



<http://fasu.nltu.edu.ua>
<https://doi.org/10.36930/412602>
Article received 2025.11.12
Article revised 2026.03.03
Article accepted 2026.04.16
Article published 2026.05.22

ISSN 1991-606X print
ISSN 2616-5015 online
@ ✉ Correspondence author
Volodymyr Zaika
volodymyr.zaika@cnu.edu.ua
57 Shevchenka, St.,
Ivano-Frankivsk, 76018, Ukraine

This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 (CC BY 4.0) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)



УДК 630*181:581.1:537.84

Особливості біоелектричної активності дерев різних видів в умовах дії магнітного поля Землі

В.К. Заїка¹, Г.Т. Криницький², І.І. Делеган³, Т.П. Сумарук⁴, П.П., Придка⁵,
С.В. Тимошук⁶, М.М. Дубченко⁷, Ю.І. Черневий⁸, М.С. Кобринович⁹

Наведено результати досліджень, проведених вперше в Україні (лісорослинний район – Українське Розточчя) щодо зв'язку між динамікою біоелектричних потенціалів (БЕП) дерев та зміною магнітного поля Землі (МПЗ). Встановлено тісний зв'язок між цими параметрами. Оскільки

¹ Заїка Володимир Костянтинович – академік Лісівничої академії наук України, доктор біологічних наук, професор кафедри лісового і аграрного менеджменту. Карпатський національний університет ім. Василя Стефаника, вул. Шевченка, 57, м. Івано-Франківськ, 76018, Україна. E-mail: volodymyr.zaika@cnu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-6641-8847>

² Криницький Григорій Томкович – академік Лісівничої академії наук України, Президент ЛАН України, доктор біологічних наук, професор, Заслужений діяч науки і техніки, професор кафедри лісівництва. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. E-mail: krynysk@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7020-9991>

³ Делеган Іван Іванович – член-кореспондент Лісівничої академії наук України, кандидат сільськогосподарських наук, доцент, завідувач кафедри лісівництва. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. E-mail: i.delegan@nltu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4730-0193>

⁴ Сумарук Тарас Петрович – кандидат фізико-математичних наук, старший науковий співробітник. Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, пр. Палладіна, 32, м. Київ, 03680, Україна. E-mail: taras.sumaruk@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-0559-3857>

⁵ Придка Петро Павлович – інженер лісових культур, Страдцівський навчально-виробничий лісокомбінат. Національний лісотехнічний університет України, вул. Міцкевича, 15, с. Івано-Франкове, 81070, Україна. E-mail: prudkapetro@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-2709-9520>

⁶ Тимошук Світлана Василівна – кандидат хімічних наук, доцент кафедри безпеки життєдіяльності. Львівський національний університет імені Івана Франка вул. Дорошенка, 41/98, м. Львів, 79000, Україна, E-mail: svitlana.tymoshuk@lnu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3124-0328>

⁷ Дубченко Марко Михайлович – студент, Міжнародна бакалаврат-програма PIPL (IB DP), вул. Наукова 5а, Львів, 79000, Україна. E-mail: marko.dubchenko@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-8524-3603>

⁸ Черневий Юрій Іванович – академік Лісівничої академії наук України, доктор біологічних наук, професор кафедри лісового та аграрного менеджменту. Карпатський національний університет ім. Василя Стефаника, вул. Шевченка, 57, м. Івано-Франківськ, 76018, Україна. E-mail: yurii.chernevyi@cnu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1180-1677>

⁹ Кобринович Михайло Степанович – кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри комп'ютерної інженерії, математики і фізики. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 105, м. Львів, 79057, Україна. E-mail: m.kobrynovych@nltu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-5922-7369>

біоелектричні потенціали характеризують інтенсивність перебігу фізіолого-біологічних процесів рослин, а МПЗ є індикатором процесів як у космічному просторі, так і всередині Землі, зроблено спробу пояснити механізми впливу сонячної та геомагнітної активності на стан деревних рослин.

Реакцію процесів життєдіяльності дерев різних видів на зміни показників БЕП досліджували за показниками коефіцієнтів кореляції Пірсона між добовою динамікою складових геомагнітного поля Землі і біоелектричних потенціалів. Коефіцієнти кореляції змінювались в межах ($r = 0,4-0,9$), що демонструє тісну або дуже тісну кореляцію.

