

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ВАСИЛЯ СТУСА

ЧУЙКО ОЛЕКСАНДР ЮРІЙОВИЧ

Допускається до захисту
В.о. завідувача кафедри ботаніки
та екології, к.б.н., доцент
_____ О.В. Машталер
« _____ » _____ 2024 р.

**МОНІТОРИНГ СТАНУ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ
ВІННИЦЬКОЇ ОБЛАСТІ З ВИКОРИСТАННЯМ *PINUS SYLVESTRIS* L.**

Спеціальність 101 Екологія

Кваліфікаційна (магістерська) робота

Науковий керівник:
Машталер О.В., доцент кафедри
ботаніки та екології,
канд. біол. наук, доцент

Оцінка: _____ / _____ / _____
(бали за шкалою ЄКТС/за національною шкалою)

Голова ЕК: _____
(підпис)

Вінниця – 2024

АНОТАЦІЯ

Чуйко О. Ю. Моніторинг стану атмосферного повітря Вінницької області з використанням *Pinus sylvestris* L. Спеціальність 101 «Екологія», Освітня програма «Екологія». Донецький національний університет імені Василя Стуса, Вінниця, 2024.

У кваліфікаційній (магістерській) роботі досліджено використання *Pinus sylvestris* L. для здійснення моніторингових спостережень стану атмосферного повітря. Продемонстровано морфологічні зміни хвоїнок *Pinus sylvestris* L. внаслідок впливу забрудненого атмосферного повітря.

За результатами моніторингових досліджень надано оцінку якості атмосферного повітря на території Вінницької області, Вінницького району – села Прибузьке, села Лука-Мелешківська, що входять до складу Лука-Мелешківської ОТГ, а також частини мікрорайону Сабарів міста Вінниця, Вінницького району, Вінницької області. Додатково в роботі представлено результати досліджень транспортного навантаження та його впливу на атмосферне повітря на відповідних моніторингових ділянках.

Ключові слова: *Pinus sylvestris* L., хвоя, біоіндикація, повітря, транспортне навантаження, забруднення.

69 с., 34 табл., 31 рис., джерел 30.

ANNOTATION

Chuyko O. Yu. Monitoring of atmospheric air condition of Vinnytsia region using *Pinus sylvestris* L. Specialty 101 «Ecology», Programme «Ecology». Vasyl' Stus Donetsk National University, Vinnytsia, 2024.

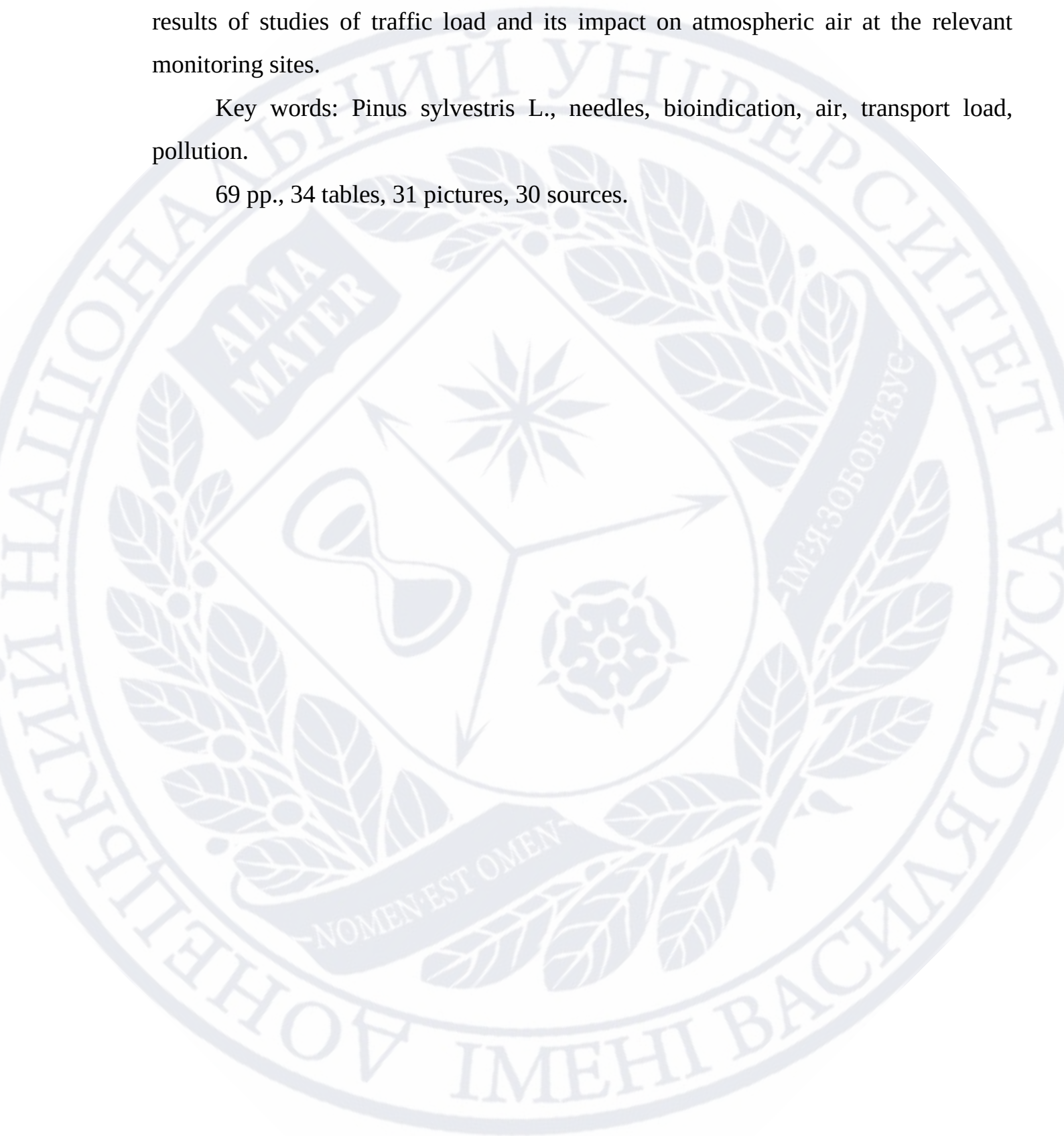
The qualification (master's) work investigated the use of *Pinus sylvestris* L. for monitoring the state of atmospheric air. Morphological changes of *Pinus sylvestris* L. conifers as a result of exposure to polluted atmospheric air have been demonstrated.

Based on the results of monitoring studies, an assessment of atmospheric air quality was provided in the territory of the Vinnytsia region, the Vinnytsia district - the village of Prybuzke, the village of Luka-Melezhkivska, which are part of the

Luka-Meleshkivska UTC, as well as in part of the Sabary microdistrict of the city of Vinnytsia, Vinnytsia district, Vinnytsia region. In addition, the work presents the results of studies of traffic load and its impact on atmospheric air at the relevant monitoring sites.

Key words: *Pinus sylvestris* L., needles, bioindication, air, transport load, pollution.

69 pp., 34 tables, 31 pictures, 30 sources.



ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ.....	7
1.1 Значення моніторингу стану довкілля.....	7
1.2 Біоіндикація та біомоніторинг – як методи оцінки екологічного стану довкілля.....	7
1.3 Особливості використання рослин як біоіндикаторів.....	11
1.4 Біоіндикативні властивості <i>Pinus sylvestris</i> L.....	12
1.5 Аналіз останніх досліджень та публікацій за темою кваліфікаційної роботи.....	19
РОЗДІЛ 2 МЕТОДИ ТА МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	22
РОЗДІЛ 3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА РОБОТИ.....	28
3.1 Характеристика територій.....	28
3.2 Результати моніторингових досліджень стану атмосферного повітря для ділянки № 1.....	29
3.2.1 Транспортне навантаження на ділянку № 1.....	34
3.3 Результати моніторингових досліджень стану атмосферного повітря для ділянки № 2.....	36
3.3.1 Транспортне навантаження на ділянку № 2.....	40
3.4 Результати моніторингових досліджень стану атмосферного повітря для ділянки № 3.....	43
3.4.1 Транспортне навантаження на ділянку № 3.....	47
3.5 Результати моніторингових досліджень стану атмосферного повітря для ділянки № 4.....	49
3.5.1 Транспортне навантаження на ділянку № 4.....	53
ВИСНОВКИ.....	57
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	68
ДОДАТКИ.....	62

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Біоіндикація це одна з груп методів біологічного контролю якості довкілля. Цей метод є економічно рентабельним і доступним, оскільки дозволяє проводити моніторингові дослідження стану атмосферного повітря за порівняно короткий період спостережень.

Однією з головних і найсерйозніших проблем людства сьогодні є проблема забруднення повітря різними речовинами. У наш час природа поступово втрачає свої основні риси і поступово перетворюється на типове антропогенне середовище. Далеко не останнє місце займають біологічні компоненти, які можуть використовуватись при дослідженнях зміни середовища як біологічні індикатори. Існує велика кількість постів спостереження, проте їх недостатньо для того щоб задовольнити потреби в наданні екологічної інформації. І тут на допомогу приходять біоіндикаційні дослідження, які можуть суттєво доповнити та відобразити реальний стан довкілля. Метод спостереження за допомогою *Pinus sylvestris* L. вирізняється простотою виконання досліджень, швидкістю отримання результатів та дешевизною проведення.

Актуальність магістерської роботи полягає саме у виявленні особливих змін, що можуть відбутися у рослинах (на прикладі *Pinus sylvestris* L.) під дією забрудненого атмосферного повітря, що в свою чергу, призводять до послаблення їх життєвих і захисних функцій.

Мета кваліфікаційної (магістерської) роботи: Здійснити моніторинг стану атмосферного повітря Вінницької області та надати оцінку якості атмосферного повітря із застосуванням морфо-біологічних показників хвої *Pinus sylvestris* L.

Для реалізації мети нами було заплановано виконання таких завдань:

1. провести оцінку якості повітря за станом хвої *Pinus sylvestris*;
2. дослідити якість атмосферного повітря на території, села Прибузьке, села Лука-Мелешківська, що входять до складу Лука-Мелешківської ОТГ,

Вінницький район, Вінницької області, а також частини мікрорайону Сабарів міста Вінниця, Вінницький район, Вінницької області;

3. дослідити біондикативні можливості рослин *Pinus sylvestris*;
4. проаналізувати типи пошкоджень хвої та їх залежність від якості повітря;
5. визначити вік досліджених дерев *Pinus sylvestris*;
6. дослідити транспортне навантаження на моніторингові ділянки та провести порівняльний аналіз результатів досліджень за 2022 та 2024 роки.

Об'єкт дослідження – Pinus sylvestris L.

Предмет дослідження – біондикативні властивості Pinus sylvestris L.

Теоретичне та практичне значення одержаних результатів – отримані результати можуть бути використані для проведення порівняльних моніторингових досліджень на інших територіях, де зростають дерева *Pinus sylvestris* L.

Структура кваліфікаційної (магістерської) роботи – кваліфікаційна (магістерська) робота складається з таких структурних елементів: титульний аркуш, анотація, зміст, вступ, основна частина (3 розділи, перший – огляд літератури, другий – опис методик, третій – експериментальна частина роботи), висновки, список використаних джерел, додатки, декларація.

РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Значення моніторингу стану довкілля

Моніторинг довкілля в сучасному розумінні можна розглядати як аналітично-інформаційну систему, яка охоплює такі основні напрями:

- 1) спостереження за станом довкілля і за факторами, які впливають на окремі елементи довкілля;
- 2) оцінювання та аналіз фактичного стану всіх складових довкілля;
- 3) прогнозування стану довкілля і оцінювання цього стану;
- 4) забезпечення науково-інформаційної підтримки прийняття управлінських рішень [1, с. 7].

Таким чином, система моніторингу довкілля – це система спостережень, збирання, оброблення, передавання, збереження та аналізу інформації про стан довкілля, прогнозування його змін і розроблення науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття рішень про запобігання негативним змінам стану довкілля та дотримання вимог екологічної безпеки [1, с. 7].

За допомогою системи моніторингу виявляються критичні ситуації, виділяються критичні фактори впливу і найбільш чутливі до впливу елементи біосфери. У процесі здійснення моніторингу важливо отримати дані як про абіотичну складову середовища, так і про стан біоти, а також отримати інформацію про функціонування екосистем та реакції екосистем на можливі збурення. [1, с. 8].

1.2. Біоіндикація та біомоніторинг – як методи оцінки екологічного стану довкілля

Біоіндикація і біотестування – це методи, які дозволяють виявити зміни в біоті, викликані антропогенними факторами, такими як забруднення, зміна клімату або надмірне використання ресурсів [2, с. 7].

Біоіндикація – це оцінка стану середовища за допомогою живих об'єктів [3, с. 7].

Живі об'єкти (системи) – клітини, організми, популяції й угруповання, з їх допомогою може проводитися оцінка абіотичних чинників (температура,

вологість, кислотність) та біотичних (життєва здатність мікроорганізмів) [3, с. 7].

Біоіндикація – це визначення біологічно значимих навантажень на організми та їх спільноти. Повною мірою це стосується антропогенних забруднень. [3, с. 8].

Отже, біоіндикатори – це група особин одного виду або угруповання, наявність, кількість або інтенсивність розвитку яких у тому чи іншому середовищі є показником певних природних процесів або умов зовнішнього середовища. Біологічну індикацію широко використовують сьогодні для оцінки забруднення навколишнього середовища, яке "усуває" з природних екологічних ніш нестійкі до факторів забруднення види нижчих і вищих рослин, а також представників фауни [4, с. 21-22].

Головна мета біоіндикації – раннє виявлення негативних змін у навколишньому середовищі. Біоіндикатори можуть бути використані для попередження про те, що екосистема знаходиться під загрозою [5, с. 7].

Біоіндикація є потужним інструментом для оцінки стану навколишнього середовища. Вона може використовуватися для дослідження широкого спектру проблем, включаючи забруднення, зміну клімату та деградацію екосистем [2, с. 9].

Біоіндикація має ряд переваг перед інструментальними методами.

Вона відрізняється високою ефективністю, не вимагає великих витрат і дає можливість характеризувати стан середовища за тривалий проміжок часу [4, с. 21-22].

