



**Е. І. Керімов<sup>1</sup>, В. К. Заїка<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Кременецький лісотехнічний коледж, с. Білокриниця, Україна

<sup>2</sup> Національний лісотехнічний університет України, м. Львів, Україна

## ДИЕЛЕКТРИЧНІ ПОКАЗНИКИ ДЕРЕВНИХ ВИДІВ У ДЕРЕВОСТАНАХ ЗА УЧАСТЮ МОДРИНИ ЄВРОПЕЙСЬКОЇ

Досліджено діелектричні показники прикамбіальних тканин лубу деревних видів у модринових деревостанах, які ростуть у різних лісорослинних умовах Кременецького горбогір'я. Вік деревостанів становить 12–109 років. Встановлено зниження інтенсивності життєвих процесів у модрини й інших деревних видів зі зменшенням трофності ґрунтів. У модрини молодняків, які ростуть в суборах і в перехідних до борів умовах, порівняно з грудями, величина імпедансу зростає істотно на 10,8–35,5 %, а поляризаційної ємності знизилась на 10,7–31,0 %. У липні-серпні показники імпедансу в модрини різного віку змінюються в межах 7,3–16,3 кОм, а поляризаційної ємності – 1,25–2,51 нФ. У дуба вони, відповідно, становлять 7,1–14,7 кОм і 1,25–2,10 нФ. У переважній кількості деревостанів модрина і дуб характеризуються високим життєвим потенціалом. Найкращі умови для їхнього росту і функціонування складаються в мішаних деревостанах, де частка модрини становить 3–6, а дуба не більше 2-х одиниць. Найбільшими антагоністами для модрини є дуб – червоний і ясен звичайний. За їх частки у складі середньовікових деревостанів 3 і більше одиниць у модрини встановлено найвищі показники імпедансу і найнижчі поляризаційної ємності. У стиглих і перестійних деревостанах із часткою модрини 6–8 і дуба 1–3 одиниці ці деревні види проявляють високий життєвий потенціал.

**Ключові слова:** діелектричні показники; модрина європейська; Кременецьке горбогір'я; життєдіяльність рослин.

**Вступ.** Продуктивність лісових фітоценозів визначають інтенсивністю процесів життєдіяльності деревних видів. Найбільшою продуктивності досягають лісостани, в яких у процесі росту і формування складаються взаємоприйнятні взаємовідносини між його компонентами. Під час введення в лісові насадження інтродуцентів завжди був пошук відповідних аборигенних видів, які б до інтродукованого деревного виду не проявляли антагоністичних властивостей. У районі нашого дослідження наприкінці XIX – на початку XX ст. відомий лісівник-практик В. Г. Дубровинський започаткував дослідження із введення в насадження модрини європейської (Dubrovynskyi, 1973). За понад 100-річний період тут створено близько 2 тис. га насаджень за її участю. У різних типах лісорослинних умов модрина формує чисті та мішані деревостани. У мішаних деревостанах вона росте з дубом звичайним і червоним, ясенем звичайним, буком лісовим, сосною звичайною, ялиною європейською, кленами гостролистим і явором, в'язем голим, грабом звичайним тощо. Її частка у складі мішаних деревостанів змінюється від поодиноких дерев до 8–9 одиниць. Абсолютно переважають деревостани з часткою модрини у складі деревостанів до 10–30 % (Zaika & Kerimov & Ivanytskyi, 2016).

Взаємовідносини між деревними породами під час формування лісостанів впливають на інтенсивність проходження процесів життєдіяльності. Для характеристи-

ки фізіологічного стану дерев у фітоценозах деякі дослідники пропонують застосовувати електрофізіологічні методи (Humeniuk, Zaika & Bondarenko, 2012; Mac Dougal, Thompson & Harald, 1987). У роботах А. Г. Мальцева (Maltcev, 1987), Г. Т. Криницького (Krynytskyi, 1993), Г. Т. Криницького, В. К. Заїки (Krynytskyi & Zaika, 1995) показано зв'язок імпедансу і поляризаційної ємності зі станом дерев різних категорій росту в деревостанах. Здорові, добре розвинуті, пануючі дерева характеризуються низькими показниками імпедансу і високими – поляризаційної ємності. Ю. В. Зварич (Zvarguch, 2005) вказує на зростання величини імпедансу і зниження поляризаційної ємності у дерев сосни, які ростуть у біогрупах відносно поодинокі стоячих особин. У роботі В. К. Заїки, Г. Т. Криницький, Р. С. Іваницький (Zaika, Krynytskyi & Ivanytskyi, 2013) на підставі вивчення діелектричних показників сосни і берези показано взаємовплив цих деревних видів під час формування 8–15 березово-соснових деревостанів природного походження на покинутих сільськогосподарських землях. Вчені встановили, що в умовах свіжого сугруду береза повисла пригнічує процеси життєдіяльності в сосні за її частки у складі деревостанів понад 30 %. Взаємовплив граба і дуба в деревостанах різного віку досліджували І. Р. Гуменюк, В. К. Заїка, В. Д. Бондаренко (Humeniuk et al., 2014; Humeniuk, Zaika & Bondarenko, 2012). Вони встановили, що в середньовікових і

