



Наукові праці Лісівничої академії наук України  
Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine

<http://fasu.nltu.edu.ua>  
<https://doi.org/10.15421/412126>  
Article received 2021.08.15  
Article accepted 2021.12.29

ISSN 1991-606X print  
ISSN 2616-5015 online  
@ ✉ Correspondence author  
Hryhorii Krynytskyi  
[krynytsk@ukr.net](mailto:krynytsk@ukr.net)

103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine

УДК 630\*174.754:630\*182.54](477.83)

## Біотична стійкість *Pinus sylvestris* L. у сугрудових лісостанах Львівського Розточчя

Г. Т. Криницький<sup>1</sup>, І. М. Скольський<sup>2</sup>, О. Г. Криницька<sup>3</sup>, Н. Г. Луців<sup>4</sup>, В. Й. Яхницький<sup>5</sup>

Об'єктами досліджень були деревостани, сформовані типовими для Львівського Розточчя лісотвірними деревними видами: сосною звичайною, буком лісовим, дубом звичайним, грабом звичайним за участю клена гостролистого, клена-явора, липи дрібнолистої та інших. Специфіка лісорослинних умов дослідних об'єктів зумовила різні фітоценотичні взаємовпливи сосни звичайної з іншими деревними видами, та, відповідно, її різну життєвість, для визначення якої було використано діелектричні показники – імпеданс і поляризаційна ємність.

Встановлено, що у вегетаційний період величина імпедансу різко зменшується (мінімальні значення у дерев сосни спостережено у червні-липні), а в період фізіологічного і вимушеного спокою – зростає, досягаючи максимуму у грудні. Водночас мінімальні величини поляризаційної ємності у дерев сосни звичайної спостережено у листопаді, а максимальні – у лютому.

Найбільші відмінності між деревами сосни у різних за складом деревостанах за річною динамікою імпедансу і поляризаційної ємності спостережено у періоди фіксації максимальних значень цих показників. В інші періоди року ці відмінності, зазвичай, неістотні. Водночас дослідження показують, що найінформативнішими щодо життєвого стану дерев сосни звичайної є середньорічні величини діелектричних показників.

Середньовікові (55-річні) дерева сосни за достатнього світлового живлення мають більшу життєвість і, відповідно, характеризуються меншим, ніж материнські дерева, імпедансом і більшою поляризаційною ємністю.

Встановлено також, що життєвість дерев сосни в грабово-дубово-соснових і сосново-букових деревостанах проявляється неоднозначно. Зниження біотичної стійкості дерев сосни з віком інтенсивніше відбувається у сосново-букових деревостанах порівняно з грабово-дубово-сосновими. Загалом фітоценотичні взаємовпливи для сосни звичайної в грабово-дубово-соснових деревостанах є сприятливішими, ніж у сосново-букових.

**Ключові слова:** діелектричні показники; річна динаміка; грабово-дубово-соснові та сосново-букові деревостани.

<sup>1</sup> Криницький Григорій Томкович – академік Лісівничої академії наук України, Президент ЛАН України, доктор біологічних наук, професор, Заслужений діяч науки і техніки України, завідувач кафедри лісівництва. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна Тел.: +38-067-784-1160, E-mail: [krynytsk@ukr.net](mailto:krynytsk@ukr.net) ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7020-9991>

<sup>2</sup> Скольський Ігор Михайлович – член-кореспондент Лісівничої академії наук України, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, начальник науково-дослідної частини. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна Тел.: +38-097-546-97-20. E-mail: [I.Skolsky@gmail.com](mailto:I.Skolsky@gmail.com) ORCID: <https://orcid.org/my-orcid?orcid=0000-0002-6052-7619>

<sup>3</sup> Криницька Ольга Григорівна – кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник науково-дослідної частини. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: +38-067-672-28-96. E-mail: [olk@ukr.net](mailto:olk@ukr.net) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4624-7768>

<sup>4</sup> Луців Наталія Григорівна – кандидат економічних наук, доцент кафедри екологічної економіки та бізнесу. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: +38-066-754-79-10. E-mail: [natalusiv@gmail.com](mailto:natalusiv@gmail.com) ORCID: <https://orcid.org/my-orcid?orcid=0000-0001-5588-7778>

<sup>5</sup> Яхницький Володимир Йосипович – здобувач кафедри лісівництва. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: +38-096-021-11-92. E-mail: [snvlk@online.ua](mailto:snvlk@online.ua)

**Вступ (Introduction).** Сосна звичайна (*Pinus sylvestris* L.) – основний лісотвірний і типотвірний деревний вид в Україні, лісостани якого займають близько 35% вкритих лісовою рослинністю земель (Krynytskyu, Chernyavskyu, & Krynytska, 2016; Лісове господарство України, 2017). Формує чисті і мішані біотично стійкі, високопродуктивні деревостани, відзначається високою репродуктивною здатністю та екологічною пластичністю. Едафічний ареал сосни звичайної є найбільшим серед типотвірних порід України і охоплює борові, суборові і сугрудові трюфотопи, дуже сухі, сухі, свіжі, вологі, сирі і навіть мокрі гігروتони (Воробьев, 1953; Остапенко, Ткач, 2002).