Завдання біоіндикації – це виявити організми та групи організмів-біоіндикаторів, які реагують досить чутливо на зміни у навколишньому середовищі, що виникають під дією природних і антропогенних факторів [5, с. 7].

Використання різних біоіндикаторів вирішує проблему дорожнечі систем спостереження, так як біоіндикаторів широко поширені в природі і не вимагають особливих витрат для організації спостережень за ними.

Біоіндикаторів дозволяють отримувати оперативну інформацію про стан навколишнього середовища без додаткових вкладень в розробку і створення високотехнологічних електронних індикаторів [6, с. 34]

Переваги живих індикаторів:

- в умовах хронічних антропогенних впливів можуть реагувати навіть на відносно слабкі взаємодії внаслідок кумулятивного ефекту;
- реакції проявляються при накопиченні деяких критичних значень сумарних дозових впливів;
- поєднують вплив всіх без виключення біологічно важливих взаємодій, які відображають стан навколишнього середовища в цілому, включаючи його забруднення та інші антропогенні зміни;
- виключають необхідність реєстрації хімічних і фізичних параметрів, що характеризують стан навколишнього середовища;
- фіксують швидкість змін, що відбуваються;
- вказують шляхи та місця скупчення в екологічних системах різного роду забруднень та отрут, можливі шляхи їх потрапляння в їжу людини;
- дозволяють робити висновки про ступінь шкідливості будь-яких речовини, що синтезуються людиною, для живої природи і для неї самої; при чому дають можливість контролювати їх вплив. Індикатор – це група особин одного виду або співтовариства, за наявності, станом і поведінкою якої/яких судять про зміни в середовищі, в тому числі про присутність і концентрацію забруднювачів [3, с. 8].

Один зі специфічних методів моніторингу забруднення навколишнього середовища - біоіндикація, визначення ступеня забруднення геофізичних середовищ за допомогою живих організмів, біоіндикаторів. Живі індикатори не повинні бути занадто чуттєвими і занадто стійкими до забруднення. Необхідно, щоб у них був досить тривалий життєвий цикл. Важливо, щоб такі організми були широко поширені по планеті, причому кожен вид повинний бути присвячений до визначеного місцеперебування. Лишайники цілком

відповідають усім цим вимогам. Вони реагують на забруднення інакше, чим вищі рослини. Довгостроковий вплив низьких концентрацій забруднюючих речовин викликає в лишайників такі ушкодження, що не зникають аж до загибелі їхніх сланей. Це пов'язано з тим, що лишайники відновляють свої клітини дуже повільно, у той час як у вищих рослин ушкоджені тканини замінюються новими досить швидко. Завдяки цілому ряду біологічних особливостей лишайники є добрими індикаторами зміни стану навколишнього середовища в умовах його забруднення двоокисом сірки, фторидами, лужним пилом, важкими металами [4, с. 21-22].

У зв'язку із забрудненням навколишнього середовища шкідливими речовинами, зокрема і тими, що мають мутагенні властивості (мутагени), та впливом несприятливої екологічної ситуації, наріла необхідність для дослідження стану об'єктів довкілля за показниками ушкодженості рослин-біоіндикаторів [7, с. 109].

Індикаторні рослини можуть використовуватися як для виявлення окремих забруднень повітря, так і для оцінки загального стану повітряного середовища [8, с. 20].

Біоіндикатори, біологічні індикатори – організми, присутність (наявність), кількість або інтенсивний розвиток яких є показником природних процесів або умов зовнішнього середовища. Так, скупчення рибоїдних птахів є показником біоіндикації місць, де водиться риба, за складом планктону можна передбачити, який буде вилов риби. За складом флори і фауни вод можна визначити придатність води для пиття та з'ясувати ефективність роботи очисних споруд. За допомогою індикаторних рослин та мікроорганізмів можна дати орієнтовну оцінку якості ґрунту. Тварин, рослини, мікроорганізми, використовують при космічних дослідженнях як біоіндикатори для з'ясування впливу факторів космічного простору на організми. Під впливом забруднень довкілля змінюються еколого-фізіологічні ознаки: пігментація, забарвлення рослин. їх спричиняє надлишок токсичних солей у ґрунті або нестача поживних речовин [4, с. 21-22].

Використання біоіндикаторів принципово відрізняється від класичних заходів якості навколишнього середовища та має численні переваги. Поперше, біоіндикатори додають часовий компонент, що відповідає тривалості життя або часу перебування організму в конкретній системі, що дозволяє інтегрувати поточні, минулі або майбутні умови середовища. Навпаки, багато хімічних і фізичних вимірювань характеризують лише умови під час відбору проб, підвищення ймовірності пропуску спорадичних імпульсів 7 забруднюючих речовин. Крім того, забруднювачі можуть бути в надзвичайно низьких концентраціях [2, с. 7-8].

Методи визначення індикаторів екологічного стану компонентів довкілля є ключовими у природоохоронних технологіях в екологічній освіті. Вони дозволяють оцінювати вплив антропогенних і природних чинників та формувати уявлення про стан екосистем. Ці методи не лише сприяють моніторингу екологічного стану, але й слугують основою для розробки освітніх програм, що допомагають формувати екологічну свідомість і навички у майбутніх фахівців [9, с.71-72].

Біоіндикаторів поділяють на кілька типів, в залежності від швидкості прояви ними біоіндикаторні реакцій. 1. Біоіндикаторами проявляє раптову і сильну реакцію, триваючи деякий час, після чого перестає реагувати на забруднювач. 2. Біоіндикаторами на протязі і тривалого часу лінійно реагує на вплив зростаючої концентрації забруднювача. 3. Після негайної, сильної реакції у біоіндикаторів спостерігається її загасання, спочатку різке, потім поступове. 4. Під впливом забруднювача реакція біоіндикаторів поступово стає все більш інтенсивною, проте досягнувши максимуму поступово згасає [6, с. 34].

1.3 Особливості використання рослин як біоіндикаторів

За допомогою рослин можна проводити біоіндикацію усіх природних середовищ. Індикаторні рослини застосовуються при оцінюванні механічного і кислотного складу ґрунтів, їх родючості, зволоженості та засолення, ступеню мінералізації ґрунтових вод і ступеню забруднення атмосферного повітря

газоподібними сполуками, а також при виявленні трофічних властивостей водойм і ступеню їхнього забруднення поллютантами [3, с. 30].

Конкретний забруднювач дуже по-різному впливає на різні рослини, і певний симптом може бути викликаний різними речовинами. Вплив зовнішніх факторів (забруднювачів) на рослини залежить від виду, стану розвитку та органу чи тканини. Будь-яка частина тіла рослини, якщо вона специфічно або характерно реагує на будь-який забруднювач, може бути використана для індикації [10].

Пошкодження від забруднення можна розпізнати за накопиченням токсичного матеріалу в рослині, змінами рН, зниженою або підвищеною активністю певних ферментів, збільшенням сполук з SH-групами та фенолів, зниженням рівня аскорбінової кислоти в листі, пригніченням фотосинтезу, стимуляцією дихання, низькими утвореннями сухої речовини, змінами проникності, порушенням водного балансу, зниження плодючості при тривалому впливі [11, с. 87].

1.4 Біондикативні властивості *Pinus sylvestris* L.

Pinus sylvestris L. росте до 40 м заввишки. Дає насіння, що здатне до розмноження, з 10-30 років, у зімкненому лісостані – з 40-60 років, тривалість життя у природному середовищі 300-400 років, іноді й більше. Порівняно з іншими шпильковими, росте швидко. Сосна звичайна – світлолюбна, посухо- і холодостійка порода, невибаглива до родючості ґрунтів. Зростає переважно на піщаних, супіщаних, болотних та скелястих ґрунтах. В Україні сосна займає близько 2,5 млн га або 34 % всієї лісової площі (перше місце перед дубом і смерекою) [12].

Сосна поширена насамперед на Поліссі (також на Малому Поліссі, Надбужанській і Надеснянській котловинах), де є головною лісотвірною породою (займає близько 60 % лісової площі) [13, с. 43].

На кращих ґрунтах зростає за участі дуба (субори), на глибоких пісках без домішки інших порід (сухі бори), на заболочених ґрунтах з домішкою берези й вільхи. Вона поширена переважно на піщаних борових терасах лівих берегів

річок – переважно штучно насаджена. У Степу сосна трапляється винятково (наприклад на Олешківських пісках), рідко у Карпатах і на Прикарпатті [14-15].

Хвойні рослини є важливим компонентом зелених міських насаджень [16, с. 62].

Найчастіше *Pinus sylvestris* L. має не тільки декоративне значення, а й виділяють фітонциди, що знищують хвороботворних бактерій. Зокрема, 1 м³ повітря хвойного лісу містить не більше 500 хвороботворних бактерій, а міського - до 30-40 тис. Враховуючи цей факт, у хвойних лісах часто будуються санаторії та лікарні для людей, що мають захворювання дихальної системи.

Pinus sylvestris L. не боїться перепадів температури, посухи, нестачі або надлишку сонячного світла, протягів і шкідників. Витривалість, декоративність та невибагливість – важливі характеристики *Pinus sylvestris* L., що дозволяє часто використовувати її для озеленення міста.

Метод біоіндикації базується на виявленні залежності ступеня пошкодження хвої (некрозів і всихання) від забруднення повітря в районі розвитку сосни звичайної. Хвойні дерева слугують індикаторами різних типів забруднюючих речовин і тому використовуються в моніторингових дослідженнях. Використання хвойних дає можливість проводити біоіндикацію на різних за площею територіях та отримувати інформацію про стан навколишнього середовища в міських екосистемах різного рангу та характеру. Особлива біоіндикаційна цінність хвойних рослин полягає в тому, що вони можуть слугувати індикаторами протягом року. Встановлено, що наслідком техногенного забруднення є погіршення морфометричних характеристик у хвойних рослин: знижується вік хвої, маса хвоїнок, відзначаються візуальні ознаки пошкодження хвої, вік якої більше двох років, знижується приріст річних пагонів, змінюється структура, форма і розміри крони, погіршується показник життєвого стану. Вважається, що соснові ліси найбільш чутливі до забруднення атмосферного повітря. З огляду на високі біоіндикаційні властивості сосни звичайної широко використовується як індикатор [5, с. 42].

Вивчення біоіндикаційних властивостей сосни є цікавим та важливим дослідженням. Зокрема, в Україні вивченням біоіндикаційних властивостей сосни займалися Кашицька М. та Новицька С.Р. у місті Тербовля Тернопільської області.

У результаті проведеного дослідження ними було зроблено такі висновки: було виявлено за шкалою оцінки територію, де найчистіше повітря. Такий висновок можна було зробити за станом хвої. Черговою групою по чистоті повітря був об'єкт, які знаходились парк «Молодіжний», де хвоя була з невеликим числом дрібних плям та сухих ділянок. Більшість із зібраної хвої з великим числом чорних і жовтих плям, де спостерігалися всохлі кінчики хвоїнок на 2 – 5 мм, у деяких сосен живої, здорової хвої зовсім мало, так як всохла третина хвоїнок росли на території парку імені Тараса Шевченка, у сквері князя Василька, біля Тербовлянської взуттєвої фабрики, яка завдає значної шкоди довкіллю, забруднюючи стічними водами ґрунт, повітря та підземні води нашого міста, а також в центрі міста на перехресті доріг та поблизу залізниці [17, с. 99].

Дані результати пояснюються тим, що на цих об'єктах спостерігається значний антропогенний вплив людини на оточуюче середовище [17, с. 99].

Окрім цього, автори дослідження запропонували заходи для покращення стану атмосферного повітря у місті доцільно запропонувати: завершити проект будівництва об'їзної дороги, яка б могла розвантажити вулиці міста і пришвидшити рух автотранспорту, це значно би покращило екологічний стан міста; збільшити кількості зелених насаджень на території міста тощо [17, с. 99].

Аналогічне дослідження було проведено Свінтіцькою Т.В. та Шелест З.М. у м. Житомир, Житомирської області.

У результаті їхнього дослідження було визначено, що певні ділянки мають найбільше ураження хвоїнок внаслідок того, що здійснюється інтенсивний вплив промислово–транспортного навантаження, який викидає 7-8 % токсичних газів, основні забруднюючі речовини – CO, CO₂, сажа. Також в

атмосферне повітря викидається чадний газ, діоксид азоту, незгорілі вуглеводні і тверді речовини, можливий надлишок вмісту важких металів у середовищі живлення. На інших ділянках був мінімізований вплив цих забруднювачів [18, с. 41].

Проведені дослідження є підтвердженням забруднення атмосферного повітря міста аерополітантами, на яке найбільш чутливо реагує сосна звичайна [18, с. 41].

Ще одне подібне дослідження проводилося Коцун Л.О, Кузьмішиною І.І., Коцун Б.Б. та Тимчій А.О. у місті Луцьк Волинської області.

Проведені дослідження засвідчили, що лише 10 % хвоїнок пагонів сосни з вуличних насаджень не мають виражених ознак ураження. З'ясовано, що рівень некротичного ураження хвої є найбільш інформативною біоіндикаційною ознакою. У результаті дослідження встановлено збільшення кількості хвоїнок із плямами, порівняно з хвоїнками, відібраними на контрольній ділянці (приміській зоні). Таким чином, вуличні насадження сосни мають найбільші класи ушкодження та усихання [19, с. 128-130].

Також Сосна звичайна була об'єктом досліджень впливу дії викидів Луганської ДРЕС, однієї з найпотужніших електростанцій у регіоні [20, с. 12].

За даними досліджень, чітко простежується зниження абсолютних величин середніх діаметрів і висот сосни звичайної в насадженнях з наближенням до ТЕС і з підвищенням рівня забрудненості середовища. Під впливом забруднюючих субстанцій в насадженнях, віддалених від ТЕС як на 0,5-1,0 км, так і на 2,5-3,0 км, максимум поточного приросту у висоту відмічався у 6-7-річному віці, значно раніше, ніж у контрольних умовах, відповідно і падіння поточного приросту наставало раніше й було інтенсивнішим в умовах забрудненого середовища порівняно з контролем [20, с. 12].