### Інформація про авторів:

**Керімов Ельхан Ілхамович**, викладач. Email: elhan26@rambler.ru

**Заїка Володимир Костянтинович**, д-р біол. наук, професор, кафедра лісівництва. Email: vkzaika@ukr.net

**Цитування за ДСТУ:** 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.

**Citation APA:** 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>

пристигаючих деревостанах свіжих і вологих грабових дібров Західного Поділля дуб звичайний, незалежно від його частки у складі грабово-дубових деревостанів та періоду вегетації, характеризується високим життєвим потенціалом. Найкращі умови для росту і життєдіяльності граба звичайного складаються у чистих грабняках. Уже незначна участь дуба (1–3 одиниці) у складі деревостанів призводить до пригнічення життєвих процесів у граба внаслідок посилення фітоценотичної взаємодії.

Встановлено, що з погіршенням стану дерев у деревостанах діелектричні показники змінюються. Зазначено також на наявності кореляції між поляризаційною ємністю і приростом, фітомасою хвої, ступенем пошкодження дерев шкідниками (Mac Dougall, Maclean & Thompson, 1988; Mac Dougall, Thompson & Harald, 1987).

Отже, діелектричні показники об'єктивно характеризують стан та інтенсивність проходження процесів життєдіяльності у дерев у лісових фітоценозах. Їх доцільно використовувати під час вивчення взаємодії деревних видів у процесі формування деревостанів та впливу біотичних і абіотичних чинників довкілля (Крупутський, 1992; Mac Dougall, Maclean & Thompson, 1988).

**Об'єкти і методи дослідження.** Об'єктом дослідження були деревостани за участю модрина європейської. Їхній вік становить 12–109 років. Докладний лісівничо-таксаційний аналіз дослідних деревостанів наведено в нашій роботі (Zaika & Kerimov & Ivanutskyi, 2016). Для визначення інтенсивності процесів життєдіяльності та стану деревних видів у деревостанах використали електрофізіологічні методи дослідження, а саме діелектричні показники прикамбіальних тканин лубу (Humeniuk et al., 2014). Їх визначали приладом Ф 4320. Вимірювання проводили на частоті 1 кГц. Електроди вводили в луб дерев на висоті 1,3 м. Відстань між електродами становить 2 см (Humeniuk et al., 2014).

**Результати дослідження.** Дослідження проведено в середині та в другій половині вегетаційного періоду (табл. 1). Молодняки ростуть від перехідного типу лісорослинних умов свіжого боруватого субору до грудів, середньовікові – у сугрудах і грудях і пристигаючі, стиглі та перестійні – в грудях. Інтенсивність процесів життєдіяльності значно залежить від лісорослинних умов і взаємовідносин між деревними видами у фітоценозах.

Табл. 1. Діелектричні показники деревних видів у деревостанах за участю модрина європейської