Сонячна та геомагнітна активність безпосередньо впливає на перебіг біологічних процесів у рослинних організмах. У світловий період доби в асиміляційно-дисиміляційному балансі рослин переважають процеси асиміляції, які зумовлені фотосинтетичною активністю. В цей період максимальний вплив на БЕП має хвильове (інфрачервоне та ультрафіолетове) випромінювання Сонця, (струми в іоносфері Землі). За відсутності світла у метаболізмі рослин домінують окисно-відновні процеси. В цей період максимальний вплив на БЕП має корпускулярне випромінювання Сонця та струми, індуковані всередині Землі. Оскільки окисно-відновні процеси мають електричну природу, то струми, що індукуються в деревині внаслідок змін МПЗ, мають прямий вплив на метаболізм рослин.

Впливаючи на проходження окисно-відновних реакцій на фітопроцеси у рослин, геомагнітна та сонячна активність модулює їхнє протікання. Періодичний характер змін сонячної та геомагнітної активності відкриває можливості для прогнозування росту, захворюваності та плодоношення рослин.

Ключові слова: біоелектричні потенціали; деревні види; геомагнітна активність; сонячна активність; векторна магнітна індукція; північна компонента магнітного поля.

Вступ (Introduction).

Здатність відчувати зміни у навколишньому середовищі та реагувати на них є фундаментальною рисою всіх живих організмів. Для наземних рослин ця властивість є особливо важливою, оскільки вони змушені ефективно опрацьовувати всі зовнішні чинники, не маючи можливості впливати на них. Серед усього розмаїття флори саме деревні рослини є найбільш показовими об'єктами дослідження, адже, попри свої значні розміри та складну структуру, вони чутливо реагують на виклики довкілля.

На процеси життєдіяльності деревних рослин впливає комплекс екологічних чинників, дія яких на ріст і функціонування організмів ґрунтовно висвітлена в сучасній науковій літературі. Зокрема, світло відіграє роль ключового регулятора фотосинтезу, фотоперіодизму та морфогенезу (Taiz et al., 2015). Водний режим, що характеризується дефіцитом або надлишком вологи, безпосередньо змінює доступність мінеральних елементів у ґрунті та визначає ефективність роботи кореневих систем (Fotelli et al., 2010). Температурний чинник відіграє вирішальну роль у швидкості біохімічних процесів, впливаючи на динаміку росту, інтенсивність фотосинтезу та загальну стійкість дерев до глобальних кліматичних змін (Hossain et al., 2024). Важливе значення має і мінеральне живлення, де баланс азоту, фосфору, калію та мікроелементів безпосередньо визначають рівень життєдіяльності та продуктивності деревних насаджень (Scartazza et al., 2025).

Рослинний світ сформував складні сигнальні механізми, що забезпечують регуляцію фізіологічних процесів у відповідь на зміни довкілля. Одним із таких механізмів є електричні сигнали, які слугують універсальним засобом швидкої передачі інформації (Lautner et al., 2005; Zimmermann et al., 2009). Дослідження біоелектричної активності певних органів чи систем органів у людей і тварин дає можливість оцінювати загальний стан організму, робити висновки щодо подальшої дії, зокрема визначати напрям лікування. Натомість у рослинному світі подібні дослідження біоелектричної активності перебувають лише на початковому етапі, тому проведення певних аналогій спроможне надати цінну інформацію про їхній фізіологічний стан.

Біоелектричний потенціал рослинних клітин – це різниця зарядів між внутрішнім і зовнішнім середовищем клітини, зумовлена нерівномірним розподілом іонів. Ця різниця виявляється у вигляді слабких електричних струмів (спокою та дії), які тісно пов'язані з метаболізмом, відображають життєвий стан рослини та є показником важливих для її фізіології процесів збудження. Величина біоелектричних потенціалів зазвичай невелика та не перевищує 0,05-0,10 В.