Найбільш вражаючим, на думку автора, проявом реагування сосни звичайної на зміни в навколишньому середовищі є виявлені факти аномального росту її органів у зоні підвищеного забруднення повітря й ґрунту викидами теплової електростанції: а) порушення росту верхівкового пагона (явища

безперервності росту, утворення трьоххвойних пучків, викривлення хвоїнок); б) утворення пучків укорочених пагонів; в) пробудження бруньок укорочених пагонів; г) ріст пагонів між мутовками; д) порушення феноритму (ріст верхівкового пагона із термінальної бруньки в рік її закладки); е) потовщення до 8-10 мм закінчень вертикально ростучих коренів. Найбільша частота таких порушень росту співпадала з періодом активації процесів розпилювання незакріпленого в той час золівідвалу і збільшенням кількості атмосферних опадів [20, с. 12].

За результатами спостережень за хвоєю на модельних деревах відмічено, що тривалість її життя в насадженнях на віддалі від ТЕС 0,5-1,0 км становила 2 роки, з віддаленням до 2,5-3,0 км і на контролі - 3 роки. Чотирирічна хвоя зустрічалась лише в окремих випадках. Простежується залежність росту хвої в довжину від погодних умов [20, с. 12].

Наведені факти аномального росту органів сосни звичайної дають підстави для припущення (чи свідчать) про появу поблизу електростанції сильно діючих факторів впливу на довкілля і можуть бути використаними для цілей біоіндикації (чи оцінки) якості природного середовища [20, с. 12].

За результатами досліджень ряду вчених процеси відновлення росту у сосни звичайної спостерігаються уже через два-три роки після ураження, причому характерною є індивідуальна реакція окремих особин на дози радіації. [21, с. 22].

Індивідуальна мінливість росту дерев залежить від дози поглинутої насадженнями радіації. Після гострого опромінення в умовах дії постійного радіаційного впливу відновлення інтенсивності росту у висоту сосни звичайної не виявлено впродовж десяти років, а зниження радіального приросту тісно корелює з дозою поглинутої радіації [22, с. 27].

Загальна площа лісового фонду України становить – 10,4 млн га, хвойні ліси – ялина та сосна займають 41,9% усієї площі, 27,5% – дуб, 8,9% – бук. Сосна звичайна широко поширена в Євразії, утворюючи чисті насадження або у поєднанні з ялиною, березою, осикою та дубом. Вид є маловимогливим до

грунтових умов, займає часто непридатні для інших видів площі: піски та болота. Сосна звичайна – світлолюбна рослина, яка добре відновлюється на лісосіках і згарищах, як основний лісоутворювач широко використовується в лісокультурній практиці у всіх кліматичних зонах

Метод біоіндикації базується на виявленні залежності ступеня пошкодження хвої (некротів і хлорозів) від забруднення повітря в районі розвитку сосни звичайної діоксидом сульфуру [23, с. 104].

Фактори середовища досить строго визначають, які організми можуть жити в даному місці, а які не можуть. Враховуючи це, ми можемо використати обернену закономірність і судити про фізичне середовище організму, який в ньому проживає. Так з'явився метод біоіндикації середовища, який особливо широко використовують у лісовій типології, фітоценології, а також для визначення рівня забруднення атмосферного повітря [4, с. 21-22].

Тривалість життя хвої сосни за нормальних умов становить 3–4 роки, але під впливом токсикантів в зонах сильного забруднення вона стає темно-червоною, забарвлення поширюється від основи голки до її вістря, і, проіснувавши всього один рік, відмирає й опадає. Тому за тривалістю життя хвої сосни та за характером некротів й хлорозів визначають ступінь ураження соснових насаджень [24, с. 54-55].

Характерними ознаками неблагополуччя навколишнього середовища і особливо газового складу атмосфери є поява різного роду хлорозів і некротів, зменшення розмірів ряду органів (довжини хвої, пагонів поточного року і минулих років, їх товщини, розміру шишок, скорочення величини і числа закладених бруньок), зменшення галуження. Через менший ріст пагонів і хвої в довжину в забрудненій зоні спостерігається зближення відстані між хвоїнками (їх більше на 10см пагону, ніж в чистій зоні). Спостерігається потовщення самої хвої, зменшується тривалість її життя (1–3 роки в забрудненій зоні і 6–7 років – в чистій). Вплив забруднення викликає також стерильність насіння (зменшення його схожості). Всі ці ознаки не специфічні, але в сукупності дають доволі об'єктивну картину [25, с. 43].

Хвойні зручні тим, що можуть слугувати біоіндикаторами увесь рік. У лісознавстві давно розроблена оцінка стану навколишнього середовища за комплексом ознак у хвойних, за якої використовуються не тільки морфологічні ознаки, які досить мінливі, але і ряд біохімічних змін [25, с. 43].

Використання хвойних дає можливість проводити біоіндикацію на великих територіях. Хвойні – основні індикатори, які застосовувались для оцінки стану лісів Європи. Їх використання також досить інформативне на малих територіях (наприклад, вплив автодороги на прилеглу зону, якщо вона примикає до хвойного лісу; стан навколишнього середовища в міських екосистемах різного рангу і характеру) [25, с. 43].

У викидах стаціонарних джерел переважне значення мають такі речовини як діоксид сірки, оксид вуглецю, оксиди азоту, тверді речовини. Від промислових джерел в атмосферної повітря надходить більше 150 найменувань, забруднюючих речовин (включаючи метали, бенз (о) пірену, діоксиду сірки та специфічних високотоксичних шкідливих речовин. У загальному обсязі сумарного забруднення речовин основна частка припадає на енергетичну, нафтогазову і металургійну галузі [26, с. 41].

Потрапляючи на хвою у якості пилу ці речовини, проникаючи через кутикули всередину клітин викликають некротичні плями, а далі повне відмирання хвоїнок. На пагонах хвої поблизу інтенсивних автомагістралей товстим шаром лежить пил, кіптява, сажа, тому тут відзначається високий відсоток пошкодженої хвої [26, с. 42].

Біоіндикація має певні переваги як метод отримання безпосередньої інформації про зміни стану біоти в конкретних умовах забруднення, але він повинен поєднуватись з хімічними й геофізичними дослідженнями для отримання не лише якісних, а й кількісних відомостей [4, с. 21-22].

З огляду на все вище викладене, сосна звичайна обрана нами, як найбільш чутлива рослина до забруднення атмосферного повітря.

Ця рослина найбільш інформативно, як по морфологічним і анатомічним змінам, а також за тривалістю життя хвої і зменшення її маси.

Факт винятково високою радіочутливості хвойних деревних порід був відзначений у багатьох дослідженнях вчених. Сосна по радіочутливості близька до людини, тому вона є одним з основних природних тест-систем в радіо -і загальноекологічних дослідженнях [8, с. 20].

Радіаційні ефекти оцінюються за такими критеріями: загибель і відновлення дерев; терміни відновлення; морфологічні зміни хвої та пагонів; кількісні характеристики (радіальний і вертикальний приріст, маса і розмір хвої та пагонів). Репродуктивна здатність оцінюється по мінливості насіння. [8, с. 20].

При радіоактивному опроміненні спостерігаються: загибель бруньок, хвої, пагонів; гальмування росту пагонів і хвої; подвійний приріст протягом одного року вегетації; нерівномірне зростання хвої на пагонах; укороченість пагонів при інтенсивному зростанні хвої («метлообразные» пагони); многопочечность (поява на пагонах верхніх мутовок до 30 нирок замість 5-6 в нормі); порушення орієнтації хвої та пагонів у просторі (поява «м'ятою» хвої); викривлення пагонів; зміна форми хвої; поява гігантизму і карликовості пагонів і хвої. [8, с. 21].

1.5 Аналіз останніх досліджень та публікацій за темою кваліфікаційної роботи

Рослини як продуценти екосистеми, впродовж життєвого циклу знаходяться під впливом трьох середовищ: ґрунтового, водного та повітряного. Вони найбільш повно відображають увесь спектр стресових впливів на систему «рослина-навколишнє середовище». Найбільш чутливими з вищих рослин до атмосферних змін, пов'язаних із впливом антропогенних факторів, вважаються хвойні – ялина, сосна [27, с. 40].

Питаннями біоіндикації стану атмосферного повітря присвячено праці багатьох вчених. Наприклад, Лівкович, В. О. і Муж Г. В. дослідили життєвий стан *Pinus sylvestris* L., визначення індексу тривалості життя хвої та встановили залежності цих показників від рівня забруднення атмосферного повітря на

досліджуваних територіях. Автори отримали результати, аналізуючи в комплексі показники життєвого стану *P. sylvestris* L. та індексу тривалості життя хвої. Стверджують, що на ділянках з найчистішим повітрям, хвоя сосни звичайної знаходиться в дуже гарному стані і навпаки, найбільшим є рівень забруднення атмосферного повітря в межах ділянки, на якій ростуть сосни, хвоя яких знаходиться поганому стан, що корелює з її місцезростанням та рівнем антропогенного навантаження на неї [27, с. 40].

Метод дендроіндикації базується на виявленні залежності ступеня пошкодження хвої (некротів і хлорозів) від забруднення повітря в районі розвитку сосни звичайної діоксидом сульфуру [23, с. 104].

За умов відсутності техногенного впливу в лісових екосистемах основна маса хвої сосни не ушкоджена і лише мала частина хвоїнок має світло-зелені плями й некротичні вкраплення мікроскопічних розмірів, рівномірно розташовані по всій поверхні. В атмосфері забрудненій діоксидом сульфуру з'являються пошкодження і знижується тривалість життя хвої сосни [23, с. 104].

Барабаш О.В у своїй праці також дослідив дане питання та встановив, що некротичні ушкодження та хлорози хвої *P. sylvestris* є цінним біологічним індикатором, а запропонований метод дендроіндикаційних досліджень, хоча і не дає вимірних показників забруднення атмосферного повітря діоксидом сульфуру, але дозволяє визначити вплив забруднюючих речовин, які входять до складу відпрацьованих газів автомобілів та утворюються в результаті діяльності підприємств [23, с. 106].

Метод біоіндикації за допомогою сосни звичайної розглядала у своїй праці Хомін.К.О. Вона встановила, що такий аналіз хвої за ступенем пошкодження атмосферними забрудненнями дає можливість оцінити життєве благополуччя рослин-індикаторів і опосередковано судити про ступінь забруднення атмосфери на досліджуваній ділянці [26, с. 41].

Рослини, які зростають в місті, найбільше страждають від вихлопних газів автомобілів і викидів підприємств. Вони рано старіють, рідшає і спотворюються їх крона, завчасно опадає листя і хвоя. У сосен, що ростуть в місті, поб-

лизу великої кількості промислових підприємств, хвоя опадає тим швидше, чим сильніше забруднене атмосферне повітря. У нормі хвоя сосни звичайної опадає через 3-4 роки, тоді як поблизу від промислових підприємств значно раніше [26, с. 41].

Підвищена чутливість хвоїнок до забруднення шкідливими речовинами пов'язана з тривалим терміном життя хвої, активним поглинанням газів і зниженням маси хвої. Хвойні рослини зручні тим, що можуть служити біоіндикаторами цілий рік і вони є невибагливими до місцевих кліматичних умов, ґрунтів і вологи [26, с. 45].

РОЗДІЛ 2 МЕТОДИ ТА МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Об'єктом дослідження кваліфікаційної (магістерської) роботи нами було обрано *Pinus sylvestris* L. Це багаторічна деревна голонасінна рослина.

Для виконання завдань роботи ми застосовували методи маршрутних досліджень, описовий метод, метод збору та гербаризації хвої *Pinus sylvestris* L. на обраних моніторингових ділянках.

Принцип методу екологічної індикації заснований на виявленні залежності ступеня пошкодження хвої (хлорозів, некрозів) від забруднення повітря в районі виростання сосни звичайної [24, с. 55-56].

Порядок виконання дослідження за цим методом наступний:

1. Вибрати сосонки висотою 1-1,5 м на відкритій місцевості з 8-15 бічними пагонами. Вибірку хвої необхідно робити з кількох близько зростаючих дерев на площі 10×10 м². У блокнот вносяться відомості про місце збору і наявності поблизу можливого інтенсивного руху транспорту; вказується також час огляду хвої. Також враховується ступінь вигоптаності ділянки навколо сосни [28, с. 16].

Ступінь вигоптаності ділянки оцінюється балами 1-4: 1 – вигоптування немає; 2 – вигоптані стежки; 3 – немає ні трави, ні чагарників; 4 – залишилося трохи трави навколо дерев. При вигоптаності території, оцінюваної балами 3 і 4, експрес-оцінка повітряного забруднення неможлива [24, с. 55-56].

2. Оглянути у кожного дерева хвоїнки попереднього року (другий зверху колотівки). Якщо дерева дуже великі, то обстеження проводити на бічному пагоні у четвертій зверху мутовці. Всього збирають або оглядають не менше 30 хвоїнок. Шипик хвоїнки завжди світліше, він не оцінюється [24, с. 55-56].

За ступенем пошкодження і всихання хвої виділяють кілька класів (рис. 2.1).

Для визначення класів пошкодження хвоїнок сосни використовували дослідження некротичних станів (рис. 2.2).