№ пр. пл.	Склад деревостану	Тип лісу	А, років	Порода	Імпеданс, кОм		Поляризаційна ємність, нФ	
					$M^{em}$	$V, \%$	$M^{em}$	$V, \%$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>Серпень 2014 р.</b>								
6	10Мдг+Яле, Ясз, Бп, Гз	D <sub>2</sub> -ГД	12	Мдг	7,1 <sup>±0,2</sup>	19,3	2,49 <sup>±0,08</sup>	20,2
				Яле	11,8 <sup>±0,7</sup>	34,1	1,73 <sup>±0,06</sup>	20,4
13	10Мде+Клг, Кляс, Акб, Ос	V <sub>2</sub> -дС	14	Мде	9,3 <sup>±0,4</sup>	29,8	1,87 <sup>±0,06</sup>	23,7
				Мде	12,6 <sup>±0,8</sup>	41,9	1,29 <sup>±0,05</sup>	22,9
15	9Мде1Сз	A <sub>2</sub> -B <sub>2</sub> -C	25	Сз	11,1 <sup>±0,8</sup>	32,1	1,50 <sup>±0,08</sup>	22,5
				Мде	10,3 <sup>±0,3</sup>	21,0	1,67 <sup>±0,06</sup>	25,7
14	8Мде2Сз+Чш	V <sub>2</sub> -дС	29	Сз	13,8 <sup>±1,3</sup>	38,8	1,37 <sup>±0,07</sup>	21,9
				Мде	7,4 <sup>±0,2</sup>	17,4	2,42 <sup>±0,10</sup>	20,7
11	4Мде3Кля1Ясз1Дч1Вхч+Дз, Взг, Гз, Кляс, Бп	D <sub>3</sub> -ГД	31	Дз	7,1 <sup>±0,1</sup>	5,0	2,16 <sup>±0,07</sup>	8,2
				Мде	7,3 <sup>±0,3</sup>	20,3	2,36 <sup>±0,10</sup>	23,2
18	6Мде3Дз1Клг+Кля, Лпд, Взг, Гз, Бп	C <sub>3</sub> -ГДС	43	Дз	7,9 <sup>±0,4</sup>	28,3	1,90 <sup>±0,09</sup>	30,8
				Мде	12,3 <sup>±1,1</sup>	45,9	1,60 <sup>±0,10</sup>	30,7
10	8Дч1Мде1Бкл+Кля, Ясз, Гз, Взг, Лпд	D <sub>2</sub> -ГД	46	Мде	10,3 <sup>±0,3</sup>	18,6	1,62 <sup>±0,04</sup>	18,0
17	10Мде+Дз, Ясз, Лпд, Клг, Гз	D <sub>2</sub> -ГД	50	Мде	8,3 <sup>±0,3</sup>	17,3	1,95 <sup>±0,08</sup>	21,4
				Дз	8,9 <sup>±0,6</sup>	41,5	1,79 <sup>±0,10</sup>	33,0
19	6Мде2Бп1Дз1Гз+Вхч, Клг, Лпд	C <sub>3</sub> -ГДС	50	Мде	11,0 <sup>±0,7</sup>	31,3	1,41 <sup>±0,05</sup>	19,0
				Дз	7,8 <sup>±0,4</sup>	27,0	1,74 <sup>±0,08</sup>	24,7
5	2Мде2Ясз2Дч2Клг1Дз1Гз+Взг, Лпд	D <sub>2</sub> -ГД	51	Мде	11,1 <sup>±0,6</sup>	36,2	1,63 <sup>±0,06</sup>	23,9
				Дз	9,4 <sup>±0,5</sup>	31,3	1,84 <sup>±0,07</sup>	23,4
2	9Мє1Кля+Клг, Бп, Гз	D <sub>2</sub> -ГД	52	Мде	11,3 <sup>±0,8</sup>	37,5	1,44 <sup>±0,07</sup>	25,9
				Дз	8,4 <sup>±0,2</sup>	12,7	2,10 <sup>±0,06</sup>	15,0
7	3Мде3Гз1Дз1Ясз1Дч1Взг+Клг, Лпд, Бп	D <sub>2</sub> -ГД	52	Мде	7,9 <sup>±0,3</sup>	18,1	1,98 <sup>±0,09</sup>	19,5
				Дз	11,1 <sup>±0,7</sup>	39,1	1,70 <sup>±0,06</sup>	25,2
12	5Мде4Дз1Гз+Клг, Кля, Лпд	D <sub>2</sub> -ГД	53	Дз	14,7 <sup>±1,5</sup>	33,1	1,25 <sup>±0,09</sup>	16,9
				Мде	10,6 <sup>±0,5</sup>	32,0	1,53 <sup>±0,05</sup>	21,6
8	7Мде3Ясз+Дз, Гз, Кл г, Взг, Лпд	C <sub>2</sub> -ГДС	56	Дз	9,2 <sup>±0,6</sup>	20,5	1,59 <sup>±0,07</sup>	16,6
				Мде	9,8 <sup>±0,6</sup>	39,9	1,92 <sup>±0,07</sup>	25,8
1	5Мє2Ясз1Дз1Кля1Бха+Клг, Взг, Гз	D <sub>2</sub> -ГД	58	Яле	11,8 <sup>±1,4</sup>	43,1	1,53 <sup>±0,11</sup>	26,5
				Мде	9,3 <sup>±0,7</sup>	31,2	1,88 <sup>±0,06</sup>	25,6
9	7Мде1Яле1Ясз1 Клг+Взг, Лпд, Гз	D <sub>2</sub> -ГД	60	Дз	8,8 <sup>±0,5</sup>	35,3	2,01 <sup>±0,08</sup>	28,3
