



О. Л. Кратюк

Житомирський національний агроекологічний університет, м. Житомир, Україна

ДІЕЛЕКТРИЧНІ ПОКАЗНИКИ СОСНИ ЗВИЧАЙНОЇ В УМОВАХ НАПІВВІЛЬНОГО УТРИМАННЯ РАТИЧНИХ (*CERVIDAE*, *BOVIDAE*) НА ТЕРИТОРІЇ ЗАХІДНОГО І ЦЕНТРАЛЬНОГО ПОЛІССЯ

Використання електрофізіологічних показників (імпедансу (R) і поляризаційної ємності (C)) є перспективним методом індикації стадій впливу мисливської фауни на лісові насадження, особливо у вольєрах. Досліджено сезонні зміни діелектричних показників сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) на території найбільших вольєрів Західного і Центрального Полісся, користувачами яких є: ТОВ "ВУЛФ-К" (*Cervus elaphus*), МСК "Сокіл" (*Cervus elaphus*, *Dama dama*, *Ovis ammon musimon*) та СФГ "Земля Полісся" (*Cervus nippon*). Площа вольєрів становить 243,4 га, 382,3 га та 228,0 га відповідно. Встановлено, що ступінь впливу на лісові насадження у вольєрах різний: МСК "Сокіл" – середній вплив, ТОВ СФГ "Земля Полісся" – слабкий, "ВУЛФ-К" – відсутній. Закладено 18 пробних площ (дев'ять з яких – контрольні) у чистих соснових деревостанах віком 22-101 рік, які зростають за I^A-II класом бонітету. Пробні площі розташовані у чотирьох типах лісу (В₂-дС, В₃-дС, С₂-гдС, С₃-гдС). Вимірювання діелектричних показників виконано у березні, липні та жовтні 2019 р. аналоговим приладом Ф4320 на частоті 1 кГц за методикою Г. Т. Криницького. З'ясовано, що діелектричні показники мають чітко виражену динаміку та характеризують сезонні зміни інтенсивності процесів життєдіяльності. Поляризаційна ємність на пробних площах змінювалася у березні в межах $5,15^{±0,18}$ - $6,87^{±0,14}$ нФ (достовірність різниці з контрольними показниками $t_{\phi}=0,08$ - $0,73$; $t_{05}=2,02$), у липні – вона зростає до $13,90^{±0,71}$ - $16,78^{±0,89}$ нФ ($t_{\phi}=0,07$ - $0,51$; $t_{05}=2,02$), а у жовтні – знизилася до $4,54^{±0,34}$ - $8,97^{±0,27}$ нФ ($t_{\phi}=0,31$ - $1,42$; $t_{05}=2,02$). Коефіцієнт варіації на дослідних ПП у березні становив 9,1-23,5 %, у липні 16,5-28,7 %, у жовтні 13,3-33,8 %. Показники імпедансу впродовж сезону спочатку знизилися від $28,55^{±1,86}$ - $45,75^{±3,47}$ кОм ($t_{\phi}=0,12$ - $1,08$; $t_{05}=2,02$) до $11,80^{±0,44}$ - $15,52^{±0,95}$ кОм ($t_{\phi}=0,21$ - $0,56$; $t_{05}=2,02$), а потім зросли до $20,82^{±0,84}$ - $44,80^{±3,40}$ кОм ($t_{\phi}=0,09$ - $1,19$; $t_{05}=2,02$). Коефіцієнт варіації імпедансу на дослідних ПП у березні становив 16,5-37,4 %, у липні – 16,6-32,0 %, у жовтні – 13,3-44,1 %. Відсутність достовірної різниці (t -критерій Ст'юдента) між діелектричними показниками дослідних і контрольних насаджень сосни звичайної свідчить, що не встановлено помітного впливу напіввільного утримання мисливських тварин на життєдіяльність дерев. Показники поляризаційної ємності та імпедансу мають високу індивідуальну мінливість для окремих модельних дерев, хоча загалом варіювання діелектричних показників є середніми.

Ключові слова: поляризаційна ємність; імпеданс; *Pinus sylvestris* L.; вольєр; мисливська фауна.

Вступ. До другої половини ХХ ст. досягнення електрофізіології рослин широко не використовували у лісовому господарстві. У 1960-х роках учені зосередили свою увагу на використанні імпедансу (R) та поляризаційної ємності (C) для оцінювання стану тканин рослин [3, 4, 5]. Для виявлення стовбурових гнилей доктор Алекс Л. Шіго (Dr. Alex L. Shigo) та його команда розробили вимірювальний прилад (пізніше названий шігометром), який використовував імпульсний електричний струм для визначення імпедансу [20], що стало першим успішним застосуванням електрофізіологічних знань у лісознавстві. Нині широке застосування діелектричних показників під час проведення лісівничо-екологічних та селекційно-генетичних досліджень [1, 6, 7, 17, 14] свідчить про їх універсальність, що є перспективним і для індикації стадій впливу мисливської фауни на лісові насадження, особливо в умовах напіввільного утримання. У сучасних умовах розведення тварин на обмеженій території дає можливість більш досконалого контролю за

популяцією, з одного боку, та призводить до поступового погіршення санітарного стану лісових насаджень з подальшою їх деградацією – з іншого. Особливо це актуально для невеликих за площею вольєрів. Запобігти таким негативним наслідкам дасть змогу своєчасний моніторинг стану лісових насаджень. Тут у нагоді може стати використання саме діелектричних показників, які характеризують стан рослин та інтенсивність перебігу в них фізіолого-біохімічних процесів [10].