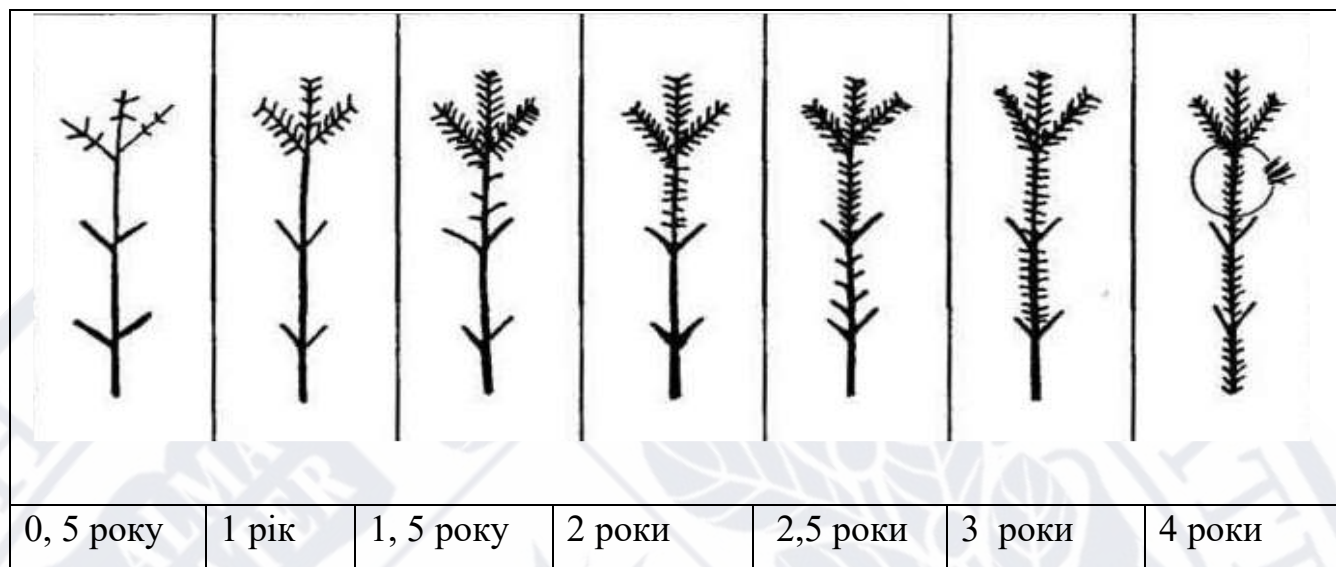


Рисунок 2.1. Частина пагону, на якому проводять дослідження хвої для експрес-аналізу якості атмосферного повітря.

Класи пошкодження (некрози)	1	2	3			
Класи всихання	1	1	1	2	3	4

Рисунок 2.2. Класи пошкодження і всихання хвої *Pinus sylvestris* L.:

Класи пошкодження: 1 - хвоїнки без плям; 2 - хвоїнки з невеликою кількістю дрібних плям; 3 - хвоїнки з великою кількістю чорних і жовтих плям;
 Класи всихання: 1 - на хвоїнках немає сухих ділянок; 2 - на хвоїнках усох кінчик 2-5 мм; 3 - всохла 1/3 хвоїнки; 4 - вся або велика частина хвоїнки суха.

3. Визначити тривалість життя хвої. Обстежити верхівкову частину стовбура за останні роки: кожна колотівка, вважаючи зверху, - це рік життя [24, с. 55-56].

4. Провести оцінку ступеня забруднення повітря за оціночною шкалою, що включає вікові характеристики хвої, а також класи пошкодження хвої на пагонах другого року життя за допомогою таблиці 2.1 [24, с. 55-56].

Таблиця 2.1 – Експрес-оцінка забруднення повітря (I-VI) з використанням *Pinus sylvestris* L.

Максимальний вік хвої	Клас пошкодження хвої на гілках другого року життя		
4	I	I-II	III
3	I	II	III-IV
2	II	III	IV
2	-	IV	IV-V
1	-	IV	V-VI
1	-	-	VI

Примітка. I - повітря ідеально чисте; II - чисте; III - відносно чисте («норма»); IV - забруднене («тривога»); V - брудне («небезпечно»); VI - дуже брудне («шкідливо»).

Визначення віку *Pinus sylvestris* L.:

1) Визначити вік дерева можна за формулою $L = K \times C$, де L – вік дерева, K – коефіцієнт, C – довжина кола (обхват) стовбура дерева на висоті 1,3 метри.

Коефіцієнт для Сосни звичайної = 0,7 (для вологих місць з природним ґрунтом) до 1,5 (на сухому скельному ґрунті).

2) Ще існує спосіб визначення віку Сосни звичайної за допомогою колотівок.

Колотівки – це як правило, 4-5 гілок, які розходяться віялом на всі боки, розташувались навколо стовбура на одному рівні. «Поверх» за «поверхом» до самої вершини. При чому кожен рік утворюється нова. Колотівки допомагають визначити вік дерева: скільки мутовок - стільки років сосні. Але визначати вік

таким способом можна тільки у молодих дерев. У старих екземплярів нижні колотівки відмирають і заростають, утворюючи голий стовбур [28, с. 19].

Також для виконання завдань роботи ми використовували метод дослідження транспортного навантаження на обрані моніторингові ділянки.

Порядок виконання дослідження за цим методом наступний:

1. Визначити відстань від дороги до місця дослідження.
2. Провести підрахунок кількості автомобілів на шляхах протягом 4-х періодів найінтенсивнішого руху з: 7 до 11, 11 до 15, 15 до 19, 19 до 23 год. [Лук'янова, с. 88].

3. Інтенсивність дорожнього руху є різною як протягом доби, так і у різні дні тижня. Отже необхідно реєструвати інтенсивність автомобільного потоку 4 рази на день протягом трьох днів тижня, один з них – вихідний.. Результати спостережень треба внести у таблицю 2.2 [29, с. 88].

Таблиця 2.2 – Інтенсивність руху автомобільного потоку за 1 день (Приклад)

№ п/п	Період руху (години)	Вантажівки			Автобуси	Легкові	Середня кількість за період
		Легкої вантажності	Середньої вантажності	Важкої вантажності			
1	7-11	65	45	15	50	400	115
2	11-15	50	35	10	50	350	99
3	15-19	65	45	7	50	420	117
4	19-23	30	25	5	25	250	67
Середня кількість за добу		52	37	9	43	355	99

4. Розрахувати, скільки приблизно палива було витрачено за кожний період дослідження руху автомобілів й скільки вуглекислого газу при цьому надійшло в атмосферу. На 100 км автомобіль у місті в середньому витрачає 10 л пального. Середня швидкість автотранспорту у місті становить приблизно 40 км/год. При згорянні 1 м³ бензину виділяється 1,5 м³ вуглекислого газу [29, с. 89].

5. Для визначення витраченого палива за кожний період руху автомобіля й й скільки вуглекислого газу при цьому надійшло в атмосферу необхідно зробити наступні розрахунки (всі значення наведені для прикладу):

Для визначення кількості витраченого пального за кожний період дослідження руху автомобілів необхідно середню кількість автомобілів розділити на 10 л (- це та кількість пального, яку витрачає автомобіль на 100 км автомобіль у місті/селі при швидкості приблизно 40 км/год.)

- Вантажівки (легкої вантажності): $9/10 = 0,9$ л.
- Вантажівки (середньої вантажності): $6/10 = 0,6$ л.
- Вантажівки (важкої вантажності): $4/10 = 0,4$ л.
- Автобуси: $8/10 = 0,8$ л.
- Легковики: $82/10 = 8,2$ л.

Для визначення скільки вуглекислого газу при цьому надійшло в атмосферу необхідно скласти пропорцію:

- Вантажівки (легкої вантажності):

$$1 \text{ м}^3 = 1,5 \text{ м}^3$$

$$0,0009 \text{ м}^3 = x \text{ м}^3$$

$x = (0,0009 * 1,5)/1 = 0,00135 \text{ м}^3$ (де $x \text{ м}^3$ - це кількість вуглекислого газу яка надійшла в атмосферу; $1,5 \text{ м}^3$ – це та кількість вуглекислого газу, яка виділяється при згорянні 1 м^3 бензину; $0,0009 \text{ м}^3$ – це кількість витраченого пального за кожний період дослідження руху автомобілів).

- Вантажівки (середньої вантажності):

$$1 \text{ м}^3 = 1,5 \text{ м}^3$$

$$0,0006 \text{ м}^3 = x \text{ м}^3$$

$x = (0,0006 * 1,5)/1 = 0,0009 \text{ м}^3$ (де $x \text{ м}^3$ - це кількість вуглекислого газу яка надійшла в атмосферу; $1,5 \text{ м}^3$ – це та кількість вуглекислого газу, яка виділяється при згорянні 1 м^3 бензину; $0,0006 \text{ м}^3$ – це кількість витраченого пального за кожний період дослідження руху автомобілів).

- Вантажівки (важкої вантажності):

$$1 \text{ м}^3 = 1,5 \text{ м}^3$$

$$0,0004 \text{ м}^3 = x \text{ м}^3$$

$x = (0,0004 * 1,5)/1 = 0,0006 \text{ м}^3$ (де $x \text{ м}^3$ - це кількість вуглекислого газу яка надійшла в атмосферу; $1,5 \text{ м}^3$ – це та кількість вуглекислого газу, яка виділяється при згорянні 1 м^3 бензину; $0,0004 \text{ м}^3$ – це кількість витраченого пального за кожний період дослідження руху автомобілів).

- Автобуси:

$$1 \text{ м}^3 = 1,5 \text{ м}^3$$

$$0,0008 \text{ м}^3 = x \text{ м}^3$$

$x = (0,0008 * 1,5)/1 = 0,0012 \text{ м}^3$ (де $x \text{ м}^3$ - це кількість вуглекислого газу яка надійшла в атмосферу; $1,5 \text{ м}^3$ – це та кількість вуглекислого газу, яка виділяється при згорянні 1 м^3 бензину; $0,0008 \text{ м}^3$ – це кількість витраченого пального за кожний період дослідження руху автомобілів).

- Легковики:

$$1 \text{ м}^3 = 1,5 \text{ м}^3$$

$$0,0082 \text{ м}^3 = x \text{ м}^3$$

$x = (0,0082 * 1,5)/1 = 0,0123 \text{ м}^3$ (де $x \text{ м}^3$ - це кількість вуглекислого газу яка надійшла в атмосферу; $1,5 \text{ м}^3$ – це та кількість вуглекислого газу, яка виділяється при згорянні 1 м^3 бензину; $0,0082 \text{ м}^3$ – це кількість витраченого пального за кожний період дослідження руху автомобілів).

6. На основі теоретичних даних обчислити масу CO_2 , який потрапляє в атмосферу поблизу місця дослідження.

7. Вивести узагальнений показник забрудненості атмосфери вихлопними газами біля місця дослідження.

РОЗДІЛ 3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА РОБОТИ

3.1 Характеристика територій

1) Вінницька область, Вінницький район, Лука-Мелешківська ОТГ, с.Лука-Мелешківська. Село Лука-Мелешківська межує з обласним центром м. Вінниця. Територія населеного пункту – 846,8 га, населення складає – 4453 осіб.

Відстань від центру села до м. Вінниці –10 км. Лука-Мелешківська лежить по обидва боки річки Чаплі - лівої притоки Бугу. Впродовж усієї течії річка перегороджена греблями й створює цілу систему ставків. Свого часу у них було добре розвинене рибне господарство, але в останні роки вони перебувають у занедбаному стані. Ґрунти села переважно суглинкові. З усіх боків Луку-Мелешківську оточують невеликі ліси: з півночі - Дубріянів, з заходу - Запуст і Городище, з півдня - Струсів, зі сходу - левади зі змішаною деревиною. У лісах переважає граб, є також дуб, береза, ясен, клен, вільха, осика, акація, сосна, ялина. Липа тепер зустрічається досить рідко. З кущів у лісах ростуть: глід, ліщина, бузина, калина, шипшина та ін. З об'єктів промисловості на території села присутній плодоовочевий завод, який належить юридичній особі ТОВ «АГРАНА ФРУТ ЛУКА». Центром села проходить автомобільна дорога – Тиврівське шосе [30, с. 5].

2) Вінницька область, Вінницький район, Лука-Мелешківська ОТГ, с.Прибузьке. Територія села Прибузьке становить 114,15 га, населення складає – 410 осіб. Прибузьке лежить на лівому березі річки Південний Буг. Ґрунти села переважно суглинкові. Відстань від центру села м. Вінниця – 15 км. На території села, немає об'єктів промисловості. Територією села проходить дорога сільського значення [30, с. 5].

3) Вінницька область, Вінницький район, м. Вінниця, мікрорайон Сабарів. Сабарів — мікрорайон м. Вінниці. Розташований на півдні міста (правий берег Південного Бугу), поруч з однойменною гідроелектростанцією. Місцевість навколо Сабарова відома своїми мальовничими краєвидами. Для багатьох вінничан це одне з найкращих місць для відпочинку: велопогулянки вузькими

бали. Повторне обстеження ділянки було проведено 21.09.2024 р. За такими двома показниками, як площа насадження і ступінь вигоптаності змін не було.



Рисунок 3.2.1 Ділянка № 1. с. Прибузьке

1) У 2022 році було обстежено дерево №1 ($49^{\circ}10'48.40''N28^{\circ}25'41.49''E$), дерево №2 ($49^{\circ}10'48.45''N28^{\circ}25'41.52''E$), та дерево №3 ($49^{\circ}10'48.31''N28^{\circ}25'41.41''E$).

2) Встановлено орієнтовний вік для обраних рослин. Для цього було використано два методи. Перший - це за формулою $L = K \times C$, де L – вік дерева, K – коефіцієнт, C – довжина кола (обхват) стовбура дерева на висоті 1,3 метри. Коефіцієнт для *Pinus sylvestris* L. дорівнює 0,7 (для вологих місць з природним ґрунтом). При повторному обстеженні ділянки у 2024 році ми знову скористалися даним методом. Одержані результати занесли у таблицю 3.2.1 наступні дані:

Таблиця 3.2.1 – Орієнтовний вік рослин, який визначено за обліковим методом у 2022 і 2024 роках відповідно.

№ дослідженої рослини	2022 рік	2024 рік
	Вік рослини, (років)	Вік рослини, (років)
№1	8	10
№2	5	7
№3	7	9

Другий метод встановлення віку *Pinus sylvestris* L. базується на візуальному спостереженні за колотівками. Колотівки – це зазвичай, 4-5 гілок, які ростуть віялом на всі сторони, розташувавшись навкруги стовбура на однаковій висоті.

«Ярус» за «ярусом» до самої вершини. До того ж кожен наступний рік закладається нова. Колотівки можуть допомогти дізнатися, яка кількість років дереву: скільки мутовок – такий вік дерева. Одержані результати занесли до таблиці 3.2.2:

Таблиця 3.2.2 – Орієнтовний вік рослин, який визначено за візуальним методом у 2022 і 2024 роках відповідно.

