МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет лісового господарства та екології

Кафедра лісового та садово-паркового господарства

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

БЕРЕЗОВСЬКИЙ ВІТАЛІЙ ПЕТРОВИЧ

УДК 630*521.1(477.42)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

СЕЗОННА ЗМІНА ДІЕЛЕКТРИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ СОСНИ ЗВИЧАЙНОЇ В УМОВАХ ЛИПНИКІВСЬКОГО ЛІСНИЦТВА КОРОСТЕНСЬКОГО НАДЛІСНИЦТВА

205 Лісове господарство

Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавр

кваліфікаційна робота містить результати власних наукових досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело
_____ В.П. Березовський

Керівник роботи
Кратюк Олександр Леонідович
доктор біологічних наук, професор

Житомир – 2026

Висновок кафедри лісового та садово-паркового господарства за результатами попереднього захисту

Протокол засідання кафедри **лісового та садово-паркового господарства**
№ ___ від «___» 2026 р.

Завідувач кафедри **лісового та садово-паркового господарства**

к.с.-г.н., доцент Сірук Юрій Вікторович
«___» 2026 р.

Результати захисту кваліфікаційної роботи

Здобувач вищої освіти Березовський Віталій Петрович захистив кваліфікаційну роботу з оцінкою:
сума балів за 100-бальною шкалою
за шкалою ECTS
за національною шкалою

Секретар ЕК

АНОТАЦІЯ

Березовський В.П. Сезонна зміна діелектричних показників сосни звичайної в умовах Липниківського лісництва Коростенського надлісництва. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр за спеціальністю 205 – лісове господарство. – Поліський національний університет, Житомир, 2026.

У бакалаврській роботі досліджено особливості сезонної динаміки електрофізіологічних показників дерев сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) в умовах Липниківського лісництва Коростенського надлісництва. Встановлено виражену сезонну динаміку діелектричних показників сосни звичайної. Максимальні значення поляризаційної ємності та мінімальні показники імпедансу зафіксовано влітку, у період найвищої фізіологічної активності дерев. Визначено, що у весняний період середнє значення поляризаційної ємності становило 6,84±0,22 нФ, імпедансу – 30,75±1,35 кОм; у літній – відповідно 13,90±0,59 нФ та 18,40±0,92 кОм; в осінній – 8,31±0,54 нФ та 27,63±1,46 кОм. Підтверджено наявність оберненої залежності між показниками поляризаційної ємності та імпедансу. Встановлено достовірний зв’язок між категорією санітарного стану дерев та величиною діелектричних показників. Отримані результати засвідчують високу інформативність електрофізіологічних методів для ранньої діагностики ослаблення соснових деревостанів та підтверджують перспективність використання показників поляризаційної ємності й імпедансу у системі моніторингу життєвого стану лісових насаджень.

Ключові слова: поляризаційна ємність; імпеданс; життєвий стан; сосна звичайна, Коростенське надлісництво.

ANNOTATION

Berezovskyi V.P. Seasonal Changes in the Dielectric Indicators of Scots Pine under the Conditions of the Lypnyky Forestry of the Korostenske FMU. – Qualifying work on the rights of the manuscript.

Qualification work for the Bachelor's degree in specialty 205 – Forestry. – Polissia National University, Zhytomyr, 2026.

The bachelor's thesis investigates the peculiarities of the seasonal dynamics of electrophysiological indicators of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) trees under the conditions of the Lypnyky Forestry of the Korostenske FMU. A pronounced seasonal variation in the dielectric parameters of Scots pine was established. The maximum values of polarization capacitance and the minimum impedance values were recorded during the summer period, corresponding to the phase of the highest physiological activity of the trees. It was determined that in the spring period the average value of polarization capacitance was 6.84±0.22 nF and impedance was 30.75±1.35 kΩ; in summer, respectively, 13.90±0.59 nF and 18.40±0.92 kΩ; and in autumn, 8.31±0.54 nF and 27.63±1.46 kΩ. The existence of an inverse relationship between polarization capacitance and impedance indicators was confirmed. A significant relationship between the sanitary condition category of trees and the magnitude of dielectric parameters was established. The obtained results demonstrate the high informativeness of electrophysiological methods for the early diagnosis of Scots pine stand weakening and confirm the перспективність of using polarization capacitance and impedance indicators in monitoring the vitality of forest stands.

Key words: capacitance polarization, impedance, vital condition, Scots pine, Korostenske FMU.

ЗМІСТ

ВСТУП 6

РОЗДІЛ 1. ВИВЧЕННЯ ЕЛЕКТРОФІЗІОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ СОСНИ ЗВИЧАЙНОЇ В УКРАЇНІ 8

1.1. Вивчення імпедансу та поляризаційної ємності сосни звичайної в Україні 8

1.2. Вивчення діелектричних показників сосни звичайної на території Коростенського надлісництва 10

РОЗДІЛ 2. РЕГІОН ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ 14

2.1. Характеристика лісових насаджень Коростенського надлісництва 14

2.2. Методика досліджень 15

РОЗДІЛ 3. ОСОБЛИВОСТІ ЗМІНИ ДІЕЛЕКТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ДЕРЕВ СОСНИ ЗВИЧАЙНОЇ 17

3.1. Характеристика тимчасової пробної площі 17

3.2. Аналіз зміни діелектричних параметрів упродовж вегетаційного періоду 21

3.2.2. Весняний період 21

3.2.3. Літній період 23

3.2.4. Осінній період 26

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ 30

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 32

ВСТУП

Актуальність теми. Нестабільність стану лісів України, особливо соснових екосистем, підкреслює необхідність удосконалення наявних методик оцінювання та впровадження інноваційних підходів до визначення стану дерев. Зростання масштабів деградації лісів акцентує увагу на потребі розробки експрес-методів діагностики, здатних виявляти ранні ознаки ослаблення деревостанів. Оскільки патогенні чинники не впливають на дерева миттєво, порушення фізіологічних і біологічних процесів можна фіксувати вже на початкових етапах їх розвитку. Однією з перших ознак зниження життєздатності є уповільнення транспорту води та поживних речовин у тканинах рослин. Аналіз діелектричних властивостей є ефективним інструментом для виявлення таких змін і дозволяє своєчасно вживати заходів, спрямованих на зменшення або уповільнення негативних фізіологічних процесів у дерев.

Мета і завдання дослідження. Метою роботи було вивчення динаміки діелектричних показників сосни звичайної упродовж року в умовах Липниківського лісництва Коростенського надлісництва.

Для досягнення поставленої мети передбачалось виконання наступних завдань:

1. Провести характеристику лісівничо-таксаційних показників соснових насаджень та виявити категорій їх стану згідно нормативних документів.

2. Виявити показники ходу діелектричних показників дерев сосни звичайної упродовж року на пробній площі.

3. Виявити особливості зміни імпеданса та поляризаційної ємності у дерев сосни звичайної.

Об’єкт дослідження – процес росту чистих соснових деревостанів на території Коростенського надлісництва.

Предмет дослідження – є особливості сезонного ходу діелектричних показників у дерев сосни звичайної.

Методи дослідження. У процесі дослідження застосовано комплекс загальнонаукових і спеціальних методів. Для оцінки лісівничо-таксаційних характеристик деревостанів використовували *лісівничо-таксаційні методи*. Визначення діелектричних параметрів насаджень сосни звичайної здійснювали за допомогою *електрофізіологічних методів* дослідження. *Екологічні методи* застосовували з метою встановлення впливу несприятливих чинників середовища на стан насаджень. Статистичну обробку отриманих експериментальних даних проводили із використанням *математико-статистичних методів* аналізу.

Публікації.

Садурська Л.М., **Березовський В.П.** Електрофізіологічні методи як інструмент оцінки життєздатності та стійкості деревних рослин у системі сталого лісівництва. *Ліс, наука, молодь:* матер. XIII Всеукр. наук.-практ. конф. (м. Житомир, 26 листопада 2025 р.). Житомир, 2025. С. 188–189.

Березовський В.П. Огляд вивчення діелектричних показників дерев сосни звичайної у лісових насадженнях в околицях селища смт. Лугини Житомирської області. *Студентські наукові читання 2025* : матер. Всеукр. наук.-практ. конф. (10 грудня 2025 р.). Житомир: Поліський університет, 2025. С. 7–8.