У різних лісорослинних умовах сосна звичайна, зазвичай, характеризується високою конкурентною здатністю і життєвістю. Однак останніми роками в Україні та інших європейських країнах спостережено зниження біотичної стійкості та масове всихання соснових деревостанів, екологічною передумовою якого є глобальні кліматичні зміни і пов'язані з ними флуктуації, насамперед, температурного й гідрологічного режимів (Криницький, Мазепа, Новак, Данькевич, 2013; Криницький, Крамарець, Мацяк, 2019; Бородавка, Гетьманчук, Кичилок, Войтюк, 2016; Сазанов, Звягинцев, 2016; Крамарець, Мацяк, 2017).

Водночас велике екологічне, економічне і соціальне значення соснових лісостанів зумовлює актуальність ґрунтового вивчення лісорослинних умов, зокрема фітоценотичних, в яких соснові деревостани є найбільш життєздатними і мають високу біотичну стійкість.

**Мета дослідження** полягає у встановленні біотичної стійкості дерев сосни звичайної у мішаних

соснових лісостанах, різних за фітоценотичними взаємовпливами та її змін у процесі вікових етапів розвитку деревостанів.

**Об'єктом досліджень** були середні за біометричними показниками дерева сосни звичайної 50-55- і 120-130-річного віку. **Предмет дослідження** – встановлення життєвості дерев сосни звичайної за діелектричними показниками – імпедансом і поляризаційною ємністю.

**Об'єкти та методика досліджень (Objects and methods).** Об'єкти дослідження – особини *Pinus sylvestris* у грабово-дубово-соснових і буково-соснових середньовікових і перестійних насадженнях сугрудових умов Львівського Розточчя, які розташовані на науково-виробничих стаціонарах кафедри лісівництва НЛТУ України у лісовому фонді Страдчівського навчально-виробничого лісокомбінату.

Визначення лісівничо-таксаційних показників лісостанів здійснювали за загальноприйнятими у лісовій таксації методиками (Гірс та ін., 2013). Для визначення віку дерев використовували керни деревини з урахуванням поправок на висоту їх взяття.

Заміри діелектричних показників (імпедансу і поляризаційної ємності) проводили приладом Ф 4320 на частоті 1 кГц за методикою Г.Т. Криницького (1992). Електроди вводили в прикамбіальний шар тканин стовбура дерев на висоті 1,3 м.

Математичне опрацювання результатів досліджень та математичне моделювання здійснені методами варіаційної статистики (Горошко, Миклуш, Хомюк, 2004) з використанням стандартних пакетів програм Excel і Statistica 10.0.

**Результати (Results).** Лісівничо-таксаційні показники дослідних деревостанів різного складу і віку представлені в табл. 1.

Таблиця 1

**Лісівничо-таксаційні показники дослідних деревостанів на секціях стаціонарів**  
**Table 1. Forest mensurational indices of experimental stands at permanent study areas**

№ секції (пр. пл.)	Індекс типу лісу	Склад деревостану	Індекс деревного виду	Вік, років	Середні		Бонітет	Повнота	Запас м <sup>3</sup> /га
					D, см	H, м			
1	C <sub>2</sub> -г-сД	6Сз3Дз1Гз + Бкл, Лп, Клг	Сз	130	48,0	33,7	I <sup>a</sup>	0,83	590
			Дз	140	44,6	28,8	II		
2	C <sub>2</sub> -г-сД	8Сз1Дз1Гз + Бкл, Яв, Клг, Ял, Дч	Сз	55	33,4	24,7	I <sup>a</sup>	0,75	371
			Дз	55	19,5	17,9	I		
3	C <sub>2</sub> -г-сД	7Дз1Сз1Гз1Клг + Бкл, Д, Мдє, Лпд, Ябл	Сз	55	24,8	19,9	I <sup>a</sup>	0,78	200
			Дз	55	18,5	17,8	I		
4	C <sub>2</sub> -г-сД	7Дз2Сз1Гз+Бкл, Дч, Чш, Клг, Ябл, Яв, Лпд	Сз	55	31,2	22,5	I <sup>a</sup>	1,0	242
			Дз	55	17,3	17,9	I		
5	C <sub>2</sub> -г-сД	6Сз2Дз1Гз1Брп + Лпд	Сз	55	37,3	28,3	I <sup>b</sup>	0,68	441
			Дз	55	35,6	26,6	I <sup>a</sup>		
6	C <sub>2</sub> -г-сБк	6Сз4Бкл + Гз, Ялє, Брп	Сз	120	44,4	29,6	I <sup>a</sup>	0,86	586
			Бкл	120	30,1	26,7	I		
7	C <sub>2</sub> -г-сБк	6Сз4Бкл + Гз, Ялє	Сз	120	36,2	26,4	I	0,96	530
			Бкл	120	24,9	24,6	II		
8	C <sub>2</sub> -г-сБк	6Сз4Бкл + Гз, Дз, Мє, Клг, Яв	Сз	55	28,2	21,0	I <sup>a</sup>	0,72	230

Таким чином, об'єктом досліджень були деревостани, сформовані типовими для Львівського Розточчя лісотвірними породами – сосною звичайною, буком лісовим, дубом звичайним, грабом звичайним за участю клена гостролистого, клена-явора, липи дрібнолистої та інших. У всіх деревостанах *Pinus sylvestris* виходить у перший ярус і росте за I-I<sup>a</sup> (I<sup>b</sup>) класами бонітету.

