

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ВОЛИНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ЛЕСІ УКРАЇНКИ  
Кафедра лісового та садово-паркового господарства

На правах рукопису

НАКРИЙКО НАЗАР ВОЛОДИМИРОВИЧ

**ФІЗІОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ ДЕРЕВ *PINUS SYLVESTRIS* L.  
УРАЖЕНИХ КОРЕНЕВИМИ ГНИЛЯМИ НА ТЕРИТОРІЇ  
ФІЛІЇ «ГОРОДОЦЬКЕ ЛІСОВЕ ГОСПОДАРСТВО»**

Спеціальність: 205 Лісове господарство

Освітньо-професійна програма Лісове господарство

Робота на здобуття освітнього рівня «Магістр»

Науковий керівник:

РИБАК ЮЛІЯ ЛЕОНІДІВНА

кандидат біологічних наук,

страший викладач

РЕКОМЕНДОВАНО ДО ЗАХИСТУ

Протокол №\_\_ засідання кафедри лісового та  
садово-паркового господарства

від \_\_\_\_\_ 2024 р.

Завідувач кафедри

доц. В.В. Андреева \_\_\_\_\_

Луцьк 2024

Накрійко Н. В. Фізіологічні показники дерев *Pinus sylvestris* L. уражених кореневими гнилями на території філії «Городоцьке лісове господарство». Луцьк, 2024. 48 с.

### Анотація

Однією з основних причин інтенсивного всихання соснових деревостанів є масове поширення грибкових патогенів.

Серед них найбільшої шкоди завдають кореневі гнилі, які викликаються збудниками *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. і *Armillariella mellea* (Fr. ex Vahl) Karst, які спочатку пошкоджують кореневу систему дерев, а потім живі тканини нижньої частини стовбура. Ці два види мають здатність до швидкого поширення в чистих соснових деревостанах, досягаючи розмірів епіфітотій в насадженнях Філії «Городоцьке лісове господарство».

Вирішення проблеми всихання хвойних насаджень залишається одним з найважливіших завдань лісового господарства. Для цього необхідна система діагностики виникнення фітохвороб та розробки ефективних заходів боротьби і обмеження їх поширення. Збудники захворювань впливають на всі життєві функції ураженої рослини і призводять до суттєвих змін у метаболізмі дерев. Реакція дерев на ураження фітопатогенами проявляється спочатку на фізіолого-біохімічному рівні ще задовго до зовнішнього прояву, а вже потім вона стає помітною на морфологічному рівні, що пов'язано зі зміною росту пагонів і хвої та формуванням їх анатомічних елементів.

- У першому розділі було вивчено причини погіршення стану лісів у Волинській області, визначено основні фітохвороби, які спричиняють масове всихання лісі. Також описано зміни морфофізіологічних показників хвойних дерев, які уражені фітохворобами. Другий розділ містить характеристику об'єкта дослідження, а також основні методи досліджень, опис регіону дослідження. У третьому розділі досліджено лісівничо-таксаційні показники дерев сосни звичайної, уражених фітохворобами

(*Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.), *Armillaria mellea* (Vahl) P. Вивчено діелектричні показники дерев сосни при дії на них збудників грибкових захворювань. Четвертий розділ містить у собі економічну оцінку збитків при пошкодженні лісових насаджень хворобами лісу. П'ятий розділ описує вимоги охорони праці та основи техніки безпеки під час проведення польових досліджень. Загальні висновки з проведених досліджень наведені в кінці роботи, перед списком використаної літератури (40 джерел)

Кваліфікаційна робота виконана на 48 сторінках друкованого тексту, містить 9 робочих таблиць, 14 ілюстрацій.

**Ключові слова:** *Pinus sylvestris* L., ураження, коренева гниль, *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref, *Armillariella mellea* (Fr. ex Vahl.) Karst., імпеданс, поляризаційна ємність.

Nakryiko N. V. Physiological parameters of *Pinus sylvestris* L. affected by root rot in the territory of branch of State Enterprise Forests of Ukraine «Horodotske lisove hospodarstvo». Lutsk, 2024. 48 p.

### **Abstract**

One of the main reasons for intensive drying of pine stands is the massive spread of fungal pathogens.

Among them, the greatest damage is caused by root rot, which is caused by pathogens *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. and *Armillariella mellea* (Fr. ex Vahl) Karst. These pathogens damage the root system of trees and then the living tissues of the lower part of the trunk. These two species have the ability to spread rapidly in pure pine stands of branch of State Enterprise Forests of Ukraine «Horodotske lisove hospodarstvo».

Solving the problem of drying of pine stands remains one of the most important tasks of forestry. For this, we need to have a system for diagnosing the plant diseases and develop effective control measures to limit their spread. Pathogens affect all vital functions of the affected plant and lead to significant changes in tree metabolism. Trees affected by phytopathogens change first at the physiological and biochemical level long before the external manifestation. Then changes become noticeable at the morphological level, which is associated with a change in the growth of shoots and needles.

In the first chapter, the reasons for the deterioration of forests in the Volyn region were studied, and the main phytopathogens that cause massive forest drying were identified. We described changes in the morphophysiological parameters of trees affected by plant diseases. The second section contains a description of the research object, as well as the main research methods, a description of the research region. In the third chapter, we studied the taxonomic indicators of Scots pine trees affected by phytopathogens (*Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.), *Armillariella mellea* (Vahl.) P. We studied the dielectric indicators of pine trees when they are affected by pathogens of fungal diseases. The fourth chapter contains an economic assessment of damage caused by

diseases of forest plantations. The fifth chapter describes the basics of safety techniques during field research.

General conclusions from the conducted research are given at the end of the work, before the list of used literature (40 sources). The qualification work is completed on 48 pages of printed text, contains 9 worksheets, 14 illustrations.

**Key words:** *Pinus sylvestris* L., damage, root rot, *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref, *Armillariella mellea* (Fr. ex Vahl.) Karst., impedance, polarization capacity.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.....	10
1.1. Проблема погіршення стану лісів.....	10
1.2. Морфофункціональні зміни дерев, уражених кореневими гнилями....	13
РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	17
2.1. Природно-кліматичні умови.....	17
2.2. Характеристика філії «Городоцьке лісове господарство».....	19
2.3. Методика проведення дослідження.....	27
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ .....	28
3.1. Ростові процеси дерев сосни, ураженої фітопатогенами.....	28
3.2. Діелектричні показники <i>Pinus sylvestris</i> L.....	32
РОЗДІЛ 4. Оцінка збитків від пошкоджень лісових насаджень хворобами лісу.....	36
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНИ ПРАЦІ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ДОСЛІДЖЕНЬ В ПОЛЬОВИХ УМОВАХ.....	38
ВИСНОВКИ.....	40
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	43

## ВСТУП

Сосна звичайна є домінуючою лісотвірною породою в Україні, утворюючи 35% лісових площ країни. За останні десятиліття спостерігається значне погіршення стану сосняків не лише в Україні, а й в інших європейських країнах.

Погіршення стану та всихання сосняків обумовлене цілим комплексом факторів. Основними з них є глобальні зміни клімату, зокрема коливання температури та зміни в гідрологічному режимі. В особливості, у Західному Поліссі України протягом останніх 60 років, через глобальне потепління, спостерігається підвищення температури і зменшення вологості в атмосфері. За цей період середньорічна температура повітря підвищилася на 1,7°C, а відносна вологість знизилася на 2,4%. Підвищення температури веде до збільшення випаровування вологи з поверхні, а в посушливі періоди сприяє зниженню рівня ґрунтових вод.

Ще однією причиною погіршення стану сосняків є те, що більшість сучасних насаджень – це штучно створені одновікові деревостани (лісові культури) з мінімальною кількістю інших порід. Такі монокультури є вразливими до змін погодних умов, часто пошкоджуються вітром і створюють сприятливе середовище для розвитку осередків хвороботворних організмів та рослиноїдних комах, які можуть стати шкідниками.

Загроза ураження лісових культур кореневими гнилями значно зростає, коли їх створюють на ділянках, де раніше проводились суцільні санітарні рубки насаджень, заражених цією хворобою, а також на колишніх сільськогосподарських землях. Основним заходом для обмеження поширення кореневої гнилі в лісах України та інших країн є вибіркові санітарні рубки, однак їх ефективність залишається низькою.

Зважаючи на інтенсивне поширення грибкових захворювань у соснових насадженнях, важливість виявлення об'єктивних критеріїв для

оцінки санітарного стану дерев, необхідність швидкої діагностики та вивчення впливу хвороб на процеси життєдіяльності дерев є очевидною. Тому вважається, що перспективним напрямком досліджень є застосування морфометричних та електрофізіологічних методів, які дозволяють майже безпомилково визначити фізіологічний стан дерев. Такий напрямок є надзвичайно **актуальним** і важливим для моніторингу стану лісових насаджень.

**Об'єктом дослідження** є дерева *Pinus sylvestris* L., уражені кореневою губкою (*Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.), опеньком осіннім (*Armillariella mellea* (Vahl. ex Fr.) Karst.) на території Філії «Городоцьке лісове господарство».

**Предметом дослідження** є фізіологічна реакція дерев сосни звичайної в умовах впливу фітопатогенів.

**Метою випускної роботи** є встановити морфофункціональні змін дерев *Pinus sylvestris* L. на ураження кореневими гнилями на території філії «Городоцьке лісове господарство».

Програмою робіт за темою досліджень передбачалось виконання низки завдань:

- опрацювати літературні джерела за темою досліджень;
- надати характеристику діяльності філії «Городоцьке лісове господарство» та вивчити природно-кліматичні характеристики району;
- дослідити лісівничо-таксаційні показники дерев сосни звичайної, уражених фітохворобами (*Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.), *Armillariella mellea* (Vahl. ex Fr.) Karst;
- вивчити інтенсивність проходження ростових процесів в інфікованих фітопатогенами дерев сосни;
- вивчити діелектричні показники дерев сосни при дії на них збудників грибкових захворювань;
- описати економічну оцінку збитків при пошкодженні лісових насаджень хворобами лісу;



- визначити та описати основні вимоги по охороні праці під час проведення польових досліджень.

**Наукова новизна.** Вперше досліджено морфофізіологічні зміни в молодняках *Pinus sylvestris* L., уражені кореневою губкою (*Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.), опеньком осіннім (*Armillariella mellea* (Vahl. ex Fr.) Karst.) на території Філії «Городоцьке лісове господарство».

**Практичне значення.** Вивчення особливостей морфофізіологічної реакції дерев *Pinus sylvestris* L., уражених *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref., *Armillariella mellea* (Vahl. ex Fr.) Karst. спрямоване на пізнання механізмів взаємодії патогенів та деревної рослини. Результати досліджень покажуть зміну морфометричних та електрофізіологічних показників на реакцію дерев сосни звичайної на ураження кореневими гнилями. Тому дані показники важливо і доцільно застосовувати для діагностики розвитку патогенів у насадженнях, для відбору стійких форм деревних рослин до впливу фітохвороб та для створення біологічно стійких насаджень.

## РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

### 1.1. Проблема погіршення стану лісів

Пріоритетним напрямком розвитку лісогосподарської галузі на сьогодні є забезпечення розширеного відтворення лісів. Одночасно з лісовідновленням лісівники також систематично працюють над питанням збільшення лісистості області, створюючи нові ліси на землях, що раніше не були вкритими лісовою рослинністю. Однак для створення здорових і стійких насаджень, необхідно знизити їх інтенсивне всихання, що спричинено впливом шкідливих абіотичних та біотичних чинників і лісогосподарською діяльністю людини.

На початок 2023 року загальна площа осередків шкідників та хвороб лісу на території України становила 525 тис. гектарів. Протягом року:

- виникло нових осередків шкідників та хвороб лісу на площі 105 тис. га;
- ліквідовано заходами боротьби – 94 тис. га;
- згасло під впливом природних факторів (внаслідок кліматичних змін, біологічних особливостей шкідників та хвороб, а також біологічних засобів боротьби) – 19 тис. га;
- залишок осередків на 31.12.2023 року склав 517 тис. гектарів [20].

Загальна площа всихання станом на 01.01.2023 становила 198 тис. гектарів. Протягом року зафіксовано:

- нових осередків всихання на площі 135 тис. га,
- ліквідовано заходами з поліпшення санітарного стану лісів 135 тис. га;
- згасло під впливом природних факторів (внаслідок кліматичних змін, біологічних особливостей шкідників та хвороб, а також біологічних засобів боротьби) – 4 тис. гектарів.

Залишок всихання станом на 31.12.2023 року становить 194 тис. га, з яких: сосна звичайна – 72 тис. га [8].

Загальна площа лісів на Волині становить 687,2 тис. га [21]. Це 34% від загальної площі області, причому, молодняки сосни звичайної займають 19 % вкритої лісом площ [19].

Згідно Головного управління статистики у Волинській області площа осередків шкідників і хвороб за останні роки поступово зростала (рис. 1.1).

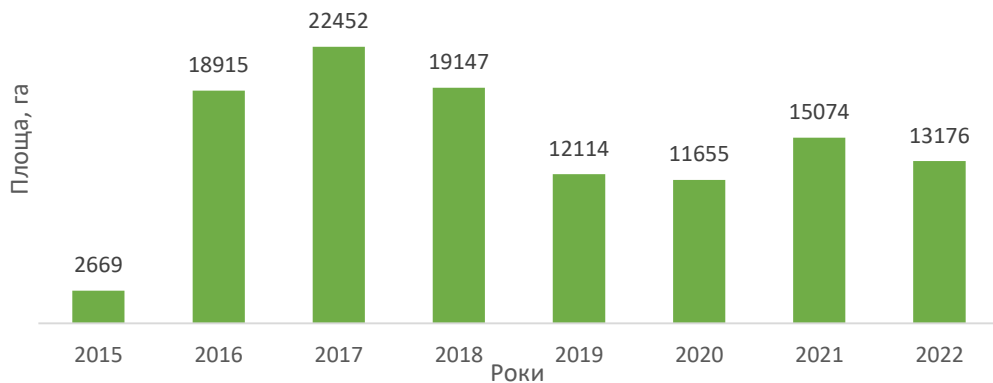


Рис. 1.1. Площа осередків шкідників і хвороб з 2015 до 2022 рр. [5]

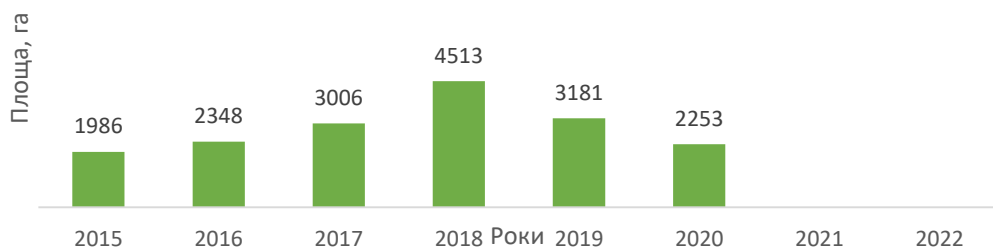


Рис. 1.2. Площа загибелі лісових насаджень з 2015 до 2020 рр.

При чому, 81,3 % площі лісів загинуло від пошкоджень шкідливими комахами, в той час як від хвороб лісу – 17,0 %.

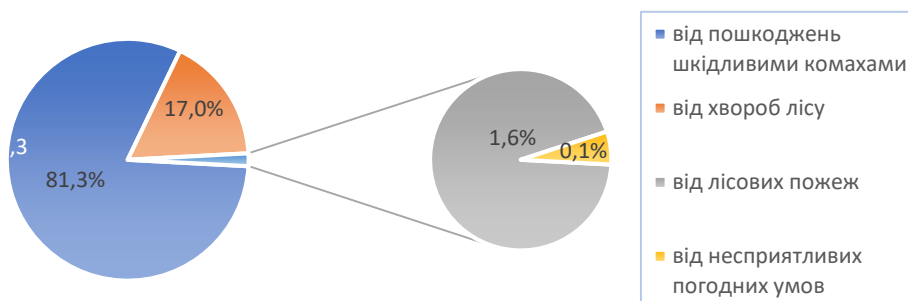


Рис.1.3. Структура загибелі лісових насаджень у 2020 році у відсотках

Несприятливі зміни клімату, інтенсифікація антропогенного впливу, поширення збудників хвороб та шкідників являються основними причинами сучасної дигресії лісів [1, 11, 23, 33, 34].

Однією з основних причин погіршення стану та продуктивності хвойних лісів дослідники відмічають масове поширення грибкових захворювань [2, 10, 24, 25, 27]. Цьому значною мірою може сприяти неправильне ведення лісового господарства в минулому, проведення лісовідновних і лісогосподарських робіт у лісах без врахування санітарного стану насаджень, недотримання профілактичних заходів, спрямованих на попередження поширення збудників хвороб, особливо при рубках.

Найбільшу шкоду сосновим насадженням завдають кореневі гнилі [29, 17]. Для головної лісоутворювальної породи України – сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) – найбільш небезпечним патогеном є коренева губка (*Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref., 1889), яка вражає більшість хвойних порід, призводячи до поступового ослаблення й відмирання дерев у насадженнях. Зараження коріння дерев грибом *Heterobasidion annosum* може відбуватися базидіоспорами і конідіями, переважно через відмерлі бічні корінці, рідше – через механічні пошкодження. Часто джерелом інфекції є міцелій гриба, який переходить від хворого кореня до здорового при їх зрощенні або контакті. Уражене коріння просмолюється, відмирає і загниває. Деревина набуває червоно-бурого забарвлення, в ній утворюється волокниста строката гниль, що піднімається в окоренковій частині сосни до 0,5...1 метра. В природних умовах масове утворення плодових тіл кореневої губки трапляється досить рідко [30], що значно ускладнює діагностику захворювання.

У локальних осередках розвитку хвороби спостерігається масове всихання дерев, хоча окремі з них або групи виживають. Ця особливість пояснюється тим, що особини в популяціях і насадженнях мають різний

ступінь імунітету, механізми якого на сьогоднішній день залишаються недостатньо вивченими. [29, 39, 35, 4].

Комплексні вогнища хвороби разом із кореневою губкою часто утворює опеньок осінній. Опеньок осінній (*Armillariella mellea* (Vahl. ex Fr.) Karst) відіграє значну роль в лісових екосистемах, але його вплив часто буває негативним. Цей гриб є патогеном, який вражає багато видів дерев, спричиняючи захворювання, відоме як коренева гниль. Проникаючи в корені дерев і поширюючись через міцелій (рис.1.6), він знищує кореневу систему, що призводить до відмирання дерев [30]. Три види (*Armillaria gallica*, *Armillaria borealis*, *Armillaria cepistipes*) є, головним чином, сапротрофами або слабкими патогенами, а інші два види (*Armillariella mellea* (Vahl. ex Fr.) Karst, *Armillaria ostoyae* (Romagn.) Herink) відомі як сильно патогенні [32].

Дерева, які уражені *Armillariella mellea* (Vahl. ex Fr.) Karst добре видно по зовнішньому вигляду. Спочатку знижується швидкість росту дерев за загальними показниками (рис.1.7), опадає і жовтіє хвоя, повільно гниє коренева система. Хвоя *Pinus sylvestris* L. змінює свій колір від світло-зеленого до рудого кольору та опадає. В подальшому спостерігається всихання насаджень [9].

## **1.2. Морфофункціональні зміни дерев, уражених кореневими гнилями**

В науковій літературі інформативно описано причини виникнення грибкових захворювань, умови розповсюдження географічно, особливості поширення у хвойних насадженнях [32, 23]. Але досліджень про життєдіяльність хворих деревних рослин, про зміни у їхньому метаболізмі, призупинення ростових процесів є недостатньо.

Повна оцінка фізіологічного стану дерева є ключовим аспектом у вирішенні багатьох лісогосподарських завдань, зокрема у боротьбі з грибковими захворюваннями хвойних порід. Для дослідження стійкості

сосни звичайної до різних патологічних процесів аналізують комплекс показників, які відображають її загальний стан.

Грибкові захворювання становлять величезну загрозу для соснових лісів, оскільки воно може призвести до швидкого та широкого зараження протягом кількох місяців, що призводить до великомасштабної загибелі дерев. Тому реалізація профілактичних заходів ґрунтується на ранньому виявленні уражених дерев. На сьогоднішній день відсутні надійні методи ранньої діагностики стану деревних порід. Водночас є підтвердження перспективності використання даних про біофізичні показники рослин, інтенсивність ключових фізіологічних процесів та особливості їхнього перебігу, що обумовлені впливом зовнішніх факторів і набутими властивостями дерев. Ці аспекти можуть послужити основою для створення більш ефективних підходів до моніторингу стану лісових екосистем. Дослідження взаємовпливів між деревом та патогеном має важливе значення і дозволяє застосувати ті ознаки, які служать надійними показниками фізіологічного стану дерева та ступеня їхнього утворення. Використання таких ознак забезпечить більш точну діагностику та сприятиме своєчасному вжиттю заходів для збереження деревних рослин. Виявлення початкових ознак ослаблення молодих рослин є критично важливим для підтримки здоров'я лісу. Раннє виявлення проблем дозволяє вжити заходів для зменшення впливу патогенів, що, в свою чергу, допомагає уникнути накопичення сухостою та запобігає розвитку шкідників. Це не лише покращує стан лісу, але й сприяє його стійкості до різних захворювань.

Патогенні захворювання можуть впливати на життєдіяльність уражених дерев, на зміни у їх метаболізмі [15, 22], на режим мінерального живлення [3, 16, 38].

Стресові фактори та ураження дерев сосни звичайної призводить до зміни структури крони, також до зниження поточного приросту пагонів,

що в подальшому спричиняє відхилення морфологічних та анатомічних показників хвої [1, 25]. Вчені спостерігали, що при ураженні дерев зменшувався їх поточний приріст за висотою, діаметром та об'ємом. Також відмічали значне зменшення загальної маси хвої.