У літературі описано різні типи електричних сигналів у рослин, серед яких швидкі сигнали (action potentials, AP), повільні сигнали (variation potentials, VP), а також третій тип сигналу, який називають системним (system potentials, SP) чи електричним потенціалом (electric potentials, EP). AP – це електрична хвиля, яка передається

вздовж клітинної мембрани (Zimmermann et al., 2009, Gallé et al., 2013), характеризується реакцією «все або нічого», тобто коли зовнішній стимул досягає певного порогу, що призводить до деполяризації клітинної мембрани; додаткове збільшення інтенсивності стимулу не змінює його амплітуду та інтенсивність (Fromm & Lautner, 2007). Таким чином, АР дає можливість клітинам, тканинам та органам передавати електричні сигнали на короткі і довгі відстані у рослині (Volkov & Brown, 2006). Механізм АР полягає в обміні іонами Ca^{2+} , K^{+} та Cl^{-} між, поза-та внутрішньоклітинним простором, через клітинні мембрани. ВР характеризується змінним діапазоном деполяризації мембран та уповільненою реполяризацією, що зменшується за амплітудою та швидкістю з відстанню (Fromm & Lautner, 2007). Зазначено, що обидва типи електричних сигналів зумовлюють низку різних реакцій у рослин. Наприклад, АР беруть участь у рухах листя після механічної стимуляції та стимуляції дихання після запилення (Fromm et al., 1995). Також існує твердження, що ВР відіграють переважаючу роль у реакції на пошкодження (Grams et al., 2009). Однак вплив електричних сигналів, зумовлених впливом магнітного поля Землі на фізіологічні функції рослин, досі вивчений недостатньо.

Описані підходи до вивчення електричної сигналізації охоплюють внутрішньоклітинні та позаклітинні вимірювання. Внутрішньоклітинні вимірювання можуть безпосередньо фіксувати значення потенціалу мембрани окремої клітини, тоді як позаклітинні вимірювання виявляють загальну просторово-часову суму процесу деполяризації-реполяризації у великій групі клітин (Plik et al., 2010; Zhao et al., 2013).

Водночас не варто ігнорувати інші чинники біосфери, вплив яких на живі організми залишається недостатньо вивченим. До таких чинників належить, зокрема, магнітне поле Землі (МПЗ), стан якого значною мірою визначається процесами в сонячній і галактичній системах, а також внутрішньоземними явищами.

Актуальність проблеми полягає в тому, що попри фундаментальну роль магнітного поля Землі як еволюційного чинника, його безпосередній вплив на функціонування живих систем і молекулярно-клітинні механізми адаптації досі залишається однією із найменш вивчених областей сучасної біофізики та екології. Постійні зміни геомагнітного поля, зумовлені сонячною активністю та внутрішньоземними процесами, створюють динамічне стресове середовище для біоти, що потребує глибокого дослідження для прогнозування біосферних змін та оцінювання екологічних ризиків. Розуміння цих закономір-

ностей є критично важливим для розкриття механізмів магніторецепції організмів та їхньої життєдіяльності в умовах глобальних космічних і геофізичних трансформацій.

Мета дослідження – оцінити ступінь впливу геомагнітного поля Землі на інтенсивність та добову динаміку процесів життєдіяльності різних деревних видів.

Об'єкти і методи дослідження (Objects and methods).

Об'єкт дослідження – біоелектричні потенціали різних деревних видів. *Предмет дослідження* – біоелектрична реакція дерев різних видів на коливання магнітного поля Землі.

Серед основних механізмів цієї взаємодії виділяють радикал-парний механізм, який зумовлює зміну спінового стану радикальних пар під впливом геомагнітного поля (Erdmann et al., 2021; Hart, 2024). Важливу роль відіграє також водна динаміка, що проявляється у змінах мікроструктури води в тканинах дерев за гіпогеомагнітних умов (Fabricant et al., 2024). Крім того, значний вплив магнітних варіацій простежується у функціонуванні іонних каналів: геомагнітне поле здатне регулювати їхнє відкривання та закривання, змінювати провідність і трансформувати електричні властивості клітинних мембран (Blatt, 2024; Saletnik et al., 2024). Ці та інші чинники формують складну систему біофізичної взаємодії організму з магнітним полем.

Показниками, що відображають інтенсивність та особливості проходження фізіолого-біохімічних процесів у денному, сезонному та онтогенетичному аспектах і характеризують загальний стан рослин є біоелектричні потенціали (Криницький, 1993). Результати останніх досліджень у цьому напрямі (Sumaruk, et al., 2024; Zaika et al., 2025) вказують на можливу взаємодію між варіаціями геомагнітного поля та біоелектричними властивостями дерев.