2022 рік		
№ дослідженої рослини	Кількість колотівок	Орієнтовний вік рослини
№1	6	6
№2	5	5
№3	7	7
2024 рік		
№ дослідженої рослини	Кількість колотівок	Орієнтовний вік рослини
№1	7	7
№2	6	6
№3	8	8

Встановлено, що результати відрізняються для всіх трьох дерев *Pinus sylvestris* L. Припускаємо, що метод за формулою точніший. Тому що на зростання даних колотівок діє багато факторів, наприклад: погодні умов, наявність необхідних поживних речовин. Новий «ярус» міг і не вирости, якщо рік був невдалий з точки зору цих умов.



Рисунок 3.2.2 *Pinus sylvestris* L. № 1, зліва 2022 рік, справа 2024 рік
(49°10'48.40"N28°25'41.49"E) Ділянка № 1



Рисунок 3.2.3 *Pinus sylvestris* L. № 2, зліва 2022 рік, справа 2024 рік
(49°10'48.45"N28°25'41.52"E) Ділянка № 1



Рисунок 3.2.4 *Pinus sylvestris* L. № 3, зліва 2022 рік, справа 2024 рік
(49°10'48.31"N28°25'41.41"E) Ділянка № 1

3) У 2022 і 2024 роках було обстежено у сосон хвоїнки минулого року. Зібрано з кожного дерева 30 хвоїнок для наступної частини дослідження.

4) Було досліджено кожну хвоїнку на присутність ушкоджень, некрозів та всихань, і розподілено їх на класи (рис. 2.2)

Класи пошкодження: 1 - хвоїнки без плям; 2 - хвоїнки з невеликою кількістю дрібних плям; 3 - хвоїнки з великою кількістю чорних і жовтих плям.

Класи всихання: 1 - на хвоїнках немає сухих ділянок; 2 - на хвоїнках усох кінчик 2-5 мм; 3 - всохла 1/3 хвоїнки; 4 - вся або велика частина хвоїнки суха

5) Додали одержані відомості до таблиці 3.2.3 і порівняли результати за 2022 і 2024 роки відповідно (див. Додаток А)

6) Зроблено оцінку ступеня забрудненості повітря для даної території і додано дані у таблицю 3.2.4

Таблиця 3.2.4 - Експрес-оцінка забруднення повітря (I-VI) з використанням *Pinus sylvestris* L. для ділянки №1 за 2022 і 2024 роки відповідно

2022 рік			2024 рік		
Вік дерева, роки	Клас пошкодження	Клас всихання	Вік дерева, роки	Клас пошкодження	Клас всихання
8	I-II	I-II (3 хвоїнки мали клас всихання III)	10	I-II	I-II (4 хвоїнки мали клас всихання III)
5	I-II	I-II (1 хвоїнка мали клас всихання III)	7	I-II	I-II (2 хвоїнка мали клас всихання III)
7	I-II	I-II (2 хвоїнки мали клас всихання III)	9	I-II	I-II (2 хвоїнки мали клас всихання III)

Примітка. I - повітря ідеально чисте; II - чисте; III - відносно чисте («норма»); IV - забруднене («тривога»); V - брудне («небезпечно»); VI - дуже брудне («шкідливо»);

З проведених нами досліджень видно, що і у 2022 і у 2024 роках хвоя сосни знаходиться в гарному стані. Вона в основній своїй масі немає некротичних плям і ділянок всихання. У 2022 році лише деякі з досліджених хвоїнок мали невелику кількість плям і засохлий кінчик, і у 6 хвоїнок всохла 1/3 хвоїнки, 2024-го року результат аналогічний, і у 8 хвоїнок всохла 1/3 хвоїнки. Тому у 2022 році ми зробили висновок, що повітря на даній території – чисте та/або відносно чисте і цей результат не змінився і 2024-го року.

3.2.1 Транспортне навантаження на ділянку № 1

- 1) Було визначено відстань від місця дослідження до дороги, і вона складає – 470 м.
- 2) Проведено підрахунок кількості автомобілів на шляхах протягом 4-х періодів найінтенсивнішого руху з: 7 до 11, 11 до 15, 15 до 19, 19 до 23 год.
- 3) Інтенсивність дорожнього руху є різною як протягом доби, так і у різні дні тижня. Отже необхідно реєструвати інтенсивність автомобільного потоку 4 рази на день протягом трьох днів тижня, один з них – вихідний. На даній ділянці ми вели спостереження протягом 3 днів (19.09.2024 р., 20.09.2024 р., 21.09.2024 р.) Результати спостережень було внесено у таблиці.

Таблиця 3.2.1.1 - Інтенсивність руху автомобільного потоку за 1 день (19.09.2024 р.)

№ п/п	Період руху (години)	Вантажівки			Автобуси	Легкові	Середня кількість за період
		Легкої вантажності	Середньої вантажності	Важкої вантажності			
1	7-11	5	6	3	8	120	28
2	11-15	10	8	2	8	70	20
3	15-19	12	5	4	8	100	26
4	19-23	13	8	3	8	50	16
Середня кількість за добу		10	7	3	8	85	23

Таблиця 3.2.1.2 - Інтенсивність руху автомобільного потоку за 2 день
(20.09.2024 р.)

№ п/п	Період руху (години)	Вантажівки			Автобуси	Легкові	Середня кількість за період
		Легкої вантажності	Середньої вантажності	Важкої вантажності			
1	7-11	15	9	5	8	130	33
2	11-15	12	9	6	8	83	24
3	15-19	14	7	8	8	95	26
4	19-23	10	9	5	8	75	21
Середня кількість за добу		13	8	6	8	96	26

Таблиця 3.2.1.3 - Інтенсивність руху автомобільного потоку за 3 день
(21.09.2024 р. - вихідний)

№ п/п	Період руху (години)	Вантажівки			Автобуси	Легкові	Середня кількість за період
		Легкої вантажності	Середньої вантажності	Важкої вантажності			
1	7-11	3	3	2	8	95	22
2	11-15	6	4	2	8	55	15
3	15-19	7	2	4	8	75	19
4	19-23	5	4	3	8	35	11
Середня кількість за добу		5	3	3	8	65	17

4) Розрахували, скільки приблизно палива було витрачено за кожний період дослідження руху автомобілів й скільки вуглекислого газу при цьому надійшло в атмосферу. Було враховано те, що на 100 км автомобіль у місті/селі в середньому витрачає 10 л пального. Середня швидкість автотранспорту у місті/селі становить приблизно 40 км/год. При згорянні 1 м³ бензину виділяється 1,5 м³ вуглекислого газу.

5. Вивели узагальнений показник забрудненості атмосфери вихлопними газами біля місця дослідження.

Отримані дані внесли у зведену таблицю 3.2.1.4.

Таблиця 3.2.1.4 – Орієнтовний рівень забруднення атмосфери біля ділянки дослідження № 1

№ п/п	Якісний склад транспорту	Середня кількість одиниць транспорту	Кіль-сть витраченого пального	Кількість газів, що надійшли в атмосферу, м ³	Рівень забруднення*
				CO ₂	
1	Легкої вантажності	9	0,9	0,00135	низький
2	Середньої вантажності	6	0,6	0,0009	низький
3	Важкої вантажності	4	0,4	0,0006	низький
4	Автобуси	8	0,8	0,0012	низький
5	Легкові	82	8,2	0,0123	низький

*Примітка: Рівень забрудненості оцінюється за 3-х бальною шкалою: низький, середній, високий.

З проведених нами досліджень і розрахунків можна зробити висновок, що рівень забруднення атмосферного повітря на даній моніторинговій ділянці є низьким. З результатів роботи стає зрозумілим, що даний результат є можливим внаслідок низької інтенсивності руху автомобілів на даному шляху. Тобто рівень транспортного навантаження на цю ділянку є низьким.

3.3 Результати моніторингових досліджень стану атмосферного повітря для ділянки № 2

Дослідження ділянки № 2 проводилося протягом 2022 і 2024 років. 15.10.2022 р. було здійснено перший огляд ділянки. Дане насадження *Pinus sylvestris* L. знаходиться поряд з дорогою з інтенсивним рухом – Тиврівським шосе та плодоовочевим заводом у селі Лука-Мелешківська, Лука-Мелешківській об'єднаній територіальній громаді, Вінницькому районі, Вінницької області. Площа насадження – 0,02 га. На ділянці було помічено

витоптані стежки, тому ступінь витоптаності оцінено в 2 бали. Повторне обстеження ділянки було проведено 21.09.2024 р. За такими двома показниками, як площа насадження і ступінь витоптаності змін не виявили.



Рисунок 3.3.1 Ділянка № 2. с. Лука-Мелешківська

1) Було обстежено дерево *Pinus sylvestris* L. №1 (49°10'23.98"N28°30'0.31"E), дерево №2 (49°10'23.81"N28°30'0.18"E), та дерево №3 (49°10'23.70"N28°30'0.06"E). У блокнот записано інформацію про місце збору.

2) Встановлено, яка кількість років даним рослинам. Для цього використали дві методики, для того щоб їх порівняти. Перша базується на використанні даною формули $L = K \times C$, де L – вік дерева, K – коефіцієнт, C – довжина кола (обхват) стовбура дерева на висоті 1,3 метри. Коефіцієнт для *Pinus sylvestris* L. = 0,7 (для вологих місць з природним ґрунтом). При повторному обстеженні ділянки у 2024 році ми знову скористалися даним методом. Отримали наступні результати:

Таблиця 3.3.1 – Орієнтовний вік рослин, який визначено за першим методом у 2022 і 2024 роках відповідно.

№ дослідженої рослини	2022 рік	2024 рік
	Вік рослини, (років)	Вік рослини, (років)
№1	10	12
№2	12	14
№3	8	10

Другий метод встановлення віку *Pinus sylvestris* L. Базується на візуальному спостереженні за колотівками. Колотівки – це зазвичай, 4-5 гілок, які ростуть віялом на всі сторони, розташувались навколо стовбура на однаковій висоті.

«Ярус» за «ярусом» до самої вершини. До того ж кожен наступний рік закладається нова. Колотівки можуть допомогти визначити вік дерева: скільки мутовок - стільки років сосні. Отримано наступні результати:

Таблиця 3.3.2 – Орієнтовний вік рослин, який визначено за другим методом у 2022 і 2024 роках відповідно.

2022 рік		
№ дослідженої рослини	Кількість колотівок	Орієнтовний вік рослини
№1	7	7
№2	7	7
№3	7	7
2024 рік		
№ дослідженої рослини	Кількість колотівок	Орієнтовний вік рослини
№1	9	9
№2	9	9
№3	9	9

Помічено, що результати різні для всіх дерев. Визначили, що метод за формулою більш точний. На ріст колотівок може впливати багато факторів: погодні умов, наявність поживних речовин. Якщо рік був несприятливий з точки зору цих умов, то новий «поверх» взагалі міг не вирости.



Рисунок 3.3.2 Сосна № 1, зліва 2022 рік, справа 2024 рік (49°10'23.98"N28°30'0.31"E) Ділянка № 2



Рисунок 3.3.3 Сосна № 2, зліва 2022 рік, справа 2024 рік
(49°10'23.81"N28°30'0.18"E) Ділянка № 2



Рисунок 3.3.4 Сосна № 3, зліва 2022 рік, справа 2024 рік
(49°10'23.70"N28°30'0.06"E) Ділянка № 2

3) За період 2022-2024 років у дерев було оглянуто хвоїнки попереднього року. З кожного дерева зібрали 30 хвоїнок для подальшого дослідження.

4) Потім, кожну хвоїнку дослідили на наявність пошкоджень, некротів та всихань, і розподілено їх на класи.

Класи пошкодження: 1 - хвоїнки без плям; 2 - хвоїнки з невеликою кількістю дрібних плям; 3 - хвоїнки з великою кількістю чорних і жовтих плям.

Класи всихання: 1 - на хвоїнках немає сухих ділянок; 2 - на хвоїнках усох кінчик 2-5 мм; 3 - всохла 1/3 хвоїнки; 4 - вся або велика частина хвоїнки суха

5) Занесли опрацьовані дані до таблиці 3.3.3. У якій порівняли результати за 2022 і 2024 роки відповідно (див. Додаток Б)

6) Проведено оцінку ступеня забрудненості повітря для даної території і внесено дані у таблицю 3.3.4

Таблиця 3.3.4 - Експрес-оцінка забруднення повітря (I-VI) з використанням *Pinus sylvestris* L. для ділянки №2 за 2022 і 2024 роки відповідно

2022 рік			2024 рік		
Вік дерева, роки	Клас пошкодження	Клас всихання	Вік дерева, роки	Клас пошкодження	Клас всихання
10	I-II	I-II	12	I-II	I-II
12	I-II	I-II	14	I-II	I-II
8	I-II	I-II (2 хвоїнки мали клас всихання III)	10	I-II	I-II (3 хвоїнки мали клас всихання III)

Примітка. I - повітря ідеально чисте; II - чисте; III - відносно чисте («норма»); IV - забруднене («тривога»); V - брудне («небезпечно»); VI - дуже брудне («шкідливо»);

З проведених нами досліджень у 2022 році видно, що хвоя сосни знаходиться в гарному стані. Вона в основній своїй масі немає некрозних плям і ділянок всихання. Лише деякі з досліджених хвоїнок мали невелику кількість плям і всохший кінчик. Тому ми зробили висновок, що повітря на даній території – чисте. При повторному дослідженні у 2024 році цей результат не змінився.

3.3.1 Транспортне навантаження на ділянку № 2

- 1) Відстань від місця дослідження до дороги становить – 82 м.
- 2) Зробили підрахунок кількості автомобілів на дорозі протягом 4-х періодів найінтенсивнішого руху з: 7 до 11, 11 до 15, 15 до 19, 19 до 23 год.
- 3) Інтенсивність дорожнього руху є різною як протягом доби, так і у різні дні тижня. Отже необхідно реєструвати інтенсивність автомобільного потоку 4

рази на день протягом трьох днів тижня, один з них – вихідний. На даній локації ми провели спостереження протягом 3 днів (22.09.2024 р., 23.09.2024 р., 24.09.2024 р.) Результати було внесено до таблиць.

