЕФП).

Об'єктами досліджень були різні за висотою, габітусом і типом переважаючої хвої кущові культивари, зокрема:

а) *J. virginiana* „Grey Owl” широкорозлогі швидкорослі кущі із діапазоном середніх висот 1,20-1,75 м, проекцією припіднятих розгалужених крон 2,10-2,65 м. Численні пагони вкриті лускатою блакитно-сірою (злегка сріблястою) хвоєю та численними округлими дрібними шишкоягодами;

б) *J. chinensis* „Stricta” високі кущі з широкопірамідальною густою кроною, котра вже із віком розріджена. Пагони підняті вгору, вкриті голчастою, колючою, синьо-зеленою хвоєю. Діапазон висот становив 1,90–2,10 м, а проекцій крон 1,20–1,40 м;

в) *J. sabina* „Tamariscifolia” низькорослі сланкі кущі, з злегка припіднятими ярусно нашарованими пагонами, вкритими двома типами темно-зеленої хвої – голчастою і лускатою. Середній діапазон висот 0,95–1,25 м, а проекції крон 1,10–2,40 м.

Різниця мас осадженого пилу на кожному із досліджуваних кущових видів у кожній дослідній точці місцезростання викладена у наступному порядку: IV ЕФП – III ЕФП – I ЕФП (рис. 3.5).

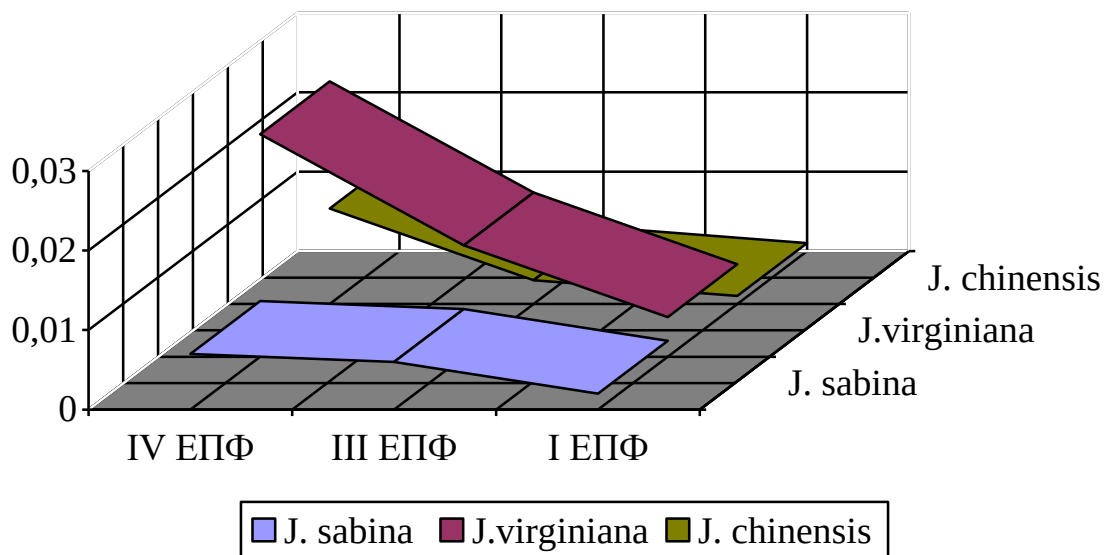


Рис. 3.5. Пилефільтрувальна ефективність кущових ялівців.

Найбільша різниця пилефільтруючої ефективності простежується на пагонах *J. Virginiana*. У IV еколого-фітоценотичному поясі вона коливається у

межах 0,025-0,016 г; у III еколого-фітоценотичному поясі, який є більш віддалений від джерела забруднення, ніж попередній, – 0,012-0,011 г, а в практично ізольованому від автотранспорту I еколого-фітоценотичному поясі (міський парк культури і відпочинку) він коливається у межах 0,005-0,004 г. Дещо менший контраст спостерігався у *J.chinensis* у IV еколого-фітоценотичному поясі (0,010-0,008 г); у III еколого-фітоценотичному поясі (0,006-0,005 г); у I еколого-фітоценотичному поясі (0,002-0,015г). Мінімальна різниця виявлена у *J.*: IV ЕФП – 0,008-0,007 г; III ЕФП – 0,005-0,004 г; I ЕФП – 0,003-0,002 г.