Грибкові захворювання можуть суттєво впливати на водний режим рослин. Коли рослини страждають від грибкових інфекцій, це може призвести до порушення їхньої здатності поглинати та утримувати воду. Дефіцит вологи, у свою чергу, негативно позначається на рості рослин, оскільки вода є критично важливою для багатьох фізіологічних процесів, включаючи фотосинтез і транспірацію.

Крім того, зміни в анатомічній будові вегетативних органів, такі як зменшення розміру клітин або зміни в структурі тканин, можуть ще більше ускладнити ситуацію. Це може призвести до зниження стійкості рослин до стресів, що, в свою чергу, робить їх більш вразливими до подальших захворювань.

Вміст хлорофілів і каротиноїдів є важливими показниками стану фотосинтетичного апарату рослин. Зниження вмісту хлорофілів свідчить про негативний вплив на рослину, зокрема внаслідок ураження кореневою гниллю. Це може суттєво вплинути на фотосинтетичні процеси, оскільки хлорофіли є ключовими пігментами, які відповідають за поглинання світла. Зниження вмісту хлорофілів в залежності від ступеня ураження вказує на серйозні порушення в метаболізмі рослини. Біосинтез хлорофілів дійсно залежить від наявності таких елементів, як азот, магній і залізо, які є важливими для формування хлорофілів і підтримки загального здоров'я рослин. Дефіцит цих елементів може призвести до подальшого зниження фотосинтетичної активності, що, в свою чергу, вплине на ріст і розвиток рослин. У хвої спостерігається зниження вмісту хлорофілу а та каротиноїдів [13, 7, 31, 14].

Електрофізіологічні показники, такі як імпеданс і поляризаційна ємність, на даний час відіграють важливу роль у дослідженнях. Ці методи

дозволяють вивчити рослини в цілому, зберігаючи їх регуляторні системи, що є важливим для розуміння їхнього функціонування. Електрофізіологічні методи відображають не лише поточний стан рослин, але й їхню реакцію на зміни в середовищі в різні періоди часу. Це дозволяє вивчати фізіолого-біохімічні процеси в рослинах у динаміці, що є надзвичайно корисним для оцінки їхньої адаптації до умов навколишнього середовища, а також для селекційних програм.

Зв'язок між діелектричними показниками і наростанням фітомаси, положенням дерев у деревостані, а також ступенем пошкодження фітохворобами та ентомошкідниками є дуже важливим. Це дозволяє виявляти, як різні фактори впливають на здоров'я дерев і їх здатність до росту. Наприклад, зниження імпедансу може свідчити про покращення водопостачання або загальний стан рослини, тоді як підвищення може вказувати на стрес або пошкодження. Встановлено, що при зниженні рівня життєдіяльності імпеданс істотно збільшується, порівняно з деревами з високою інтенсивністю обміну речовин. Використання електрофізіологічних показників для дослідження впливу фітопатогенів на стан деревних порід є перспективним напрямком, оскільки ці методи можуть надати цінну інформацію про фізіологічні зміни, які відбуваються в рослинах під впливом патогенів [12, 6, 36, 37].

Бачимо, що є недостатнє вивчення реакцій деревних порід на грибкові патогени, зокрема на сосну звичайну. Це підкреслює необхідність проведення додаткових досліджень, які б охоплювали різні аспекти життєдіяльності дерев, включаючи їхню реакцію на стресові фактори, механізми захисту та адаптації. Комплексний підхід, який включає як електрофізіологічні, так і морфологічні та біохімічні дослідження, може дати більш повну картину впливу грибкових хвороб на сосну та інші деревні породи. Це дозволить не лише краще зрозуміти механізми взаємодії рослин з патогенами, але й розробити ефективні стратегії для їхнього захисту.



## РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

### 2.1. Природно-кліматичні умови

Об'єкти дослідження географічно знаходяться на території Західного Полісся. Західне Полісся є природно-географічним регіоном, який охоплює північну частину Волинської та Рівненської областей, та простягаються на понад 30 тис. км<sup>2</sup>. Воно характеризується власними природними умовами: переважанням лісів, боліт, річок та озер, які формують типову поліську ландшафтну структуру.

Західне Полісся є геологічно складним регіоном, де зустрічаються породи різного віку та складу, що формуються в різних геологічних епохах. Основу його геологічної будови складає Український кристалічний щит, укритий осадовими відкладами різних вікових періодів. Регіон має яскраво виражені риси, зумовлені його геологічними минулими та сучасними процесами рельєфоутворення.

Геоструктурна характеристика Західного Полісся є частиною великої геоструктурної системи, яка сформувалася протягом мільярдів років і демонструє складний процес геологічної еволюції. Регіон розташований у межах північної частини Волино-Подільської плити, яка належить до Руської (Східноєвропейської) платформи. Волино-Подільська плита – одна з структур Східноєвропейської платформи, яка утворює основний фундамент Західного Полісся, що складений докембрійськими кристалічними породами (гранітами, кварцитами), які складають частину українського кристалічного щита. На кристалічному фундаменті залягають осадові породи, що сформувалися в палеозової, мезозної та кайнозової. На заході накопичилися потужні шари осадових порід морського, лагунного та континентального походження. Поліська низовина – це результат тривалої акумуляції та вирівнювання поверхні. Низовина сформувалася на основі льодовикових, водно-льодових і алювіальних процесів. Включає болотисті території, озера та торфовища [2].

Західне Полісся в геоморфологічному плані належить до Волинської підобласті, яка є частиною Прип'ятської низовини. Територія характеризується низовинною рівниною, що зростається з півдня на північний схід у напрямку долини річки Прип'ять. Такий нахил повільній течії річок і створює несприятливі умови для природного дренажу, що, своєю чергою, зумовлює заболоченість місцевості. Рельєф Волинського Полісся в основному рівний і слабо хвилястий, із незначними порушеннями у вигляді дюн, гряд, підвищених крейдованих і невеликих впадин, найбільших із яких заболочені

Клімат Західного Полісся помірно континентальний, вологий, з м'якими зимами, які часто супроводжуються відлигами, та теплим літом з великою кількістю опадів. Оскільки територія рівнинна, контраст температури повітря тут не є виразними. Зниження температури взимку з заходу на схід.

Згідно даних Волинського обласного центру з гідрометеорології із зимових місяців найтеплішим є грудень з температурою 2,3...–5,4 °С. Найхолоднішим зимовим місяцем є лютий з середньомісячною температурою повітря –2,7...–9,5 °С. Липневі температури коливаються в межах 19,7...22,4 °С. Опади Західного Полісся мають досить значну кількість і рівномірно розподіляються протягом року. Річна сума опадів варіюється від 600 до 800 мм, з деякими коливаннями залежно від місцевих умов [2].

Грунтові води на території району розташовані переважно на різних глибинах, залежно від геологічної будови та рельєфу. Вони зустрічаються на глибині від 1 до 10 м. Отже, ґрунтові води, які знаходяться на значній глибині, не беруть участі у живленні рослин, тому єдиним джерелом води для рослин є атмосферні опади.

У Західному Поліссі в складі лісів переважає сосна – близько 58 %, дуб – 13 %, береза – 12 %. Значні площі займають також граб, осика, значно менші – ялина і ясен. Характерним типом для району дослідження є

чисті соснові ліси, які поширені на вододілах та давніх терасах річок, вкритих пісками. На більш родючих ґрунтах ростуть дубово-соснові ліси, серед яких окремими масивами трапляються дубово-грабові насадження. ліси в Західному Поліссі переважають через помірно континентальний клімат, високий рівень опадів та вологих умов, які сприяють розвитку різноманітних рослинних угруповань. Ці ліси мають важливе екологічне значення, оскільки вони забезпечують підтримку водного балансу, зберігають біорізноманітність та забезпечують роль природних бар'єрів для запобігання.

Ґрунти Західного Полісся є дуже різноманітними за своїми властивостями, що зумовлено особливостями клімату та ландшафту. Вони мають важливе значення для екологічних процесів, таких як водний баланс і біорізноманіття, але їх використання для сільського господарства потребує особливих підходів через високий рівень вологи, заболоченості. Переважають у Західному Поліссі дерново-слабопідзолисті та дерново-середньопідзолисті ґрунти. Значні площі займають лучні дернові ґрунти [2].

## **2.2. Характеристика Філії «Городоцьке ЛГ»**

Філія «Городоцьке лісове господарство» розташоване в східній частині Волинської області на території Камінь-Каширського та Ковельського адміністративних районів.

Господарська діяльність Городоцького ЛГ спрямована на дотримання принципів сталого, безперервного і раціонального використання лісових ресурсів, збереження умов відтворення корінних біологічно стійких високопродуктивних деревостанів, їх екологічних та інших корисних функцій. Підприємство веде лісове та мисливське господарство, лісовідновлення та лісонасінневу справу, здійснює захист лісового фонду від пожеж, шкідників та хвороб, а також – охорону від самовільного використання. Всі господарські заходи плануються при

проведенні лісовпорядкування в об'ємах, які забезпечують раціональне, безперервне і невиснажливе використання лісових екосистем.

Таблиця 2.1

Адміністративно-організаційна структура і площа лісів Городоцького ЛГ

№	Найменування лісництв	Адміністративний район	Площа, га
1.	Борове	Камінь-Каширський	4250,5
		Ковельський	672,0
	Разом в Боровому лісництві:		4922,5
2.	Городоцьке	Камінь-Каширський	5671,8
3.	Градиське	Камінь-Каширський	4097,6
4.	Лишнівське	Камінь-Каширський	4957,7
5.	Новорудське	Камінь-Каширський	4924,5
6.	Троянівське	Камінь-Каширський	4854,3
<b>Всього на підприємстві:</b>			<b>29428,4</b>
в тому числі за районами:		Камінь-Каширський	28756,4
		Ковельський	672,0

Лісовий фонд Філія «Городоцьке лісове господарство» в адміністративно-господарському відношенні розділений між 6-ма лісництвами (Борове, Городоцьке, Градиське, Лишнівське, Новорудське, Троянівське) в Камінь-Каширському та Ковельському районах, а площа лісового фонду коливається від 4,1 (Градиське) до 5,7 (Городоцьке) тис. га (табл. 2.1).

Ліси лісництв, поданих у таблиці вище, розташовані єдиним масивом, а квартали Борового та Лишніського лісництв розміщуються територіально окремо від загального масиву.

Розподіл лісів підприємства за категоріями відповідає природним та економічним умовам території, на якій проводяться дослідження, бо тут багато заказників, водойм, боліт, залізниць та автомобільних доріг.