Таблиця 3.3.1.1 - Інтенсивність руху автомобільного потоку за 1 день (22.09.2024 р. - вихідний)

№ п/п	Період руху (години)	Вантажівки			Автобуси	Легкові	Середня кількість за період
		Легкої вантажності	Середньої вантажності	Важкої вантажності			
1	7-11	100	72	30	25	225	101
2	11-15	85	45	25	25	270	102
3	15-19	96	86	22	25	325	122
4	19-23	75	62	20	25	290	94
Середня кількість за добу		89	38	24	25	277	105

Таблиця 3.3.1.2 - Інтенсивність руху автомобільного потоку за 2 день (23.09.2024 р.)

№ п/п	Період руху (години)	Вантажівки			Автобуси	Легкові	Середня кількість за період
		Легкої вантажності	Середньої вантажності	Важкої вантажності			
1	7-11	150	94	61	33	400	148
2	11-15	140	85	46	35	370	135
3	15-19	137	112	53	36	325	132
4	19-23	146	92	63	31	410	148
Середня кількість за добу		143	96	56	34	376	141

Таблиця 3.3.1.3 - Інтенсивність руху автомобільного потоку за 3 день (24.09.2024 р.)

№ п/п	Період руху (години)	Вантажівки			Автобуси	Легкові	Середня кількість за період
		Легкої вантажності	Середньої вантажності	Важкої вантажності			
1	7-11	135	86	54	36	380	138
2	11-15	112	97	43	33	370	131
3	15-19	145	105	60	32	365	141
4	19-23	127	83	35	31	410	137
Середня кількість за добу		130	93	48	33	381	137

4) Розрахували, скільки приблизно палива було витрачено за кожний період дослідження руху автомобілів й скільки вуглекислого газу при цьому надійшло в атмосферу. Для цього врахували те, що на 100 км автомобіль у місті/селі в середньому витрачає 10 літрів палива. Середня швидкість автотранспорту у місті/селі становить приблизно 40 км/год. При згорянні 1 м³ бензину виділяється 1,5 м³ вуглекислого газу.

5. Вивели узагальнений показник забрудненості атмосфери вихлопними газами біля ділянки дослідження.

Отримані дані внесли у зведену таблицю 3.3.1.4

Таблиця 3.3.1.4 – Орієнтовний рівень забруднення атмосфери біля ділянки дослідження № 2

№ п/п	Якісний склад транспорту	Середня кількість одиниць транспорту	Кіль-сть витраченого пального	Кількість газів, що надійшли в атмосферу, м ³	Рівень забруднення*
				CO ₂	
1	Легкої вантажності	121	12,1	0,0182	середній
2	Середньої вантажності	76	7,6	0,0114	середній
3	Важкої вантажності	43	4,3	0,00645	низький
4	Автобуси	31	3,1	0,00465	низький
5	Легковики	345	34,5	0,0518	високий

*Примітка: Рівень забрудненості оцінюється за 3-х бальною шкалою: низький, середній, високий.

Отже, врахувавши вище викладену інформацію можемо припустити, що рівень забрудненості атмосферного повітря на моніторинговій ділянці № 2 є середнім. З результатів візуального спостереження і розрахунків ми зробили висновок, що даний результат спричинений внаслідок середньої інтенсивності руху автомобілів на даній дорозі. Тобто рівень транспортного навантаження на цю ділянку є середнім.

3.4 Результати моніторингових досліджень стану атмосферного повітря для ділянки № 3

Моніторингове дослідження стану атмосферного повітря на даній ділянці проводили протягом 2022 і 2024 років. (Дану ділянку ми обрали для того, щоб порівняти результати з іншими ділянками на яких все таки присутній, хоч і мінімальний але антропогенний вплив). 21.10.2022 р. ми реалізували перше дослідження. Дослідження проводилося у Вінницькій області, Вінницькому районі, Лука-Мелешківській об'єднаній територіальній громаді, селі Лука-Мелешківська. Площа насадження на момент 2022-го року – 0,02 га. Ступінь витоптаності ділянки оцінили в 2 бали (витоптані стежки). Поруч присутня польова дорога. Повторне обстеження ділянки було проведено 21.09.2024 р. За такими двома показниками, як площа насадження і ступінь витоптаності змін не виявили.



Рисунок 3.4.1 Ділянка № 3. с. Лука-Мелешківська

1) Було обрано Сосну №1 ($49^{\circ}9'27.61''N 28^{\circ}27'32.03''E$), Сосну №2 ($49^{\circ}9'27.61''N 28^{\circ}27'32.49''E$), та Сосну №3 ($49^{\circ}9'27.55''N 28^{\circ}27'33.99''E$). У блокнот було внесено відомості про місце збору.

2) Було визначено вік рослин. Для цього ми використали дві методики, щоб їх порівняти. Перша з них це за формулою $L = K \times C$, де L – вік дерева, K – коефіцієнт, C – довжина кола (обхват) стовбура дерева на висоті 1,3 метри. Коефіцієнт для Сосни звичайної = 0,7 (для вологих місць з природним

грунтом). При повторному обстеженні ділянки у 2024 році ми знову скористалися даним методом. Отримали наступні результати:

Таблиця 3.4.1 – Орієнтовний вік рослин, який визначено за першим методом у 2022 і 2024 роках відповідно.

№ дослідженої рослини	2022 рік	2024 рік
	Вік рослини, (років)	Вік рослини, (років)
№1	19	21
№2	11	13
№3	19	21

Другий спосіб визначення віку Сосни звичайної за допомогою колотівок. Колотівки – це як правило, 4-5 гілок, які розходяться віялом на всі боки, розташувались навколо стовбура на одному рівні. «Поверх» за «поверхом» до самої вершини. При чому кожен рік утворюється нова. Колотівки допомагають визначити вік дерева: скільки мутовок - стільки років сосні. Отримали наступні результати:

Таблиця 3.4.2 – Орієнтовний вік рослин, який визначено за другим методом у 2022 і 2024 роках відповідно.

2022 рік		
№ дослідженої рослини	Кількість колотівок	Орієнтовний вік рослини
№1	9	9
№2	9	9
№3	10	10
2024 рік		
№ дослідженої рослини	Кількість колотівок	Орієнтовний вік рослини
№1	11	11
№2	11	11
№3	12	12

Як було помічено, результати відрізняються для кожного з трьох дерев. Вважаємо, що спосіб за формулою більш точний. Тому що на ріст цих колотівок впливає багато факторів: погодні умов, наявність поживних речовин. Якщо рік був несприятливий з точки зору цих умов, то новий «поверх» взагалі міг не вирости.



Рисунок 3.4.2 Сосна № 1, зліва 2022 рік, справа 2024 рік
(49°9'27.61"N28°27'32.03"E) Ділянка № 3



Рисунок 3.4.3 Сосна № 2, зліва 2022 рік, справа 2024 рік
(49°9'27.61"N28°27'32.49"E) Ділянка № 3



Рисунок 3.4.4 Сосна № 3, зліва 2022 рік, справа 2024 рік
(49°9'27.55"N28°27'33.99"E) Ділянка № 3

3) У 2022 і 2024 роках оглянули у дерев хвоїнки попереднього року.
Всього зібрано з кожного дерева по 30 хвоїнок для подальшого дослідження.

4) Потім, дослідили кожну хвоїнку на наявність пошкоджень, некрозів та всихань, і розподілили їх на класи:

Класи пошкодження: 1 - хвоїнки без плям; 2 - хвоїнки з невеликою кількістю дрібних плям; 3 - хвоїнки з великою кількістю чорних і жовтих плям.

Класи всихання: 1 - на хвоїнках немає сухих ділянок; 2 - на хвоїнках усох кінчик 2-5 мм; 3 - всохла 1/3 хвоїнки; 4 - вся або велика частина хвоїнки суха

5) Занесли опрацьовані дані до таблиці 3.4.3. У якій порівняли результати за 2022 і 2024 роки відповідно (див. Додаток В)

6) Провели оцінку ступеня забрудненості повітря для даної території і внесли дані у таблицю 3.4.4.

Таблиця 3.4.4 - Експрес-оцінка забруднення повітря (I-VI) з використанням *Pinus sylvestris* L. для ділянки №3 за 2022 і 2024 роки відповідно

2022 рік			2024 рік		
Вік дерева, роки	Клас пошкодження	Клас всихання	Вік дерева, роки	Клас пошкодження	Клас всихання
19	I	I	21	I	I
11	I	I	13	I	I
19	I	I	21	I	I

Примітка. I - повітря ідеально чисте; II - чисте; III - відносно чисте («норма»); IV - забруднене («тривога»); V - брудне («небезпечно»); VI - дуже брудне («шкідливо»);

З проведених досліджень у 2022 році можна зробити висновок, що хвоя сосни знаходиться в ідеальному стані. На ній відсутні некрозні плями і ділянки всихання. Тому можна зробити висновок, що повітря на даній території – ідеально чисте. При повторному дослідженні у 2024 році висновок для даної моніторингової ділянки аналогічний.

3.4.1 Транспортне навантаження на ділянку № 3

1) Було визначено відстань від даної моніторингової ділянки до дороги і вона складає – 4 м. Дане насадження Сосни звичайної знаходиться поруч з польовою дорогою.

2) Підраховали кількість автотранспорту на дорозі протягом 4-х періодів найінтенсивнішого руху з: 7 до 11, 11 до 15, 15 до 19, 19 до 23 год.

3) Інтенсивність дорожнього руху є різною як протягом доби, так і у різні дні тижня. Отже ми реєстрували інтенсивність автомобільного потоку 4 рази на день протягом трьох днів тижня, один з них – вихідний. На даній ділянці спостереження проводилося протягом 3 днів (26.09.2024 р., 27.09.2024 р., 28.09.2024 р.) Результати візуального спостереження було внесено до таблиць.

Таблиця 3.4.1.1 - Інтенсивність руху автомобільного потоку за 1 день (26.09.2024 р.)

№ п/п	Період руху (години)	Вантажівки			Автобуси	Легкові	Середня кількість за період
		Легкої вантажності	Середньої вантажності	Важкої вантажності			
1	7-11	2	-	-	-	5	3
2	11-15	1	-	-	-	6	3
3	15-19	3	-	-	-	4	3
4	19-23	1	-	-	-	3	2
Середня кількість за добу		2	-	-	-	5	3

Таблиця 3.4.1.2 - Інтенсивність руху автомобільного потоку за 2 день (27.09.2024 р.)

№ п/п	Період руху (години)	Вантажівки			Автобуси	Легкові	Середня кількість за період
		Легкої вантажності	Середньої вантажності	Важкої вантажності			
1	7-11	1	-	-	-	5	3
2	11-15	4	-	-	-	4	4
3	15-19	2	-	-	-	6	4
4	19-23	1	-	-	-	4	2
Середня кількість за добу		2	-	-	-	5	3

Таблиця 3.4.1.3 - Інтенсивність руху автомобільного потоку за 3 день (28.09.2024 р. - вихідний)

№ п/п	Період руху (години)	Вантажівки			Автобуси	Легкові	Середня кількість за період
		Легкої вантажності	Середньої вантажності	Важкої вантажності			
1	7-11	1	-	-	-	5	4
2	11-15	1	-	-	-	3	2
3	15-19	1	-	-	-	4	3
4	19-23	1	-	-	-	3	2
Середня кількість за добу		1	-	-	-	4	3

4) Розрахували, скільки приблизно палива було витрачено за кожний період дослідження руху автомобілів й скільки вуглекислого газу при цьому надійшло в атмосферу. Для цього врахували те, що на 100 км автомобіль у місті/селі в середньому витрачає 10 літрів палива. Середня швидкість автотранспорту у місті/селі становить приблизно 40 км/год. При згорянні 1 м³ бензину виділяється 1,5 м³ вуглекислого газу.

5) Вивели узагальнений показник забрудненості атмосфери вихлопними газами біля ділянки дослідження.

Отримані дані внесли у зведену таблицю 3.4.1.4.

Таблиця 3.4.1.4 – Орієнтовний рівень забруднення атмосфери біля ділянки дослідження № 3

№ п/п	Якісний склад транспорту	Середня кількість одиниць транспорту	Кіль-сть витрачено го пального	Кількість газів, що надійшли в атмосферу, м ³	Рівень забруднення*
				CO ₂	
1	Легкої вантажності	2	0,2	0,0003	низький
2	Середньої вантажності	-	-	-	відсутній
3	Важкої вантаж-	-	-	-	відсутній

	ності				
4	Автобуси	-	-	-	відсутній
5	Легковики	5	0,5	0,0008	низький

*Примітка: Рівень забрудненості оцінюється за 3-х бальною шкалою: низький, середній, високий.

Отже, з проведених досліджень і розрахунків можна зробити висновок, рівень забруднення атмосферного повітря на моніторинговій ділянці № 3 є низьким. Це можливо через дуже низьку інтенсивність руху автотранспорту. Тобто рівень транспортного навантаження на цю ділянку є низьким.

3.5 Результати моніторингових досліджень стану атмосферного повітря для ділянки № 4

Моніторингові дослідження стану атмосферного повітря реалізовували протягом 2022 та 2024 років. 21.10.2022 р. провели первинне обстеження моніторингової ділянки. Вона знаходиться біля Сабарівської гідроелектростанції, у мікрорайоні Сабарів, місті Вінниця, Вінницькому районі, Вінницької області. Площа насадження Сосни звичайної – 0,01 га. Ступінь витоптаності ділянки оцінюється в 2 бали (витоптані стежки). Поруч є дорога з інтенсивним рухом. При повторному дослідженні даної ділянки, яке було проведено 21.09.2024 р. за такими двома показниками, як площа насадження і ступінь витоптаності змін не виявили.



Рисунок 3.5.1 Ділянка № 4. м. Вінниця, мікрорайон Сабарів

1) Ми обрали *Pinus sylvestris* L. №1 (49°11'26.94"N28°27'20.84"E), *Pinus sylvestris* L. №2 (49°11'27.12"N28°27'20.80"E), та *Pinus sylvestris* L. №3 (49°11'27.30"N28°27'20.64"E). У блокнот записали відомості про місце збору.