Одним із наслідків урбанізаційного процесу є підвищене шумове забруднення, яке як точкове (шум на площах, в скверах) так і лінійне (біля міських доріг). Для комфорту і здоров'я міських мешканців його слід знижувати.

Високі кущі є одним із елементів пониження енергії шуму. Зниження шуму залежить від ряду морфобіологічних характеристик: щільності крони, густоти хвої, розміщення стосовно джерела шуму. Це є дуже важливо, адже відомо, що густа, "зелена стіна" зменшує інтенсивність шуму, спричиненого міським транспортом у 3–4 рази.

Нами було вивчено ефективність погашення шуму для трьох різновисотних і різногабітусних живоплотів. Замірам піддавались наступні точки, диференційовано віддалені від джерела шуму, а саме міської дороги: ділянка тротуару поблизу дороги, посередині між посадками ялівців і проїжджою частиною та за зеленою стіною живоплоту.

Посадка *J. media* „Pfitzeriana“ по вул. Грушевського розташована в 10 м від проїжджої частини, де присутній доволі інтенсивний транспортний рух. Посадка *J. chinensis* „Stricta“ по вул. Б.Хмельницького розташована неподалік дороги на віддалі від полотна дороги в 15 м. Посадка *J. sabina* „Mas“ по вул. І. Богуна розташована на віддалі 12 м від проїжджої частини.

Для щільної і високої посадки ($h = 1,6$ м) *J. media* „Pfitzeriana“ по вул. Грушевського зафіксовані наступні дані: точка біля дороги з інтенсивним автомобільним транспортом – 83 дБ, на віддалі 8 м від проїжджої частини – 78 дБ, за стіною живоплоту – 69 дБ. Для менш щільної посадки *J. chinensis*

„Stricta“ по вул. Б.Хмельницького заввишки 2,7 м., шумоміром зафіксовані такі показники інтенсивності шуму: біля дороги – 79 дБ, на віддалі 8 м. – 72 дБ, за стіною живоплоту – 67 дБ. Для щільної посадки ($h = 2,3$ м) *J. sabina* „Mas“ по І. Богуна, із висотою в діапазоні 155-160 см. одержані результати: ділянка біля дороги – 80 дБ, на віддалі 5 м від проїжджої частини – 75 дБ, за стіною живоплоту – 71 дБ. Диференціація результатів зображена на рис. 3.6.