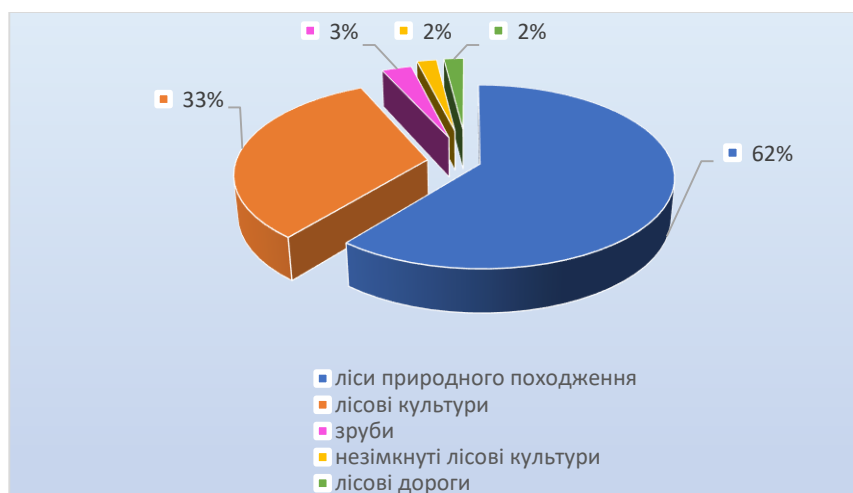


Рис. 2.1. Розподіл площ лісових ділянок за категоріями

З нелісових категорій угідь значні площі мають болота (1213,0 га), траси (102,2 га), води (45,7 га) та садиби (47,4 га).

Таблиця 2.2

Поділ лісів Філії «Городоцького лісового господарства» на категорії

Категорії лісів	Площа	
	га	%
<b>Ліси природоохоронного, наукового, історико-культурного призначення – разом:</b>	<b>1643,9</b>	<b>5,6</b>
в тому числі:		
- заповідні лісові урочища	9,5	0,2
- пам'ятки природи	4,5	0,1
- заказники	1602,7	5,5
- ліси наукового призначення включаючи генетичні резервати	27,2	0,1
<b>Рекреаційно-оздоровчі ліси – разом</b>	<b>31,8</b>	<b>0,1</b>
в тому числі:		
- в межах населених пунктів	31,8	0,1
<b>Захисні ліси – разом</b>	<b>2560,6</b>	<b>8,7</b>
в тому числі:		
- ліси уздовж смуг відведення залізниць	856,2	2,9
- ліси уздовж смуг відведення автомобільних доріг	556,1	1,9
- ліси уздовж берегів річок, навколо водойм	1111,1	3,8
- інші захисні ліси	37,2	0,1
<b>Експлуатаційні ліси</b>	<b>25192,1</b>	<b>85,6</b>
<b>Всього на підприємстві:</b>	<b>29428,4</b>	<b>100,0</b>

На території підприємства найбільші площі мають експлуатаційні ліси (86 %). Значною є площі лісів природоохоронного, наукового та

історико-культурного призначення (6 %) та захисних лісів (9 %). Частка рекреаційно-оздоровчих лісів незначна (лише 0,1 %).

Територіальне розміщення різних категорій лісів Городоцького ЛГ свідчить, що найбільші площі лісів природоохоронного, наукового та історико-культурного призначення розташовані в Городоцькому і Градиському лісництвах, а захисних лісів – в Градиському, Новорудському і Боровому лісництвах (див. табл. 2.2).

Основною головною породою в лісах Городоцького ЛГ є сосна звичайна – з часткою більше 67 %. Також добре представлені ще дві головні породи: вільха чорна – 24 % і береза повисла – 7 %, а всього в лісах підприємства ростуть 12 головних порід.

В територіальному плані головні породи в лісах підприємства займають відповідні типи лісу і лісорослинних умов: соснові ліси ростуть на найбільш бідних на гумус ґрунтах; чорновільхові – на надмірно зволжених ґрунтах, переважно поблизу річок та водойм; березові – на виснажених ґрунтах, дубові ліси – на найбільш багатих на гумус ґрунтах.

### **Об'єкти дослідження**

Об'єктами досліджень були 10-20 річні насадження сосни звичайної *Pinus silvestris* L., уражені *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. та *Armillariella mellea* (Vahl. ex Fr.) Karst в борах і суборах Філії «Городоцьке лісове господарство».

Вивчали стан молодих соснових насаджень та їх реакції на ураження кореневими гнилями. Для цього було закладено 6 пробних площ на території філії (рис. 2.2).

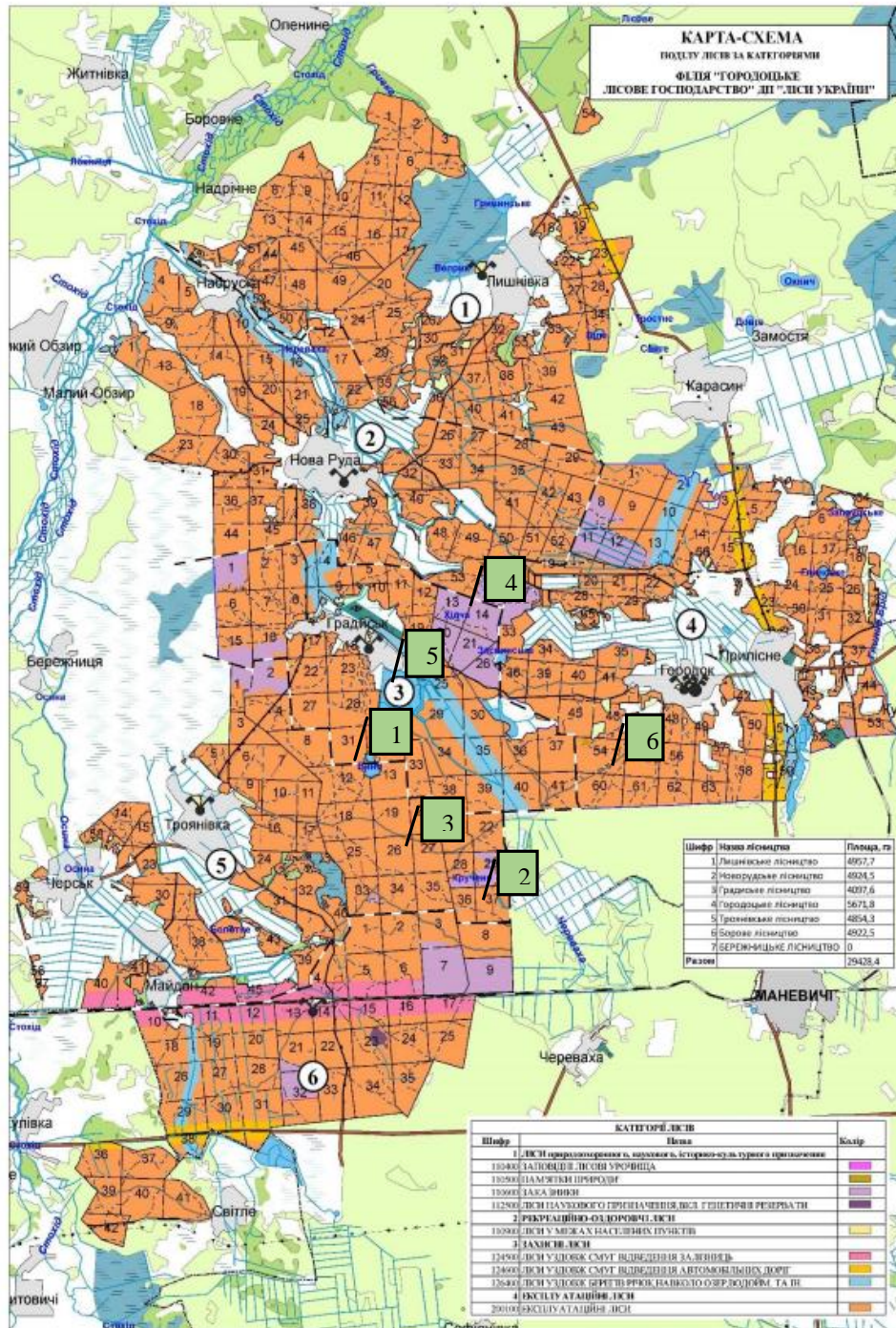


Рис. 2.2. Схема розміщення пробних площі:

- 4 – номер пробної площі;  
 1-3 – дерева *Pinus silvestris* L., уражені *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.;
- 4-6 – дерева *Pinus silvestris* L., уражені *Armillariella mellea* (Vahl. ex Fr.) Karst;

Лісівничо-таксаційна характеристика насаджень, на яких закладались пробні площі, наведена у табл. 2.3.

Таблиця 2.3

Лісівничо-таксаційні показники дослідних насаджень сосни звичайної

№ пр. площі	Склад деревостану	Площа, га	Вік, років	ТЛУ	Бонітет	D, см	H, м	Запас, м <sup>3</sup> /га	Повнота
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Філія «Городоцьке лісове господарство»									
Коренева губка ( <i>Heterobasidion annosum</i> (Fr.) Bref.)									
Троянівське лісництво, кв.8, вид.33									
1	10Сз+Бп	1,2	11	A2C	I	4	3	30	0,7
Троянівське лісництво, кв.25, вид.34									
2	10Сз	3,0	13	A2C	I	5	4	35	0,7
Троянівське лісництво, кв.35, вид.28									
3	9Сз1Бп	0,9	9	A2C	I	4	4	25	0,7
Опеньок осінній ( <i>Armillariella mellea</i> (Vahl. ex Fr.) Karst)									
Градиське лісництво, кв.12, вид.41									
4	8Сз2Бп	0,3	9	B2ДС	I	4	2	20	0,7
Градиське лісництво, кв.23, вид.28									
5	9Сз1Бп+Дз	2,1	10	B2ДС	I	4	3	25	0,8
Градиське лісництво, кв.37, вид.7									
6	10Сз	0,7	12	B2ДС	I	6	4	30	0,7

На кожній ділянці для проведення досліджень відбирали 10 дослідних дерев, уражених хворобою, та 10 контрольних, здорових дерев сосни звичайної.

На пробних ділянках проведено оцінку стану дерев *Pinus silvestris* L. за шкалою оцінки санітарного стану відповідно до Санітарних правил в лісах України [18] і подано в табл. 2.4.

На дослідних ділянках, уражених корневими гнилями, переважають дерева I і II категорій санітарного стану. Коефіцієнт їх санітарного стану варіює в межах 2,1-2,4.



Таблиця 2.4

## Показники санітарного стану дерев сосни звичайної

№ пр.пл.	Розподіл дерев сосни за категоріями санітарного стану, %						Коефіцієнт санітарного стану
	I	II	III	IV	V	VI	
1	2	3	4	5	6	7	8
Насадження, уражені <i>Heterobasidion annosum</i> (Fr.) Bref.							
1	29,9	36,4	15,2	9,2	4,3	4,9	2,4
2	43,3	30,9	10,3	5,2	4,1	6,2	2,1
3	43,2	27,6	3,2	6,5	4,3	15,1	2,5
Насадження, уражені <i>Armillariella mellea</i> (Vahl. ex Fr.) Karst							
4	23,0	42,8	20,7	5,4	4,5	3,6	2,4
5	32,6	33,7	15,8	8,7	4,9	4,3	2,3
6	39,3	22,7	20,0	9,3	4,7	4,7	2,3

Дослідні дерева *Pinus silvestris* L., уражені *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. відбирали на трьох пробних ділянках у молодняках I класу бонітету у свіжих соснових борах (рис. 2.3). Нами вибрано чисті та мішані деревостани. На дослідних ділянках у деревостанах 10...20-річного віку спостерігається інтенсивне відмирання, уражених хворобою дерев. Береза в умовах свіжих соснових борів на пробних площах поступається сосні за продуктивністю і росте за II і III класами бонітету.