Об'єкт дослідження – чисті деревостани сосни звичайної, що зростають у межах вольєрів на території Західного і Центрального Полісся.

Предмет дослідження – закономірності впливу напіввільного утримання ратичних (*Cervidae*, *Bovidae*) на діелектричні показники сосни звичайної.

Мета дослідження – встановити особливості впливу напіввільного утримання ратичних (*Cervidae*, *Bovidae*) на діелектричні показники сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) на території вольєрів Західного і Центрального

Інформація про авторів:

Кратюк Олександр Леонідович, канд. біол. наук, доцент, завідувач кафедри експлуатації лісових ресурсів.

Email: deneshi_ks@ukr.net; <https://orcid.org/0000-0002-2661-8074>

Цитування за ДСТУ: 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.

Citation APA: Kratiuk, O. L. (2020). Dielectric indicators of silver pine in the conditions of semi-free maintenance of ungulates (*Cervidae*, *Bovidae*) in the territory of Western and Central Polissya. *Scientific Bulletin of UNFU*, 30(1), 55–59. <https://doi.org/10.36930/40300109>

ного Полісся. *Завдання дослідження* – визначити сезонні зміни діелектричних показників сосни звичайної на території вольтерів різної інтенсивності експлуатації.

Наукова новизна дослідження полягає в тому, що вперше для вольтерів Західного і Центрального Полісся проаналізовано сезонні зміни діелектричних показників сосни звичайної в умовах напіввільного утримання ратичних (Cervidae, Bovidae). Наразі сосна звичайна домінує у вольтерах регіону. На тлі стрімкого збільшення площі вольтерів, актуальним стає реакція виду на умови напіввільного утримання мисливських тварин для подальшого розроблення заходів з мінімізації негативних чинників.

Аналіз літературних джерел. У 1977 р. Міністерство сільського господарства США (United States Department of Agriculture) та Міністерство навколишнього середовища Канади (Canadian Department of the Environment) під час масового спалаху ялинової листокрутки (*Choristoneura fumiferana* Clemens, 1865) у лісах США та Канади розпочали спільний дослідницький проект, спрямований на боротьбу з ним. Одним із багатьох завдань цього проекту стало розроблення ефективної та економічно обґрунтованої методології визначення стану лісових насаджень. Уже наступного, 1978 р., учені розпочали польові дослідження, які базувалися на працях Dr. Alex L. Shigo щодо визначення діелектричних показників дерев та оцінки їх стану. Для проведення вимірювання два електроди, відстань між якими становила 2 см, вводили у стовбур. Унаслідок метод шигометрії [18] був запроваджений та набув широкого застосування частково завдяки відносно простим способам вимірювання, проте інтерпретація отриманих результатів була досить складною [19].

Згодом, з розвитком вимірювальної техніки, дослідники зосередили увагу на поляризаційній ємності, як електрофізіологічному параметрі, придатному для оцінювання життєздатності деревних рослин. Mac Dougal, R., Maclean, D. A., Thompson, R. G. [15] запропонували використовувати цей показник для комплексного аналізу інтенсивності перебігу життєвих процесів у рослин на різних стадіях онтогенезу, а також для характеристики різних аспектів функціонування деревних рослин. На початку 1980-х років стали доступними портативні вимірювальні пристрої LCR (індуктивність, ємність, опір), зокрема, у колишньому СРСР серійно виготовляли аналоговий LCR-метр Ф4320, який працював на частоті 1 кГц. Це єдиний на той час прилад, який здатен був вимірювати обидва діелектричні показники, необхідні в електрофізіології рослин: імпеданс та поляризаційну ємність.

Основи використання електрофізіологічних показників для визначення життєздатності деревних рослин в Україні на основі LCR заклав Г. Т. Криницький [12, 13]. Чи не найпоширенішим об'єктом електрофізіологічних досліджень в Україні є сосна звичайна. Діелектричні показники застосовують для вивчення різних аспектів її функціонування. Вони можуть бути індикаторами дії несприятливих чинників навколишнього середовища [21, 11, 9], ступеня пошкодження ентомошкідниками (*Melampsora pinitorqua* (Br.) Rostr) [16], ураження патогенними організмами (*Armillariella mellea* (Fr. ex Vahl.) Karst., *Lophodermium pinastri* (Schrad.) Chévall) [2, 17], а також показником загального стану соснових насаджень [22].