2) Визначили вік рослин. Для цього скористалися двома методиками, щоб їх порівняти. Перша з них це за формулою $L = K \times C$, де L – вік дерева, K – коефіцієнт, C – довжина кола (обхват) стовбура дерева на висоті 1,3 метри. Коефіцієнт для Сосни звичайної = 0,7 (для вологих місць з природним ґрунтом). При повторному дослідженні даної моніторингової ділянки у 2024 році знову визначили вік рослин за першим методом і отримали наступні результати:

Таблиця 3.5.1 – Орієнтовний вік рослин, який визначено за першим методом у 2022 і 2024 роках відповідно.

№ дослідженої рослини	2022 рік	2024 рік
	Вік рослини, (років)	Вік рослини, (років)
№1	22	24
№2	18	20
№3	10	12

Другий спосіб визначення віку Сосни звичайної базується на візуальному обстеженні колотівок. Колотівки – це як правило, 4-5 гілок, які розходяться віялом на всі боки, розташувались навколо стовбура на одному рівні. «Поверх» за «поверхом» до самої вершини. При чому кожен рік утворюється нова. Колотівки допомагають визначити вік дерева: скільки мутовок - стільки років сосні. Отримали наступні результати:

Таблиця 3.5.2 – Орієнтовний вік рослин, який визначено за другим методом у 2022 і 2024 роках відповідно.

2022 рік		
№ дослідженої рослини	Кількість колотівок	Орієнтовний вік рослини
№1	12	12
№2	11	11
№3	7	7
2024 рік		
№ дослідженої рослини	Кількість колотівок	Орієнтовний вік рослини

Продовження таблиці 3.5.2

№1	14	14
№2	13	13
№3	9	9

Як було помічено, результати відрізняються для кожного з трьох дерев. Вважаємо, що спосіб за формулою більш точний. Тому що на ріст цих колотівок впливає багато факторів: погодні умови, наявність поживних речовин. Якщо рік був несприятливий з точки зору цих умов, то новий «поверх» взагалі міг не вирости.



Рисунок 3.5.2 Сосна № 1, зліва 2022 рік, справа 2024 рік
(49°11'26.94"N28°27'20.84"E) Ділянка № 4



Рисунок 3.5.3 Сосна № 2, зліва 2022 рік, справа 2024 рік
(49°11'27.12"N28°27'20.80"E) Ділянка № 4



Рисунок 3.5.4 Сосна № 3, зліва 2022 рік, справа 2024 рік
(49°11'27.30"N28°27'20.64"E) Ділянка № 4

3) У 2022 і 2024 роках оглянули у дерев хвоїнки попереднього року. Всього зібрали з кожного дерева по 30 хвоїнок для подальшого дослідження.

4) Потім, дослідили кожну хвоїнку на наявність пошкоджень, некрозів та всихань, і розподілили їх на класи (рис. 2.2)

Класи пошкодження: 1 - хвоїнки без плям; 2 - хвоїнки з невеликою кількістю дрібних плям; 3 - хвоїнки з великою кількістю чорних і жовтих плям.

Класи всихання: 1 - на хвоїнках немає сухих ділянок; 2 - на хвоїнках усох кінчик 2-5 мм; 3 - всохла 1/3 хвоїнки; 4 - вся або велика частина хвоїнки суха

5) У таблицю 3.5.3 занесли опрацьовані дані і порівняли результати за 2022 і 2024 роки відповідно (див. Додаток Г)

6) Провели оцінку ступеня забрудненості повітря для даної території і внесли дані у таблицю 3.5.4.

Таблиця 3.5.4 - Експрес-оцінка забруднення повітря (I-VI) з використанням *Pinus sylvestris* L. для ділянки №4 за 2022 і 2024 роки відповідно

2022 рік			2024 рік		
Вік дерева, роки	Клас пошкодження	Клас всихання	Вік дерева, роки	Клас пошкодження	Клас всихання
22	I-II	I-II	24	I-II	I-II
18	I-II	I-II (1 хвоїнка мала клас всихання III)	20	I-II	I-II (2 хвоїнка мала клас всихання III)
10	I-II	I-II (2 хвоїнки мали клас всихання III)	12	I-II	I-II (2 хвоїнки мали клас всихання III)

Примітка. I - повітря ідеально чисте; II - чисте; III - відносно чисте («норма»); IV - забруднене («тривога»); V - брудне («небезпечно»); VI - дуже брудне («шкідливо»);

З проведених нами досліджень видно, що і у 2022 і у 2024 роках хвоя сосни знаходиться в гарному стані. Вона в основній своїй масі немає некротичних плям і ділянок всихання. У 2022 році лише деякі з досліджених хвоїнок мали невелику кількість плям і засохлий кінчик, і у 3 хвоїнок всохла 1/3 хвоїнки, 2024-го року результат аналогічний, і у 4 хвоїнок всохла 1/3 хвоїнки. Тому у 2022 році ми зробили висновок, що повітря на даній території – чисте та/або відносно чисте і цей результат не змінився і 2024-го року.

3.5.1 Транспортне навантаження на ділянку № 4

- 1) Відстань від місця дослідження до дороги становить – 190 м.
- 2) Зробили підрахунок кількості автомобілів на дорозі протягом 4-х періодів найінтенсивнішого руху з: 7 до 11, 11 до 15, 15 до 19, 19 до 23 год.
- 3) Інтенсивність дорожнього руху є різною як протягом доби, так і у різні дні тижня. Отже необхідно реєструвати інтенсивність автомобільного потоку 4 рази на день протягом трьох днів тижня, один з них – вихідний. На даній

локації ми провели спостереження протягом 3 днів (29.09.2024 р., 30.09.2024 р., 01.10.2024 р.) Результати було внесено до таблиць.

Таблиця 3.5.1.1 - Інтенсивність руху автомобільного потоку за 1 день (29.09.2024 р. - вихідний)

№ п/п	Період руху (години)	Вантажівки			Автобуси	Легкові	Середня кількість за період
		Легкої вантажності	Середньої вантажності	Важкої вантажності			
1	7-11	8	6	-	2	50	17
2	11-15	10	5	-	3	60	20
3	15-19	9	6	-	2	75	23
4	19-23	8	4	-	1	43	14
Середня кількість за добу		9	5	-	2	57	19

Таблиця 3.5.1.2 - Інтенсивність руху автомобільного потоку за 2 день (30.09.2024 р.)

№ п/п	Період руху (години)	Вантажівки			Автобуси	Легкові	Середня кількість за період
		Легкої вантажності	Середньої вантажності	Важкої вантажності			
1	7-11	10	7	-	2	60	20
2	11-15	11	5	-	3	60	20
3	15-19	12	8	-	2	75	24
4	19-23	10	3	-	2	55	18
Середня кількість за добу		11	6	-	2	63	21

Таблиця 3.5.1.3 - Інтенсивність руху автомобільного потоку за 3 день (01.10.2024 р.)

№ п/п	Період руху (години)	Вантажівки			Автобуси	Легкові	Середня кількість за період
		Легкої вантажності	Середньої вантажності	Важкої вантажності			
1	7-11	9	6	-	1	65	20
2	11-15	13	8	-	4	55	20
3	15-19	12	9	-	2	77	25
4	19-23	11	4	-	1	53	17
Середня кількість за добу		11	7	-	2	63	21

4) Розрахували, скільки приблизно палива було витрачено за кожний період дослідження руху автомобілів й скільки вуглекислого газу при цьому надійшло в атмосферу. Для цього врахували те, що на 100 км автомобіль у місті/селі в середньому витрачає 10 літрів палива. Середня швидкість автотранспорту у місті/селі становить приблизно 40 км/год. При згорянні 1 м³ бензину виділяється 1,5 м³ вуглекислого газу.

5) Вивели узагальнений показник забрудненості атмосфери вихлопними газами біля ділянки дослідження.

Отримані дані внесли у зведену таблицю 3.5.1.4.

Таблиця 3.5.1.4 – Орієнтовний рівень забруднення атмосфери біля ділянки дослідження № 4

№ п/п	Якісний склад транспорту	Середня кількість одиниць транспорту	Кіль-сть витраченого пального	Кількість газів, що надійшли в атмосферу, м ³	Рівень забруднення*
				CO ₂	
1	Легкої вантажності	10	1,0	0,0015	низький
2	Середньої вантажності	6	0,6	0,0009	низький
3	Важкої вантажності	-	-	-	відсутній
4	Автобуси	2	0,2	0,0003	низький
5	Легковики	61	6,1	0,00915	низький

*Примітка: Рівень забрудненості оцінюється за 3-х бальною шкалою: низький, середній, високий.

З проведених нами досліджень і розрахунків можна зробити висновок, що рівень забруднення атмосферного повітря на даній моніторинговій ділянці є низьким. З результатів роботи стає зрозумілим, що даний результат є можливим

внаслідок низької інтенсивності руху автомобілів на даному шляху. Тобто рівень транспортного навантаження на цю ділянку є низьким.



ВИСНОВКИ

1. Досліджено оцінку якості повітря за станом хвої *Pinus sylvestris* L. на території с. Прибузьке, с. Лука-Мелешківська, що входять до складу Лука-Мелешківської ОТГ, Вінницького району, Вінницької області, а також на частині мікрорайону Сабарів міста Вінниця, Вінницького району, Вінницької області.
2. Практично перевірено біоіндикативні можливості рослин *Pinus sylvestris* L., проаналізовано класи всихання та пошкодження хвої на обраних територіях.
3. Вдосконалено навички, щодо роботи з електронними картами Google Map та Google Earth. Поглиблено знання у роботі з координатами та визначенням їх на місцевості, а також перенесення цих даних на електронні карти. Вдосконалено навички пошуку інформації за допомогою інтернет ресурсів.
4. За результатами власних експериментальних спостережень за 2022 рік доведено, що на ділянках № 1, 2 та 4, де присутнє антропогенне навантаження, стан хвої в межах оптимального для *Pinus sylvestris* L.
5. За результатами власних експериментальних спостережень за 2024 рік доведено, що на ділянці №3 , де відсутній негативний вплив людини, стан хвої *Pinus sylvestris* L. оцінюється – як максимально неушкоджений.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Моніторинг довкілля : підручник / Боголюбов В. М., Клименко М. О., Мокін В. Б. та ін. ; під ред. В. М. Боголюбова. [2-е вид., перероб. і доп.]. Вінниця: ВНТУ, 2010. 232 с.
2. Тинько І. Оцінка екологічної якості води на основі біоіндикації якості рослин : магістерська дипломна робота на здобуття освітнього ступеня «магістр»: спец. 101 «Екологія» / Тинько І., Вінницький національний аграрний університет. Вінниця. 2023. 55 с
3. Никифоров В. В., Дігтяр С. В., Мазницька О. В., Козловська Т. Ф. Біоіндикація та біотестування: навчальний посібник. Кременчук: Видавництво ПП Щенбатих О. В. 2016. 76 с.
4. Лисиця А.В. Біоіндикація і біотестування забруднених територій. Методичні рекомендації до самостійного вивчення дисципліни. Рівне: Дока-центр, 2018. 94 с.
5. Притула Н.М. Біоіндикація: методичні рекомендації до лабораторних робіт для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра спеціальності «Екологія» освітньо-професійної програми «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування». Запоріжжя: ЗНУ, 2019. 71 с.
6. Всеукраїнська науково-практична заочна конференція студентів, аспірантів та молодих учених «Екологія, природокористування та охорона навколишнього середовища: прикладні аспекти» (27.05.2016): тези доповідей [Текст] / Ред.: А. О. Надежденко, Н. О. Чечета. Маріуполь: МДУ. 2016. 112 с.
7. Кейван М.П., Тертична О.В., Кейван О.П. Використання рослин-біоіндикаторів для екологічного оцінювання атмосферного повітря в зоні розташування птахофабрики. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2012. №. 22.15. С. 109-114.
8. Різничук Н.І. Методичний комплекс для проведення практичних занять із дисципліни «Біоіндикація» (для студентів спеціальності 101 -

Екологія), підготовлений доц. кафедри біології та екології. м. Івано-Франківськ. 2017.

9. Мудрак О. Морозова Т. Біоіндикація компонентів довкілля як важливий чинник природоохоронних технологій екологічної освіти. Науковий вісник Вінницької академії безперервної освіти. Серія «Екологія. Публічне управління та адміністрування». № 2. 2024. С. 67-74.

10. Індикатори рослин: характеристики, тип і фізіологічні зміни. URL: <https://www.biologydiscussion.com/plants/plant-indicators-characteristics-type-and-physiological-changes/6970>. (дата звернення 10.11.2024).

11. Кравець Н.М., Кватернюк С.М. Організми-біоіндикатори токсичних речовин у водному середовищі: збірник матеріалів доп. учасника VII-й Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю. Вінниця: ВНТУ, 2019. 199 с

12. Державна програма "Ліси України на 2010-2015 роки". Київ : ДП ХМЗ "ФЕД", 2009. 61 с.

13. Шлапак В.В. Особливості насінневого розмноження *Pinus sylvestris* L. в умовах *in vitro* / В.В. Шлапак, М.В. Небиков // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. Львів : РВВ НЛТУ України. 2011. Вип. 21.14. с. 43-48.

14. Гордієнко М.І. Сосна звичайна: її особливості, створення культур, продуктивність / М.І. Гордієнко, І.В. Шаблій, В.П. Шлапак. Київ : Вид-во "Либідь", 1995. 224 с.

15. Гордієнко М.І. Культури сосни звичайної в Україні : монографія / М.І. Гордієнко, В.П. Шлапак, А.Ф. Гойчук та ін. Київ : Ін-т аграрної економіки УААН, 2002. 872 с.

16. Дендрофлора рівненського парку культури і відпочинку імені Т. Г. Шевченка / Н. Б. Грицай // Вісник Черкаського університету. Серія : Біологічні науки. 2015. № 19. с. 61-68.

17. Кашицька М. Ліхено- та фітоіндикація стану атмосферного повітря міста Тербовля / М. Кашицька // Магістерський науковий вісник

Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. 2017. Вип. 27. с 97–99

18. Тези XIV Всеукраїнська наукова on-line конференція студентів, магістрів та Т11 аспірантів з міжнародною участю “Сучасні проблеми екології” 15 березня 2018 року. Житомир : ЖДТУ, 2018. 57 с.