Для дослідження підібрано модельні дерева сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.), сосни кедрової корейської (*Pinus koraiensis* Siebold & Zucc), сосни кедрової європейської (*Pinus cembra* L.), бука лісового (*Fagus sylvatica* L.), дуба звичайного (*Quercus robur* L) та клена-явора (*Acer pseudoplatanus* L). Біоелектричні потенціали модельних дерев досліджували відносно землі на рівні кореневої шийки та на висотах стовбура 2,2-2,4 і 4,4 м, а також різницю потенціалів між кореневою шийкою і точкою на відповідній висоті стовбура за допомогою високоточного вольтметра та неполяризаційних хлорсрібних електродів. Реакцію процесів життєдіяльності дерев різних видів на зміни показників БЕП вивчали за показниками коефі-

цієнтів кореляції Пірсона між добовою динамікою складових геомагнітного поля Землі і біоелектричними потенціалами.

Результати (Research results).

Упродовж 23.06-11.07 2024 р. на базі геомагнітної обсерваторії «Львів» досліджено

добову динаміку трьох складових вектора магнітної індукції (B) магнітного поля Землі: північної (LVV_X), східної (LVV_Y) та вертикальної (LVV_Z) компонент, а також відповідні зміни біоелектричних потенціалів (БЕП) дерев у межах Українського Розточчя (табл. 1).

Таблиця 1. Ідентифікація об'єкту «Геомагнітна обсерваторія «Львів» ІГФ НАН України»
Table 1. Identification of the object «Lviv Geomagnetic Observatory of the Institute of Geophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine»

IAGACode	Name	Geomag.lat. [deg]	Geomag.long. [deg]	Geogr.lat. [deg]	Geogr. long. [deg]
LVV	L'viv	47,84	106,8	49,900	23,750

Встановлено, що амплітуда мінливості показників ($A_{\max} - A_{\min}$) у добовій динаміці компонент МПЗ впродовж періоду дослідження становила: для східної компоненти – 13-67, для північної – 32-93, для вертикальної – 10-61 нТл.

БЕП достатньо чутливо реагують на коливання зовнішніх чинників та є інтегральними показниками, які відображають зміни процесів життєдіяльності у рослин. Результати дослідження впливу векторів магнітного поля Землі на біоелектричну активність дерев наведено в табл. 2, 3, 4.

Зміна північної компоненти (LVV_X) вектора магнітної індукції (B) МПЗ (зовнішніх джерел магнітного поля Землі) у різних деревних видів по-різному впливають на показники біоелектричних потенціалів. Так, у сосни звичайної вста-

новлено дуже високий кореляційний зв'язок ($r = -0,915$ при $d = 84\%$ та $t_{\phi} = 127,94$) між денною динамікою показників LVV_X і РП_{2,4-КШ} (див. табл. 2). Висока залежність різниці БЕП від показників LVV_X встановлена також у дерев сосни кедрової європейської ($r = 0,720$ при $d = 52\%$ та $t_{\phi} = 36,15$) і дуба звичайного ($r = 0,725$ при $d = 53\%$ та $t_{\phi} = 46,31$) та кореневої шийки у бука лісового ($r = 0,781$ при $d = 61\%$ та $t_{\phi} = 48,48$) і клена-явора ($r = 0,743$ при $d = 55\%$ та $t_{\phi} = 40,08$). На відміну від дуба звичайного і сосни кедрової європейської, у сосни звичайної зв'язок показників LVV_X і РП_{2,2-КШ} є зворотнім. Вірогідно цей аспект пов'язаний з видовими особливостями реакції процесів метаболізму на дію факторів, спричинених змінами зовнішніх джерел МПЗ.

Таблиця 2. Кореляційний зв'язок денної динаміки біоелектричних потенціалів деревних видів і горизонтальної компоненти зовнішніх джерел магнітного поля Землі (LVV_X)
Table. 2. Correlation between the diurnal dynamics of bioelectrical potentials of woody species and the horizontal component of external sources of the Earth's magnetic field (LVV_X)