Було досліджено вплив напіввільного утримання оленя плямистого (*Cervus nippon*) [19] на діелектричні показники сосни звичайної на території вольтера ДП "Баранівське ЛМГ" (Центральне Полісся) [8]. У вольтері площею 56,2 га, де впродовж 34 років утримують в середньому 50 особин основного поголов'я *Cervus nippon*, встановлено нижчі показники інтенсивності процесів життєдіяльності у сосни звичайної упродовж вегетаційного періоду. Так, зокрема, у червні, встановлено достовірну різницю між дослідними та контрольними показниками поляризаційної ємності ($t_{\phi} = 2,73 - 5,80$; $t_{05} = 2,02$) та імпедансу ($t_{\phi} = 2,72 - 4,25$; $t_{05} = 2,02$).

Матеріали та методи дослідження. Для проведення досліджень обрали найбільші за площею вольтери Західного і Центрального Полісся, користувачами яких є: ТОВ "ВУЛФ-К" (Волинська обл.), МСК "Сокіл" (Рівненська обл.) та СФГ "Земля Полісся" (Житомирська обл.). Характеристику вольтерів подано у табл. 1.

Табл. 1. Характеристика вольтерів

№ з/п	Користувач	Рік створення	Вид тварин	Орієнтовна чисельність, особ.	Площа вольтера, га
1	ТОВ "ВУЛФ-К" (Західне Полісся)	2019	<i>Cervus nippon</i>	18	243,4
2	МСК "Сокіл" (Західне Полісся)	2015	<i>Cervus elaphus</i>	130	382,3
			<i>Dama dama</i>	110	
			<i>Ovis ammon musimon</i>	130	
3	СФГ "Земля Полісся" (Центральне Полісся)	2004	<i>Cervus nippon</i>	100	228,0

Для досліджень обрали деревостани сосни звичайної, що зростають у межах вольтерів. Контролем слугували насадження з аналогічними лісівничо-таксаційними показниками, поза межами вольтерів (табл. 2). За можливості намагалися обирати такі насадження, які під час будівництва вольтера були розділені. Закладено 18 пробних площ (ПП), а саме: дев'ять (ПП1-ПП9) на території вольтерів та дев'ять контрольних (ППК₁-ППК₉) по три пари у кожному господарстві. У межах кожної ПП відбирали по 20 модельних примірників із панівних у фітоценозі дерев. Дослідження здійснювали у березні, липні та жовтні 2019 р.

Для визначення інтенсивності процесів життєдіяльності сосни звичайної використали діелектричні показники (імпеданс (R) і поляризаційну ємність (C)) прикамбіальних тканин лубу на висоті стовбура 1,3 м. Вимірювання виконували аналоговим приладом Ф4320 на частоті 1 кГц за методикою Г. Т. Криницького [12]. Було з'ясовано, незалежно від умов зростання та впливу напіввільного утримання мисливських тварин, діелектричні показники мають чітко виражену динаміку та характеризують сезонні зміни інтенсивності процесів життєдіяльності. Загальну тенденцію простежено у поступовому зниженні величини імпедансу і зростанні поляризаційної ємності під час переходу дерев від стану спокою до вегетації. Простежена висока індивідуальна мінливість окремих модельних дерев за величиною діелектричних показників (поляризаційна ємність – 13,3-26,7 %; імпеданс – 16,8-38,2 %). Різниця у показниках поляризаційної ємності та імпедансу дослідних і контрольних насаджень сосни звичайної свідчить про негативний вплив напіввільного утримання мисливських тварин на життєдіяльність дерев.

Табл. 2. Лісівничо-таксаційні показники деревостанів на пробних площах

№ ПП	Квартал (виділ)	Склад деревостану	Тип лісу	Вік, років	Відносна повнота	Клас бонітету	Запас, м ³ /га
ТОВ "ВУЛФ-К" (Карасинське л-во, ДП "Маневицьке ЛГ")							
1	12(19)	9С31Бп+Дз	В ₂ -дС	22	0,74	II	84
К ₁	12(19)	9С31Бп+Дз	В ₂ -дС	22	0,74	II	84
2	13(1)	10С3+Бп	В ₃ -дС	75	0,71	I	364
К ₂	13(1)	10С3+Бп	В ₃ -дС	75	0,71	I	364
3	8(20)	8С32Бп+Влч	В ₃ -дС	95	0,62	II	300
К ₃	8(20)	8С32Бп+Влч	В ₃ -дС	95	0,62	II	300
МСК "Сокіл" (Суське л-во, ДП "Клеванське ЛГ")							
4	7(26)	10С3	С ₂ -гдС	52	0,85	I ^A	400
К ₄	18(1)	8С32Дз+Гз+Бп	С ₂ -гдС	55	0,70	I ^A	320
5	15(32)	8С32Бп+Дз+Гз	С ₃ -гдС	55	0,80	I ^A	320
К ₅	22(7)	8С32Гз+Дз+Бп	С ₃ -гдС	55	0,70	I ^A	230
6	15(24)	10С3+Дз	С ₃ -гдС	85	0,55	I	310
К ₆	22(6)	10С3+Дз+Гз+Бп	С ₃ -гдС	85	0,60	I	360
СФГ "Земля Полісся" (Тригірське л-во, ДП "Житомирське ЛГ")							
7	97(17)	7С32Яле1Дз	С ₂ -гдС	47	0,70	I ^A	300
К ₇	97(17)	7С32Яле1Дз	С ₂ -гдС	47	0,70	I ^A	300
8	80(3)	8С31Дз1Гз	С ₂ -гдС	81	0,80	I ^A	280
К ₈	8(2)	9С31Дз+Бп+Ос	С ₂ -гдС	86	0,70	I ^A	470
9	97(2)	9С31Бп+Гз+Дз	С ₂ -гдС	101	0,60	I	370
К ₉	8(6)	10С3+Дз	С ₂ -гдС	100	0,70	I ^A	460

Результати дослідження та їх обговорення.