Рис. 2.3. Древа *Pinus silvestris* L., уражені *Heterobasidion annosum*:

Дослідні ділянки з деревами *Pinus silvestris* L., що уражені *Armillariella mellea* (Vahl. ex Fr.) Karst було закладено на трьох пробних площах у молодих насадженнях у свіжих дубово-соснових суборах (рис. 2.4). Древоостани на цих ділянках представлені сосною звичайною I класу бонітету з домішками берези повислої, інколи дуба звичайного.





Рис. 2.4. Древа *Pinus silvestris* L., уражені *Armillariella mellea*:

### 2.3. Методика проведення дослідження

На період проведення досліджень передбачалось вивчення основних лісівничо-таксаційних, морфометричних, електрофізіологічних досліджень в молодих насадженнях *Pinus silvestris* L., уражених *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref., *Armillariella mellea* (Vahl. ex Fr.) Karst.

Для вивчення даних показників, використовували наступні методики.

Закладку пробних площ для визначення лісівничо-таксаційних показників дослідних соснових насаджень проводили відповідно до загальноприйнятої методики [26]. Розрахунки таксаційних показників насаджень проводили на основі довідкового матеріалу [28]. Ідентифікацію грибкових захворювань проводили за допомогою довідкової літератури [30].

Діелектричні характеристики прикамбіальних тканин лубу дерев сосни звичайної – імпеданс і поляризаційну ємність визначали за допомогою приладу Ф 4320. Вимірювання проводили на частоті 1 кГц. Електроди вводили в луб у дерев сосни на рівні кореневої шийки для молодняків I класу і на висоті 1,3 м для молодняків II класу. Віддаль між електродами становила 2 см один від одного [12].

Отримані результати обробляли методами математичної статистики.

## РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

### 3.1. Ростові процеси дерев сосни, уражених фітопатогенами

При сильному ураженні рослин прослідковується зменшення поточного приросту за висотою, діаметром та об'ємом. Зменшення поточного приросту за висотою, діаметром і об'ємом, а також пригнічення ростових процесів на 30-60 % є тривожними ознаками, які свідчать про те, що рослини не можуть ефективно використовувати свої ресурси для росту та розвитку.

Зменшення параметрів пагонів і хвої, а також зниження життєдіяльності дерев, вказує на те, що рослини перебувають у стресовому стані. Це може призвести до сповільнення ростових процесів і змін у структурі крони, що, в свою чергу, вплине на їх здатність до фотосинтезу та загальну продуктивність. Відмирання кореневої системи є критичним фактором, що впливає на загальний стан рослин. Зниження загальної поверхні коренів, яка відповідає за поглинання поживних речовин, призводить до значних порушень у фізіології рослин, що, в свою чергу, негативно позначається на їхньому рості та розвитку.

Зниження приросту, висоти та діаметра уражених дерев свідчить про те, що коренева система не може забезпечити рослину необхідними ресурсами для нормального функціонування. Це може мати далекосяжні наслідки не лише для окремих дерев, але й для екосистеми в цілому, оскільки сосна є важливою складовою лісових екосистем.

Наші дослідження можуть допомогти виявити конкретні механізми, які лежать в основі цих змін, а також вказати на можливі шляхи для покращення стану уражених дерев. Наприклад, вивчення впливу фітохвороб на фотосинтетичну активність, водний баланс та електрофізіологічні показники може дати цінну інформацію для розробки стратегій управління лісами та захисту рослин.

Зміна характеру ростових процесів у сосни звичайної внаслідок ураження фітохворобами дійсно свідчить про те, що фізіологічний стан рослин значно погіршується. Коли рослини піддаються стресу через патогени, це може призвести до порушення нормальних метаболічних процесів, що, в свою чергу, впливає на їх ріст, розвиток і загальну життєздатність.

З табл. 3.1 видно, що уражені фітохворобами дерева сосни характеризуються значним зниженням ростових процесів.

Таблиця 3.1

Біометричні показники дерев *Pinus silvestris* L., уражених корневими гнилями

№ пр. площі	Висота, м		Діаметр, см	
	M±m	%	M±m	%
1	2	3	4	5
Насадження, уражені <i>Heterobasidion annosum</i> (Fr.) Bref.				
1	<u>2,7±0,1</u>	<u>100</u>	<u>4,3±0,2</u>	<u>100</u>
	2,6±0,2	96,3	4,2±0,5	97,7
2	<u>4,5±0,2</u>	<u>100</u>	<u>7,4±0,3</u>	<u>100</u>
	3,0±0,2	66,7	4,3±0,5	58,1
3	<u>3,6±0,1</u>	<u>100</u>	<u>5,2±0,2</u>	<u>100</u>
	3,2±0,2	88,9	5,1±0,3	88,1
Насадження, уражені <i>Armillariella mellea</i> (Vahl. ex Fr.) Karst				
4	<u>2,4±0,03</u>	<u>100</u>	<u>4,5±0,1</u>	<u>100</u>
	2,1±0,1	87,5	3,7±0,1	82,2
5	<u>2,7±0,1</u>	<u>100</u>	<u>4,1±0,2</u>	<u>100</u>
	2,4±0,2	88,9	4,0±0,4	98,1
6	<u>3,5±0,2</u>	<u>100</u>	<u>5,8±0,5</u>	<u>100</u>
	3,1±0,2	88,6	5,1±0,4	87,9

Більш детальний аналіз ростових процесів показує, що у дерев сосни уражених кореневою губкою висота і діаметр на ділянках 2 і 3, знизились на 21,1-61,9 %. На 1 ділянці ці показники виявились близькими до контрольних неуражених особин. Однак цьогорічний приріст уражених

дерев знижений., тому можна зробити припущення про початковий етап ураження хворобою.

У дерев сосни, уражених опеньком осіннім, висота виявилась нижчою за контрольні на 11,1-12,5 %, а діаметр на 1,9...17,8 % (див. табл. 3.1).

Можна зробити висновок, що показник висоти буде більш інформативним під час діагностування дерев, які ослаблені хворобою. Діаметр змінюється повільніше і залишається наближеним до контролю.

Найбільші зміни спостерігаються у показниках поточного лінійного приросту центральних пагонів (див. табл. 3.2). Вивчення біометричних показників пагонів дерев *Pinus silvestris* L., уражених *Heterobasidion annosum*, проводили в травні 2023 і 2024 року.

Таблиця 3.2

Біометричні показники пагонів уражених дерев *Pinus silvestris* L.

№ пр. площі	Приріст за роки, см			
	2023		2024	
	M±m	%	M±m	%
1	2	3	4	5
Насадження, уражені <i>Heterobasidion annosum</i> (Fr.) Bref.				
1	<u>39,9±2,9</u>	<u>100</u>	<u>44,0±3,6</u>	<u>100</u>
	41,6±4,1	104,3	32,5±3,1	73,9
2	<u>45,6±4,0</u>	<u>100</u>	<u>67,5±1,9</u>	<u>100</u>
	44,0±5,1	96,5	35,9±3,3	53,2
3	<u>43,1±2,6</u>	<u>100</u>	<u>49,5±2,8</u>	<u>100</u>
	42,1±3,5	97,7	33,2±3,1	67,1
Насадження, уражені <i>Armillariella mellea</i> (Vahl. ex Fr.) Karst				
4	<u>46,6±3,1</u>	<u>100</u>	<u>59,7±3,4</u>	<u>100</u>
	37,4±5,8	80,3	28,2±4,0	47,2
5	<u>41,3±2,0</u>	<u>100</u>	<u>46,2±2,6</u>	<u>100</u>
	39,6±2,8	95,9	30,5±2,2	66,0
6	<u>66,1±4,7</u>	<u>100</u>	<u>71,2±4,5</u>	<u>100</u>
	62,7±8,2	94,9	29,3±4,2	41,2

Примітки:

1. В чисельнику контрольні дерева, в знаменнику – дослідні;
2. Діаметр заміряно на висоті 1,3 м.

За результатами спостережень у 2023-2024 роках встановлено, що у рослин, уражених кореневою губкою і опеньком осіннім, приріст за висотою на всіх дослідних ділянках втратився на 26,1–66,8%. Найменше зниження було зафіксовано на пробній площі №1 у 2024 році. Варто зазначити, що у 2023 році приріст пагонів на цій ділянці перевищив контрольні значення, що може свідчити про тимчасове стабільне становище дерев. Можна припустити у 2024 році відбулася активізацію процесів ураження кореневою губкою.

На рис. 3.1 чітко спостерігається зниження поточного приросту у дерев, уражених корневими гнилями. Тому вважаємо, що даний показник є інформативним для визначення ослаблених хворобою дерев.