				Мде	8,6 <sup>±0,3</sup>	20,5	1,77 <sup>±0,05</sup>	19,0
4	6Мде3Дз1Взг+Кля, Гз	D <sub>2</sub> -ГД	84	Дз	8,4 <sup>±0,4</sup>	19,9	1,77 <sup>±0,07</sup>	17,4
				Мде	8,7 <sup>±0,3</sup>	21,7	1,82 <sup>±0,08</sup>	28,1
16	7Мде2Ясз1ДзБкл+КлгКляВзг	D <sub>2</sub> -ГД	101	Дз	7,3 <sup>±0,3</sup>	26,5	2,10 <sup>±0,10</sup>	28,2
				Мде	8,7 <sup>±0,3</sup>	21,7	1,82 <sup>±0,08</sup>	28,1
3	8Мде1Дз, Ясз1Гз+Клг	D <sub>2</sub> -ГД	109	Дз	7,3 <sup>±0,3</sup>	26,5	2,10 <sup>±0,10</sup>	28,2
				Мде	7,0 <sup>±0,4</sup>	27,0	2,51 <sup>±0,09</sup>	30,9
<b>Липень 2015 р.</b>								
6	10Мдг+Яле, Ясз, Бп, Гз	D <sub>2</sub> -ГД	12	Яле	9,2 <sup>±0,6</sup>	26,5	2,01 <sup>±0,08</sup>	17,6
				Мде	8,7 <sup>±0,4</sup>	26,5	2,13 <sup>±0,09</sup>	25,4
13	10Мде+Клг, Кляс, Акб, Ос	V <sub>2</sub> -дС	14	Мде	12,3 <sup>±0,6</sup>	27,6	1,25 <sup>±0,04</sup>	17,8
				Сз	10,2 <sup>±0,5</sup>	25,5	1,43 <sup>±0,06</sup>	20,6
15	9Мде1Сз	A <sub>2</sub> -B <sub>2</sub> -C	25	Мде	11,9 <sup>±0,8</sup>	38,1	1,36 <sup>±0,05</sup>	22,9
				Сз	13,8 <sup>±1,0</sup>	30,2	1,16 <sup>±0,06</sup>	21,1
14	8Мде2Сз+Чш	V <sub>2</sub> -дС	29	Мде	16,3 <sup>±1,9</sup>	57,4	1,33 <sup>±0,11</sup>	41,3
				Сз	13,8 <sup>±1,0</sup>	30,2	1,16 <sup>±0,06</sup>	21,1
10	8Дч1Мде1Бкл+Кля, Ясз, Гз, Взг, Лпд	D <sub>2</sub> -ГД	46	Мде	16,3 <sup>±1,9</sup>	57,4	1,33 <sup>±0,11</sup>	41,3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
17	10Мде+Дз, Ясз, Лпд, Клг, Гз	D <sub>2</sub> -гД	50	Мде	10,8 <sup>±0,4</sup>	19,8	1,60 <sup>±0,04</sup>	21,8
2	9Ме1Кля+Клг, Бп, Гз	D <sub>2</sub> -гД	52	Мде	13,0 <sup>±1,0</sup>	42,4	1,52 <sup>±0,07</sup>	26,4
7	3Мде3Гз1Дз1Ясз1Дч1Взг+Клг, Лпд, Бп	D <sub>2</sub> -гД	52	Мде	9,9 <sup>±0,5</sup>	17,5	1,65 <sup>±0,08</sup>	17,8
				Дз	10,3 <sup>±0,8</sup>	44,3	1,51 <sup>±0,11</sup>	31,4
8	7Мде3Ясз+Дз, Гз, Кл г, Взг, Лпд	C <sub>2</sub> -гДС	56	Мде	15,8 <sup>±1,3</sup>	43,6	1,49 <sup>±0,06</sup>	23,7
				Дз	14,0 <sup>±1,3</sup>	31,1	1,27 <sup>±0,08</sup>	18,9
1	5Ме2Ясз1Дз1Кля1Бха+Клг, Взг, Гз	D <sub>2</sub> -гД	58	Мде	10,2 <sup>±0,5</sup>	19,3	1,47 <sup>±0,07</sup>	19,4
				Дз	7,7 <sup>±0,5</sup>	26,8	2,03 <sup>±0,07</sup>	16,6
9	7Мде1Яле1Ясз1Клг+Взг, Лпд, Гз	D <sub>2</sub> -гД	60	Мде	14,1 <sup>±0,6</sup>	35,2	1,46 <sup>±0,06</sup>	19,3
				Яле	13,8 <sup>±1,1</sup>	19,8	1,25 <sup>±0,04</sup>	18,1
4	6Мде3Дз1Взг+Кля, Гз	D <sub>2</sub> -гД	84	Мде	10,3 <sup>±0,6</sup>	28,5	1,84 <sup>±0,05</sup>	23,9
				Дз	8,5 <sup>±0,4</sup>	31,2	2,04 <sup>±0,06</sup>	25,3
16	7Мде2Ясз1ДзБкл+КлгКляВзг	D <sub>2</sub> -гД	101	Мде	9,7 <sup>±0,3</sup>	18,5	1,56 <sup>±0,04</sup>	17,3
				Дз	8,8 <sup>±0,8</sup>	29,5	1,73 <sup>±0,11</sup>	35,0
3	8Мде1Дз, Ясз1Гз+Клг	D <sub>2</sub> -гД	109	Мде	10,6 <sup>±0,5</sup>	28,0	1,52 <sup>±0,07</sup>	26,5
				Дз	7,6 <sup>±0,3</sup>	23,2	1,91 <sup>±0,08</sup>	22,3