Практичне значення. Вперше для соснових екосистем Липниківського лісництва Коростенського надлісництва виявлено тісний зв’язок між діелектричними параметрами сосни звичайної та категоріями санітарного стану дерев.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота викладена на 37 сторінках друкованого тексту і складається з вступу, трьох розділів, висновків і рекомендацій, списку використаних джерел (містить 44 найменувань). Ілюстрована 5 таблицями, 6 рисунками та 1 фото.

РОЗДІЛ 1
ВИВЧЕННЯ ЕЛЕКТРОФІЗІОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ СОСНИ ЗВИЧАЙНОЇ В УКРАЇНІ

1.1. Вивчення імпедансу та поляризаційної ємності сосни звичайної в Україні

Дослідження електрофізіологічних властивостей рослинних тканин є важливим напрямом сучасного лісівництва, оскільки дозволяє отримувати об’єктивну інформацію про фізіологічний стан дерев та їхню реакцію на вплив зовнішніх чинників. Особливого значення набуває застосування діелектричних показників, таких як імпеданс і поляризаційна ємність, для ранньої діагностики змін у деревостанах та оцінки їх життєвого стану [25].

Початок XVIII століття ознаменував старт наукового вивчення процесів електричної взаємодії клітин рослин. Однак до 1960-х років XX століття результати електрофізіології рослин практично не застосовувалися у практиці лісового господарства [42]. Починаючи з другої половини XX століття, для оцінки стану рослинних тканин почали активно використовувати такі показники, як імпеданс і поляризаційна ємність [40–41]. Вперше діелектричні параметри, зокрема імпеданс, були впроваджені в лісову діагностику доктором Алексом Л. Шиго, який застосовував їх для виявлення стовбурових гнилей, для чого було розроблено спеціальний прилад, названий згодом шигометром. Він використовував імпульсний електричний струм для вимірювання імпедансу деревини [43–44].

В Україні наукові засади використання електрофізіологічних показників для оцінки життєздатності деревних рослин були сформовані у працях Г.Т. Криницького [25]. Подальший розвиток цього напряму засвідчив високу інформативність і потенційну універсальність електрофізіологічних методів у лісівничо-екологічних та селекційно-генетичних дослідженнях [26]. На сьогодні електрофізіологічні дослідження охоплюють широкий

спектр деревних порід [6, 9–11, 31], однак основна увага дослідників зосереджена на сосні звичайній (*Pinus sylvestris* L.) як одній із головних лісоутворювальних порід України. У наукових працях вивчаються різноманітні аспекти її життєдіяльності, зокрема особливості територіальної диференціації деревостанів, вплив біотичних [5, 37–38] та абіотичних чинників [7, 22, 28, 30, 32], а також наслідки ведення лісового [3, 8, 27] і мисливського господарства [14–17, 19].

За умов дії несприятливих екологічних чинників сосна звичайна демонструє поступове зниження фізіологічної активності, яке не завжди супроводжується зовнішньо помітними ознаками. У межах лісових біогеоценозів дерева постійно зазнають впливу різноманітних патогенних чинників; однак перехід до незворотних процесів деградації відбувається лише за специфічних умов середовища та критичної сукупності стресових факторів. Відповідно, виявлення та прогнозування таких порогових станів є особливо важливими для електрофізіологічного моніторингу лісових екосистем.

У цьому контексті значну наукову вагу мають дослідження Заїки В.К. [7], який вивчав соснові деревостани на радіоактивно забруднених територіях. Важливий внесок також зроблено Дерев’янчуком Ю.Л. [5], який досліджував патогенний вплив осіннього опенька на соснові насадження. Рибак Ю.Л. аналізувала стан молодих соснових культур та їх реакцію на ураження сосновим вертуном [37] і звичайним шютте [38].

Дослідження механічного впливу на стовбури сосни звичайної, зокрема внаслідок підсочки [3] та лісозаготівельних робіт [21, 32], додатково підтверджують поступовий і довготривалий характер розвитку пошкоджень. Такі впливи характеризуються первинним механічним ураженням із подальшою вторинною колонізацією комплексом патогенів, що призводить до поступових змін біохімічних та електрофізіологічних процесів у рослинному організмі.

Узагальнення наведених досліджень свідчить, що на початкових етапах дії патогенних чинників фізіологічні реакції уражених дерев суттєво не відрізняються від реакцій контрольних, непошкоджених деревостанів.

На сьогоднішній день шкала категорій життєздатності деревних порід розроблена лише для видів роду Ясен. У дослідженнях санітарного стану деревостанів із використанням електрофізіологічних показників запропоновано шість рівнів життєздатності дерев: «цілком здорові», «відносно здорові», «слабовсихаючі», «середньовсихаючі», «сильновсихаючі» та «сухостійні» дерева [29]. Зазначена класифікація дозволяє характеризувати поступові етапи фізіологічного ослаблення дерев і може використовуватися як базова система для порівняльних еколого-діагностичних досліджень.

Водночас слід відзначити, що такі підходи є обмеженими щодо їх адаптації до інших лісоутворювальних видів. Зокрема, для сосни звичайної, яка є однією з домінуючих деревних порід у лісових екосистемах Європи, на сьогодні відсутня спеціалізована та уніфікована система оцінювання життєздатності, побудована на основі електрофізіологічних параметрів.

Наявність цієї методичної прогалини ускладнює стандартизацію інтерпретації електрофізіологічних даних та порівнянність результатів між різними об’єктами досліджень. У зв’язку з цим актуальним є розроблення адаптованої для сосни звичайної шкали життєздатності, що базуватиметься на комплексному врахуванні морфологічних, фізіологічних та електрофізіологічних показників.

1.2. Вивчення діелектричних показників сосни звичайної на території Коростенського надлісництва

Дослідження діелектричних показників дерев сосни звичайної на території Коростенського надлісництва за методикою Г.Т. Криницького [25] започатковано професором О.Л. Кратюком. Вбачаючи перспективність цього

методу у вивченні лісових біогеоценозів [13, 18, 23, 24] ним та за його безпосередньої участі проведено низку досліджень у різних лісництвах господарства [1].

Професором Кратюком О.Л. вивчався вплив напіввільного утримання мисливських тварин на фізіологічний стан сосни звичайної за допомогою аналізу діелектричних показників. Дослідження проведені на території Тригірського лісництва (вольєр СФГ «Земля Полісся») [39], Новозаводського лісництва (вольєр ТОВ «УТМР»), Лугинського лісництва (вольєр Коростенського надлісництва). Установлено, що тривале перебування ратичних тварин у вольєрах призводить до погіршення стану деревостанів, що проявляється у зниженні поляризаційної ємності та підвищенні імпедансу прикамбіальних тканин сосни звичайної. Такі зміни свідчать про ослаблення життєвого стану дерев унаслідок механічного пошкодження ґрунту, ущільнення підстилки, порушення кореневих систем та виснаження кормової бази. Дослідження підтвердили ефективність використання діелектричних показників як експрес-методу оцінювання фізіологічного стану лісових насаджень у вольєрних господарствах [17, 19].

Дослідження М.П. Бовсуновського проведені на території Липницького лісництва підтверджують, що діелектричні показники є чутливими індикаторами фізіологічного стану соснових культур. Зростання поляризаційної ємності та одночасне зниження імпедансу в літній період свідчать про покращення життєвого стану дерев, тоді як осіннє підвищення імпедансу і зменшення ємності відображають природне зниження інтенсивності життєвих процесів наприкінці вегетаційного сезону. Результати свідчать про виражену сезонну динаміку діелектричних показників незімкнутих культур сосни звичайної. Найкращий фізіологічний стан деревостанів спостерігався у літній період, що підтверджувалося високими значеннями поляризаційної ємності та низькими показниками імпедансу. Навесні та восени відмічено зниження інтенсивності фізіологічних процесів, що проявлялося у зменшенні ємності та підвищенні

імпедансу. Дослідження підтверджують ефективність використання діелектричних показників для оцінки життєвого стану соснових насаджень [2, 20].

Кордиш В.О. на території Повчанського лісництва провів аналіз вертикального розподілу показників поляризаційної ємності модельних дерев, пошкоджених лісовою пожежею, дозволив виділити чотири характерні типи їх зміни, які умовно класифіковано як V-подібний, нормальний, зростаючий та спадний. Кожен із цих типів відображає ділянку стовбура дерева, що зазнала найбільшого термічного впливу, який проявляється у зниженні провідності прикамбіальних тканин. Установлено, що в окремих випадках динаміка змін поляризаційної ємності та імпедансу в межах одного модельного дерева, пошкодженого пожежею, може характеризуватися різними типами варіації. Наявність різних типів динаміки поляризаційної ємності в межах одного осередку лісової пожежі свідчить про виражену просторову та часову неоднорідність процесу горіння у соснових деревостанах, що підтверджується варіабельністю висоти максимального термічного ураження стовбурів сосни звичайної. Отримані результати можуть бути використані як основа для подальшого розроблення тривимірних моделей поширення низових лісових пожеж з урахуванням біотичних та абіотичних характеристик лісових екосистем [12].