Деревний вид	Дата	Точка відведення БЕП на стовбурі дерева, м	Кількість спостережень	Коефіцієнт кореляції Пірсона			Розмах мінливості показників LVV_X ($X_{\max} - X_{\min}$)
				$r \pm m_r$	t_{ϕ}	$d, \%$	
Сосна звичайна	23.06.2024	2,4	357	$-0,630 \pm 0,032$	19,74	40	50
	26.06.2024	РП _{2,4-КШ}	517	$-0,915 \pm 0,007$	127,94	84	67
	25-26.06.2024	РП _{4,4-КШ}	733	$-0,628 \pm 0,022$	28,10	39	32
Сосна кедрова європейська	14.07.2024	РП _{2,4-КШ}	834	$-0,412 \pm 0,029$	14,32	17	18
	15.07.2024	КШ	939	$0,581 \pm 0,022$	26,92	34	47
Сосна кедрова корейська	21.07.2024	КШ	964	$0,225 \pm 0,031$	7,35	5	41
	22.07.2024	2,4	1000	$-0,489 \pm 0,024$	20,30	24	62
	23.07.2024	РП _{2,4-КШ}	586	$0,720 \pm 0,020$	36,15	52	25
	26.07.2024	РП _{2,4-КШ}	798	$0,242 \pm 0,033$	7,27	6	111
Бук лісовий	11.07.2024	КШ	587	$0,781 \pm 0,016$	48,48	61	39
	10.07.2024	2,4	610	$-0,166 \pm 0,039$	4,22	3	24
	11.07.2024	2,4	752	$0,476 \pm 0,028$	16,89	23	20

Продовження таблиці 2

Дуб звичайний	03.07.2024	КШ	561	-0,266±0,039	6,79	7	35
	04.07.2024	КШ	856	-0,187±0,033	5,68	4	20
	04.07.2024	2,4	607	-0,209±0,03,9	5,40	4	48
	06-07.07.2024	РП _{2,2-КШ}	917	0,725±0,016	46,31	53	47
	06-07.07.2024	РП _{2,2-КШ}	768	-0,241±0,034	7,10	6	13
Клен-явір	07.07.2024	2,4	880	-0,161±0,033	4,91	3	28
	07.07.2024	РП _{2,4-КШ}	490	0,520±0,033	15,77	27	39
	08.07.2024	РП _{2,4-КШ}	864	0,418±0,028	14,90	17	32
	08.07.2024	КШ	810	-0,277±0,032	8,55	8	49
	09.07.2024	КШ	582	0,743±0,018	40,08	55	27

Примітки. БЕП – біоелектричні потенціали, РП різниця БЕП, t_{ϕ} – фактичне значення t-критерію Стьюдента, d – коефіцієнт детермінації (%), t_{05} – табличне значення t-критерію Стьюдента дорівнює 1,96.

Загалом найчутливіше на динаміку LVV_X реагують метаболічні процеси у дерев сосни звичайної, які характеризуються значною і дуже високою тісністю зв'язку. У дуба звичайного переважає слабкий кореляційний зв'язок між показниками LVV_X і БЕП, а в клена-явора – слабкий і помірний. Характер реакції метаболічних процесів де-

Таблиця 3. Кореляційний зв'язок денної динаміки біоелектричних потенціалів деревних видів і схилення магнітного поля кут між географічним і магнітним полюсами Землі (LVV_Y)
Table. 3. Correlation between the diurnal dynamics of bioelectrical potentials of woody species and magnetic field declination - the angle between the geographic and magnetic poles of the Earth (LVV_Y)

Деревний вид	Дата	Точка відведення БЕП на стовбурі дерева, м	Кількість спостережень	Коефіцієнт кореляції Пірсона			Розмах мінливості показників LVV_Y (Xmax- Xmin)
				$r \pm m_r$	t_{ϕ}	d, %	
Сосна звичайна	23.06.2024	2,4	357	-0,152±0,052	2,94	2	53
	26.06.2024	РП _{2,4-КШ}	517	-0,003±0,044	0,06	0	78
Сосна кедрова європейська	15.07.2024	КШ	939	-0,728±0,015	47,51	53	75
	14.07.2024	РП _{2,4-КШ}	834	0,613±0,022	28,32	38	42
Сосна кедрова корейська	21.07.2024	КШ	964	0,012±0,032	0,38	0	76
	22.07.2024	2,4	1000	0,934±0,004	230,16	87	46
	23.07.2024	РП _{2,4-КШ}	586	0,430±0,034	12,76	18	67
	26.07.2024	РП _{2,4-КШ}	798	0,671±0,019	34,52	45	93
Бук лісовий	11.07.2024	КШ	587	-0,648±0,024	27,05	42	76
	10.07.2024	2,4	610	-0,090±0,040	2,23	1	80
	11.07.2024	2,4	752	-0,792±0,014	58,38	63	33
Дуб звичайний	03.07.2024	КШ	561	0,204±0,040	5,04	4	71
	04.07.2024	КШ	856	0,370±0,030	12,54	14	53
	04.07.2024	2,4	607	0,785±0,016	50,32	62	80
	06-07.07.2024	РП _{2,2-КШ}	917	0,504±0,025	20,47	25	69
	06-07.07.2024	РП _{2,2-КШ}	768	0,162±0,035	4,62	3	40
Клен-явір	08.07.2024	КШ	810	0,393±0,030	13,23	15	58
	09.07.2024	КШ	582	-0,256±0,039	6,60	7	61
	07.07.2024	2,4	880	0,049±0,033	1,46	0	39
	07.07.2024	РП _{2,4-КШ}	490	0,013±0,045	0,29	0	89
	08.07.2024	РП _{2,4-КШ}	864	-0,822±0,011	74,42	68	32