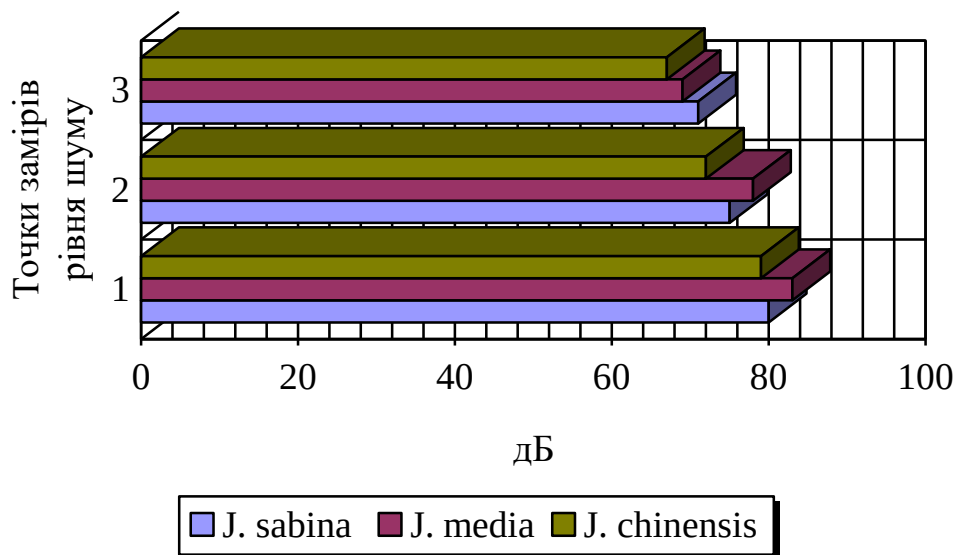


Рис. 3.6. Рівні шумопоглинання досліджуваних кущових ялівців
(Точки замірів рівня шуму: 1 – біля дороги з інтенсивним автомобільним транспортом, 2 – на віддалі 8 м від проїжджої частини, 3 – за стіною живоплоту)

Спостерігається закономірність, що насадження ялівців із більшою висотою, значною повнотою пагонів і намету та високою щільністю габітусу крони понижають енергію шумової хвилі більше ніж дещо рихла і не така висока посадка. Вища енергія поглинання на основі замірів встановлена у *J. media* „Pfizeriana“ – 14 дБ та в *J. chinensis* „Stricta“ – 12 дБ. Менша і рихліша посадка *J. sabina* „Mas“ гасить енергію хвилі на 9 дБ.

В цілому одержані дані свідчать про доволі значну шумопоглинальну роль кущових ялівців. Для досягнення цього слід підбирати кущі висотою від 2 м і з густою кроною, проводячи належні агротехнічні заходи, які сприятимуть росту і розвитку цих рослин.

РОЗДІЛ 4.

ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА

Дослідження життєвості ялівців в умовах міського середовища має важливе значення для екологічного благоустрою міст. Одним із ключових аспектів таких досліджень є оцінка здатності ялівців поглинати пил та шум. Ялівець, завдяки своїй стійкості до екстремальних умов (забруднення, обмежений простір для коріння, сухість, високі температури), стає важливим елементом міського озеленення. Однак для визначення ефективності його використання у боротьбі з пилом і шумом необхідно провести серію досліджень, що вимагають фінансових витрат.

Цей розділ містить економічну оцінку витрат на проведення досліджень щодо життєвості ялівців у міських умовах та їх здатності до пилопоглинання та шумопоглинання. Оцінка витрат проводиться на основі кількох факторів, таких як наукові дослідження, польові експерименти та аналітичні розрахунки.

Для оцінки витрат на дослідження необхідно врахувати кілька основних статей витрат:

1. Планування та організація досліджень:
 - Проектування досліджень.
 - Підготовка методик вимірювання.
 - Організація роботи дослідницьких груп.
2. Закупівля обладнання та матеріалів:
 - Вимірювальні пристрої для оцінки пилопоглинання та шумопоглинання (анемометри, шумоміри, пиломіри).
 - Витратні матеріали для зразків та досліджень (пластикові контейнери, реагенти).
3. Польові роботи:
 - Обстеження рослин у різних зонах міста.
 - Проведення замірів пилопоглинання та шумопоглинання.
 - Збір та обробка польових даних.

Для спрощення розрахунків розглянемо умовний проект дослідження, вартість якого складається з кількох етапів. Оцінка витрат буде базуватися на середніх ринкових цінах на послуги та обладнання в Україні (табл. 4.1–4.3).