Вольєр ТОВ "ВУЛФ-К" створено у 2019 р. на території Карасинського лісництва ДП "Маневицьке ЛГ". Перші 18 особин *Cervus nippon* було завезено наприкінці року, де 2,5 місяці вони перебували у карантині і тільки у лютому 2020 р. випущені до вольєра. Вольєр МСК "Сокіл" (Суське л-во, ДП "Клеванське ЛГ") від часу створення активно експлуатується. Упродовж року загальна кількість тварин у вольєрі змінюється, зокрема, окрім природних чинників також завдяки весняним випускам тварин в угіддя. Так, навесні 2018 р. випущено 31 особину оленя благородного (*Cervus elaphus* Linnaeus, 1758), а у 2019 р. 21 *Cervus elaphus*, 50 ланей (*Dama dama* Linnaeus, 1758) та 50 муфлонів європейських (*Ovis ammon musimon* Linnaeus, 1758) [7]. Упродовж 2019 р. загальна чисельність тварин у вольєрі змінювалася у межах від 250 до 500 особин. У вольєрі СФГ "Земля Полісся" (Тригірське л-во, ДП "Житомирське ЛГ") з моменту створення впродовж близько 10 років утримували *Cervus elaphus*, чисельність основного поголів'я якого становила близько 50 особин. Згодом поголів'я було втрачено і господарство переорієнтувалося на розведення *Cervus nippon*. Наразі наприкінці 2019 р. тут утримують до 100 особин виду.

За ступенем впливу ратичних на лісові насадження ці вольєри істотно відрізняються один від одного. Так, насадження вольєра ТОВ "ВУЛФ-К" ще не зазнали впливу, натомість лісові біогеоценози у вольєрі МСК "Сокіл" із моменту створення перебувають під постійним мисливсько-господарським тиском, де щільність популяції ратичних доходить до 130 особин на 100 га. Незважаючи на триваліший термін експлуатації, вплив мисливської фауни на лісові насадження вольєра СФГ "Земля Полісся" слабший, оскільки щільність популяції тут становить близько 40 особин на 100 га та 36,3 % (82,7 га) площі вольєра займають колишні сільськогосподарські угіддя, що значно послаблюють тиск на лісові екосистеми. Отже, зазначені вольєри за ступенем впливу напіввільного утримання мисливських тварин на лісові насадження можна розмістити так: МСК "Со-

кіл" – середній вплив, ТОВ СФГ "Земля Полісся" – слабкий, "ВУЛФ-К" – відсутній.

Поляризаційна ємність у березні на дослідних ПП1-ПП9 змінювалася у межах $5,15^{\pm 0,18}$ - $6,87^{\pm 0,14}$ nF, водночас, на контрольних ППК₁-ППК₉ вона становила $5,16^{\pm 0,27}$ - $6,75^{\pm 0,31}$ nF (табл. 3). Коефіцієнт варіації показника незначний як на дослідних (9,1-23,5 %), так і на контрольних (14,2-23,7 %) ПП. Достовірність різниці між дослідними і контрольними показниками зафіксували лише на ПП4 ($t_{\phi} = 2,18$; $t_{05} = 2,02$) (табл. 4), де показник поляризаційної ємності на контрольній ділянці був вищим на 15,7 %. Для інших пар ПП не існує достовірної ($t_{\phi} = 0,08 - 0,73$; $t_{05} = 2,02$) різниці. У цей же період імпеданс на ПП1-ПП9 змінювався у межах $28,55^{\pm 1,86}$ - $45,75^{\pm 3,47}$ кОм, а на ППК₁-ППК₉ він становив $28,63^{\pm 1,05}$ - $43,75^{\pm 2,50}$ кОм. Коефіцієнт варіації на дослідних ПП становить 16,5-37,4 %, а на контрольних – 13,7-30,8 %. Достовірність різниці показників імпедансу зафіксовано лише для ПП4 ($t_{\phi} = 2,55$; $t_{05} = 2,02$) порівняно з контрольними показниками. На інших ПП контрольні показники становлять 93,0-104,9 % до дослідних ($t_{\phi} = 0,12 - 1,08$; $t_{05} = 2,02$)