19. Коцун Л.О. Еколого-біологічні особливості *Pinus sylvestris* L. в умовах урбогенного середовища міста Луцька / Л. О. Коцун, І. І. Кузьмішина, Б. Б. Коцун, А. О. Тимчій // Енергетична безпека навколишнього середовища : матеріали III міжнародної науково-практичної конференції (24-26 вересня 2015 р.). Луцьк: РВВ Луцького національного технічного університету, 2015. с. 128–130.

20. Левон Федір Михайлович. Біолого-екологічні основи створення зелених насаджень в умовах урбогенного і техногенного середовища: дис... д-ра с.-г. наук: 06.03.01 / НАН України, Нац. ботан. сад ім. М. М. Гришка. Київ. 2004. 365 с.

21. Хомюк П.Г. Особливості росту деревостанів сосни звичайної в умовах другої і третьої зон радіаційного забруднення. *Науковий вісник*. 2006. №17. С. 20-28

22. Заїка В.К. Ріст сосни звичайної в умовах радіаційного опромінення// *Наук. вісник: Лісівницькі дослідження в Україні (VI-і Погребняківські читання)*. Львів: УкрДЛТУ. 2000, вип. 10.4. С. 25-30.

23. Барабаш О.В. Оцінка рівня забруднення атмосферного повітря методом дендроіндикації. *Екологічні науки*, 2019, 4: 27

24. Лисиця А.В. Біоіндикація і біотестування забруднених територій. Методичні рекомендації до практичних робіт. Рівне: Дока-центр, 2018. 77 с.

25. Сербулова Н.А. Методичні вказівки до проходження загально-екологічної навчальної практики галузі знань 10 «Природничі науки», спеціальності 101 «Екологія», освітньої програми «Екологія». 2021.

26. Хомін К.О. Біоіндикатори у системі моніторингу атмосферного повітря : магістерська дипломна робота на здобуття освітнього ступеня

«магістр» : спец. 101 «Екологія» / К. О. Хомін , ЧНУ ім. Петра Могили. Миколаїв, 2020. 86 с.

27. Лівкович В.О.; Муж, Г.В. Біоіндикація забруднення атмосферного повітря за станом *Pinus sylvestris* L. Біологічні дослідження-2018, 2018, 40-42.

28. Чуйко О.Ю. Моніторингові дослідження стану атмосферного повітря Вінницької області за допомогою *Pinus sylvestris* L.: кваліфікаційна (бакалаврська) робота на здобуття освітнього ступеня «бакалавр»: спец. 101 «Екологія» / Чуйко О. Ю., Донецький національний університет імені Василя Стуса. Вінниця. 2023. 56 с

29. Лук'янова Лариса Борисівна Лабораторний практикум з екології: Навчально-методичний посібник. Вид. 2- ге змінене і доповнене. Київ: ТОВ «ДСК – Центр». 143 с.

30. Статут Лука-Мелешківської територіальної громади. Затверджено рішенням 13 сесії 8 скликання Лука-Мелешківської сільської ради від 20.08.2021 року № 345.

ДОДАТОК А

Таблиця 3.2.3 - Класи пошкодження та всихання хвої для дерев №1, 2, 3 (Ділянка №1) за 2022 і 2024 роки відповідно.

<i>Pinus sylvestris</i> L. (49°10'48.40"N28°25'41.49"E) Дерево №1				
	2022 рік		2024 рік	
№ Хвоїнки	Клас пошкодження хвої	Клас всихання хвої	Клас пошкодження хвої	Клас всихання хвої
1	1	1	2	3
2	2	1	2	3
3	1	1	1	1
4	2	1	1	1
5	2	1	2	1
6	2	1	2	1
7	1	1	1	1
8	2	1	2	3
9	1	1	2	1
10	2	2	1	1
11	1	1	1	1
12	1	1	1	1
13	1	1	1	1
14	2	3	2	1
15	2	1	1	1
16	1	1	2	2
17	1	1	1	1
18	1	1	1	1
19	1	1	1	1
20	2	1	2	1
21	1	1	1	1
22	2	1	2	1
23	2	2	2	1
24	2	2	2	1
25	2	3	1	1
26	2	3	2	1
27	1	1	1	1
28	1	1	2	1
29	2	1	2	3
30	2	1	2	2
<i>Pinus sylvestris</i> L. (49°10'48.45"N28°25'41.52"E) Дерево №2				
1	1	1	1	1
2	1	1	2	1
3	2	1	1	1
4	2	1	1	1
5	2	1	1	1
6	1	1	1	1
7	1	1	2	1
8	2	2	1	1
9	2	1	2	2
10	1	1	1	1
11	1	1	1	1

12	1	1	1	3
13	2	1	1	1
14	1	1	1	2
15	1	1	2	1
16	1	2	1	1
17	2	1	1	1
18	1	1	2	1
19	2	1	1	1
20	1	1	2	2
21	2	2	2	1
22	1	1	1	1
23	1	1	1	1
24	1	3	1	1
25	1	1	1	1
26	2	1	1	1
27	1	1	2	1
28	1	1	2	3
29	1	1	2	1
30	1	1	1	1
<i>Pinus sylvestris</i> L. (49°10'48.31"N28°25'41.41"E) Дерево №3				
1	2	2	2	2
2	1	1	2	3
3	1	1	2	1
4	2	1	2	1
5	2	2	1	1
6	1	1	1	1
7	2	3	2	1
8	1	1	1	1
9	1	1	2	1
10	1	1	1	1
11	2	2	2	1
12	1	1	2	1
13	1	1	1	1
14	2	2	1	1
15	1	1	1	1
16	1	1	1	1
17	1	1	2	2
18	1	1	1	1
19	2	1	2	3
20	1	1	1	1
21	2	1	1	1
22	1	1	1	1
23	2	1	2	2
24	2	1	1	1
25	2	2	2	2
26	2	3	1	1
27	2	1	1	1
28	2	1	2	1
29	1	1	2	2
30	1	1	1	1

ДОДАТОК Б

Таблиця 3.3.3 - Класи пошкодження та всихання хвої для дерев №1, 2, 3 (Ділянка №2)
за 2022 і 2024 роки відповідно.

Сосна №1 (49°10'23.98"N28°30'0.31"E)				
№ Хвоїнки	2022 рік		2024 рік	
	Клас пошкодження хвої	Клас всихання хвої	Клас пошкодження хвої	Клас всихання хвої
1	1	2	1	1
2	1	1	1	1
3	1	1	1	1
4	1	1	1	1
5	1	1	1	1
6	1	1	1	1
7	1	1	2	1
8	2	2	1	1
9	1	1	2	2
10	1	1	1	1
11	1	1	1	1
12	1	1	1	1
13	1	1	1	1
14	1	1	1	1
15	2	1	1	1
16	1	1	1	1
17	1	1	1	1
18	1	1	1	1
19	1	1	1	1
20	1	1	2	1
21	1	1	1	1
22	2	1	1	1
23	1	1	2	2
24	2	2	1	1
25	1	1	1	1
26	1	1	1	1
27	1	1	1	2
28	1	1	1	1
29	1	1	1	1
30	1	1	1	1
Сосна №2 (49°10'23.81"N28°30'0.18"E)				
1	1	1	1	1
2	1	1	1	1
3	2	1	1	1
4	1	2	1	1
5	2	1	1	1
6	1	1	2	2
7	1	1	1	1
8	2	2	1	1
9	1	2	1	1
10	1	1	1	2
11	1	1	1	2

12	1	1	1	1
13	2	2	2	1
14	2	1	2	1
15	1	1	1	1
16	1	2	1	1
17	1	1	1	1
18	2	1	2	2
19	2	1	2	1
20	1	1	1	1
21	2	2	1	1
22	1	1	1	1
23	1	1	2	2
24	1	1	1	2
25	1	2	1	1
26	1	1	1	1
27	1	1	1	1
28	1	1	2	1
29	1	1	1	2
30	1	1	2	1
Сосна №3 (49°10'23.70"N28°30'0.06"E)				
1	1	2	1	1
2	1	1	1	1
3	1	1	2	1
4	1	1	1	1
5	1	1	1	2
6	2	3	1	1
7	1	1	1	1
8	1	3	1	1
9	1	1	1	1
10	1	1	2	2
11	1	1	1	1
12	2	1	1	1
13	1	1	1	1
14	1	1	1	1
15	2	1	2	1
16	1	1	1	1
17	1	1	2	1
18	1	1	1	1
19	1	1	1	1
20	2	1	2	1
21	1	1	2	3
22	1	1	1	1
23	1	1	1	3
24	1	1	1	1
25	2	2	1	1
26	1	1	1	3
27	1	1	1	1
28	2	1	1	1
29	1	1	1	1
30	1	2	1	1

ДОДАТОК В

Таблиця 3.4.3 - Класи пошкодження та всихання хвої для дерев №1, 2, 3 (Ділянка №3) за 2022 і 2024 роки відповідно.

Сосна №1 (49°9'27.61"N28°27'32.03"E)				
№ Хвоїнки	2022 рік		2024 рік	
	Клас пошкодження хвої	Клас всихання хвої	Клас пошкодження хвої	Клас всихання хвої
1	1	1	1	1
2	1	1	1	1
3	1	1	1	1
4	1	1	1	1
5	1	1	1	1
6	1	1	1	1
7	1	1	1	1
8	1	1	1	1
9	1	1	1	1
10	1	1	1	1
11	1	1	1	1
12	1	1	1	1
13	1	1	1	1
14	1	1	1	1
15	1	1	1	1
16	1	1	1	1
17	1	1	1	1
18	1	1	1	1
19	1	1	1	1
20	1	1	1	1
21	1	1	1	1
22	1	1	1	1
23	1	1	1	1
24	1	1	1	1
25	1	1	1	1
26	1	1	1	1
27	1	1	1	1
28	1	1	1	1
29	1	1	1	1
30	1	1	1	1
Сосна №2 (49°9'27.61"N28°27'32.49"E)				
1	1	1	1	1
2	1	1	1	1
3	1	1	1	1
4	1	1	1	1
5	1	1	1	1
6	1	1	1	1
7	1	1	1	1
8	1	1	1	1
9	1	1	1	1
10	1	1	1	1
11	1	1	1	1

12	1	1	1	1
13	1	1	1	1
14	1	1	1	1
15	1	1	1	1
16	1	1	1	1
17	1	1	1	1
18	1	1	1	1
19	1	1	1	1
20	1	1	1	1
21	1	1	1	1
22	1	1	1	1
23	1	1	1	1
24	1	1	1	1
25	1	1	1	1
26	1	1	1	1
27	1	1	1	1
28	1	1	1	1
29	1	1	1	1
30	1	1	1	1
Сосна №3 (49°9'27.55"N28°27'33.99"E)				
1	1	1	1	1
2	1	1	1	1
3	1	1	1	1
4	1	1	1	1
5	1	1	1	1
6	1	1	1	1
7	1	1	1	1
8	1	1	1	1
9	1	1	1	1
10	1	1	1	1
11	1	1	1	1
12	1	1	1	1
13	1	1	1	1
14	1	1	1	1
15	1	1	1	1
16	1	1	1	1
17	1	1	1	1
18	1	1	1	1
19	1	1	1	1
20	1	1	1	1
21	1	1	1	1
22	1	1	1	1
23	1	1	1	1
24	1	1	1	1
25	1	1	1	1
26	1	1	1	1
27	1	1	1	1
28	1	1	1	1
29	1	1	1	1
30	1	1	1	1

ДОДАТОК Г

Таблиця 3.5.3 - Класи пошкодження та всихання хвої для дерев №1, 2, 3 (Ділянка №4) за 2022 і 2024 роки відповідно.

Сосна №1 (49°11'26.94"N28°27'20.84"E)				
№ Хвоїнки	2022 рік		2024 рік	
	Клас пошкодження хвої	Клас всихання хвої	Клас пошкодження хвої	Клас всихання хвої
1	1	1	2	1
2	1	1	1	1
3	2	2	1	1
4	2	2	1	2
5	2	1	1	1
6	1	2	2	2
7	1	1	1	1
8	1	1	1	1
9	1	1	1	1
10	2	1	1	1
11	1	1	1	1
12	1	1	1	1
13	1	1	1	1
14	2	1	1	1
15	1	1	1	1
16	1	1	1	1
17	1	1	1	1
18	1	1	1	1
19	1	1	2	1
20	1	1	1	1
21	2	2	1	2
22	1	1	1	1
23	1	1	1	1
24	1	1	1	1
25	1	1	2	1
26	2	1	1	1
27	1	1	1	1
28	1	1	2	2
29	1	2	2	2
30	1	1	2	1
Сосна №2 (49°11'27.12"N28°27'20.80"E)				
1	1	1	1	1
2	1	1	1	1
3	2	2	1	1
4	2	1	1	1
5	1	1	1	1
6	2	2	1	3
7	1	1	1	1
8	1	2	1	1
9	2	2	1	1
10	2	2	2	1
11	1	3	2	2
12	1	2	1	1
13	1	1	1	1

14	1	1	1	1
15	2	1	2	1
16	2	2	1	3
17	1	1	1	2
18	1	1	1	1
19	1	1	1	1
20	2	1	2	1
21	1	1	2	2
22	2	1	2	2
23	1	2	2	2
24	1	1	1	1
25	1	1	1	2
26	1	1	1	1
27	1	1	1	1
28	1	1	2	2
29	1	1	2	1
30	1	1	1	1
Сосна №3 (49°11'27.30"N28°27'20.64"E)				
1	1	1	1	1
2	1	1	2	3
3	1	2	1	1
4	1	1	1	1
5	2	2	1	1
6	1	1	2	2
7	1	1	1	1
8	1	1	1	1
9	1	2	1	1
10	1	1	1	1
11	2	1	2	2
12	1	1	1	1
13	1	2	1	1
14	1	1	1	2
15	1	1	1	2
16	1	1	1	1
17	1	1	1	2
18	1	2	1	1
19	1	2	1	1
20	2	2	2	1
21	2	2	1	1
22	1	1	1	1
23	1	1	1	1
24	1	1	1	3
25	1	1	1	1
26	1	3	1	1
27	2	3	1	1
28	1	1	1	2
29	1	1	1	1
30	1	1	2	2