Аналіз поляризаційної ємності та імпедансу дерев сосни звичайної, що належать до різних категорій стану проведено Б.В. Сергійчуком. Дослідження виявило чіткі закономірності сезонної динаміки діелектричних властивостей у межах різних класів стану протягом річного циклу на території Тригірського лісництва. Підтверджено, що дерева категорій стану II–IV демонструють виражену сезонну траєкторію зміни поляризаційної ємності, яка при графічному відображенні формує криву, подібну до параболи зі зниженням на кінцевих ділянках. Результати свідчать про наявність чіткої залежності між категорією стану дерев та величиною і амплітудою коливань поляризаційної ємності впродовж усього вегетаційного

терміну. Значення імпедансу змінюються обернено пропорційно до поляризаційної ємності. Загалом, незалежно від класу стану, максимальні значення поляризаційної ємності та мінімальні значення імпедансу для категорій II–IV спостерігаються у період піку вегетації. Однофакторний дисперсійний аналіз додатково підтвердив статистично значущі відмінності між значеннями імпедансу та поляризаційної ємності у дерев сосни звичайної різних категорій стану [36].

У Лугинському лісництві Осипчуком В.М. проведено лісівничо-таксаційну оцінку соснових деревостанів, що зазнали впливу лісозаготівельних робіт і характеризуються наявністю механічних пошкоджень стовбурів. У ході дослідження виявлено зміни діелектричних властивостей модельних дерев сосни звичайної, пошкоджених у процесі проведення лісосічних робіт. Встановлено кореляційні зв’язки між значеннями імпедансу та поляризаційної ємності прикамбіальних тканин лубу і характеристиками механічних пошкоджень стовбура. Також визначено основні причини виникнення механічних пошкоджень дерев під час лісозаготівельних операцій. На основі отриманих результатів розроблено рекомендації щодо діагностики та оцінювання змін стану дерев сосни звичайної, пошкоджених унаслідок лісозаготівельних робіт. Зниження показників поляризаційної ємності у поєднанні з надвисокими значеннями імпедансу в зоні пошкодження свідчить про порушення провідних тканин у прикамбіальній області, тоді як зміни діелектричних параметрів навколо ушкодженої ділянки відображають компенсаторні фізіологічні реакції, пов’язані з частковою втратою функцій транспорту поживних речовин [21, 32].

РОЗДІЛ 2
РЕГІОН ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Характеристика лісових насаджень Коростенського надлісництва

Аналіз структури земельного фонду є важливою складовою комплексної оцінки природно-ресурсного потенціалу лісогосподарських підприємств, оскільки дозволяє визначити співвідношення основних категорій земель та оцінити їх екологічну і господарську роль. Особливого значення такі дослідження набувають для територій Полісся, де лісові та болотні екосистеми формують основу природного середовища та визначають специфіку ведення лісового господарства [4].

Станом на 2026 рік ДП «Ліси України», зокрема філія «Столичний лісовий офіс» у межах Коростенського надлісництва, охоплює 20 лісництв із загальною площею 124 062,9902 га. Із цієї території 109 047,2 га (87,8%) становлять землі, вкриті лісовою рослинністю, що свідчить про високий рівень лісистості та значний природно-ресурсний потенціал досліджуваного регіону [33]. Площа земель, не вкритих лісовою рослинністю, становить 9 387,5 га (7,6%). У межах цієї категорії переважають не зімкнуті лісові культури – 4 666,2 га (3,8%), що відображає значні обсяги проведення лісовідновних заходів. Додатково суттєву частку займають зруби – 2 120,9 га (1,7%) та лісові дороги і просіки – 1 680,0 га (1,4%). Менші площі представлені загиблими насадженнями – 459,1 га (0,4%), біогалявинами – 148,3 га (0,1%), лісовими розсадниками та плантаціями – 73,6 га (0,1%), а також галявинами – 11,9 га (0,01%) [33]. Отже, загальна площа лісових земель у межах надлісництва становить 117 827,7 га (95,3%), що свідчить про домінування лісових екосистем у структурі землекористування. Нелісові землі займають 5 747,2 га (4,6%) і представлені переважно болотними угіддями площею 4 201,6 га (3,4%). Інші категорії нелісових земель мають

значно меншу частку, зокрема: траси – 336,2 га (0,3%), водні об’єкти – 262,3 га (0,2%), сіножаті – 200,6 га (0,2%), садиби та споруди – 194,1 га (0,2%), рілля – 76,2 га (0,06%) та інші землі – 404,9 га (0,3%). [33]

Загалом отримана структура земельного фонду характеризує Коростенське надлісництво як територію з вираженою лісовою домінантою та значною часткою болотних екосистем, що є типовим для Поліського регіону. Така конфігурація земель сприяє збереженню природної гідрологічної мережі, підтриманню стабільності екосистем та формуванню сприятливих умов для існування мисливської фауни. Водночас відносно висока частка не зімкнутих лісових культур і зрубів свідчить про інтенсивну лісогосподарську діяльність і значний обсяг відтворювальних процесів у межах території, що потребує постійного балансу між експлуатаційними та природоохоронними функціями.

2.2. Методика досліджень

Для оцінювання інтенсивності фізіологічних процесів у сосни різних КС (категорій стану) використовували діелектричні показники – імпеданс (R) та поляризаційну ємність (C) прикамбіальних тканин лубу. Таке вимірювання здійснювали на стандартній висоті стовбура 1,3 м відповідно до методики Г.Т. Криницького [25]. Реєстрацію параметрів проводили за допомогою аналогового вимірювального приладу F4320 (рис. 2.1), який забезпечує визначення поляризаційної ємності та активного опору у складі комплексного ємнісного опору за схемою паралельного заміщення. Робоча частота приладу становить 1000 Гц; експлуатаційні умови передбачають діапазон температур від +10 до +35 °C та відносну вологість повітря до 80%. Визначення діелектричних властивостей виконували із застосуванням двоелектродного голчастого зонда, виготовленого з інертних металів. Конструкція зонда передбачає фіксовану відстань між електродами 2 см (див.

рис. 2.1), що забезпечує стандартизацію умов вимірювання та відтворюваність результатів.

Дослідження виконували на вибірці з 20 модельних дерев сосни звичайної. Категорії стану визначали відповідно до вимог «Санітарних правил у лісах України» [35]. Такий обсяг вибірки є достатнім для статистично обґрунтованої оцінки інтенсивності фізіологічних процесів у межах пробної площі. У результаті рекогносцирувального обстеження влітку дерев I, V та VI категорії стану не було виявлено, у зв'язку з чим дослідження виконували для дерев II–IV категорій стану.

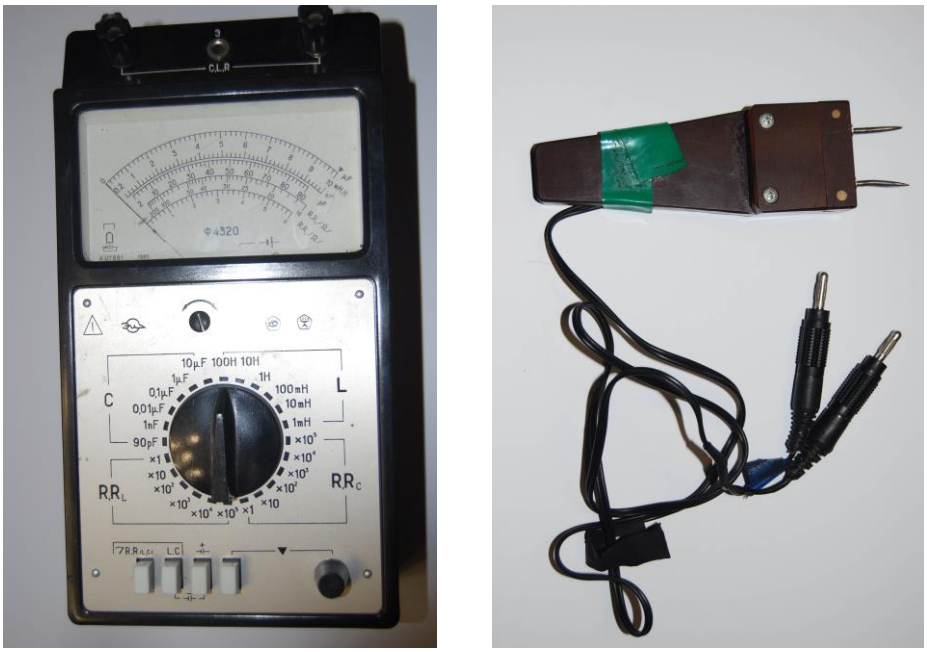


Рис. 2.1. Аналоговий комбінований прилад F4320.