Клас бонітету дуба звичайного (пр. пл. 1, 2, 3, 4, 5) і бука лісового (пр. пл. 6, 7, 8) змінюється від II до I (I<sup>a</sup>, пр. пл. 5). Ці деревні види формують, в основному, другий ярус та частково входять у перший; інші породи ростуть зазвичай у другому і третьому ярусах. Стиглі деревостани на лісових ділянках 1, 6, 7 є високоповнотними, а середньовікові – на ділянках 2, 3, 5, 8 займають проміжне місце між середньо- і високоповнотними, і лише на ділянці 4 середньовіковий деревостан є високоповнотним.

Перші п'ять дослідних лісових ділянок (1, 2, 3, 4, 5) підібрані в свіжій грабово-сосновій судіброві, шоста, сьома, восьма – у свіжій сосновій субучині. Варто зауважити, що п'ята дослідна лісова ділянка характеризується підвищеною трофністю ґрунту. Тут сформувався свіжий грудуватий підтип лісорослинних умов, що зумовило підвищення продуктивності (зокрема збільшення висоти, діаметра дерев, їхнього запасу) штучно сформовано-

го на цій ділянці середньовікового грабово-дубово-соснового деревостану порівняно з іншими середньовіковими грабово-дубово-сосновими деревостанами природного походження (див. ділянки 2, 3, 4).

Специфіка лісорослинних умов дослідних об'єктів зумовила різні фітоценотичні взаємовпливи сосни звичайної з іншими деревними видами та, відповідно, різну життєвість соснового компонента – основної частки продуктивності сформованих на лісових ділянках деревостанів.

Експериментальні дані досліджень діелектричних показників дерев сосни звичайної у різних за складом деревостанах наведені на рис. 1, 2 і табл. 2, 3, 4, 5.

За наведеними даними, річна динаміка імпедансу і поляризаційної ємності чітко корелює з річною інтенсивністю фізіолого-біохімічних процесів у прикамбіальних тканинах сосни. Впродовж вегетаційного періоду (травень-вересень) величина імпедансу на всіх секціях стаціонару є невисокою – в межах 11,3-15,9 кОм. У період фізіологічного і вимушеного спокою (жовтень-березень) величина імпедансу зростає, досягаючи максимуму у грудні (до 43,3-52,1 кОм). Мінімальні значення імпедансу у дерев сосни спостережено в червні-липні (період припинення росту пагонів у висоту і закладання верхівкових бруньок).

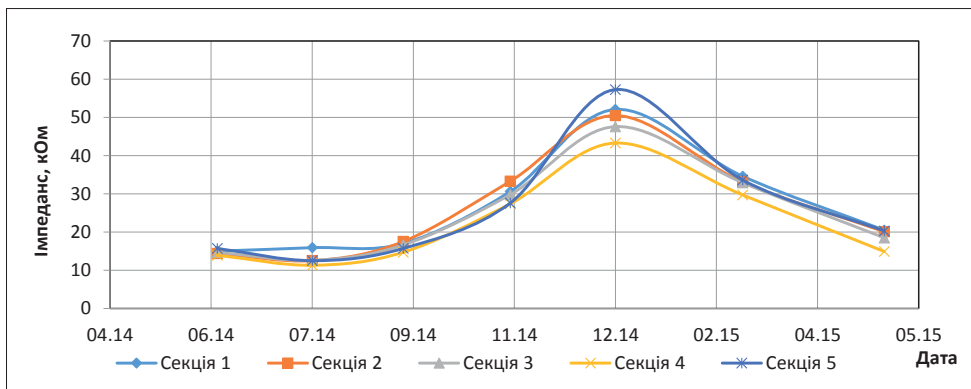


Рис. 1. Річна динаміка імпедансу дерев *Pinus sylvestris* у грабово-дубово-соснових деревостанах

Fig. 1. Annual dynamics of impedance of *Pinus sylvestris* trees in hornbeam-oak-pine stands