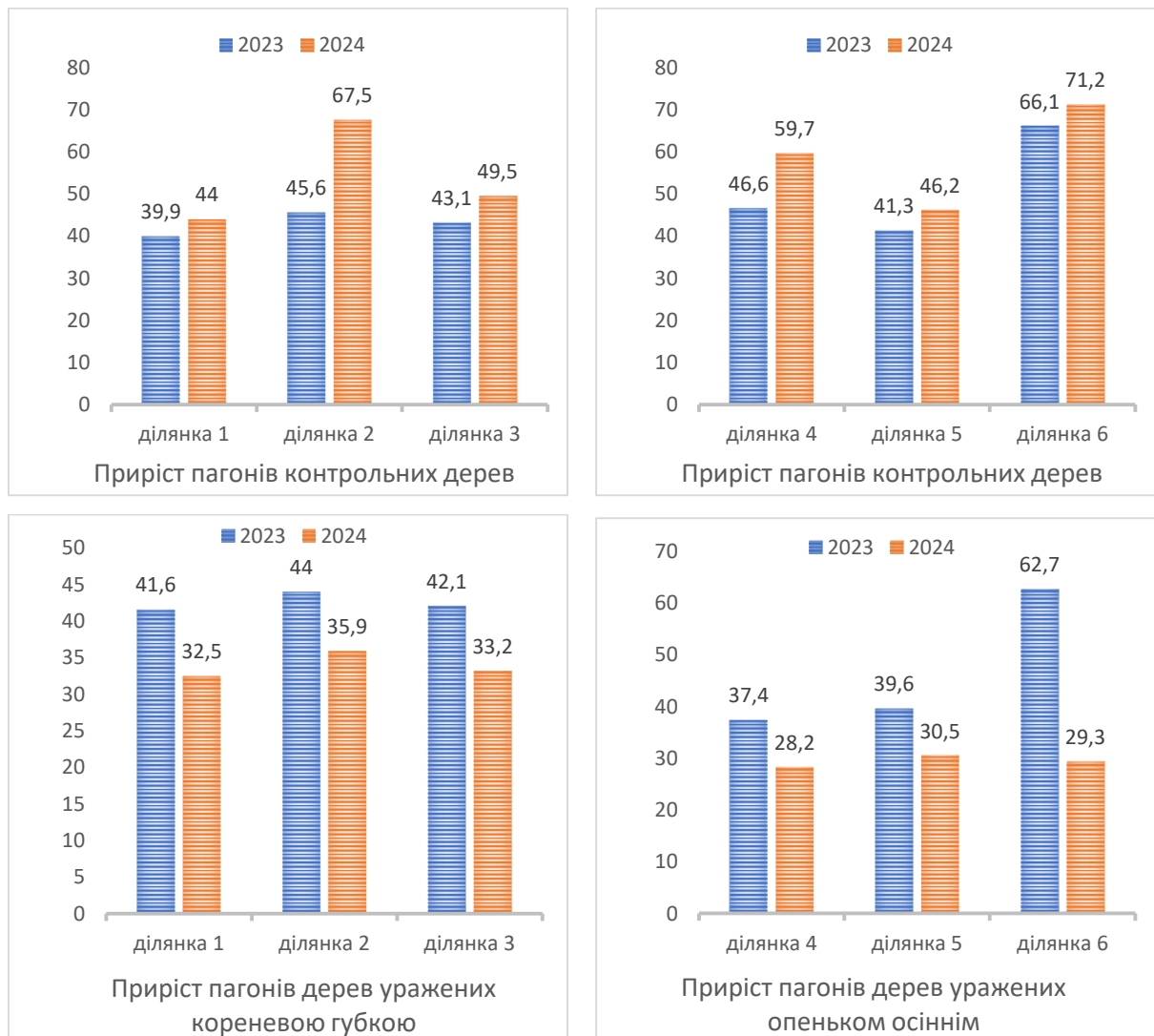


Рис. 3.1. Зміна приросту пагонів контрольних та дослідних дерев *Pinus silvestris* L. протягом 2023-2024 рр.

### 3.2. Діелектричні показники *Pinus silvestris* L.

Питання підвищення стійкості соснових насаджень є ключовим завданням сучасного лісового господарства. Попри численні дослідження, які проводяться в різних країнах світу, досі не розроблено радикальних методів захисту хвойних порід від фітопатогенів. Для ефективного виявлення початкових стадій утворення дерев фітохворобами необхідно впроваджувати методи експрес-діагностики, які дозволяють оперативно оцінювати стан рослин та визначати характер пошкодження.

Використання електрофізіологічних методів, заснованих на вимірюванні пасивних (імпеданс, поляризаційна ємність) показників живих тканин деревних рослин, дозволяє швидко й точно оцінити їх фізіологічний стан без пошкодження структури. Ці методи дають можливість отримати дані про інтенсивність метаболічних процесів, що є ключовим показником загального стану рослин.

Для оцінки стану дерев та їх життєвого потенціалу дослідники активно вибирають діелектричні показники прикамбіальних тканин лубу, які характеризуються високою фізіологічною активністю, чутливо реагують на зміни стану дерева, мають зручний доступ для дослідження, а їх електричні властивості значно відрізняються від сусідніх тканин. Імпеданс і поляризаційна ємність, як показники, що відображають фізіологічні процеси в рослинах, детально розглядалися в роботах Г.Т. Криницького.

Наукові дослідження демонструють, що показники імпедансу та поляризаційної ємності тісно пов'язані з інтенсивністю росту дерев на різних етапах їх розвитку, накопиченням фітомаси та ступенем уражень фітохворобами. Таким чином, у дереві, що перебуває в ослабленій стані, зростання значущого імпедансу та зменшення поляризаційної ємності викликано здоровими та стійкими рослинами. Ці зміни свідчать про зниження їхнього життєвого потенціалу.

Фізіологічний статус рослинної речовини, а також його здатність протистояти негативним впливам зовнішнього середовища, настає



складними взаємозв'язками між безліччю органів рослини, напрямком перерозподілу пластичних речовин і загальною інтенсивністю метаболічних процесів. Для оцінки стану дерев і їх життєвого потенціалу дослідники активно використовують діелектричні потенціали: показники імпедансу та поляризаційної ємності демонструють середній або тісний зв'язок із накопиченням фітомаси, положенням дерев у насадженні, а також ступенем їх уражень фітохворобами та шкідниками

Таким чином, електрофізіологічні методи є ефективним інструментом для діагностики стану деревних рослин.

Вивчення діелектричних характеристик (імпедансу і поляризаційної ємності) прикамбіальних тканин лубу в дерев *Pinus silvestris* L., уражених *Heterobasidion annosum*, проводили в серпні 2024 року.

Нами чітко встановлені істотні відмінності за діелектричними показниками у контрольних та дослідних варіантів дерев (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

Середньоденні діелектричні показники дерева *Pinus silvestris* L., уражені *Heterobasidion annosum*

№ пр. пл.	Дата проведення досліджень	Поляризаційна ємність, нФ			Імпеданс, кОм		
		M±m	%	t <sub>ф</sub>	M±m	%	t <sub>ф</sub>
1	2	3	4	5	7	8	9
1	02.08.2024	$\frac{1,71 \pm 0,15}{1,19 \pm 0,20}$	$\frac{100}{69,6}$	2,08	$\frac{11,1 \pm 0,6}{21,8 \pm 1,2}$	$\frac{100}{196,4}$	7,98
2	02.08.2024	$\frac{1,62 \pm 0,11}{1,27 \pm 0,23}$	$\frac{100}{78,4}$	1,37	$\frac{11,5 \pm 0,8}{14,7 \pm 1,9}$	$\frac{100}{127,8}$	1,55
3	02.08.2024	$\frac{2,20 \pm 0,18}{0,76 \pm 0,14}$	$\frac{100}{34,5}$	6,31	$\frac{8,7 \pm 3,9}{27,4 \pm 0,7}$	$\frac{100}{214,9}$	4,72

Примітки:

1. В чисельнику – контроль дерева, в знаменнику – дослід;
2. Дата проведення 02.08.2024р.

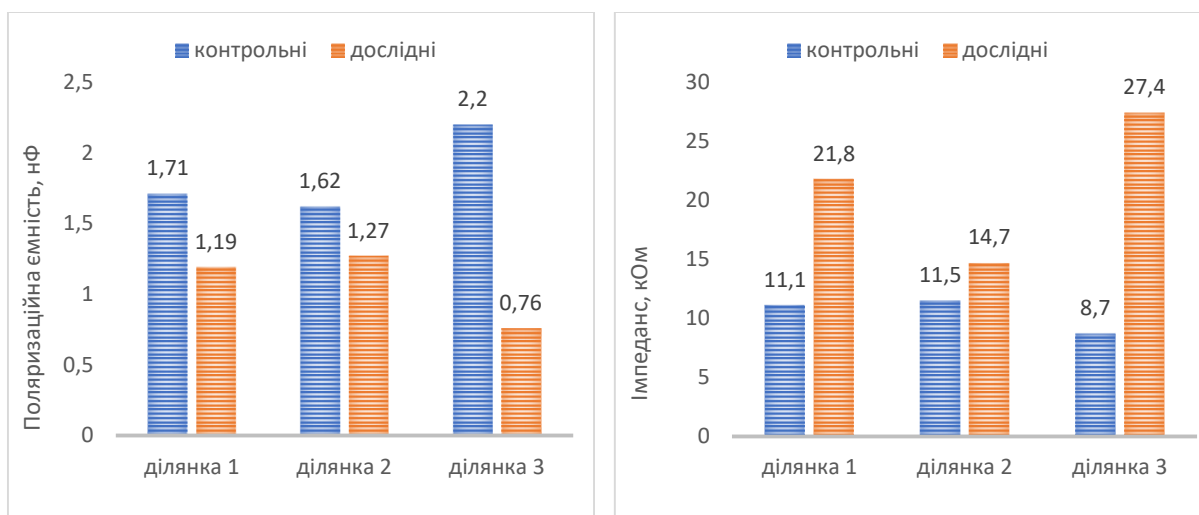


Рис.3.2. Діелектричні показники дерев, уражених *Heterobasidion annosum*

В уражених дерев сосни в середині вегетаційного періоду (серпень) величини імпедансу були більшими від контролю на 27,8-114,9 %, а за показниками поляризаційної ємності дослідні рослини відставали на 21,6-65,5 %.

Отже, в умовах ураження кореневою губкою дерева проявляють значну диференціацію за діелектричними параметрами. Контрольні рослини характеризуються низькими показниками імпедансу і високими поляризаційної ємності, а дослідні проявляють низьку життєвість, оскільки виділяються великими значеннями імпедансу і низькими поляризаційної ємності.

Дослідження електрофізіологічних процесів у молодих дерев сосни звичайної, уражених опеньком осіннім, показують, що найкращим станом відзначаються контрольні рослини. Величина імпедансу в дослідних варіантів виявилась на 31,6-54,5 % вищою, а поляризаційної ємності на 27,6-55,6 % нижчою, ніж на контролі (табл. 3.4).

Таблиця 3.4

Середньоденні діелектричні показники дерева *Pinus silvestris* L.,  
уражені *Armillariella mellea*

№ пр. пл.	Поляризаційна ємність, нФ			Імпеданс, кОм		
	M±m	%	t <sub>ф</sub>	M±m	%	t <sub>ф</sub>
1	2	3	4	5	6	7
4	$\frac{2,55 \pm 0,12}{2,10 \pm 0,07}$	$\frac{100}{82,4}$	3,24	$\frac{9,5 \pm 0,8}{12,5 \pm 0,5}$	$\frac{100}{131,6}$	3,18
5	$\frac{1,95 \pm 0,05}{1,57 \pm 0,08}$	$\frac{100}{80,5}$	4,03	$\frac{10,1 \pm 0,4}{15,6 \pm 0,6}$	$\frac{100}{154,5}$	7,63
6	$\frac{1,50 \pm 0,07}{0,96 \pm 0,16}$	$\frac{100}{54,4}$	4,39	$\frac{15,7 \pm 0,9}{21,2 \pm 3,2}$	$\frac{100}{135,0}$	1,65

Примітки:

1. В чисельнику – контроль дерева, в знаменнику – дослід;
2. Дата проведення – 02.08.2024 р.