Електроди вводили у прикамбіальні тканини стовбура на глибину 1 см на висоті 1,3 м. Для забезпечення порівнянності результатів вимірювання здійснювали з південного боку стовбура. Водночас більш повна оцінка передбачає проведення вимірювань з усіх сторін стовбура з подальшим усередненням значень, однак це суттєво збільшує тривалість польових робіт без пропорційного підвищення оперативності отримання результатів.

РОЗДІЛ 3
ОСОБЛИВОСТІ ЗМІНИ ДІЕЛЕКТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ДЕРЕВ СОСНИ ЗВИЧАЙНОЇ

3.1. Характеристика тимчасової пробної площі

Упродовж вегетаційного періоду 2025 року проведено аналіз зміни поляризаційної ємності та імпедансу дерев сосни звичайної. Дослідження проводили три рази: початок вегетації (березень), фаза активного росту (липень) та перехід до стану спокою (жовтень). Вимірювання проводили на території Липниківського лісництва Коростенського надлісництва (кв. 64, вид. 62) (рис.3.1.).

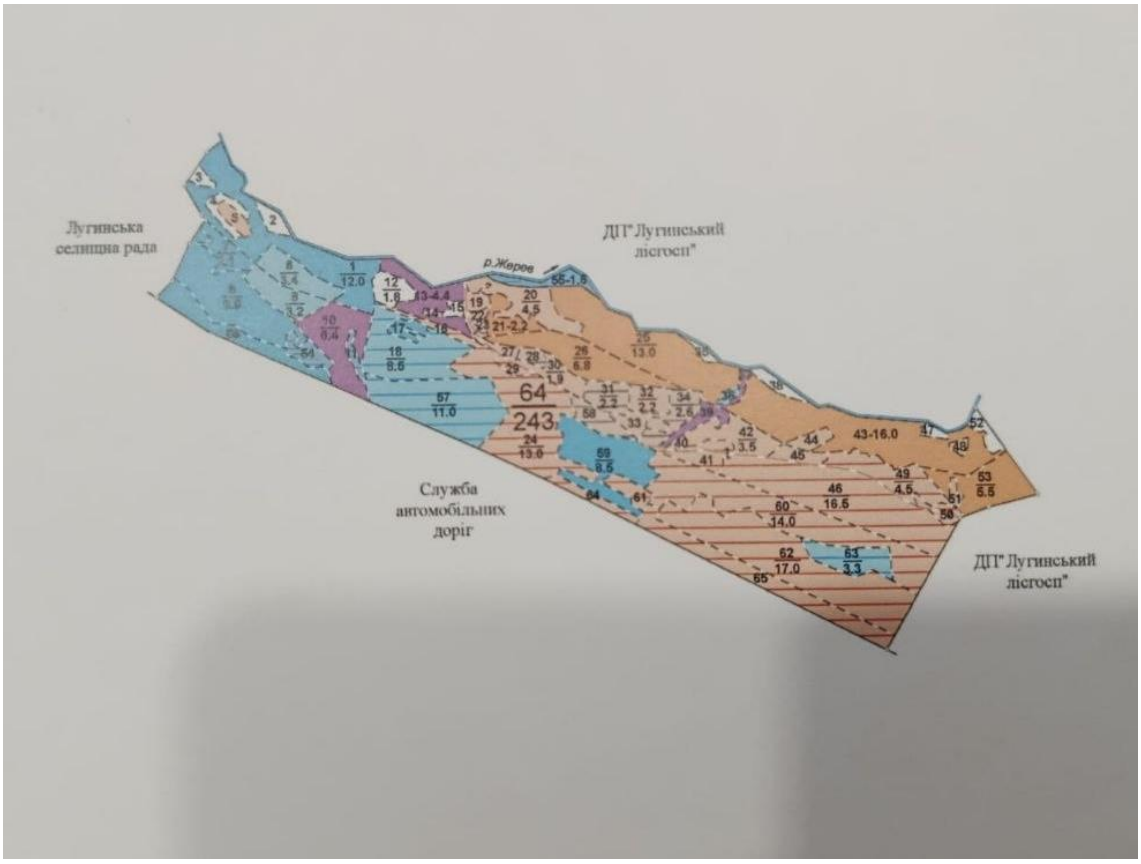


Рис. 3.1. Схема розташування тимчасової пробної площі (Липниківське лісництво, кв. 64, вид. 62)

Це чисте штучне насадження сосни звичайної (8Сз2Бп) віком 26 років, що зростає за II класом бонітету в умовах свіжого соснового бору ($А_2$-С) на площі 14,0 га. Середня висота становить 8-10 м, а середній діаметр 12-16 см. Запас становить 87 $м^3$/га, а загальний оцінюється у 1479 $м^3$. Повнота становить 0,76. На 2026 рік у виділі заплановано проведення рубки догляду (проріджування) (рис. 3.2.).



Рис. 3.2. Сосновий деревостан тимчасової пробної площі (Липниківське лісництво, кв. 64, вид. 62)

Отримані діелектричні показники надають важливу інформацію щодо фізіологічної життєздатності дерев сосни звичайної різних категорій санітарного стану. Особливий акцент дослідження було зосереджено на встановленні взаємозв’язку між санітарним станом дерев та змінами діелектричних властивостей їх прикамбіальних тканин в умовах поступового ослаблення деревостанів. Оцінювання здійснювали на основі аналізу динамічного взаємозв’язку між показниками імпедансу та поляризаційної

ємності, які відображають інтенсивність фізіологічних і біохімічних процесів у тканинах дерев [34].

Результати вимірювання поляризаційної ємності та імпедансу, наведені у табл. 3.1 та отримані в межах тимчасової пробної площі, дали змогу встановити характерні закономірності варіювання діелектричних показників залежно від категорії санітарного стану дерев сосни звичайної. Отримані результати є підґрунтям для розвитку електрофізіологічних підходів до ранньої діагностики ослаблення дерев та оцінювання життєздатності лісових насаджень.

Таблиця 3.1

Показники діелектричних параметрів модельних дерев сосни звичайної упродовж вегетаційного періоду 2025 року

Період	Діелектричні параметри	
	Поляризаційна ємність, C (нФ)	Імпеданс, R (кОм)
Весняний	6,84±0,22	30,75±1,35
Літній	13,90±0,59	18,40±0,92
Осінній	8,31±0,54	27,63±1,46

Аналіз показників діелектричних параметрів модельних дерев сосни звичайної упродовж вегетаційного періоду 2025 року свідчить про виражену сезонну динаміку поляризаційної ємності та імпедансу прикамбіальних тканин лубу. Отримані результати відображають зміни інтенсивності фізіологічних процесів у дерев залежно від фази вегетації та рівня метаболічної активності.

У весняний період значення поляризаційної ємності становило 6,84±0,22 нФ, тоді як імпеданс досягав 30,75±1,35 кОм. Такі показники свідчать про відносно низьку інтенсивність фізіологічних процесів після зимового періоду спокою, коли активність транспорту води та поживних речовин у провідних тканинах ще недостатньо висока. Підвищені значення

імпедансу вказують на більший електричний опір тканин, що характерно для зниженої вологості та меншої функціональної активності клітин.

У літній період встановлено максимальні значення поляризаційної ємності – 13,90±0,59 нФ, що більш ніж удвічі перевищує весняні показники. Одночасно спостерігалося зниження імпедансу до 18,40±0,92 кОм. Таке співвідношення показників є характерним для періоду активного росту та інтенсивного функціонування асиміляційного апарату. Зростання поляризаційної ємності свідчить про підвищення вмісту вологи у тканинах, активізацію обмінних процесів та збільшення проникності клітинних мембран. Водночас зниження імпедансу вказує на покращення електропровідності тканин унаслідок активного транспорту води й поживних речовин.