Примітка: Мде – модрина європейська, Мдг – модрина гібридна, Сз – сосна звичайна, Дз – дуб звичайний, Дч – дуб червоний, Ясз – ясен звичайний, Бкл – бук лісовий, Яле – ялина європейська, Клг – клен гостролистий, Кля – клен-явір, Кляс – клен ясенелистий, Лпд – липа дрібнолиста, Вхч – вільха чорна, Чш – черешня, Взг – в'яз голий, Бха – бархат амурський, Гз – граб звичайний, Ос – осика, Бп – береза повисла, Акб – акація біла.

З табл. 1 видно, що в молодняків величина імпедансу модрини європейської змінюється в межах 7,0–12,7 кОм, а поляризаційної ємності – 1,25–2,51 нФ. У дуба звичайного ці показники, відповідно, становлять 7,1 кОм і 2,16 нФ і в сосни звичайної – 10,2–13,8 кОм і 1,16–1,50 нФ. Ялина європейська росте в деревостані з модриною гібридною. У 12-річному віці вона характеризується відносно високою інтенсивністю функціонування. Її імпеданс виявився на рівні 9,2–11,8 кОм, а поляризаційна ємність – 1,73–2,01 нФ. Необхідно відзначити, що зі зниженням трюфності ґрунтів спостерігаємо погіршення стану модрини європейської. Так, на ділянці 15 у свіжому боруватому суборі в модрини, порівняно з сосною, значно зростають показники імпедансу і знижуються поляризаційної ємності. В умовах свіжого дубового субору (пр. пл. 14) в 31-річному сосново-модриновому деревостані в модрини відносно сосни спостерігаємо зниження імпедансу і зростання поляризаційної ємності. Найкращі умови для життєдіяльності модрини і дуба складаються в грудах. На ділянці 11 у модрини і дуба спостерігаємо найнижчі показники імпедансу і найвищі поляризаційної ємності. У модрини в умовах вологої грабової діброви імпеданс істотно знизився відносно контролю на 20,4 % ( $t_{\phi}=4,25$ ;  $t_{05}=2,05$ ), а поляризаційна ємність зросла на 15,5 % ( $t_{\phi}=3,15$ ) – табл. 2. На ділянках 15 і 16 в суборах і в перехідних до борів умовах імпеданс у модрини зріс на 10,8–46,0 % ( $t_{\phi}=2,00$ –8,94), а поляризаційна ємність знизилась на 10,7–41,3 % ( $t_{\phi}=2,36$ –7,73).

У середньовікових лісостанах (вік 43–60 років) модрина росте в чистих і мішаних деревостанах із різними деревними видами. Її імпеданс змінюється в межах 7,3–16,3 кОм, а поляризаційна ємність – 1,33–2,36 нФ (див. табл. 1). Найкращі умови для життєдіяльності модрини складаються у деревостанах на пр. пл. 7, 12, 18, 19. Модрина на цих ділянках характеризується показниками імпедансу 7,3–9,9 кОм і поляризаційної ємності 1,65–2,36 нФ. Вона зазвичай істотно відрізняється за діелектричними показниками від контролю. Так, у дослідних варіантів імпеданс виявився нижчим за контроль на 8,3–20,1 % ( $t_{\phi}=1,41$ –7,07), а поляризаційна ємність – нижчою на 3,1–45,7 % ( $t_{\phi}=0,56$ –6,87) – див. табл. 2. Модрина у складі цих деревостанів становить від 3 до 6 одиниць, а основними її конкурентами є дуб звичайний і ясен.

**Табл. 2. Достовірність різниці (*t*-критерій Ст'юдента) між величинами діелектричних показників модрини європейської на ділянках різного породного складу**

№ пр. пл.	Імпеданс		Поляризаційна ємність	
	$t_{\phi}$	%	$t_{\phi}$	%
Молодняки				
Серпень 2014 р.				
Контроль 13	0,00	100,0	0,00	100,0
6	4,92	76,3	6,20	133,2
15	3,69	135,5	7,43	69,0
14	2,00	110,8	2,36	89,3
11	4,25	79,6	3,15	115,5
Липень 2015 р.				
Контроль 13	0,00	100,0	0,00	100,0
6	3,01	80,5	2,99	117,8
15	4,99	141,4	8,94	58,7
14	4,47	146,0	7,48	63,8
Середньовікові деревостани				
Серпень 2014 р.				
Контроль 17	0,00	100,0	0,00	100,0
18	7,07	70,9	6,87	145,7
10	1,75	119,4	0,19	98,8
19	4,71	80,6	3,69	120,4
5	0,92	106,8	3,28	87,0
2	1,19	107,8	0,14	100,6
7	1,54	91,3	2,73	113,6
12	5,27	81,6	6,66	129,6
8	1,05	107,8	1,11	104,9
1	0,51	102,9	1,41	94,4
9	0,75	95,1	3,72	118,5
Липень 2015 р.				
Контроль 17	0,00	100,0	0,00	100,0
2	2,04	120,4	0,99	95,0
10	2,83	150,9	2,31	83,1
7	1,41	91,7	0,56	103,1
8	3,68	146,3	1,53	93,1
1	0,94	94,4	1,61	91,9
9	4,58	130,6	1,94	91,3
16	2,20	89,8	0,15	115,0
3	0,31	98,1	0,33	131,3

Примітка: табличне значення *t*-критерія Ст'юдента ( $t_{05}$ ) дорівнює 2,05; контролем були чисті модринові деревостани.