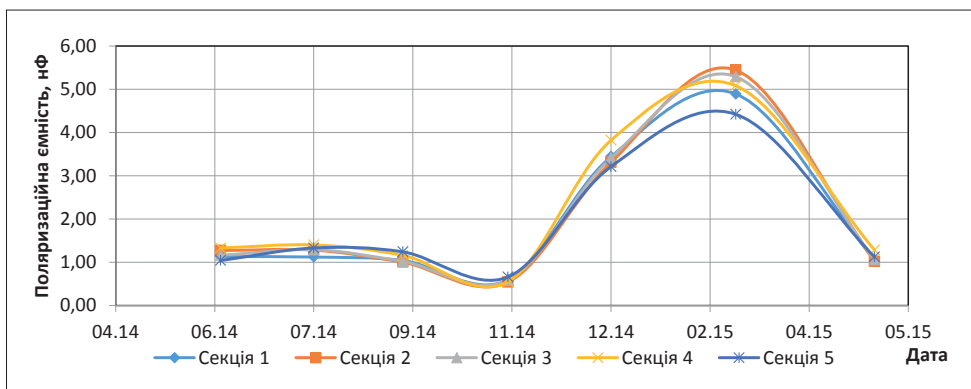


Рис. 2. Річна динаміка поляризаційної ємності дерев *Pinus sylvestris* у грабово-дубово-соснових деревостанах

Fig. 2. Annual dynamics of polarization capacity of *Pinus sylvestris* trees in hornbeam-oak-pine stands

Подібні зміни відбуваються також і в річній динаміці поляризаційної ємності дерев сосни на всіх секціях стаціонару. Проте мінімальні величини поляризаційної ємності у дерев сосни спостережено в листопаді (0,55-0,59 нФ), а максимальні – у лютому (4,89-5,44 нФ). Ці часові зсуви мінімальних і максимальних величин імпедансу і поляризаційної ємності зумовлені особливостями проходження фізіологічних процесів під час активної життєдіяльності дерев і стану спокою. Найбільші відмінності між секціями стаціонару за річною динамікою імпедансу і поляризаційної ємності сосни спостережено у періоди фіксації максимальних значень цих показників. В інші періоди року відмінності між секціями за величиною імпедансу і поляризаційної ємності є, зазвичай, неістотними (див. рис. 1 і 2).

Отже, виявлення відмінностей життєвості дерев сосни у деревостанах, як штучно створених, так і сформованих природним шляхом на секціях стаціонару після проведення різних способів рубок головного користування, доцільно здійснювати в період максимального прояву величини імпедансу і поляризаційної ємності у річному циклі. Водночас дослідження засвідчують, що найінформативнішими щодо життєвого стану дерев сосни є середньорічні величини діелектричних показників (див. табл. 2 і 3).

Таблиця 2

**Середньорічні величини імпедансу і поляризаційної ємності дерев *Pinus sylvestris* в грабово-дубово-соснових деревостанах**  
**Table 2. Average annual values of impedance and polarization capacity of *Pinus sylvestris* trees in hornbeam-oak-pine stands**

Секції	Показники	
	R, кОм	C, нФ
I	26,5±0,58	1,89±0,04
II	25,9±0,48	1,98±0,03
III	24,7±0,50	1,97±0,04
IV	22,2±0,28	2,09±0,03
V	26,1±1,1	1,90±0,08

Отже, найбільші величини імпедансу і найменші значення поляризаційної ємності дерев сосни звичайної спостережено на першій секції, що свідчить про тенденцію зниження їхньої життєвості. Сосна звичайна на цій секції досягла перестійного віку та уражена фітохворобами, що і зумовило погіршення її життєвого стану.

Дерева молодого покоління *Pinus sylvestris* за достатнього світлового живлення мають тенденцію до збільшення життєвості і, відповідно, характеризуються меншим, ніж материнські дерева на першій секції, імпедансом і більшою поляризаційною ємністю. Особливо значними (вже суттєвими) є відмінності між життєвістю дерев сосни на першій секції і секціях III і IV (див. табл. 2 і 3).

Дерева сосни на секції III (здійснено рівномірну поступову двоприйомну рубку) та секції IV (здійснено групово-вибіркову триприйомну рубку), на якій вони ростуть у сформованих під час рубки «вікнах», займають у деревостанах панівне становище, характеризуються інтенсивним ростом за висотою і діаметром та отримують порівняно невеликий негативний фітоценотичний вплив інших порід, і, відповідно, мають високу життєвість.

Таблиця 3

**Значення критерію суттєвості різниці між середньорічними величинами імпедансу і поляризаційної ємності у грабово-дубово-соснових деревостанах**  
**Table 3. The value of the criterion of the difference significance between the average annual values of impedance and polarization capacity in hornbeam-oak-pine stands**

Секції	Показники	
	R	C
I-II	0,80	1,80
I-III	2,34	1,33
I-IV	6,72	4,00
I-V	0,32	0,10
II-III	1,74	0,20
II-IV	6,61	2,75
II-V	0,17	1,05
III-IV	4,39	2,40
III-V	1,16	0,89
IV-V	3,44	2,34

Примітка: Теоретичне значення t-критерію Стьюдента ( $t_{05}$ ) дорівнює 1,98

Порівнюючи біотичну стійкість і життєвість сосни у 55-річних грабово-дубово-соснових деревостанах, сформованих після рубки на експериментальних секціях стаціонару, потрібно відзначити, що відповідно до середньорічних величин імпедансу і поляризаційної ємності найбільшу, суттєво значиму життєвість дерева сосни звичайної мають на секції IV, оскільки тут після проведення групово-вибіркової триприйомної рубки дерева сосни ростуть біогрупами у місцях, утворених під час першого прийому рубок «вікон», що мінімізує фітоценотичний вплив інших порід. Дерева сосни на секції II, III і V характеризуються практично однаковою життєвістю (різниця між ними за критерієм Стьюдента ( $t_{05}$ ) є несуттєвою (див. табл. 2 і 3).