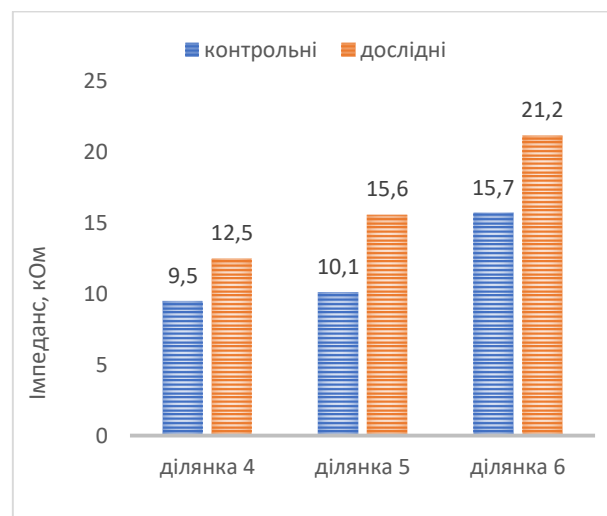
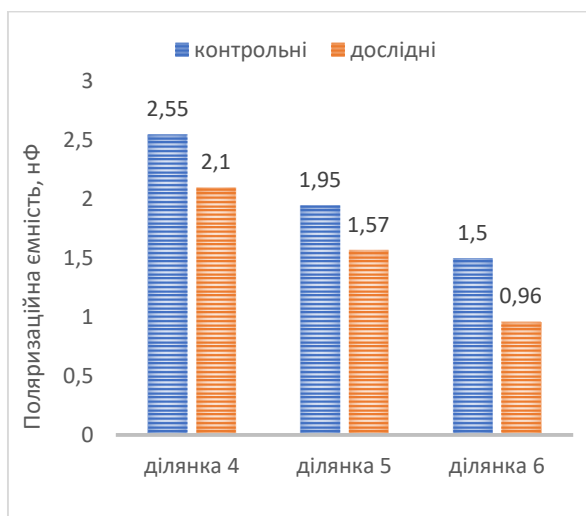


Рис. 3.3. Діелектричні показники дерев, уражених *Armillariella mellea*

Таким чином, дерева сосни звичайної уражені опеньком осіннім істотно відрізняються від контрольних рослин за діелектричними показниками.

Значне пошкодження кореневої системи і живих прикамбіальних тканин лубу призвело до зниження інтенсивності процесів життєдіяльності в інфікованих дерев сосни.

Отже, електрофізіологічні методи є ефективним інструментом для діагностики стану деревних рослин.

#### РОЗДІЛ 4. Оцінка економічних показників від впливу планованої діяльності підприємства

Результати наукових досліджень показують, що погіршення стану лісів є закономірним процесом, який значною мірою пов'язаний з віковою структурою, складом та походженням лісових насаджень. Ці фактори взаємодіють із негативними кліматичними впливами, що підштовхують межі неспецифічної стійкості структурно простих, однорідних, рівновікових штучних та порослевих насаджень.

Встановлено, що найбільш вразливими до пошкоджень шкідниками та хворобами є стиглі, перестійні та старіючі насадження, які займають близько 36% лісової площі України. У найближчі роки їхня частка продовжуватиме зростати через нерівномірну вікову структуру лісів. Відповідно, площі уражених лісів також збільшуватимуться, що вимагатиме розширення заходів з оздоровлення лісів [21].

Певний період питома вага суцільних санітарних рубок була на рівні близько 30%; в 2017 році він знизився до 14%, в 2018 році до 4,2. Така ж ситуація з заготівлею ділової деревини. При чому, загальний обсяг заготівлі деревини в цілому зменшився на 10% від санітарних рубок з 2016 до 2018 року.

Аналіз санітарного стану лісових насаджень та динаміки проведення санітарних рубок протягом тривалого періоду вводить поняття своєчасно проведених та несвоєчасних рубок. Збільшення обсягів заготівлі при своєчасному проведенні санітарних рубок не є результатом «виробництва» деревини, а зумовлене науковими рекомендаціями та багаторічним досвідом ведення лісового господарства в Україні. Це більше відповідало першій редакції Санітарних правил (1995 р.).

Юрій Харчченко, Український науково-дослідний інститут лісового господарства та лісової меліорації ім. Г. М. Висоцького, визначив розмір збитків порівнянням вартості деревини (за цінами реалізації 2018 року)

при своєчасно проведених рубках (за розрахунковими даними) та при несвоєчасному їх проведенні (за фактичними результатами) – (табл. 4.1).

Таблиця 4.1.

### Розмір збитків від невчасно проведених санітарних рубок

	Невчасно проведено (за фактом)		Вчасно проведено (за розрахунком)		Розмір збитків (-)	
	тис. куб. м	млн. грн.	тис. куб. м	млн. грн.	тис. куб. м	млн. грн.
Санітарні рубки	8.252	6.192	9.600	7.422	1.348	1.230
в т. ч. хвойні	5.924	3.893	7.242	4.918	1.318	1.025

*Джерело: Юрій Харченко*

Таким чином, загальні втрати деревини від всихаючих насаджень через несвоєчасно проведені санітарні рубки в 2018 році становили 1,3 млн куб. м, що спричинило збитки в розмірі 1,2 млрд грн за цінами реалізації деревини. Такі значні втрати деревини та відповідні економічні збитки (без урахування екологічних наслідків несвоєчасних санітарних рубок, що призводять до поширення патологічних процесів у лісах та подальших збитків) є результатом, насамперед, недосконалості проведення санітарно-оздоровчих заходів в лісах України.

## РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ДОСЛІДЖЕНЬ В ПОЛЬОВИХ УМОВАХ

Охорона праці при проведенні польових досліджень є важливою складовою забезпечення безпеки та здоров'я дослідників. Вона передбачає ряд заходів, спрямованих на мінімізацію ризиків, пов'язаних із виконанням польових робіт, особливо в лісових та природних умовах.

Основні аспекти охорони праці при проведенні польових досліджень:

- Перед виходом в ліс необхідно вивчити місцеві умови, особливості ландшафту та потенційні небезпеки (мошки, кліщі, змії, дикий звір).
- Необхідно проаналізувати потенційні небезпеки (наприклад, небезпека від ураження електричним струмом, падіння з висоти, травми від інструментів).
- Для проведення досліджень залучати тільки справні і перевірені інструменти, засоби захисту (наприклад, рукавички, захисні окуляри).
- Потрібно враховувати погодні умови, використовувати відповідний одяг (водонепроникні куртки, захист від сонця).
- Використовувати спеціальні засоби для захисту від кліщів, комарів, інших переносників хвороб.
- Необхідно оцінювати небезпеку від дикої фауни (якщо дослідження проводиться в лісах або біля води), вивчення місцевості на предмет можливих звірів (наприклад, ведмедів, лисиць).
- 3. При роботі з інструментами (наприклад, лопати, пили, сокири) важливо дотримуватися інструкцій та використовувати захисні засоби (рукавички, взуття).
- Усі учасники польових досліджень повинні мати аптечку першої допомоги, знати її вміст і вміти користуватися.

- Потрібно мати базові навички надання першої допомоги при порізах, укусах, опіках, травмах, а також у разі серйозних захворювань (наприклад, при укусах змій).
- Важливо мати при собі контактні номери екстрених служб та координати найближчих медичних закладів.
- Забезпечити доступ до чистої води, засобів особистої гігієни, наявність санітарних засобів.
- Необхідно враховувати епідеміологічні умови (наприклад, необхідність вакцинації від кліщового енцефаліту або інших хвороб).
- Важливо проводити дослідження в групах, оскільки це забезпечує допомогу в разі надзвичайних ситуацій.
- Перед виїздом в поле необхідно пройти інструктажі з охорони праці, знати алгоритм дій у разі надзвичайних ситуацій.
- Слід здійснювати перевірки стану здоров'я учасників експедицій, зокрема на предмет втоми, перегріву, зневоднення.
- Важливо дотримуватись заходів безпеки при переміщенні по території, зокрема при перехідних ділянках через річки, болота або круті схили.
- Після завершення польових досліджень потрібно оцінити виконану роботу, провести звітність і документування отриманих результатів.

Загалом, охорона праці при проведенні польових досліджень включає в себе правильну підготовку, дотримання заходів безпеки на кожному етапі роботи та готовність до швидкого реагування в разі непередбачених ситуацій.

## ВИСНОВКИ

Сосна звичайна є домінуючою лісотвірною породою в Україні, утворюючи 35% лісових площ країни. За останні десятиліття спостерігається значне погіршення стану сосняків не лише в Україні, а й в інших європейських країнах.

Однією з причин погіршення стану сосняків є те, що більшість сучасних насаджень – це штучно створені одновікові деревостани (лісові культури) з мінімальною кількістю інших порід. Такі монокультури є часто пошкоджені вітром і створюють сприятливе середовище для розвитку осередків грибкових захворювань.

Зважаючи на інтенсивне поширення грибкових захворювань у соснових насадженнях, важливість виявлення об'єктивних критеріїв для оцінки санітарного стану дерев, необхідність швидкої діагностики та вивчення впливу хвороб на процеси життєдіяльності дерев є очевидною. Тому вважається, що перспективним напрямком досліджень є застосування морфометричних та електрофізіологічних методів, які дозволяють майже безпомилково визначити фізіологічний стан дерев для діагностики розвитку патогенів у насадженнях, для відбору стійких форм деревних рослин до впливу фітохвороб та для створення біологічно стійких насаджень.

1. Детальний аналіз ростових процесів показує, що у дерев сосни уражених кореневою губкою висота і діаметр на ділянках 2 і 3, знизились на 21,1-61,9 %.

2. У дерев сосни, уражених опеньком осіннім, висота виявилась нижчою за контрольні на 11,1-12,5 %, а діаметр на 1,9...17,8 %

3. Можна зробити висновок, що показник висоти буде більш інформативним під час діагностування дерев, які ослаблені хворобою. Діаметр змінюється повільніше і залишається наближеним до контролю.



4. За результатами спостережень у 2023-2024 роках встановлено, що у рослин, уражених кореневою губкою і опеньком осіннім, приріст за висотою на всіх дослідних ділянках втратився на 26,1–66,8%.

5. Найменше зниження було зафіксовано на пробній площі №1 у 2024 році. Варто зазначити, що у 2023 році приріст пагонів на цій ділянці перевищив контрольні значення, що може свідчити про тимчасове стабільне становище дерев. Можна припустити у 2024 році відбулася активізацію процесів ураження кореневою губкою.

6. Отже, чітко спостерігається зниження поточного приросту у дерев, уражених кореневими гнилями. Тому вважаємо, що даний показник є інформативним для визначення ослаблених хворобою дерев.

7. Вивчення діелектричних характеристик (імпедансу і поляризаційної ємності) прикамбіальних тканин лубу в дерев *Pinus silvestris* L., уражених *Heterobasidion annosum*, проводили в серпні 2024 року. Було чітко встановлено істотні відмінності за діелектричними показниками у контрольних та дослідних варіантів дерев. Так, середні показники імпедансу на ділянках у контрольних рослин коливалися в межах 8,7-11,5 кОм, а у дерев, уражених кореневою губкою – 14,7-27,4 кОм. Величина поляризаційної ємності відповідно становила 1,62-2,20 нФ у контрольних рослин і 0,76-1,27 нФ у дослідних.

8. В уражених дерев сосни в середині вегетаційного періоду (серпень) величини імпедансу були більшими від контролю на 27,8-114,9 %, а за показниками поляризаційної ємності дослідні рослини відставали на 21,6-65,5 %.