Примітка. Позначення ті ж самі, що і в табл. 2

ревних видів на показники східної (LVV_Y) компоненти вектора магнітної індукції (B) МПЗ є іншим, ніж на динаміку змін показників LVV_X (див. табл. 4). Так, у сосни звичайної зв'язок добової динаміки біоелектричних потенціалів з динамікою змін LVV_Y виявився відсутнім або слабким. Високим або дуже високим кореляційним зв'язком між добовою динамікою

LVV_Y і БЕП кореневої шийки дерева характеризується сосна кедрова європейська ($r = -0,728$ при $d = 53\%$ та $t_{\phi} = 47,51$), а між добовою динамікою LVV_Y і БЕП_{2,4} – сосна кедрова корейська ($r = 0,934$ при $d = 87\%$ та $t_{\phi} = 230,16$), бук лісовий ($r = -0,792$ при $d = 63\%$ та $t_{\phi} = 58,38$) і дуб звичайний ($r = 0,785$ при $d = 62\%$ та $t_{\phi} = 50,32$). Загалом фізіологічний стан живих організмів та їхня реакція на вплив зовнішніх факторів має індивідуальний характер. Тому в окремих випадках відмінності у показниках в одного і того ж виду можуть відрізнятися. Джерелами східної (LVV_Y) компоненти вектора магнітної індукції (B) МПЗ є як зовнішні, так і внутрішні джерела магнітного поля Землі.

Ще однією складовою магнітного поля Землі, вплив якої досліджували на біоелектричну активність деревних видів, є вертикальна компонента (LVV_Z) вектора магнітної індукції (B) МПЗ. Джерелами вертикальної компоненти вектора магнітної індукції (B) МПЗ є внутрішні джерела магнітного поля Землі.

Встановлено дуже високий і високий кореляційний зв'язок між добовою динамікою

LVV_Z і РП_{2,4-КШ}, відповідно, у сосни звичайної ($r = -0,949$ при $d = 90\%$, та $t_{\phi} = 216,42$) і сосни кедрової корейської ($r = 0,867$ при $d = 75\%$ та $t_{\phi} = 84,60$) та дуба значного ($r = -0,629$ при $d = 40\%$ та $t_{\phi} = 31,52$) (див. табл. 4). Значний кореляційний зв'язок простежується також між добовою динамікою LVV_Z і БЕП на висоті стовбура 2,4 м у сосни кедрової європейської ($r = -0,573$ при $d = 33\%$ та $t_{\phi} = 26,97$), бука лісового та клена-явора ($r = 0,612...0,649$ при $d = 38...41\%$ та $t_{\phi} = 21,69...27,05$).

Особливості впливу магнітного поля Землі на біоелектричну активність деревних видів добре проявляються в добовій динаміці цих показників. У світловий період доби в асиміляційно-дисиміляційному балансі рослин переважають процеси асиміляції, які зумовлені фотосинтетичною активністю. З боку МПЗ в цей період максимальний вплив на БЕП має хвильове (інфрачервоне та ультрафіолетове) випромінювання Сонця, що породжує сонячно-добову варіацію (струми в іоносфері Землі) у динаміці МПЗ, виражене змінами LVV_X, LVV_Y.