Значно гірші умови для росту і функціонування модрини європейської складаються у деревостанах на пр. пл. 2, 5, 8 і 10, де показники імпедансу в неї зросли до 11,0–16,3 кОм і відрізняються від контролю на 6,8–50,9 % ( $t_{\phi}=0,92$ –3,68), а поляризаційна ємність зменшилась до 1,33–1,60 нФ і переважно слабо на 0,6–16,9 % ( $t_{\phi}=0,14$ –3,28). На ділянці 10 у складі деревостану близько 30 % становить дуб червоний, який за висотою

і діаметром не поступається модрині та проявляє до неї значну антагоністичну взаємодію. На ділянці 5 зі складом деревостану 2Мде2Ясз2Дч2Клг1Дз1Гз+Взг, Лпд негативну дію на модрину проявляють ясен і дуб червоний, які за висотою перевищують модрину. У деревостані на пр. пл. 8 пригнічує життєдіяльність модрини ясен звичайний (Zaika & Kerimov & Ivanytskyi, 2016).

Життєві процеси в дуба звичайного на переважній кількості ділянок середньовікових деревостанів проходять на високому рівні. Його імпеданс варіює в межах 7,7–14,0 кОм, а поляризаційна ємність – 1,27–2,03 нФ. Значне зростання показників імпедансу і зниження поляризаційної ємності спостерігали в деревостанах на ділянках 7, 8, 9. На них дуб у складі деревостанів представлений поодинокими деревами, або не перевищує 10 % (Zaika & Kerimov & Ivanytskyi, 2016).

У стиглих і перестійних лісостанах діелектричні показники показують, що в процесі їх формування між деревними видами склались позитивні взаємовідносини. У модрини європейської показники імпедансу змінюються в межах 8,6–10,6 кОм, а поляризаційної ємності – 1,52–1,88 нФ. У дуба звичайного ці показники відповідно становили 7,3–8,8 кОм і 1,73–2,10 нФ. У процесі формування деревостанів відбувається посилення внутрішньовидової і міжвидової конкурентної боротьби, що призводить до диференціації дерев за біометричними і функціональними показниками. Ми досліджували зв'язок діелектричних показників за висотою і діаметром дерев (табл. 3).

**Табл. 3. Коефіцієнти кореляції між біометричними і діелектричними показниками дерев різних видів у деревостанах**

№ пр. пл.	Деревний вид	Показники			
		діаметр		висота	
		імпеданс	поляризаційна ємність	імпеданс	поляризаційна ємність
6	Мдг	-0,726	0,686	-0,371	0,305
	Яле	-0,630	0,349	-0,514	0,177
13	Мде	-0,596	0,424	-0,554	0,378
15	Мде	-0,175	0,211	-0,054	0,049
	Сз	-0,682	0,696	-0,561	0,494
14	Мде	-0,519	0,631	-0,641	0,647
	Сз	-0,667	0,671	-0,239	0,200
17	Мде	-0,775	0,702	-0,699	0,609
10	Мде	-0,412	0,683	-0,102	-0,007
2	Мде	-0,410	0,264	-0,153	-0,001
	Мде	-0,358	0,329	-0,619	0,673
7	Дз	-0,420	0,221	-0,537	0,281
	Мде	-0,756	0,751	-0,617	0,612
8	Дз	-0,458	0,369	-0,521	0,602
	Мде	-0,338	-0,238	-0,678	0,822
1	Дз	-0,765	0,746	-0,455	0,663
	Мде	-0,794	0,594	-0,763	0,608
9	Яле	-0,377	-0,136	-0,672	0,094
	Мде	-0,243	0,340	-0,220	0,230
16	Дз	-0,942	0,931	-0,788	0,578
	Мде	-0,640	0,550	-0,588	0,507
3	Дз	-0,552	0,500	-0,351	0,339

З табл. 3 видно, що кореляційний зв'язок між біометричними і діелектричними показниками дерев різних видів у деревостанах проявляється по-різному. Встановлено, що коефіцієнт кореляції між діаметром і висотою дерев та імпедансом є оберненим, а з поляризаційною ємністю – прямим. Його значення змінюється від слабкого до високого і залежить від диференціації дерев в деревостанах. Зазвичай, зі збільшенням повноти деревостанів, значення коефіцієнта кореляції зростає.

На його величину впливає також санітарний стан дерев. Необхідно відзначити, що більш висока тіснота зв'язку діелектричних показників дерев проявляється з діаметром, аніж з висотою.