9. Отже, в умовах ураження кореневою губкою дерева проявляють значну диференціацію за діелектричними параметрами. Контрольні рослини характеризуються низькими показниками імпедансу і високими поляризаційної ємності, а дослідні проявляють низьку життєвість, оскільки виділяються великими значеннями імпедансу і низькими поляризаційної ємності.

10. Дослідження електрофізіологічних процесів у молодих дерев сосни звичайної, уражених опеньком осіннім, показують, що найкращим станом відзначаються контрольні рослини. Величина імпедансу в дослідних варіантів виявилась на 31,6-54,5 % вищою, а поляризаційної ємності на 27,6-55,6 % нижчою, ніж на контролі.

11. Древа сосни звичайної уражені опеньком осіннім істотно відрізняються від контрольних рослин за діелектричними показниками, оскільки значне пошкодження кореневої системи і живих прикамбіальних тканин лубу призвело до зниження інтенсивності процесів життєдіяльності в інфікованих дерев сосни.

12. Отже, електрофізіологічні методи є ефективним інструментом для діагностики стану деревних рослин.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Випирайло О.В., Протасов О. І. Морфо–анатомічні зміни хвої *Pinus sylvestris* L. під впливом атмосферного промислового забруднення. Український ботанічний журнал. 1995. Т. 52. Вип. 3. С. 394–398.
2. Гвоздяк Р. І. [та ін.] Бактеріальні хвороби сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) та мікрофлора її насіння: монографія. Житомир : Полісся, 2011. 222 с.
3. Деревянчук Ю. Л. Морфофізіологічні показники дерев сосни звичайної, уражених кореневою губкою. Матеріали 63-ої науково-технічної конференції студентів і аспірантів НЛТУ України, студентів коледжів та слухачів Малої лісової академії. Львів, 2011. С. 53-55.
4. Дишко В. А., Усцький І. М., Михайліченко О. А. Морфологічні та біохімічні відмінності дерев із різною стійкістю до кореневої губки. Лісівництво і агролісомеліорація. Харків: Укрнділга, 2015. Вип. 126. С. 218-224.
5. Довкілля Волині у 2020 році : Статистичний збірник : Головне управління статистики у Волинській області. Луцьк, 2021. – 122 с.
6. Заїка В. К. Діелектричні показники сосни звичайної на радіаційно забруднених територіях. Науковий вісник. 2004. Вип. 14.1. С. 12-15
7. Заїка В. К., Криницький Г. Т. Біосинтез пластидних пігментів деревами сосни звичайної на радіаційно забруднених територіях. Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету ім. Володимира Гнатюка: Біологія. 2004. № 3/4 (24). С. 22-24.
8. Захист лісів від шкідників та хвороб за 2024 рік : Державне агентство лісових ресурсів України: веб-сайт. URL: <https://forest.gov.ua/napryamki-diyalnosti/lisove-gospodarstvo/ohorona-i-zahist-lisiv/zahist-lisiv-vid-shkidnikov-ta-hvorob>

9. Кімейчук І.В., Ситник О.С., Горновська С.В., Ткачук О.М. Стан та ураженість дерев сосни звичайної опеньком осіннім у лісових культурах Актуальні проблеми, шляхи та перспективи розвитку ландшафтної архітектури, садово-паркового господарства, урбоекотології та фітомеліорації : матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції (Біла Церква, 26 вересня 2024 р.). Біла Церква: БНАУ, 2024. 55-59 с.
10. Костриба М. В. [та ін.] Всихання ялинових лісостанів на Буковині. Лісівництво і агролісомеліорація. Харків : УкрНДЦЛГА, 2008. Вип. 114. С. 152–158.
11. Крамарець В. О., Криницький Г. Т. Оцінка стану та ймовірних загроз виживанню ялинових лісів Карпат у зв'язку із змінами клімату. Науковий вісник. 2009. Вип. 19.15. С. 38–50.
12. Криницький Г. Т. Про методику використання електрофізіологічних показників для визначення життєздатності деревних рослин. Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість. Львів : УкрДЛТУ, 1992. Вип. 23. С. 3-10.
13. Кудінова О. В. Фізіологічні реакції проростків *Pinus sylvestris* L. на інфекцію *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. : автореф. дис. ... канд. біол. наук : 03.00.12; Київський національний університет ім. Т. Шевченка. К., 2004. 19 с.
14. Кудінова О. В., Бойко М. І. Вміст пігментів та органічного вуглецю в інфікованих кореневою губкою проростках *Pinus sylvestris* L. Український ботанічний журнал. 2005. № 1. С. 115-121
15. Ладейщикова О. І., Усцький І. М. Захисна реакція коренів сосни на ураження її збудниками корневих гнилей. Захист лісів Українських Карпат від хвороб і шкідників : Тези доповіді. IV науково-технічної конференції. Івано-Франківськ, 1992. С. 39–40.

- 16.Негруцький С. Ф. Про роль мінеральних елементів у стійкості сосни проти уражень кореневою губкою. Вісник сільськогосподарської науки. 1963. № 6. С. 13-18.
- 17.Ониськів М. І., Кайдик О. Ю. 30-річні результати вивчення проблеми захисту від кореневої губки культур сосни звичайної у Поліссі. Лісівництво і агролісомеліорація. Харків : УкрНДІЛГА, 2008. Вип. 114. С. 201–206.
- 18.Про затвердження Санітарних правил в лісах України : постанова Кабінету міністрів України від 27 липня 1995 р. № 555. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/555-95-%D0%BF#Text>
- 19.Про звіт щодо стану ведення лісового і мисливського господарства Волинським обласним управлінням лісового та мисливського господарства : рішення Волинської обласної ради від 07.11.2012 №13/20. URL: <https://mail.volynrada.gov.ua/session/13/20>
- 20.Публічний звіт голови державного агентства лісових ресурсів України за 2023 рік : веб-сайт. URL: <https://forest.gov.ua/agentstvo/komunikaciyi-z-gromadskisty/publichni-zviti-derzhlisagentstva>
- 21.Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища у Волинській області за 2023 рік : веб-сайт. URL: <https://voladm.gov.ua/article/regionalna-dopovid-pro-stan-dovkilliya/>
- 22.Самійленко О. М. Вплив кореневої губки (*Heterobasidion annosa* (fr.) Bref.) на метаболізм сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.). Лісівнича наука: витоки, сучасність, перспективи : Матеріали наукової конференції, присвяченої 80-річчю від дня заснування УкрНДІЛГА. Харків : УкрНДІЛГА, 2010. С. 209–210.
- 23.Слободян П. Я. Лісівничо-екологічні особливості формування осередків всихання *Picea abies* [L.] Karsten в Сколівських Бескидах :

- автореф. дис. ... канд. с.-г. наук : 06.03.03; Український державний лісотехнічний університет. Львів, 2003. 20 с.
24. Слободян П. Я. Характеристика осередків стовбурових шкідників і кореневих гнилей у ялинових насадженнях Українських Карпат . Лісівнича наука: витоки, сучасність, перспективи : Матеріали наукової конференції, присвяченої 80-річчю від дня заснування УкрНДІЛГА (12-14 жовтня 2010 р., м.Харків). Харків : УкрНДІЛГА, 2010. С. 210–211.
25. Сорока М. І., Бандерич М. В. Хвороби асиміляційного апарату сіянців і саджанців у лісових розсадниках природного парку «Сколівські бескиди». Науковий вісник НЛТУ України. 2007. Вип. 17.7. С. 76–81.
26. СОУ 02.02–37–476 : 2006. Площі пробні лісовпорядні. Метод закладання. Введ. 26.12.2006. Київ: Мінагрополітики України, 2006. 32 с.
27. Стасевич Л. І. Хвороби та комахи-фітофаги сосни звичайної у західному регіоні України. Вісник Львівського університету. Серія біологічна. 2003. Вип. 33. С. 42–46.
28. Таблиці ходу росту і товарності насаджень деревних порід України. К. : Урожай, 1969. 110 с.
29. Усцький І. М., Попков М. Ю., Мокрицький В. О. Діагностика стану дерев сосни у вогнищах кореневої губки. Лісівництво і агролісомеліорація. 1991. Вип. 82. С. 8–14.
30. Шевченко С. В., Циліурік А. В. Лісова фітопатологія: підручник для студентів вищого навчального закладу. К. : Вища шк., 1986. 384 с.
31. Czuchajowska Z., Niemtur S. Seasonal changes of chlorophyll and carotenoids content in needles of *Pinus nigra*, *Pinus strobes* and *Pinus silvestris* as influenced by industrial emissions. Prace Naukowe USI Katowicach. Acta boil. 1979. 6. P. 182-190.

32. Guillaumin I. I. [and others] Geographical distribution and ecology of the *Armillaria* species in Western Europe. *European Journal of Forest Pathology*. Vol. 23. 1993. P. 321–341.
33. Hogg E. H. Growth and dieback of aspen forests in northwestern Alberta, Canada, in relation to climate and insects. *Canadian Journal of Forest Research*. 2002. V. 32, № 5. P. 823–832.
34. Hopper R. J., Sivasithamparam K. Characterization of damage and biotic factors associated with the decline of *Eucalyptus wandoo* in southwest Western Australia. *Canadian Journal of Forest Research*. 2005. V. 35, N 11. P. 2589-2602.
35. Keriö S.E. [and others] Resistance responses of *Picea abies* to *Heterobasidion parviporum* in Southern Finland. XIII Conference Root and Butt Rot of Forest Trees, Firenze, Italy, September 4th-10th 2011; IUFRO Working Party 7.02.01. Firenze : Firenze University Press, 2013. P. 22-25.
36. Korhonen K., Malenko A. Two species of the *Heterobasidion annosum* complex identified in the Altai area. *Антропогенное воздействие на лесные экосистемы : Материалы второй международной конференции*. Барнаул, 2002. С. 136–138.
37. Mac Dougall R. G., Maclen D. A., Thomson R. G. The use of electrical capacitance to determine growth and vigor of spruce and fir trees and stands in New Brunswick. *Canadian Journal of Forest Research*. 1988. V. 18, № 5. P. 587-594.
38. Mac Dougall R.G., Thomson R. G., Harald P. Stem electrical capacitance and resistance measurements and relation to total foliar biomass of balsam fir trees. *Canadian Journal of Forest Research*. 1987. V. 17, № 9. P. 1070-1074.
39. Rennerfelt E., Tamm C O. The Contents of Major Plant Nutrients in Spruce and Pine attacked by *Fomes annosus* (Fr.) Cke. *Journal of Phytopathology*. 1961. Volume 43. Issue 4. P. 371–382.

40.Zaluma A. [and others] Resistance of *Pinus contorta* and *Pinus sylvestris* to *Heterobasidion annosum*. XIII Conference Root and Butt Rot of Forest Trees, Firenze, Italy, September 4th-10th 2011; IUFRO Working Party 7.02.01. Firenze : Firenze University Press, 2013. P. 110.