Таблиця 4.1

Витрати на планування та організацію досліджень

Стаття витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці (грн)	Сума (грн)
Проектування дослідження	послуга	1	5,000	5 000
Підготовка методики вимірювання	послуга	1	3,000	3 000
Організація дослідницької групи	людина/місяць	3	10,000	30 000
Разом				38 000

Таблиця 4.2

Витрати на закупівлю обладнання та матеріалів

Стаття витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці (грн)	Сума (грн)
Шумомір	шт.	1	15,000	15 000
Пиломір	шт.	1	12,000	12 000
Анемометр	шт.	1	8,000	8 000
Витратні матеріали (контейнери, реагенти)	одиниця	1	2,000	2 000
Разом				37 000

Витрати на польові роботи

Стаття витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці (грн)	Сума (грн)
Обстеження 10 локацій (2 локації/тиждень)	людино-години	100	200	20 000
Проведення замірів (10 точок/локація)	людино-години	200	200	40 000
Збір даних та їх обробка	людино-години	100	150	15 000
Разом				75,000

Загальні витрати на дослідження

Підсумуємо всі витрати для отримання загальної суми:

Стаття витрат	Сума а (грн)
Планування та організація досліджень	38 000
Закупівля обладнання та матеріалів	37 000
Польові роботи	75 000
Загальні витрати	150 000

Загальна економічна оцінка витрат на проведення досліджень життєвості ялівців в міських умовах, а також їх здатності до пилепоглинання та шумопоглинання становить 150 000 гривень. Ці витрати включають всі етапи дослідження – від планування та закупівлі обладнання до публікації результатів. Враховуючи високий екологічний потенціал ялівців для поліпшення якості міського середовища, інвестиції в такі дослідження є обґрунтованими та сприятимуть розвитку екологічно чистих міст.

ВИСНОВКИ

1. Ослаблені культивари, які зростають у вуличних посадках (IV ЕФП), мають вищі показники імпедансу і нижчу поляризаційну ємність. У зовнішньому вигляді присутні зміни: тьмяність і сухість хвої та пагонів, менша щільність і розгалуженість намету, що є свідченням пониженої життєвості кущових ялівців. Аналогічні результати ми отримали і про дослідженні життєвості ялівців *J. media* „Pfitzeriana compacta“

2. Фізіологічно здорові екземпляри, які зростають у сприятливих умовах, мають низький імпеданс і високу поляризаційну ємність. Ялівці зростаючі у складних екологічних умовах мають високий імпеданс і низьку поляризаційну ємність, що віддзеркалюється на їхньому зовнішньому вигляді, та може служити фітоіндикатором стану довкілля.

3. Найбільша різниця пилефільтруючої ефективності простежується на пагонах *J. Virginiana*. У IV еколого-фітоценотичному поясі вона коливається у межах 0,025-0,016 г; у III еколого-фітоценотичному поясі, який є більш віддалений від джерела забруднення, ніж попередній, – 0,012-0,011 г, а в практично ізолюваному від автотранспорту I еколого-фітоценотичному поясі (міський парк культури і відпочинку) він коливається у межах 0,005-0,004 г. Дещо менший контраст спостерігався у *J. chinensis* у IV еколого-фітоценотичному поясі (0,010-0,008 г); у III еколого-фітоценотичному поясі (0,006-0,005 г); у I еколого-фітоценотичному поясі (0,002-0,015г). Мінімальна різниця виявлена у *J.*: IV ЕФП – 0,008-0,007 г; III ЕФП – 0,005-0,004 г; I ЕФП – 0,003-0,002 г.

4. Спостерігається закономірність, що насадження ялівців із більшою висотою, значною повнотою пагонів і намету та високою щільністю габітусу крони понижають енергію шумової хвилі більше ніж дещо рихла і не така висока посадка. Вища енергія поглинання на основі замірів встановлена у *J. media* „Pfitzeriana“ – 14 дБ та в *J. chinensis* „Stricta“ – 12 дБ. Менша і рихліша посадка *J. sabina* „Mas“ гасить енергію хвилі на 9 дБ.

В цілому одержані дані свідчать про доволі значну шумопоглинальну роль кущових ялівців. Для досягнення цього слід підбирати кущі висотою від 2 м і з густою кроною, проводячи належні агротехнічні заходи, які сприятимуть росту і розвитку цих рослин.