В осінній період спостерігалося повторне зниження поляризаційної ємності до 8,31±0,54 нФ та збільшення імпедансу до 27,63±1,46 кОм. Такі зміни пов’язані з поступовим уповільненням фізіологічних процесів і переходом дерев до стану сезонного спокою. Зменшення інтенсивності сокоруху та метаболічної активності зумовлює погіршення провідності тканин, що відображається у підвищенні значень імпедансу.

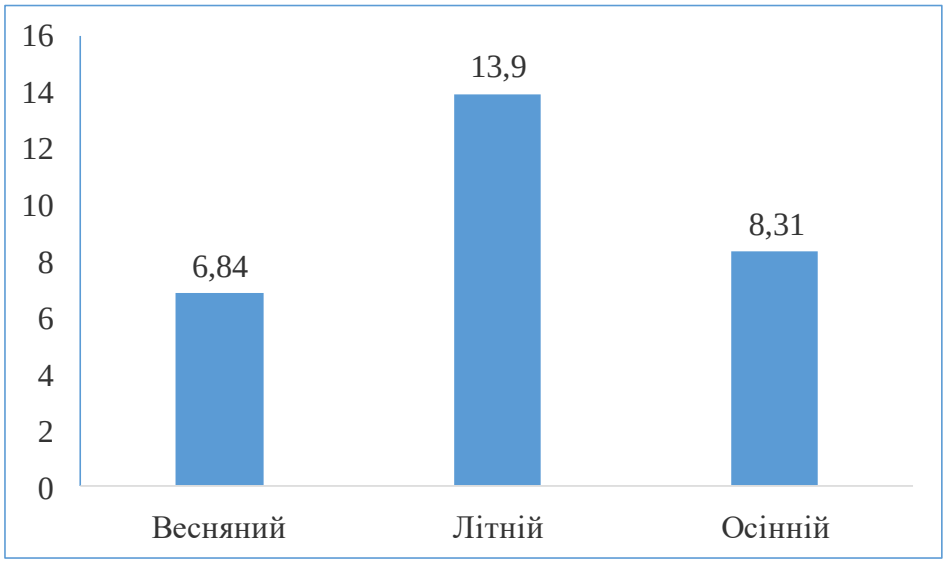


Рис. 3.3. Зміна показників поляризаційної ємності дерев сосни звичайної упродовж року.

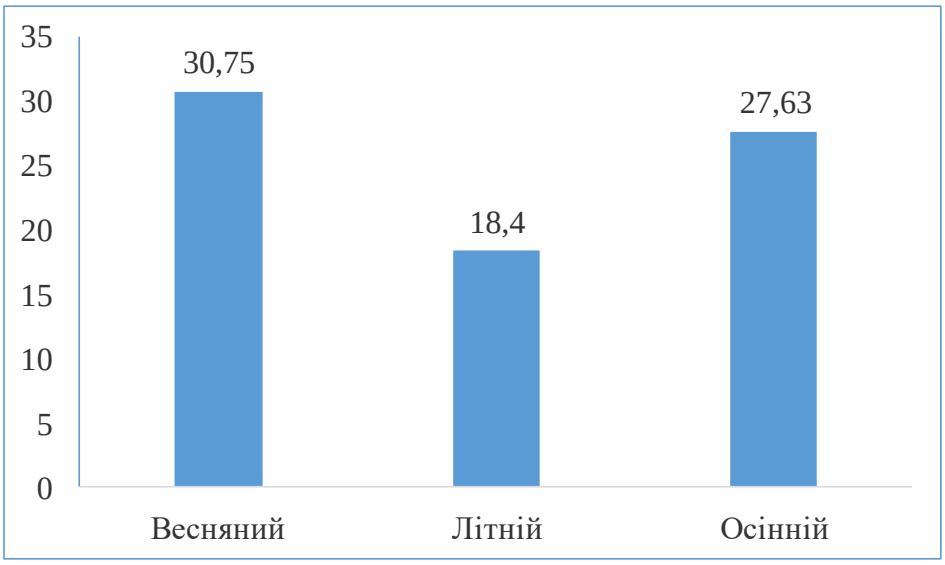


Рис. 3.4. Зміна показників імпеданса дерев сосни звичайної упродовж року

Загалом результати дослідження підтверджують наявність оберненої залежності між показниками поляризаційної ємності та імпедансу (рис. 3.3-3.4). Максимальні значення поляризаційної ємності та мінімальні значення імпедансу характерні для періоду найвищої фізіологічної активності дерев улітку. Отримані дані свідчать про високу інформативність діелектричних показників для оцінювання сезонної динаміки життєвого стану сосни звичайної та можуть бути використані для ранньої діагностики ослаблення деревостанів.

3.2. Аналіз зміни діелектричних параметрів упродовж вегетаційного періоду.

3.2.1. Весняний період. Аналіз діелектричних параметрів модельних дерев сосни звичайної у весняний період свідчить про наявність помірної варіабельності показників поляризаційної ємності та імпедансу в межах ТПП. Отримані результати характеризують фізіологічний стан дерев на початку активного вегетаційного періоду та відображають інтенсивність функціонування прикамбіальних тканин лубу (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

Показники діелектричних параметрів модельних дерев сосни звичайної на тимчасовій пробній площі у весняний період

МД-№з/п	Діелектричні параметри	
	Поляризаційна ємність, C (нФ)	Імпеданс, R (кОм)
МД-01	5,9	36,0
МД-02	5,1	45,0
МД-03	6,8	28,5
МД-04	7,8	29,0
МД-05	9,0	29,0
МД-06	6,8	33,0
МД-07	6,6	31,0
МД-08	7,4	24,0
МД-09	6,6	34,0
МД-10	6,7	25,0
МД-11	7,2	23,5
МД-12	6,6	32,0
МД-13	6,7	25,0
МД-14	6,6	23,5
МД-15	6,7	32,0
МД-16	5,2	45,0
МД-17	6,6	28,5
МД-18	6,7	29,0
МД-19	9,0	29,0
МД-20	6,8	33,0
Середнє значення	**6,84±0,22**	**30,75±1,35**

Середнє значення поляризаційної ємності становило 6,84±0,22 нФ, тоді як середній показник імпедансу – 30,75±1,35 кОм. Таке співвідношення параметрів є характерним для весняного періоду, коли після зимового спокою відбувається поступова активація фізіологічних процесів, однак

інтенсивність транспорту води та поживних речовин ще не досягає максимального рівня.

Діапазон значень поляризаційної ємності коливався від 5,1 нФ (МД-02) до 9,0 нФ (МД-05 та МД-19). Найнижчі показники поляризаційної ємності супроводжувалися найвищими значеннями імпедансу – 45,0 кОм у МД-02 та МД-16, що може свідчити про знижену фізіологічну активність цих дерев, ослаблення провідних тканин або початкові стадії погіршення життєвого стану. Натомість дерева з вищими значеннями поляризаційної ємності характеризувалися нижчими або середніми показниками імпедансу, що вказує на кращу провідність тканин та вищу інтенсивність обмінних процесів.

Мінімальні значення імпедансу зафіксовано у МД-11 та МД-14 – 23,5 кОм, а також у МД-08 – 24,0 кОм. Для цих модельних дерев характерні відносно високі показники поляризаційної ємності (6,6–7,4 нФ), що підтверджує наявність оберненого взаємозв’язку між досліджуваними параметрами. Така закономірність узгоджується з сучасними уявленнями про електрофізіологічний стан деревних рослин, відповідно до яких підвищення вологості та метаболічної активності тканин супроводжується збільшенням поляризаційної ємності та зменшенням електричного опору.

Отримані результати свідчать про відносно неоднорідний фізіологічний стан дерев у межах дослідної ділянки. Варіювання показників може бути зумовлене індивідуальними особливостями дерев, мікрокліматичними умовами, ступенем розвитку кореневої системи, рівнем зволоження ґрунту, а також впливом біотичних і абіотичних чинників. Водночас відсутність різких аномальних відхилень у більшості модельних дерев свідчить про загалом задовільний стан насадження у весняний період.

3.2.2. Літній період. Аналіз показників діелектричних параметрів модельних дерев сосни звичайної у літній період свідчить про суттєву сезонну активізацію фізіологічних процесів у прикамбіальних тканинах лубу.