#### Висновки:

1. Встановлено зниження інтенсивності життєвих процесів у модрини й інших деревних видів зі зменшенням трофності ґрунтів. У модрини молодняків, які ростуть у суборах і в перехідних до борів умовах, порівняно з грудями, величина імпедансу зростає істотно на 10,8–35,5 %, а поляризаційна ємність знизилась на 10,7–31,0 %.
2. У липні-серпні показники імпедансу в модрини різного віку змінюються в межах 7,3–16,3 кОм, а поляризаційної ємності – 1,25–2,51 нФ. У дуба вони, відповідно, становлять 7,1–14,7 кОм і 1,25–2,10 нФ. Найкращі умови для їх росту і функціонування складаються в мішаних деревостанах, де частка модрини становить 3–6, а дуба – 1–2 одиниці. Найбільшими антагоністами для модрини є дуб червоний і ясен звичайний. За їх частки у складі середньовікових деревостанів 3 і більше одиниць у модрини встановлено найвищі показники імпедансу і найнижчі поляризаційної ємності. У стиглих і перестійних деревостанах із часткою модрини 6–8 та дуба червоного і ясена 1–3 одиниці, модрина і дуб звичайний проявляють високий життєвий потенціал.

#### Перелік використаних джерел

- Dubrovynskyi, H. V. (1973). *Istorychna dovidka. Surazka lisova dacha*. Lviv: Kameniar, pp. 9–10. [In Ukrainian].
- Humeniuk, I. R., Zaika, V. K., & Bondarenko, V. D. (2012). Stan hraba zvychnoho v lisostanakh zapovidnyka "Medobory". (Part 1). *Naukovyi visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannya Ukrainy: Seriya "Lisivnytstvo ta dekoratyvne sadivnytstvo"*, 17(1), 57–60. [In Ukrainian].
- Humeniuk, I. R., Zaika, V. K., Bondarenko, V. D., & Nepochatenko O. O. (Ed.). (2014). Dielektrychni pokaznyky hraba i duba v hrabovo-dubovykh derevostanakh Zakhidnoho Podillia. *Perspektyvy rozvytku lisovoho ta sadovo-parkovoho hospodarstva: Materialy Mizhnarodnoyi naukoyi konferentsiyi*, (pp. 108–110). Uman. [In Ukrainian].
- Krynytskyi, H. T. (1992). Pro metodyku vykorystannya elektrofiziologichnykh pokaznykiv dlia vyznachennia zhyttiezdatnosti derevnykh roslyn. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry*, 23, 3–10. [In Ukrainian].
- Krynytskyi, H. T. (1993). Morfofiziologichni osnovy selektsii derevnykh porid. *Abstract of Doctoral Dissertation for Biology Sciences* (06.03.01 – Forest Crops and Phytomelioration, 03.00.12 – Plant physiology). Kyiv, 46 p. [In Ukrainian].
- Krynytskyi, H. T., & Zaika, V. K. (1995). Vplyv osoblyvostei formuvannya molodykh pivsibsovykh nasadzen sosny zvychnoi na bioelektrychnu aktyvnist derev. *Pryrodnychi doslidzhennia na Roztochchi*, 4, 153–160. [In Ukrainian].
- 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.
- Mac Dougall, R., Thompson, R. G., & Harald, Piene. (1987). Stem electrical capacitance and resistance measurements as related to total foliar biomass of balsam fir trees. *Can. J. Forest Res*, 17(9), 1070–1074.
- Maltcev, G. A. (1987). Otsenka zhiznesposobnosti sosny elektrofiziologicheskim i vizualnym metodom. *Materialy X nauchnoi konferentsiyi aspirantov i nauchnykh sotrudnikov VNIИ lesovod. i mekhaniz. lesnogo khoziaistva*, (pp. 195–198). Pushkino, April, 1. Moscow. [In Russian].
- Zaika, V. K., & Kerimov, E. I., & Ivanytskyi, R. S. (2016). Poshyrennia ta rist modryny yevropeiskoi v umovakh Kremenetskoho horbohiria. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 14, 45–51. [In Ukrainian].

Zaika, V. K., Krynytskyi, H. T., & Ivanytskyi, R. S. (2013). Pryrodne zalisennia ta lisivnycho-ekolohichni i morfofiziolohichni osoblyvosti formuvannia lisostaniv na pokynutykh silskohospodarskykh zemliakh Pivnichno-zakhidnoho Podillia. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 11, 41–50. [In Ukrainian].

Zvarych, Yu. V. (2005). Vplyv prostorovoi struktury derevostaniv na zhyttievist derev sosny zvychnoi. *Naukovi osnovy pidvyshchennia produktyvnosti ta biolohichnoi stiikosti lisovykh ta urbanizovanykh ekosystem: Materialy LV Mizhnarodnoi naukovykh konferentsiyi profesorsko-vykladatskoho skladu, naukovykh pratsivnykiv, doktorantiv ta aspirantiv LHF NLTU Ukrainy*, (pp. 31–33), May 19–20, Lviv. [In Ukrainian].