ПРОПОЗИЦІЇ

Згідно з результатами дослідження життєвості ялівців та їх екологічної ролі в урбоекосистемах, ялівці мають значний потенціал для покращення екологічної ситуації в міських умовах, зокрема завдяки своїм пилепоглинальним, шумопоглинальним та фітоочисним властивостям. Оскільки ялівці є довговічними та витривалими рослинами, вони можуть стати важливою складовою міського озеленення. Для поліпшення екологічної ситуації в містах рекомендується збільшити площі зелених зон з ялівцями, зокрема на вулицях з високим рівнем забруднення, в зонах з інтенсивним транспортним потоком, а також в місцях, що зазнають значного шумового впливу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Van Auken O.W. Western North American Juniperus communities: a dynamic vegetation type. New York; London: Springer. 2021. 196 p.
2. Мельник А. С., Івченко А. І., Мельник Ю. А. Природне поновлення інтродуцентів у арборетумі ботанічного саду Національного лісотехнічного університету України. Львів: Наук.вісн УкрДЛТУ, 2015. Вип. 15.3. С. 52–56.
3. Левусь Т. М. Еколого-біологічні особливості формування скельних садів в умовах Західного Лісостепу. Автореферат дисертації... к. с.-г. наук. Львів, 2017. 19 с.
4. Ганаба Д. В. Видове різноманіття та фітосанітарний стан деревних насаджень центральної частини міста Хмельницького. Вісник НУВГП. Сільськогосподарські науки: зб. наук. праць. Рівне: НУВГП, 2016. Вип. 2(74). С. 47–55.
5. Левон Ф. М., Кузнєцов С. І. Загальні сьогоденні проблеми озеленення міст в Україні. Наук. вісник УкрДЛТУ: Міські сади і парки: минуле, сучасне і майбутнє. Львів: УкрДЛТУ. 2021. Вип. 11, 5. С. 226–230.
6. Володарець С. О. Фітонцидна активність деревно-кущових листяних рослин в урбаносередовищі. Питання біоіндикації та екології. 2022. Вип. 17, № 1. С. 95–100.
7. Мельник Т. І., Мельник А. В. Видовий склад і кількісна участь деревних порід у вуличних насадженнях міста Суми. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Сер. Лісівництво та декоративне садівництво. К., 2018. Вип. 187 (3). С. 49– 55.
8. Прищепа А. М. Екосистемні послуги зелених насаджень урбосистем. Наукові доповіді НУБіП України. Київ, 2019. № 1 (77). DOI: <http://dx.doi.org/10.31548/dopovid2019.01.004>.
9. Марно-Куца О. Ю. Вуличні насадження в системі озеленення населених місць. Ліс, наука, молодь: Матеріали IV Всеукраїнської науковопрактичної конференції (23 листопада 2016 р., м. Житомир). Житомир, 2016. С. 341–342.