Середнє значення поляризаційної ємності становило 13,90±0,59 нФ, тоді як середній показник імпедансу – 18,40±0,92 кОм. Порівняно з весняним періодом спостерігається значне зростання поляризаційної ємності та одночасне зниження імпедансу, що вказує на інтенсифікацію процесів водообміну, транспорту поживних речовин і підвищення функціональної активності провідних тканин у період активної вегетації (табл. 3.3.).

Таблиця 3.3

Показники діелектричних параметрів модельних дерев сосни звичайної на тимчасовій пробній площі у літній період

МД-№з/п	Діелектричні параметри		Категорія стану КС
	Поляризаційна ємність, С (нФ)	Імпеданс, R (кОм)	
МД-01	14,0	17,0	III
МД-02	17,0	16,5	II
МД-03	15,0	16,5	III
МД-04	9,0	23,0	IV
МД-05	16,0	17,5	II
МД-06	12,0	23,0	II
МД-07	15,0	12,0	III
МД-08	16,0	17,5	II
МД-09	11,0	24,0	IV
МД-10	12,0	27,0	III
МД-11	16,0	13,0	II
МД-12	15,0	16,5	III
МД-13	17,0	16,5	II
МД-14	15,0	16,5	III
МД-15	13,0	18,5	III
МД-16	16,0	17,5	II
МД-17	9,0	21,0	IV
МД-18	9,0	25,0	IV
МД-19	16,0	13,0	II
МД-20	15,0	16,5	III
Середнє значення	**13,90±0,59**	**18,40±0,92**	

Отримані результати підтверджують існування оберненої залежності між показниками поляризаційної ємності та імпедансу. Для дерев із вищими значеннями поляризаційної ємності характерні нижчі показники імпедансу, що свідчить про кращий фізіологічний стан і вищу провідність тканин. Проведена оцінка стану дерев сосни звичайної не виявила дерев I та V, VI категорій стану.

Зокрема, у модельних дерев II категорії стану значення поляризаційної ємності переважно становили 16,0–17,0 нФ, а імпеданс коливався в межах 13,0–17,5 кОм. Це характеризує дані дерева як найбільш фізіологічно активні серед досліджених категорій (табл. 3.4 та рис. 3.4).

Таблиця 3.4

Показники діелектричних параметрів модельних дерев сосни звичайної різник категорій стану у літній період

КС / к-сть дерев	Діелектричні параметри	
	Поляризаційна ємність, C (нФ)	Імпеданс, R (кОм)
II / 8	15,75±0,56	16,81±1,11
III / 8	14,25±0,41	17,56±1,49
IV / 4	9,50±0,50	23,25±0,85

Для дерев III категорії стану показники мали проміжний характер. Значення поляризаційної ємності становили переважно 13,0–15,0 нФ, тоді як імпеданс коливався у межах 16,5–18,5 кОм. Такі результати свідчать про певне послаблення фізіологічних процесів, однак провідна система дерев ще зберігає відносно стабільне функціонування.

Найбільш ослабленими виявилися дерева IV категорії стану, для яких характерні найнижчі значення поляризаційної ємності (9,0–11,0 нФ) та найвищі показники імпедансу (21,0–25,0 кОм). Подібна тенденція вказує на пригнічення життєвих процесів, погіршення водного режиму та зниження електропровідності прикамбіальних тканин. Особливо показовими є модельні дерева МД-09 та МД-18, у яких при низьких значеннях поляризаційної

ємності спостерігалися високі показники імпедансу, що може свідчити про розвиток деградаційних процесів у тканинах лубу.

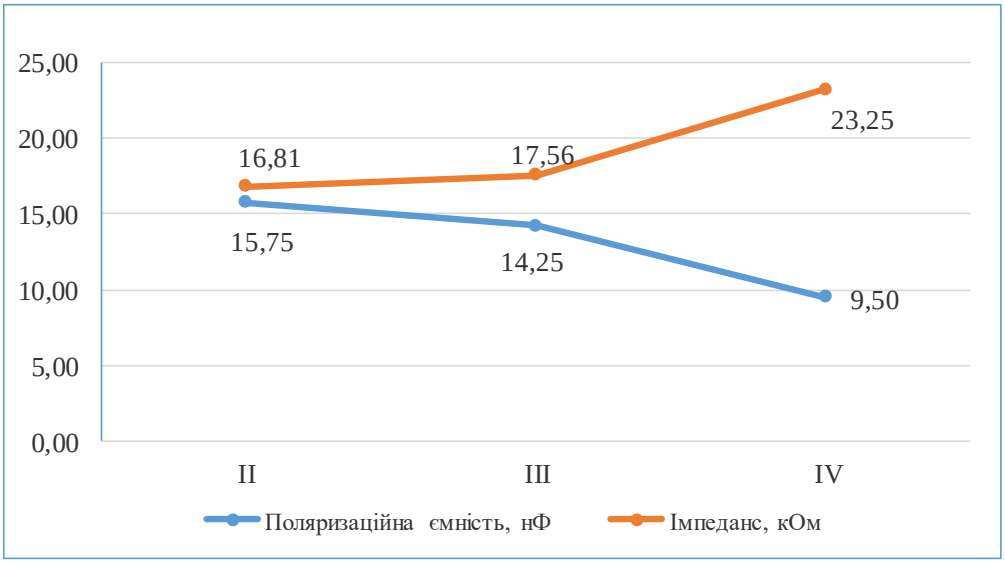


Рис. 3.4. Динаміка діелектричних параметрів дерев сосни звичайної II-IV КС у літній період

За результатами проведених нами згідно однофакторного дисперсійного аналізу розрахунків були встановлені значні відмінності у показниках поляризаційної ємності між деревами II-IV КС ($F = 50,81 >> F_{0,95}(1; 11) = 4,96$), III-IV КС ($F = 48,13 >> F_{0,95}(1; 11) = 4,96$) та незначні II-III КС ($F = 4,66 > F_{0,95}(1; 15) = 4,60$). Для імпеданса при порівнянні показників II-III КС достовірної різниці не існує ($F = 0,16 < F_{0,95}(1; 15) = 4,60$). Для порівняння інших категорій існує достовірна різниця показників: II-IV КС ($F = 14,22 > F_{0,95}(1; 11) = 4,96$), III-IV КС ($F = 6,41 > F_{0,95}(1; 11) = 4,96$). Як бачимо достовірність відмінності показників поляризаційної ємності дерев різних категорій стану значно вагоміша.

3.2.3. Осінній період. Аналіз діелектричних параметрів модельних дерев сосни звичайної в осінній період 2025 року свідчить про поступове зниження інтенсивності фізіологічних процесів у прикамбіальних тканинах лубу наприкінці вегетаційного сезону. Середнє значення поляризаційної ємності становило 8,31±0,54 нФ, а середній показник імпедансу – 27,63±1,46

кОм (табл. 3.5). Порівняно з літнім періодом спостерігається помітне зниження поляризаційної ємності та одночасне підвищення імпедансу, що відображає сезонне уповільнення процесів водообміну, транспорту асимілянтів та загальної фізіологічної активності дерев.

Таблиця 3.5

Показники діелектричних параметрів модельних дерев сосни звичайної на тимчасовій пробній площі в осінній період

МД-№з/п	Діелектричні параметри	
	Поляризаційна ємність, C (нФ)	Імпеданс, R (кОм)
МД-01	11,3	24,0
МД-02	7,9	28,0
МД-03	6,8	19,0
МД-04	5,9	38,0
МД-05	7,6	26,0
МД-06	6,9	28,0
МД-07	7,2	21,5
МД-08	7,8	21,0
МД-09	5,8	38,0
МД-10	6,1	27,0
МД-11	7,9	33,0
МД-12	12,0	25,0
МД-13	13,9	28,0
МД-14	7,6	27,0
МД-15	6,9	35,0
МД-16	7,8	18,5
МД-17	7,7	21,5
МД-18	12,0	25,0
МД-19	5,8	42,0
МД-20	11,2	27,0
Середнє значення	**8,31±0,54**	**27,63±1,46**

Отримані результати підтверджують збереження оберненої залежності між поляризаційною ємністю та імпедансом. Для модельних дерев із вищими значеннями поляризаційної ємності характерні нижчі показники імпедансу, що свідчить про кращий функціональний стан провідних тканин. Зокрема, у дерев МД-12, МД-13, МД-18 та МД-20 зафіксовано підвищені значення поляризаційної ємності (11,2–13,9 нФ), при відносно помірних значеннях імпедансу (25,0–28,0 кОм). Це може свідчити про збереження достатньо високого рівня життєдіяльності навіть у кінці вегетаційного періоду.