**Э. И. Керимов<sup>1</sup>, В. К. Заика<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Кременецкий лесотехнический колледж, с. Белокриница, Украина  
<sup>2</sup> Национальный лесотехнический университет Украины, г. Львов, Украина

## ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДРЕВЕСНЫХ ВИДОВ В ДРЕВОСТОЯХ С УЧАСТИЕМ ЛИСТВЕННОЙ ЕВРОПЕЙСКОЙ

Исследованы диэлектрические показатели прикамбиальных тканей луба древесных видов в древостоях лиственницы европейской, растущих в различных типах лесорастительных условий Кременецкого холмогорья. Возраст древостоев составляет 12–109 лет. Установлено снижение интенсивности процессов жизнедеятельности у лиственницы и других древесных видов с уменьшением трофности почв. У лиственницы молодняков, которые растут в суборах и в переходных к борам условиям по сравнению с горами показатели импеданса существенно увеличились на 10,8–35,5 %, а поляризионной емкости снизились на 10,7–31,0 %. В июле-августе показатели импеданса у лиственницы разного возраста составляют 7,3–16,3 кОм, а поляризионной емкости – 1,25–2,51 нФ. У дуба черешчатого эти показатели, соответственно, составляют 7,1–14,7 кОм и 1,25–2,10 нФ. В преобладающем количестве древостоев лиственница и дуб черешчатый характеризуются высоким жизненным потенциалом. Наилучшие условия для их роста и функционирования слаживаются в смешанных древостоях, где участие лиственницы составляет 3–6, а дуба черешчатого – 1–2 единицы. Наибольшими антагонистами для лиственницы являются дуб красный и ясень обыкновенный. При их участии в составе средневозрастных древостоев три и более единиц у лиственницы установлено наиболее высокие показатели импеданса и наименьшие – поляризионной емкости. У спелых и перестойных древостоев с участием лиственницы 6–8 и дуба красного и ясеня 1–3 единицы лиственница и дуб черешчатый проявляют высокий жизненный потенциал.

**Ключевые слова:** диэлектрические показатели; лиственница европейская; Кременецкое холмогорье; жизнедеятельность растений.

**E. I. Kerimov<sup>1</sup>, V. K. Zaika<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Kremenetskiy Forestry College, Bilokrynytsya, Ukraine  
<sup>2</sup> Ukrainian National Forestry University, Lviv, Ukraine

## DIELECTRIC PROPERTIES OF TREE SPECIES IN STANDS CONTAINING EUROPEAN LARCH

The dielectric indices of the cambial tissues of the forest tree species in larch stands growing in different forest conditions of the Kremenets Hillfort, are investigated. Age of trees ranges from 12 to 109 years. The decrease of the intensity of vital processes in larch and other wood species with decreasing edaphic conditions was found. The value of impedance in the young larch trees, which grow at relatively poor edaphic region and in the trees, which grow at poor edaphic conditions, has increased significantly by 10.8–35.5 %, comparing to young larch growing on rich soils. At the same time, the polarization capacity of those trees decreased by 10.7–31.0 %. The reduction of the intensity of vital processes in pine in relation to larch towards increasing edaphic conditions was also revealed. In transient to boreal forest conditions, the value of the pine impedance was 10.2–11.1 kilohm, and in the larch it was 12.3–12.6 kilohm. In the regions with poor edaphic conditions, the value of impedance in pine trees increased to 13.8 kilohm, and larch decreased to 10.3–11.9 kilohm. In July-August, the values of impedance in larch of different ages range from 7.3 to 16.3 kilohm, while the polarization capacity is 1.25–2.51 pF. In oak those values are 7.1–14.7 kilohm and 1.25–2.10 pF respectively. In the vast majority of stands, larch and oak are characterized by high living potential. The best conditions for their growth and functioning are in mixed forest stands, where the larch share is from 3 to 6, and oak not more than 2 units. The significant increase in the impedance and decrease in polarization capacity was observed in tree stands, where the oak was represented by single trees and does not exceed 10 %. The biggest antagonists for larch are red oak and common ash. If their share in the composition of medieval tree stands was 3 or more units, larch would have the highest impedance and the lowest polarization capacity. The trees in mature and primeval forests with a share of larch 6–8 trees and share of red oak with common ash were about 1–3 units show high living potential. To conclude, the correlation coefficient between the diameter and height of trees and the impedance is inverse and with the polarization capacity, it was direct. Its value ranges from low to high and depends on the trees' differentiation in tree stands. With the increase in the completeness of tree stands, the value of the correlation coefficient usually increases.

**Keywords:** dielectric indices; European larch; Kremenets Hillfort; plant vitality.