У липні коефіцієнти варіації для діелектричних показників як на дослідних, так і на контрольних ПП змінювалися у невеликих межах. Для поляризаційної ємності це 16,5-28,7 %, а для імпедансу 16,6-32,0 %. За величиною поляризаційної ємності дослідні насадження сосни звичайної (окрім ПП4) неістотно відрізнялися від контрольних. Їх показники становили 96,7-103,2 % до дослідних ($t_{\phi} = 0,07 - 0,51$; $t_{05} = 2,02$). Поляризаційна ємність на дослідних ПП1-ПП3 та ПП5-ПП9 змінювалася у межах $13,90^{\pm 0,71}$ - $16,78^{\pm 0,89}$ nF, а на контрольних вона становила $14,28^{\pm 0,72}$ - $16,35^{\pm 0,94}$ nF. Величина імпедансу у липні на цих же ПП змінювалася у межах $11,80^{\pm 0,44}$ - $15,52^{\pm 0,95}$ кОм на дослідних та $12,17^{\pm 0,49}$ - $14,95^{\pm 0,72}$ кОм на контрольних. Показники становили 96,1-103,4 % до дослідних ($t_{\phi} = 0,21 - 0,56$; $t_{05} = 2,02$). Діелектричні показники у липні достовірно відрізнялися від контрольних лише на ПП4: поляризаційна ємність – $t_{\phi} = 4,52$; $t_{05} = 2,02$ та імпеданс – $t_{\phi} = 3,06$; $t_{05} = 2,02$.

Табл. 3. Діелектричні показники сосни звичайної в умовах напіввільного утримання мисливських тварин

№ ПП	C, nF		R, кОм		C, nF		R, кОм		C, nF		R, кОм	
	$M^{±m}$	V, %	$M^{±m}$	V, %	$M^{±m}$	V, %	$M^{±m}$	V, %	$M^{±m}$	V, %	$M^{±m}$	V, %
	Березень 2019 р.				Липень 2019 р.				Жовтень 2019 р.			
1	5,15 ^{±0,18}	15,7	37,65 ^{±1,66}	19,7	15,77 ^{±0,89}	25,2	13,05 ^{±0,73}	24,9	4,54 ^{±0,34}	33,8	44,80 ^{±3,40}	33,9
K ₁	5,01 ^{±0,17}	16,0	36,75 ^{±1,46}	17,8	15,44 ^{±0,83}	24,0	13,50 ^{±0,69}	22,3	4,38 ^{±0,22}	22,0	43,15 ^{±2,45}	25,4
2	6,87 ^{±0,14}	9,1	27,20 ^{±1,13}	18,6	15,29 ^{±0,94}	27,4	12,83 ^{±0,82}	28,9	5,68 ^{±0,17}	13,2	35,10 ^{±1,04}	13,3
K ₂	6,75 ^{±0,31}	20,7	28,55 ^{±1,86}	29,1	14,89 ^{±0,91}	27,2	13,18 ^{±0,83}	28,2	5,39 ^{±0,14}	11,6	36,08 ^{±2,49}	30,8
3	6,15 ^{±0,25}	18,3	28,63 ^{±1,05}	16,5	15,66 ^{±1,01}	28,7	14,15 ^{±1,00}	32,0	5,57 ^{±0,18}	13,3	44,40 ^{±3,79}	38,2
K ₃	5,98 ^{±0,26}	19,3	28,93 ^{±0,89}	13,7	15,75 ^{±0,95}	27,0	13,90 ^{±0,68}	22,1	5,35 ^{±0,24}	19,8	44,02 ^{±2,56}	26,1
4	5,41 ^{±0,20}	16,7	45,75 ^{±3,47}	33,9	12,37 ^{±0,53}	19,2	16,90 ^{±0,96}	25,5	7,86 ^{±0,42}	24,2	21,05 ^{±1,29}	27,4
K ₄	6,26 ^{±0,33}	23,7	35,63 ^{±1,92}	24,1	17,35 ^{±0,97}	24,9	13,38 ^{±0,62}	21,0	8,66 ^{±0,36}	18,7	22,10 ^{±1,40}	28,4
5	6,47 ^{±0,19}	13,6	32,80 ^{±1,91}	26,0	16,78 ^{±0,89}	23,9	11,80 ^{±0,44}	16,6	7,05 ^{±0,17}	10,9	26,77 ^{±1,05}	17,6
K ₅	6,40 ^{±0,20}	14,2	30,55 ^{±1,49}	21,9	16,35 ^{±0,94}	25,6	12,17 ^{±0,49}	18,0	6,88 ^{±0,23}	15,3	27,85 ^{±1,66}	26,7
6	6,03 ^{±0,32}	23,5	32,68 ^{±1,37}	18,7	15,24 ^{±0,75}	22,1	13,58 ^{±0,66}	21,7	6,82 ^{±0,22}	14,6	27,45 ^{±2,23}	22,6
K ₆	6,12 ^{±0,23}	16,8	30,40 ^{±1,60}	23,6	14,73 ^{±0,78}	23,6	13,80 ^{±0,73}	23,5	6,71 ^{±0,23}	15,4	30,70 ^{±1,55}	14,8
7	5,84 ^{±0,22}	17,4	42,13 ^{±2,10}	22,3	13,98 ^{±0,72}	23,1	15,22 ^{±0,78}	23,0	7,75 ^{±0,42}	24,4	24,75 ^{±2,44}	44,1
K ₇	5,94 ^{±0,24}	17,7	41,73 ^{±2,58}	27,7	14,31 ^{±0,61}	19,0	14,63 ^{±0,94}	25,2	7,46 ^{±0,35}	21,1	25,30 ^{±1,78}	31,5
8	5,19 ^{±0,26}	22,3	42,40 ^{±2,23}	23,5	13,90 ^{±0,71}	22,8	15,52 ^{±0,95}	27,4	8,97 ^{±0,27}	13,3	20,82 ^{±0,84}	18,1
K ₈	5,16 ^{±0,27}	22,2	43,75 ^{±2,50}	25,6	14,35 ^{±0,53}	16,5	14,95 ^{±0,72}	21,6	9,06 ^{±0,24}	11,8	21,07 ^{±0,89}	18,9
9	5,73 ^{±0,27}	21,3	37,83 ^{±3,16}	37,4	14,46 ^{±0,65}	20,1	13,88 ^{±0,76}	24,6	7,46 ^{±0,36}	21,4	25,78 ^{±2,10}	36,4
K ₉	5,98 ^{±0,19}	14,3	39,23 ^{±2,71}	30,8	14,28 ^{±0,72}	22,3	14,18 ^{±0,84}	26,5	7,69 ^{±0,21}	12,2	23,70 ^{±0,41}	7,8