Таблиця 4. Кореляційний зв'язок денної динаміки біоелектричних потенціалів деревних видів і внутрішніх джерел магнітного поля землі (LVV_Z)

Table. 4. Correlation between the diurnal dynamics of bioelectric potentials of woody species and the internal sources of the Earth's magnetic field (LVV_Z)

Деревний вид	Дата	Точка відведення БЕП на стовбурі дерева, м	Кількість спостережень	Коефіцієнт кореляції Пірсона			Розмах мінливості показників (LVV_Z) (Xmax - Xmin)
				$r \pm m_r$	t_{ϕ}	$d, \%$	
Сосна звичайна	23.06.2024	2,4	357	$-0,278 \pm 0,049$	5,68	8	42
	26.06.2024	РП _{2,4-КШ}	517	$-0,949 \pm 0,004$	216,42	90	30
	21.07.2024	КШ	964	$0,188 \pm 0,031$	6,04	4	17
Сосна кедрова корейська	22.07.2024	2,4	1000	$-0,573 \pm 0,021$	26,97	33	22
	23.07.2024	РП _{2,4-КШ}	586	$0,867 \pm 0,010$	84,60	75	38
	26.07.2024	РП _{2,4-КШ}	798	$-0,164 \pm 0,034$	4,76	3	61
	11.07.2024	КШ	587	$-0,163 \pm 0,040$	4,06	3	27
Бук лісовий	10.07.2024	2,4	610	$0,643 \pm 0,024$	27,05	41	44
	11.07.2024	2,4	752	$-0,321 \pm 0,033$	9,80	10	15
	03.07.2024	КШ	561	$-0,032 \pm 0,042$	0,76	0	33
	04.07.2024	КШ	856	$-0,074 \pm 0,034$	2,19	0	15
Дуб звичайний	04.07.2024	2,4	607	$0,295 \pm 0,037$	7,96	9	42
	06-07.07.2024	РП _{2,2-КШ}	917	$-0,629 \pm 0,020$	31,52	40	20
	06-07.07.2024	РП _{2,2-КШ}	768	$-0,101 \pm 0,036$	2,83	1	15
	08.07.2024	КШ	810	$0,064 \pm 0,035$	1,83	0	17
Клен-явір	09.07.2024	КШ	582	$-0,038 \pm 0,041$	0,93	0	22
	07.07.2024	2,4	880	$-0,049 \pm 0,034$	1,45	0	22
	07.07.2024	РП _{2,4-КШ}	490	$0,612 \pm 0,028$	21,69	38	28
	08.07.2024	РП _{2,4-КШ}	864	$0,642 \pm 0,020$	32,16	41	10