10. Польовий В. М., Лукашук Л. Я., Лук'яник М. М. Вплив змін клімату на розвиток рослинництва в умовах західного регіону. Вісник аграрної науки. Київ, 2019. № 9 (798). С. 29–34.
11. Турчик П. М., Сушинська М. М., Булаховський В. В. Дослідження фітовітальності міських деревних рослин на прикладі м. Вінниці. Охорона навколишнього середовища та раціональне використання природних ресурсів: Збірка доповідей XX Всеукраїнської наукової конференції аспірантів і студентів. Т.1. Донецьк: ДонНТУ, 2010. С. 226–227.
12. Сулова О. П., Поляков О. К., Хархота Л. В. Стан деревних рослин у паркових насадженнях промислових міст південного сходу України. Промислова ботаніка. 2013. Вип. 13. С. 109–115.
13. Сулова О. П., Поляков О. К., Нецветов М. В., Дацько О. М., Лихацька О. М. Життєздатність деревних рослин у міських вуличних насадженнях на південному сході України. Промислова ботаніка. 2012, вип. 12. С. 12–18.
14. Рехнер Т. С., Муж Г. В. Видовий склад та фітосанітарний стан деревних насаджень вулиці Сергія Параджанова м. Житомир. Біологічні дослідження. 2017. С. 207–210.
15. Піхало О.В. Роль зелених насаджень в урбогенних умовах м. Києва. Проблеми розвитку міського середовища. Вип. 3. Київ: Національний авіаційний університет, 2020. С. 132–137.
16. Денисюк Н.В. Екологічні проблеми озеленення міста Рівне. Актуальні проблеми науково-промислового комплексу регіонів: матеріали V Всеукраїнської наук.-практ. конф., м. Рубіжне, 22–26 квіт. 2019 р. Рубіжне: видавець О. Зень, 2019. С. 61–63.
17. Nowak D. J., Crane D. E., Stevens J. C. Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States. *Urban Forestry & Urban Greening*. 2020. V. 4. P. 115–123. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2006.01.007>.
18. Matsumoto J. Measuring Biogenic Volatile Organic Compounds (BVOCs) from Vegetation in Terms of Ozone Reactivity. *Aerosol Air Quality Research*. 2022. № 14. P. 197–206. DOI: <https://doi.org/10.4209/aaqr.2012.10.0275>

19. Денисюк Н.В. Киснепродукуюча та газопоглинальна здатність зелених насаджень м. Рівне. Теоретичні та прикладні аспекти розвитку біологічних наук: зб. матеріалів III Всеукр. наук.-практ. конф., м. Рівне, 28 листоп. 2019 р. Рівне: О. Зень, 2019. С. 19–23.
20. Пушкар В. В. Хвойні у садово-парковому будівництві. К., 2004. 284 с.
21. Robert F.Young. Managing municipal green space for ecosystem services. Urban Forestry and Urban Greening. 2020. Vol. 9, Issue 4. P. 313-321. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2010.06.007>
22. Клименко А.В. Декоративні садові форми в озелененні. Квіти України. 2005. № 138. С. 38 – 41.
23. Балабушка В. К., Маринич І. С. Хвойні дерева та кущі. К.: Дім, сад, город, 2015. 162 с.
24. Дендрофлора України. Дикорослі та культивовані дерева й кущі. Голонасінні: Довідник/ За ред. М.А. Кохна, С.І. Кузнєцова. К.: Вища шк., 2010. 207 с.
25. Калініченко О. А. Декоративна дендрологія: навчальний посібник. К.: Вища школа, 2013. 199 с.
26. Кохно М. А., Кузнєцова С. І. Історія інтродукції деревних рослин в Україні (короткий нарис). К. : Фітосоціоцентр, 2017. 67 с.
27. Кохно М. А. Каталог дендрофлори України. К.: Фітосоціоцентр, 2011. 235.
28. Лебеда А. П. Інвентаризація флори України. К.: Академперіодика, 2017. 140 с.
29. Нечитайло В. А., Баданіна В. А., Гриценк В. В. Культурні рослини України. К.: Фітосоціоцентр, 2015. 351 с.
30. Прокопчук В. М., Матусяк М. В. Ступінь рекреаційного навантаження та антропоотолерантність лісових екосистем лісопаркової зони м. Вінниці. Міжнародний електронний науковий журнал. 2016. Т. 2, № 11. 2016.
31. Третяк П.Р., Гнатів П.С., Щербина М.О. Дендрофлора ботанічних садів загально-державного значення Львівщини. Наук. вісник УкрДЛТУ. Львів: УкрДЛТУ. 2010, вип. 10.1. С. 133-157.

32. Фомін О. В. Флора України. К.: 2019. 580 с.
33. Капустяник В. Б, Мокрий В. І. Оптико-спектральні методи в науково-технічній експертизі. Львів: ВЦ ЛНУ ім. Івана Франка, 2004. 206 с.
34. Млавець Ю.Ю. Охорона праці. Ужгород: ДВНЗ “УжНУ”, 2021. 56 с.

ДОДАТКИ