Загалом молоді покоління грабово-дубово-соснових (секція III і V) та грабово-сосново-дубових (секція II і IV) деревостанів, відтворених на стаціонарі природним шляхом, відзначаються добрим життєвим станом і біотичною стійкістю.

Дослідження, проведені після семирічного періоду на секціях 1, 3 і 5 (грабово-дубово-соснові

деревостани) та 6, 7 і 8 (буково-соснові деревостани), підтверджують встановлені закономірності щодо життєвості дерев *Pinus sylvestris* за віковими етапами – у середньовікових деревостанах дерева хвойного виду мають вищу (у низці деревостанів – суттєво вищу) життєвість порівняно зі стиглими і перестиглими деревостанами. Особливо значною є відмінність у життєвості дерев сосни

у стиглих (секція 1 і 6) та середньовікових деревостанах на секції 5 (грабово-дубово-сосновий деревостан, вирощений лісокультурним шляхом на зрубі у багатшому грудуватому підтипі лісорослинних умов) і на секції 8 (буково-сосновий деревостан) (табл. 4). Суттєвість різниці досягає 2,67 на 0,5% рівні ймовірності за теоретичного значення коефіцієнта Стюдента 2,01-2,13 (табл. 5).

Таблиця 4

**Діелектричні показники дерев *Pinus sylvestris* в деревостанах різного складу, 07.2020 р.**

Table 4. Dielectric parameters of *Pinus sylvestris* trees in stands of different composition, July 2020

Секції	Деревостан	Вік, років	Діелектричні показники	
			імпеданс, кОм	поляризаційна ємність, нФ
1	Грабово-дубово-сосновий	130	13,98±4,00	0,80±0,03
3	Грабово-дубово-сосновий	55	12,28±3,58	0,81±0,04
5	Грабово-дубово-сосновий	55	10,93±2,41	1,64±0,32
6	Буково-сосновий	120	21,21±3,09	0,77±0,06
7	Буково-сосновий	120	15,93±4,83	0,80±0,06
8	Буково-сосновий	55	12,67±3,98	1,42±0,35

Таблиця 5

**Значення критерію суттєвості різниці між величинами діелектричних показників дерев *Pinus sylvestris* в деревостанах різного складу 07.2020**

Table 5. The value of the criterion of the difference significance between the values of the dielectric parameters of *Pinus sylvestris* trees in stands of different composition, July 2020

Секції	Імпеданс, кОм	Поляризаційна ємність, нФ
I-II	0,32	0,20
I-V	0,65	2,61
I-VI	1,43	0,44
I-VII	0,31	0,00
I-VIII	0,23	1,76
III-V	0,31	2,57
III-VI	1,89	0,55
III-VII	0,61	0,14
III-VIII	0,07	1,73
V-VI	2,62	2,67
V-VII	0,92	2,58
V-VIII	0,37	0,46
VI-VII	0,92	0,35
VI-VIII	1,69	1,83
VII-VIII	0,52	1,74

Примітка: Теоретичне значення t-критерію Стюдента ( $t_{05}$ ) дорівнює 2,01-2,13.

Дані табл. 5 також підтверджують, що зниження життєвості дерев сосни звичайної з віком у сосново-

букових деревостанах, порівняно з грабово-дубово-сосновими, відбувається інтенсивніше.

**Дискусія (Discussion).** Для визначення життєвості дерев *Pinus sylvestris* нами використано діелектричні показники – імпеданс і поляризаційну ємність. За даними низки дослідників (Fensom, 1963, 1966; Wargo, & Skutt, 1975; Shortle, Shigo, Berry, & Abusambra, 1977; Carter, & Blanchard, 1978; Davis, Shigo, & Weyrick, 1979; Рутковський, Кищенко, 1980; Mac Dougall, Maclean, & Thompson, 1988; Криницький та ін., 1992, 1993, 2015; Заїка, 1995; Gora, & Yanoviak, 2015; Kratyuk O., & Kratyuk V., 2019 та ін.) між життєвим станом дерев і величиною імпедансу та поляризаційної ємності існують тісні кореляційні зв'язки. Високі абсолютні показники поляризаційної ємності та низькі значення імпедансу свідчать про високу життєвість деревних рослин.

Отримані нами результати імпедансу і поляризаційної ємності дерев сосни звичайної у різних за складом і віком деревостанах Львівського Розточчя загалом не суперечать встановленим основним закономірностям електрофізіологічної активності деревних рослин у зв'язку з їхньою життєвістю.