Табл. 4. Достовірність різниці (*t*-критерій Ст'юдента) між величинами діелектричних показників сосни звичайної у дорівнях на території вольтерів та за їх межами (контроль)

№ ПП	Поляризаційна ємність, (C)		Імпеданс, (R)	
	t_{ϕ}	%	t_{ϕ}	%
	Березень 2019 р.			
1	0,51	97,3	0,41	97,6
2	0,34	98,3	0,62	104,9
3	0,50	97,2	0,22	101,0
4	2,18	115,7	2,55	77,88
5	0,22	98,9	0,93	93,1
6	0,23	101,5	1,08	93,0
7	0,32	101,7	0,12	99,1
8	0,08	99,6	0,40	103,2
9	0,73	104,4	0,34	103,7
	Липень 2019 р.			
1	0,27	97,9	0,45	103,4
2	0,31	97,4	0,29	102,7
3	0,07	100,6	0,21	98,2
4	4,52	140,3	3,06	79,2
5	0,33	97,4	0,56	103,1
6	0,47	96,7	0,23	101,6
7	0,35	102,4	0,52	96,1
8	0,51	103,2	0,47	96,3
9	0,19	98,8	0,26	102,2
	Жовтень 2019 р.			
1	0,40	96,5	0,39	96,3
2	1,31	94,9	0,36	102,8
3	0,78	96,1	0,09	99,1
4	1,42	110,1	0,55	105,0
5	0,60	97,6	0,54	104,0
6	0,33	98,4	1,19	110,2
7	0,52	96,3	0,18	102,2
8	0,26	101,0	0,20	101,2
9	0,54	103,1	0,97	91,9

Примітка: табличне значення *t*-критерію Ст'юдента (t_{05}) дорівнює 2,02.

Отже, у липні ми спостерігаємо зростання показників поляризаційної ємності та зниження імпедансу порівняно з березневими. Дослідження, здійснені у жовтні, свідчать про поступове зниження інтенсивності фізіологічних процесів у сосни звичайної порівняно з літнім періодом, що доводять встановлені нами діелектричні показники. В осінній період для всіх дослідних ПП не встановлено достовірної різниці з контрольними

і за поляризаційною ємністю ($t_{\phi} = 0,31 - 1,42$; $t_{05} = 2,02$), і за імпедансом ($t_{\phi} = 0,09 - 1,19$; $t_{05} = 2,02$). Так, поляризаційна ємність у жовтні на дослідних ПП1-ПП9 змінювалася у межах 4,54^{±0,34}-8,97^{±0,27} nF. Водночас, на контрольних вона була на рівні 94,9-110,1 % і становила 4,38^{±0,22}-9,06^{±0,24} nF (див. табл. 3). Коефіцієнт варіації показника незначний як на дослідних (13,3-33,8 %), так і на контрольних (11,6-22,0 %) ПП. Імпеданс у жовтні на дослідних ПП1-ПП9 змінювався у межах 20,82^{±0,84}-44,80^{±3,40} кОм. На контрольних він був у межах дослідних показників і становив відповідно від 21,07^{±0,89} до 44,02^{±2,56} кОм. Коефіцієнт варіації на дослідних ПП становить 13,3-44,1 %, а на контрольних – 7,8-31,5 %.

Підсумовуючи можемо констатувати, що з переходом дерев від стану спокою (березень) до активної вегетації (липень) простежується тенденція до поступового зростання поляризаційної ємності та зниження імпедансу. У жовтні вже спостерігаємо зворотні процеси, коли показники поляризаційної ємності починають падати, а імпедансу – зростати.