Водночас у частини модельних дерев спостерігалися ознаки значного фізіологічного ослаблення. Найнижчі показники поляризаційної ємності були встановлені у дерев МД-04, МД-09 та МД-19 (5,8–5,9 нФ), для яких одночасно характерні найвищі значення імпедансу – 38,0–42,0 кОм. Подібне співвідношення показників свідчить про істотне погіршення провідності прикамбіальних тканин, зниження інтенсивності метаболічних процесів та ймовірне порушення водного режиму дерев. Особливо критичним є стан дерева МД-19, де зафіксовано максимальне значення імпедансу (42,0 кОм), що може бути індикатором глибокого фізіологічного ослаблення або початкових стадій деградаційних процесів.

Слід відзначити значну варіабельність отриманих показників у межах вибірки, що вказує на неоднорідність життєвого стану модельних дерев на тимчасовій пробній площі. Такі коливання можуть бути зумовлені індивідуальними особливостями дерев, різним ступенем впливу біотичних та абіотичних чинників, а також локальними умовами місцезростання.

Загалом результати осінніх досліджень підтверджують сезонний характер зміни діелектричних показників сосни звичайної. Зниження поляризаційної ємності та підвищення імпедансу восени є закономірним наслідком завершення активної вегетації та переходу дерев до стану фізіологічного спокою. Отримані дані також підтверджують високу діагностичну цінність електрофізіологічних методів для оцінювання

життєвого стану дерев і раннього виявлення процесів ослаблення лісових насаджень.

На основі однофакторного дисперсійного аналізу встановлено нами достовірність різниці діелектричних показників за порами року. За результатами статистичного аналізу встановлено, що показники імпеданса у парах «весна-літо» та «літо-осінь» достовірно відрізнялися між собою, відповідно $F = 56,82 >> F_{0,95}(1; 39) = 4,09$ та $F = 28,46 >> F_{0,95}(1; 39) = 4,09$. Проте у парі «весна-осінь» такої достовірності не виявлено ($F = 2,46 < F_{0,95}(1; 39) = 4,09$), що і є логічним, адже як і весною так і восени фізіологічні процеси функціонують у сповільненому режимі.

Майже подібна ситуація при порівнянні результатів показників поляризаційної ємності, з тією лиш різницею, що у парі «весна-осінь» також виявлено достовірну різницю ($F = 6,45 > F_{0,95}(1; 39) = 4,09$), але показник *F-теоретичне* не настільки перевищує *F-критичне*, як у парах «весна-літо» та «літо-осінь» – $F = 123,42 >> F_{0,95}(1; 39) = 4,09$ та $F = 48,63 >> F_{0,95}(1; 39) = 4,09$.

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Досліджено особливості ходу електрофізіологічних показників дерев сосни звичайної в умовах Липниківського лісництва Коростенського надлісництва. Отримані результати дозволили нам зробити наступні висновки та узагальнення:

Упродовж вегетаційного періоду 2025 року встановлено виражену сезонну динаміку діелектричних показників дерев сосни звичайної в умовах Липниківського лісництва Коростенського надлісництва. Максимальні значення поляризаційної ємності та мінімальні показники імпедансу зафіксовано у літній період, що відповідає фазі найвищої фізіологічної активності дерев.

Визначено, що у весняний період середнє значення поляризаційної ємності становило 6,84±0,22 нФ, імпедансу – 30,75±1,35 кОм; у літній період відповідно 13,90±0,59 нФ та 18,40±0,92 кОм; в осінній період – 8,31±0,54 нФ та 27,63±1,46 кОм. Отримані результати свідчать про активізацію процесів водообміну та транспорту поживних речовин улітку й поступове уповільнення фізіологічних процесів восени.

Підтверджено наявність стійкої оберненої залежності між показниками поляризаційної ємності та імпедансу. Зростання поляризаційної ємності супроводжувалося зниженням імпедансу, що вказує на покращення електропровідності та функціонального стану прикамбіальних тканин лубу.

Встановлено достовірний зв’язок між категорією санітарного стану дерев та величиною діелектричних показників. Дерева II категорії стану характеризувалися найвищими значеннями поляризаційної ємності (15,75±0,56 нФ) та найнижчими показниками імпедансу (16,81±1,11 кОм), що свідчить про їх вищу фізіологічну активність. Для дерев IV категорії стану характерні найнижчі значення поляризаційної ємності (9,50±0,50 нФ) і найвищі показники імпедансу (23,25±0,85 кОм), що вказує на пригнічення життєвих процесів і погіршення функціонування провідних тканин.

Результати однофакторного дисперсійного аналізу підтвердили статистично достовірні відмінності між діелектричними показниками дерев різних категорій стану та між окремими сезонами року. Найбільш виражені відмінності встановлено між літнім періодом та іншими сезонами, що обумовлено піковою інтенсивністю фізіологічних процесів у фазу активної вегетації.

Виявлено значну індивідуальну варіабельність діелектричних параметрів у межах тимчасової пробної площі, що свідчить про неоднорідність життєвого стану дерев та різний ступінь впливу біотичних і абіотичних чинників на функціонування соснового деревостану.

Отримані результати підтверджують високу інформативність електрофізіологічних методів дослідження та перспективність використання показників поляризаційної ємності й імпедансу для ранньої діагностики ослаблення дерев сосни звичайної, оцінювання їх життєвого стану та проведення моніторингу лісових насаджень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. **Березовський В.П.** Огляд вивчення діелектричних показників дерев сосни звичайної у лісових насадженнях в околицях селища смт. Лугини Житомирської області. *Студентські наукові читання 2025* : матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. присвячені І-му туру Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт (10 грудня 2025 р.). Житомир: Поліський національний університет, 2025. С. 7–8.

2. Бовсуновський М.П. Діелектричні показники культур сосни звичайної в умовах ДП «Лугинське ЛГ» (літній аспект). *Проблеми ведення та експлуатації лісових і мисливських ресурсів:* матеріали ІІ Всеукраїнської науково-практичної конференції присвяченої пам’яті професора А.І. Гузія. (м. Житомир, 25 вересня 2020 р.). Житомир, 2020. С. 23–24.

3. Галушка В.П., Заїка В.К., Криницький Г.Т. Електрофізіологічні параметри півсібсових потомств сосни звичайної різної тривалості підсочки. *Науковий вісник НАУ*. 1999. Вип. 17. С. 133–138.

4. Генсірук С.А. Ліси України: монографія. Львів: Українські технології, 2002. 496 с.

5. Дерев’янчук Ю.Л., Заїка В.К. Морфофізіологічна реакція дерев сосни звичайної, уражених опеньком осіннім. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2011. Т.21, №19. С. 18–24.

6. Дерех О.І. Діелектричні показники дуба і бука на ділянках різних стадій дигресії зеленої зони Львова. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2014. Т.24, №8. С. 119–124.

7. Заїка В.К. Діелектричні показники сосни звичайної на радіаційно забруднених територіях. *Науковий вісник УкрДЛТУ.* 2004. Т.14, №1. С. 12–15.

8. Зварич Ю.В. Вплив підсочки на електрофізіологічні показники лубу дерев сосни звичайної. *Лісівництво України в контексті світових тенденцій розвитку лісового господарства* : матеріали Міжнар. наукт.-практ. конф., присвяченої 150-річчю витоків кафедри лісівництва НЛТУ України (м.

Львів, 20–23 вересня 2006 р.). Львів, 2006. С. 37–38.

9. Іваненко І.І. До питання вивчення електрофізіологічних показників дерев берези повислої. *Ліс, наука, молодь:* матеріали XI Всеукраїнської науково-практичної конференції (м. Житомир, 23 листопада 2023 р.). Житомир, 2023. С. 80.

10. Карпин Н.І., Заїка В.К. Діелектричні показники лип серцелистої та широколистої в умовах міста Львова. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2017, т. 27, № 1. С. 33–37.

11. Керімов Е.І., Заїка В.К. Діелектричні показники деревних видів у деревостанах за участю Модрини європейської. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2018. Т.28, №8. С. 23–27.

12. Кордиш В.О. Особливості впливу низової пожежі на діелектричні показники сосни звичайної в умовах Повчанського лісництва ДП «Лугинське лісове господарство». *Студентські наукові читання – 2021*. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції присвяченої І туру Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт на факультеті лісового господарства та екології Поліського національного університету (25 січня 2021 року, м. Житомир). Житомир, 2021. С. 12–13.