Водночас варто зазначити, що в літературних джерелах слабо висвітлена річна динаміка діелектричних показників, хоча за дослідженнями Gora Evan M. & Yanoviak Stephen P. (2015) вони мають чітко виражену сезонну динаміку, незалежно від виду дерев та лісорослинних умов і тісно корелюють з сезонною інтенсивністю фізіолого-біохімічних процесів у прикамбійних тканинах. Істотні та добре виражені зміни в річній динаміці величин імпедансу та поляризаційної ємності у деревних рослин підтверджуються і наведеними в статті нашими експериментальними даними на прикладі дерев сосни звичайної.

Практично не трапляються літературні дані (зокрема нами не виявлені) щодо використання діелектричних показників для вивчення впливу фітоценотичної взаємодії деревних видів на функціональну життєдіяльність дерев у мішаних лісостанах. Ці дослідження є перспективними в аспекті виявлення біотичної стійкості та підвищення продуктивності мішаних деревостанів, і їх доцільно продовжити і розширити з урахуванням конкретних даних щодо світлового, мінерального і водного живлення дерев.

**Висновки (Conclusions).** За величиною діелектричних показників – імпедансу і поляризаційної ємності дерева молодого покоління сосни звичайної мають більшу життєвість, ніж материнські дерева. При цьому найінформативнішими щодо життєвого стану дерев *Pinus sylvestris* є середньорічні величини діелектричних показників.

Відмінності у життєвості різних за складом та умовами росту соснових деревостанів найбільш значимо проявляються в періоди фіксації максимальних значень імпедансу (грудень) і поляризаційної ємності (лютий) у річному циклі.

Життєвість дерев сосни звичайної в грабово-дубово-соснових і сосново-букових деревостанах проявляється неоднозначно. Зниження біотичної стійкості дерев сосни з віком інтенсивніше проходить у сосново-букових деревостанах порівняно з грабово-дубово-сосновими.

Загалом фітоценотичні взаємовпливи для сосни звичайної у грабово-дубово-соснових деревостанах є сприятливішими, ніж у сосново-букових.

**Подяки (Acknowledgements).** Автори статті висловлюють щирі подяки старшому науковому співробітнику НЛТУ України Роману Кузіву за допомогу в польових дослідженнях, а також рецензентам за можливі цінні критичні зауваження.

### Список літератури (References)

- Бородавка, В. О., Гетьманчук, А. І., Кичилюк, О. В., Войтюк, В. П. (2016). Патологічні процеси у всихаючих соснових насадженнях Волинського Полісся. *Науковий вісник НУБіП України: Лісівництво та декоративне садівництво*, 238, 102-118. [Borodavka, V. O., Getmanchuk, A. I., Kichilyuk, O. V., & Voytyuk, V. P. (2016). Pathological processes in drying pine plantations of Volyn Polissia. *Scientific Bulletin of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine: Forestry and ornamental horticulture*, 238, 102-118. Retrieved from [http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnau\\_lis\\_2016\\_238\\_14](http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnau_lis_2016_238_14)] (in Ukrainian)
- Воробьев, Д. В. (1953). *Типы леса Европейской части УССР*. Киев: Изд-во АН СССР. 452 с. [Vorobiev, D. V. (1953). *Forest types of the European part of the Ukrainian SSR*. Kiev: Publishing house of the Academy of Sciences of the USSR] (in Ukrainian)
- Гірс, О. А., Маніта, О. Х., Миронюк, В. В., Свинчук, В. А., Березівський, Л. М. (2013). *Лісотаксаційний довідник*. Київ: Видавничий дім «Вінчен-
- ко» [Girs, O. A., Manita, O. H., Myronjuk, V. V., Swinchuk, V. A., & Berezivskyy, L. M. (2013). *Forest Inventory Directory*. Kyiv: Vinichenko Publishing House] (in Ukrainian)
- Заїка, В. К. (1995). *Селекційно-екологічні особливості формування півсібсових потомств сосни звичайної в умовах Львівського Розточчя*: автореф. ... дис. канд. с.-г. наук. 06.03.01 / НЛТУ. Львів, 21 с. [Zaika, V. K. (1995). *Selection-ecological features of formation of semi-sibling offspring of Scots pine in the conditions of Lviv Roztocze* (Doctoral dissertation, Ukrainian National Forestry University, Lviv, Ukraine)] (in Ukrainian)
- Лісове господарство України* (2019). Київ: Державне агентство лісових ресурсів України. 51 с. [Forestry of Ukraine (2019). Kyiv: State Agency of Forest Resources of Ukraine. Retrieved from [http://ekoinform.com.ua/wp-content/uploads/2019/01/Brosura\\_DALR\\_2019\\_UA-web.pdf](http://ekoinform.com.ua/wp-content/uploads/2019/01/Brosura_DALR_2019_UA-web.pdf)] (in Ukrainian)
- Крамарець, В. О., Мацяк, І. П. (2017). Масове відмирання лісів – причини, наслідки, можливі шляхи протидії. *Наукові основи збереження біотичної різноманітності*, 8 (15), 45-62. [Kramarets, V. O., Matsyakh, I. P. (2017). Mass extinction of forests – causes, consequences, possible ways to counteract. *Scientific bases of biodiversity conservation*, 8 (15), 45-62. Retrieved from <https://ecoinst.org.ua/periodychni-vydannia/spbc-2017>] (in Ukrainian)
- Криницький, Г. Т. (1993). *Морфофізіологічні основи селекції деревних рослин*: автореф. ... дис. д-ра біолог. наук. 06.03.01, 03.00.12 / НАУ. Київ, 46 с. [Krynytsky, G. T. (1993). *Morphophysiological basis of selection of woody plants* (Doctoral dissertation, National Agrarian University, Kyiv, Ukraine)] (in Ukrainian)
- Криницький, Г. Т. (1992). Про методику використання електрофізіологічних показників для визначення життєздатності деревних рослин. *Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість*, 23, 3-10. [Krynytsky, G. T. (1992). Methods of using electrophysiological indicators to determine the viability of woody plants. *Forestry, paper and woodworking industries*, 23, 3-10] (in Ukrainian)
- Криницький, Г. Т., Крамарець, В. О., Мацяк, І. П. (2019). Лісівничо-екологічні засади збереження соснових лісів. *Соснові ліси: сучасний стан, існуючі проблеми та шляхи їх вирішення*: матеріали міжнарод. наук.-практ. конф., м. Київ, 12-13 червня 2019 р. Київ, с. 201. [Krynytsky, G. T., Kramarets, V. O., & Matsyakh, I. P. (2019). Forestry and ecological principles of pine forests preservation. In *Pine forests: current status, existing problems and ways to solve them: Proceedings of the international scientific-practical conference*. Kyiv, 201. Kyiv, Ukraine: National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine] (in Ukrainian)
- Криницький, Г. Т., Мазепа, В. Г., Новак, А. А., Данькевич, С. М. (2013). Динамічні тенденції клімату Західного Лісостепу України та їх вплив на санітарний стан лісостанів. *Науковий вісник НУБіП України*, 187, 254-263. [Krynytsky, G. T.,