Висновки. Ідентичність діелектричних показників ($t_{\phi} < t_{05} = 2,02$) дослідних і контрольних насаджень сосни звичайної у вольтерах ТОВ "ВУЛФ-К", МСК "Сокіл" та СФГ "Земля Полісся" свідчать про відсутність впливу напіввільного утримання мисливських тварин (Cervidae, Bovidae) на життєдіяльність дерев. Такий результат є цілком логічним лише для вольтера ТОВ "ВУЛФ-К", де вплив *Cervus nippon* на лісові насадження був відсутній. Ці насадження можуть стати надалі точкою відліку для моніторингу динаміки змін електрофізіологічних процесів під впливом напіввільного утримання мисливських тварин. Для соснових насаджень вольтера СФГ "Земля Полісся" очікуваний мисливсько-господарський тиск *Cervus nippon* послаблюється наявністю значної площі (82,7 га) колишніх сільськогосподарських угідь, які наразі заросли чагарниковою рослинністю і є більш привабливими для тварин з трофічного погляду. Інтенсивна, проте нетривала (5 років), експлуатація лісових насаджень вольтера МСК "Сокіл" популяціями *Cervus elaphus*, *Dama dama* та *Ovis ammon musimon* ще не призвела до відчутних змін фізіологічних процесів, які ми могли б зафіксувати для пануючих у фітоценозі дерев сосни звичайної.

Показники поляризаційної ємності та імпедансу мають високу індивідуальну мінливість для деяких модельних дерев, хоча загалом варіювання діелектричних показників є середніми.

References

- Derekh, O. I. (2014). Dielectric parameters of Oak and Beech trees of areas with different stages of recreational digression in green space of Lviv. *Scientific Bulletin of UNFU*, 24(8), 119–124. [In Ukrainian].
- Derevjanchuk, Yu. L., & Zaika, V. K. (2011). The morphophysiological reaction of pine trees infecting by *Armillariella mellea*. *Scientific Bulletin of UNFU*, 21(9), 18–24. [In Ukrainian].
- Fensom, D. S. (1963). The bioelectrical potentials of plants and their functional significance. *Can. J. Bot.* 41, 831–851.
- Fensom, D. S. (1966). On measuring electrical resistance in situ in higher plants. *Can. L. Plant Sci.* 46, 169–175.
- Hayden, R. I., Moyle, C. A., Calder, F. W., Crawford, D. P. & Fensom, D. S. (1969). Electrical Impedance Studies on Potato and Alfalfa Tissue. *Journal of Experimental Botany*, 20(2), May 1969, 177–200.
- Karpyn, N. I., & Zayika, V. K. (2017). Dielectric indexes of *Tilia cordata* Mill. and *Tilia platyphyllos* Scop. in various conditions of Lviv City. *Scientific Bulletin of UNFU*, 27(1), 33–37. <https://doi.org/10.15421/40270107>
- Kerimov, E. I., & Zaika, V. K. (2018). Dielectric properties of tree species in stands containing European larch. *Scientific Bulletin of UNFU*, 28(8), 23–27. <https://doi.org/10.15421/40280804>
- Kratiuk, O. L. (2019). Some peculiarities of the influence of semi-free maintenance of game animals on the dielectric parameters of Scotch pine. *Scientific Bulletin of UNFU*, 29(8), 43–45. <https://doi.org/10.36930/40290805>
- Krynytskyi, H. T., & Halushka, V. P. (2005). Electro-physiology reaction of Scots pine-tree on taping of resin. *Scientific Bulletin of UNFU*, 15(2), 8–13. [In Ukrainian].
- Krynytskyi, H. T., & Skolskyi I. M. (2015). Use of dielectric parameters for determination of wych-elm (mountain) trees vitality. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 13, 83–88. [In Ukrainian].
- Krynytskyi, H. T., & Zaika, V. K. (2004). Elektrofiziolohichna reaktiia kultur sosny zvychnoi na vysoki rivni khronichnoho radiatsiinoho oprominennia. *Status and trends of development of forestry education, science and forestry in Ukraine*, 14(5), 8–14. [In Ukrainian].
- Krynytskyi, H. T. (1992). Pro metodyku vykorystannia elektrofiziolohichnykh pokaznykiv dlia vyznachennia zhyttiezdatnosti derevnykh roslyn. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry*, 23, 3–10. [In Ukrainian].
- Krynytskyi, H. T. (1990). Bioelektricheskyi metod opredeleniia zhiznesposobnosti drevesnykh rastenii na nachalnykh etapakh ontogeneza. *Scientific and Production Association of Space Research*, 85, 61. [In Russian].
- Lavnyy, V. V., & Krynytskyi, H. T. (2011). Electrophysiological indices of undergrowth trees. *Scientific Bulletin of UNFU*, 21(17), 86–90.
- Mac Dougall, R., Maclean, D. A., & Thompson, R. G. (1988). The use of electrical capacitance to determine growth and vigor of spruce and fir trees and stands in New Brunswick. *Can. J. Forest Res.* 5, 587–594.
- Rybak, Yu. L. (2012). The electrophysiological indices of Scots pine infected by the *Melampsora pinitorqua* in Western Polesie. *Scientific Bulletin of UNFU*, 22(12), 42–48. [In Ukrainian].
- Rybak, Yu. L., & Zaika, V. K. (2013). Changes in the electrophysiological activity of Scots pine trees infected by the *Lophodermium pinastri*. *Scientific Bulletin of UNFU*, 23(2), 90–96. [In Ukrainian].
- Shigo, Alex L., & Shortle, Walter, C. (1985). Spruce Budworms Handbook. Shigometry – a reference guide. *United State Department of Agriculture, Forest Service*, 48. Retrieved from <https://www.fs.fed.us/nrs/pubs/ag-handbook/ah646.pdf>
- Shortle, W. C. (2001). Shigometer. *Encyclopedia of plant pathology*, 2 Vol. Set, John Wiley and Sons, Inc., 902–903.
- Skutt, Richard H., Shigo, Alex L., & Lessard, Ronald A. (1972). Detection of Discolored and Decayed Wood in Living Trees Using a Pulsed Electric Current. *Canadian Journal of Forest Research*, 2(1), 54–56.
- Zaika, V. K. (2004). Dielectric parameters of a *Pinus sylvestris* L. on polluted with radiation territories. *Scientific Bulletin of UNFU*, 14(1), 12–15. [In Ukrainian].
- Zaika, V. K., & Rudenko, A. V. (2012). Morpho-physiological characteristics of Scots Pine in the pine forest of Small Polissya. *Scientific Bulletin of UNFU*, 22(9), 9–13. [In Ukrainian].