13. Кратюк О.Л. До питання вивчення електрофізіологічних властивостей деревних порід. *Біологічні дослідження – 2018* : зб. наук. праць. Житомир : ПП «Рута», 2018. С. 34–36.

14. Кратюк О.Л. Особливості впливу напіввільного утримання мисливських тварин на діелектричні показники сосни звичайної. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2019. Т.29, № 8. С. 43–45.

15. Кратюк О.Л. Діелектричні показники сосни звичайної на території вольєра ДП «Баранівське ЛМГ». *Рослини та урбанізація*: матер. VIII Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Дніпро, 5 березня 2019р.). Дніпро, 2019. С. 68–70.

16. Кратюк О.Л. Сезонна зміна діелектричних показників сосни звичайної в умовах напіввільного утримання мисливських тварин. *Екологічні науки*. 2019. №4(27). С. 192–196.

17. Кратюк О.Л. Діелектричні показники сосни звичайної в умовах напіввільного утримання ратичних (*cervidae, bovidae*) на території Західного і Центрального Полісся. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2020. Т.30, №1. С. 55–59.

18. Кратюк О.Л., Бовсуновський М.П., Бабич М.М., Кордиш В.О. Використання електрофізіологічних показників для визначення життєвого стану дерев сосни звичайної. *Наукові читання – 2020.* Житомир: Житомирський національний агроекологічний університет, 2020. С. 41–42.

19. Кратюк О.Л. Зміна діелектричних показників сосни звичайної в умовах напіввільного утримання кабана дикого. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2020. Т.30, №4. С. 25–30.

20. Кратюк О.Л., Бовсуновський М.П. Електрофізіологічні показники культур сосни звичайної в умовах ДП «Лугинське лісове господарство» (осінній аспект). *Екологічні проблеми навколишнього середовища та раціонального природокористування в контексті сталого розвитку*: збірник матеріалів Третьої Міжнар. науково-практичної конференції (22-23 жовтня 2020, м. Херсон, Україна). Херсон, 2020. С. 336–338.

21. Кратюк О.Л., Кордиш В.О., Лисогор С.М., Осипчук В.М. Використання діелектричних показників для визначення життєздатності дерев сосни звичайної та берези повислої у результаті механічного пошкодження стовбура. *Сучасні проблеми лісового господарства та екології: шляхи вирішення (Факультету лісового господарства та екології – 20 років)* Матеріали міжнародної науково-практичної конференції (7-8 жовтня 2021 р, м. Житомир). Житомир: Поліський університет, 2021. С. 94–95.

22. Кратюк О.Л., Кордиш В.О., Осипчук В.М. Зміна діелектричних показників сосни звичайної у постпірогенний період. *Вісник Малинського фахового коледжу.* 2022. Вип.1. С. 123–136.

23. Кратюк О.Л., Лисогор С.М. Застосування діелектричних показників для вивчення життєздатності деревних порід. *Екосистемні послуги лісів та урболандшафтів.* Матеріали Міжнародної науково-

практичної конференції (18 листопада 2021 року, м. Київ). Київ, 2021. С. 51.

24. Кратюк О.Л., Клим В.В., Сергійчук Б.В. Особливості застосування діелектричних показників у вивченні електрофізіологічних параметрів деревних порід. *Природно – ресурсний комплекс Західного Полісся в контексті сталого розвитку* : збірник тез доповідей Всеукраїнської науково-практичної конференції науковців, аспірантів і здобувачів вищої освіти, м. Березне, 16-17 травня 2023 року. [Електронне видання]. Березне : НСІ НУВГП, 2023. С. 116–117.

25. Криницький Г.Т. Про методику використання електрофізіологічних показників для визначення життєздатності деревних рослин. *Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість*. 1992. Т. 23. С. 3–10.

26. Криницький Г. Т. Електрофізіологічні дослідження деревних рослин в Україні. *Фізіологія рослин в Україні на межі тисячоліть.* 2001. Т.2. С. 233–237.

27. Криницький Г. Т., Галушка В. П. Електрофізіологічна реакція сосни звичайної на добування живиці. *Науковий вісник УкрДЛТУ*. 2005. Т.15, №2. С. 8–13.

28. Криницький Г.Т., Заїка В.К. Електрофізіологічна реакція культур сосни звичайної на високі рівні хронічного радіаційного опромінення. *Науковий вісник УкрДЛТУ*. 2004. Т.14, №5. С. 8–14.

29. Криницький Г.Т., Скольський І.М. Використання діелектричних показників для визначення життєвого стану дерев в’яза шорсткого. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*. 2015. Т.13. С. 83–88.

30. Кузик А.Д. Вплив низової пожежі на насадження сосни звичайної. *Науковий вісник УкрДЛТУ*. 2012. Т.22, №7. С. 19–26.

31. Лавний В.В., Криницький Г.Т. Електрофізіологічні показники підросту деревних порід. *Науковий вісник НЛТУ України.* 2011. Т.21, №17. С. 86–90.

32. Осипчук В.М. Особливості зміни діелектричних показників сосни

звичайної у результаті механічного пошкодження стовбура в умовах ДП «Лугинське ЛГ». *Проблеми ведення та експлуатації лісових і мисливських ресурсів:* матеріали ІІІ Всеукраїнської науково-практичної конференції присвяченої пам'яті професора А.І. Гузія. (м. Житомир, 12 жовтня 2022 р.). Житомир, 2022. С. 42–43.

33. План ведення господарства (План лісоуправління) Коростенського надлісництва. *Проект*. Київ, 2026. 69 с.

34. Садурська Л.М., **Березовський В.П.** Електрофізіологічні методи як інструмент оцінки життєздатності та стійкості деревних рослин у системі сталого лісівництва. *Ліс, наука, молодь:* матеріали XIII Всеукраїнської науково-практичної конференції (м. Житомир, 26 листопада 2025 р.). Житомир, 2025. С. 188–189.

35. Санітарні правила в лісах України, затверджені постановою Кабінету Міністрів України від 27.07.1995 р. № 555 (в редакції постанови Кабінету Міністрів України від 09.12.2020 р. № 1224) [Електронний ресурс] URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/555-95-%D0%BF;#Text

36. Сергійчук Б.В. Показники імпедансу дерев сосни звичайної в умовах Тригірського лісництва Філії «Коростенське лісомисливське господарство» (весняний аспект). *Ліс, наука, молодь:* матеріали XI Всеукраїнської науково-практичної конференції (м. Житомир, 23 листопада 2023 р.). Житомир, 2023. С. 207.

37. Рибак Ю.Л. Електрофізіологічні показники уражених сосновим вертуном дерев сосни звичайної в умовах Західного Полісся. *Науковий вісник НЛТУ України.* 2012. Т.22, №12. С. 42–48.

38. Рибак Ю.Л., Заїка В.К. Зміна електрофізіологічної активності у дерев сосни звичайної, уражених шютте звичайним. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2013. Т.23, №2. С. 90–96.

39. Харитончук О.С., Кратюк О.Л. Діелектричні показники сосни звичайної у вольєрі СФГ «Земля Полісся». *Ліс, наука, молодь:* матер. VII Всеукр. наук.-практ. конф. студентів, магістрів, аспірантів і молодих вчених

(м. Житомир, 20 листопада 2019 р.). Житомир, 2019. С. 279.

40. Fensom D.S. The bioelectrical potentials of plants and their functional significance. *Can. J. Bot*. 1963. 41. P. 831–851.

41. Fensom D.S. On measuring electrical resistance in situ in higher plants. *Can. L. Plant Sci*. 1966. 46. P. 169–175.

42. Kratiuk O.L., Kratyuk V.L. Plant electrophysiology trends in forestry research. *Topical issues of methods of teaching natural sciences: International scientific and practical conference* (Lublin, December 27–28, 2019) Lublin, Republic of Poland : Baltija Publishing. 2019. P. 78–81.

43. Shigo Alex L., Shortle Walter C. Spruce Budworms Handbook. Shigometry – a reference guide. *United State Department of Agriculture, Forest Service,* 1985. 48 p.

44. Skutt Richard H., Shigo Alex L., Lessard Ronald A. Detection of Discolored and Decayed Wood in Living Trees Using a Pulsed Electric Current. *Canadian Journal of Forest Research*. 1972. Vol.2(1). P. 54–56.