- Mazepa, V.G., Novak, A.A., & Dankevich, S.M. (2013). Dynamic climate trends of the Western Forest-Steppe of Ukraine and their influence on the sanitary condition of forest stands. *Scientific Bulletin of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*, 187, 254-263. Retrieved from [http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnau\\_lis\\_2013\\_187\\_1\\_42](http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnau_lis_2013_187_1_42)] (in Ukrainian)
- Криницький, Г.Т., Скольський, І.М. (2015). Використання діелектричних показників для визначення життєвого стану дерев в'язу шорсткого. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 13, 83-88. [Krynytsky, G.T., & Skolsky, I.M. (2015). Use of dielectric parameters to determine the vital power of witch elm trees. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 13, 83-88. <https://doi.org/10.15421/411511>] (in Ukrainian)
- Остапенко, Б.Ф., Ткач, В.П. (2002). *Лісова типологія*. Харків: ХДАУ. 204 с. [Ostapenko, B.F., & Tkach, V.P. (2002). *Forest typology*. Kharkiv: Kharkiv State Agrarian University] (in Ukrainian)
- Рутковский, И.В., Кишенков, Ф.В., (1973). Применение электрофизиологических методов в лесовыращивании. *Лесоведение и лесоводство*, 3, 1-40. [Rutkovsky, I.V., & Kishenkov, F.V. (1973). Application of electro-physiological methods in forest cultivation. *Silviculture and forestry*, 3, 1-40] (in Russian)
- Сазонов, А., Звягинцев, В. (2016). «Биологический пожар» соснового леса. *Лесное и охотничье хозяйство*, 6, 9-13. [Sazonov, A., & Zvyagintsev, V. (2016). "Biological fire" of a pine forest. *Forestry and hunting*, 6, 9-13] (in Russian)
- Carter, J.K., & Blanchard, R.O. (1978). Electrical resistance to phloem width in red maple. *Canadian Journal of Forest Research*, 8 (1), 90-93
- Davis, W., Shigo, A., & Weyrick, R. (1979). Seasonal changes in electrical resistance of inner bark in red oak, red maple and eastern white pine. *Forest Sciences*, 25 (2), 282-286.
- Davis, W., Shortle, W., & Shigo, A. (1980). Potential hazard rating system for fir stands infested with budworm using cambial electrical resistance. *Canadian Journal of Forest Research*, 10 (4), 541-544. <https://doi.org/10.1139/x80-088>
- Fensom, D.S. (1963). The bioelectrical potentials of plants and their functional significance. *Canadian Journal of Botany*, 41, 831-851.
- Fensom, D.S. (1966). On measuring electrical resistance in situ in higher plants. *Canadian Journal of Plant Science*, 46, 169-175.
- Gora, E.M., & Yanoviak, S.P. (2015). Electrical properties of temperate forest trees: a review and quantitative comparison with vines. *Canadian Journal of Forest Research*, 45 (3), 236-245. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2014-0380>
- Kratyuk, O.L., & Kratyuk, V.L. (2019). Plant electrophysiology trends in forestry research. In *Topical issues of methods of teaching natural sciences: International scientific and practical conference*, 78-81. Lublin, Poland: Baltija Publishing
- Krynytsky, H.T., Chernyavskyy, M.V., & Krynytska, O.H. (2016). Forestry of Ukraine: current state and development trends. *Bulletin of the Transilvania University. Series II "Forestry, Wood Industry, Agricultural Fjdd Engineering"*, 9 (58), №2, 25-31. Retrieved from [http://rs.unitbv.ro/Bulletin/Series%20II/BULETIN%20I/04\\_Krynytsky.pdf](http://rs.unitbv.ro/Bulletin/Series%20II/BULETIN%20I/04_Krynytsky.pdf)
- 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. *Canadian Journal of Forest Research*, 18 (5), 587-594. <https://doi.org/10.1139/x88-085>
- Shortle, W.C., Shigo, A.L., Berry, P., & Abusambra, J. (1977). Electrical resistance in tree cambium zones relationship to rates of growth and wound closure. *Forest Sciences*, 23 (3), 326-329.
- Wargo, P.M., & Skutt, H.R. (1975). Resistance to pulsed electrical current: an indicator of stress in forest trees. *Canadian Journal of Forest Research*, 5 (4), 557-561.