O. L. Kratiuk

Zhytomyr National Agroecological University, Zhytomyr, Ukraine

DIELECTRIC INDICATORS OF SILVER PINE IN THE CONDITIONS OF SEMI-FREE MAINTENANCE OF UNGULATES (*CERVIDAE*, *BOVIDAE*) IN THE TERRITORY OF WESTERN AND CENTRAL POLISSYA

The basic principles of integrated forestry and hunting management require a thorough understanding of the processes of interaction of game animals with forest plantations. The use of electrophysiological indicators is a promising method of indicating the stages of the influence of hunting fauna on forest plantations, especially in enclosures. The research has investigated some seasonal changes of the dielectric indices of Silver pine (*Pinus sylvestris* L.) in the territory of the largest enclosures of Western and Central Polissya, which are used by the following: VULF-K LLC, Sokil Hunting and Sports Complex and Zemlya Polissya Peasant Farming. *Cervus elaphus*, *Cervus nippon*, *Dama dama*, and *Ovis ammon musimon* are kept here on the area of 243.4 ha, 382.3 ha and 228.0 ha respectively. The degree of influence on forest plantations in the enclosures is found to vary as follows: Sokil HSC – average influence, Zemlya Polissya Peasant Farming – weak influence, VULF-K LLC – no influence. Eight trial plots were laid out in the pure pine stands aged from 22 to 101 years old respectively growing according to I^A-II classes of stand productivity. Trial plots were located within four types of forests such as B₂-дС, B₃-дС, C₂-гдС, and C₃-гдС. The dielectric parameters were measured in March, July, and October, 2019, with F4320 analogue device at frequency of 1 kHz according to the method by G.T. Krynytsky. Dielectric indicators are revealed to characterize seasonal changes in the intensity of life processes. The general tendency is observed in the gradual decrease of the impedance value and the increase of the polarization capacity during the transition of the trees from dormancy to vegetation and vice versa – the increase of the impedance and the decrease of the polarization capacity during the reverse processes. The polarization capacity in the trial plots was found to fluctuate in March ranging 5.15^{±0.18}–6.87^{±0.14} nF (significance of the difference with the control values $t_f = 0.08 - 0.73$; $t_{05} = 2.02$), in July it increased to 13.90^{±0.71}–16.78^{±0.89} nF ($t_f = 0.07 - 0.51$; $t_{05} = 2.02$), and in October it decreased to 4.54^{±0.34}–8.97^{±0.27} nF ($t_f = 0.31 - 1.42$; $t_{05} = 2.02$). In March, the coefficient of variation for the trial plots was 9.1–23.5 %, in July – 16.5–28.7 %, in October it ranged from 13.3 to 33.8 %. Impedance during the season initially decreased from 28.55^{±1.86}–45.75^{±3.47} kOhm ($t_f = 0.12-1.08$; $t_{05} = 2.02$) to 11.80^{±0.44}–15.52^{±0.95} kOhm ($t_f = 0.21-0.56$; $t_{05} = 2.02$), and then increased to 20.82^{±0.84}–44.80^{±3.40} kOhm ($t_f = 0.09-1.19$; $t_{05} = 2.02$). The coefficient of variation of the impedance on the experimental trial plots in March varied from 16.5 to 37.4 %, in July – from 16.6 to 32.0 %, and in October – from 13.3 to 44.1 % respectively. The lack of a significant difference (Student's *t*-distribution) between the dielectric values of the experimental and control pine stands indicates that there is no visible effect of the arbitrary retention of game animals on the vitality of trees.

Keywords: polarization capacity; impedance; *Pinus sylvestris* L.; enclosure; hunting fauna.