### Biotic stability of Scots pine growing in stands on fairly fertile soil types of the Lviv Roztochya

H. Krynytsky<sup>1</sup>, I. Skolsky<sup>2</sup>, O. Krynytska<sup>3</sup>,  
N. Lutsiv<sup>4</sup>, V. Yakhnitsky<sup>5</sup>

In recent years in Ukraine and other European countries, there has been observed a decrease in biotic resistance and mass drying of pine stands. The

<sup>1</sup> *Hryhoriy Krynytsky* – Full Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, President of FAS of Ukraine, doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Forestry at Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: 032-237-89-05, +38-067-784-11-60. E-mail: [krynytsk@ukr.net](mailto:krynytsk@ukr.net) ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7020-9991>

<sup>2</sup> *Ihor Skolsky* – Corresponding Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, PhD in Agricultural Sciences, Senior Researcher, Head of the Research department, Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st, Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: + 38-097-546-97-20. E-mail: [I.Skolsky@gmail.com](mailto:I.Skolsky@gmail.com) ORCID: <https://orcid.org/my-orcid?orcid=0000-0002-6052-7619>

<sup>3</sup> *Olga Krynytska* – PhD in Agricultural Sciences, Senior Research Fellow, Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st, Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: + 38-067-672-28-96. E-mail: [olk@ukr.net](mailto:olk@ukr.net) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4624-7768>

<sup>4</sup> *Natalia Lutsiv* – PhD in Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Ecological Economics and Business. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: + 38-066-754-79-10. E-mail: [natalusiv@gmail.com](mailto:natalusiv@gmail.com) ORCID: <https://orcid.org/my-orcid?orcid=0000-0001-5588-7778>

<sup>5</sup> *Volodymyr Yakhnitsky* – PhD candidate of at the Department of Forestry, Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: + 38-096-021-11-92. E-mail: [snvlk@online.ua](mailto:snvlk@online.ua)

ecological precondition for this drying off is global climate change and related fluctuations, primarily, of the temperature and hydrological regimes. At the same time, the tremendous ecological, economic and social importance of pine stands necessitates a thorough study of forest site conditions, particularly of phytocenotic ones. They are the most viable and have high biotic stability.

The objects of research were the stands formed by forest-forming species typical for Lviv Roztochche: Scots pine, beech, oak, hornbeam with participation, as associated species, of maple, sycamore, small-leaved linden and others. The specific features of certain forest site conditions of the experimental objects are responsible for the different phytocenotic interactions of pine with other tree species and, accordingly, its different vitality. The criteria used to determine the vitality were dielectric parameters – impedance and polarization capacity.

It is found that the annual dynamics of impedance and polarization capacity correlate with the annual intensity of physiological and biochemical processes in the cambial tissues of pine. The impedance decreases sharply during the growing season (minimum values in pine trees are observed in June-July). During the period of physiological and forced rest, the impedance increases, reaching its maximum values in December. At the same time, the minimum values of polarization

capacity in pine trees are observed in November, and the maximum is in February. The most significant differences between pine trees of different stands in terms of the annual dynamics of impedance and polarization capacity are observed in the periods of fixing the maximum values of these indicators. At other times of the year, these differences are usually insignificant. At the same time, the study shows that the average annual values of dielectric parameters are the most informative ones as to the vital power of pine trees. Middle-aged (55-year-old) pine trees grown after various methods of main felling (clear felling, uniform, shelterwood felling in two or three cuts, group-selection ones in three cuts) with sufficient light supply have greater vitality and, respectively, are characterized by less impedance and greater polarization capacity than parent trees.

It is also established that the vitality of Scots pine trees in hornbeam-oak-pine and pine-beech stands is not steady. With age, a decrease in biotic resistance of pine trees becomes more intensive in pine-beech stands than that of hornbeam-oak-pine stands. In general, phytocenotic interactions for Scots pine in hornbeam-oak-pine stands are more favorable than in pine-beech stands.

**Key words:** electrical indicators; annual dynamics; hornbeam-oak-pine and pine-beech stands.