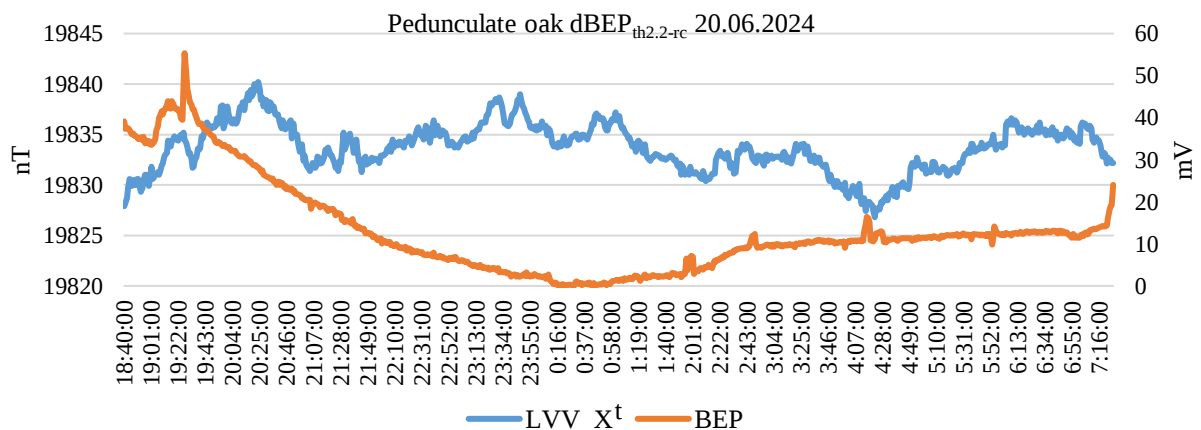
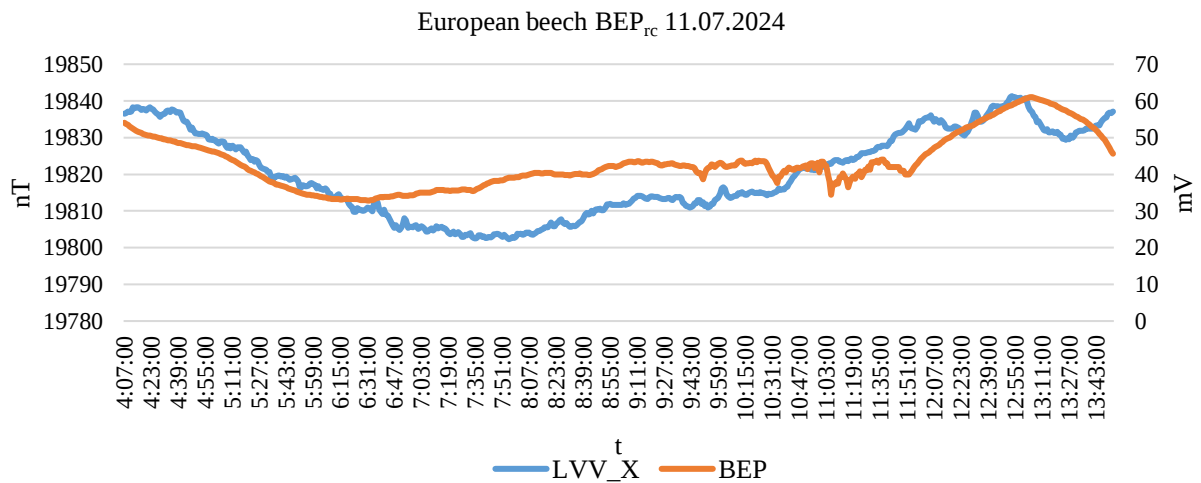
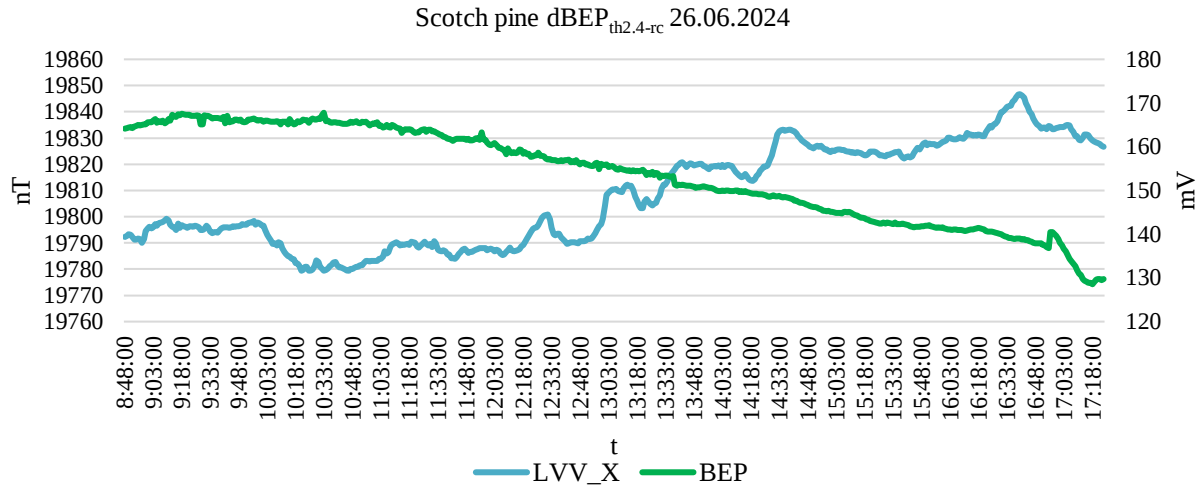
Примітка. Позначення ті ж, що і в табл. 2

За відсутності світла у метаболізмі рослин домінують окисно-відновні процеси. Такі особливості у добовій динаміці метаболізму рослин безпосередньо впливають на їхню біоелектричну активність. У цей період максимальний вплив має корпускулярне випромінювання Сонця та струми, індуковані всередині Землі. У динаміці МПЗ виражене змінами LVV_X та LVV_Z .

На рис. 1, 2 і 3 представлено графічне зображення добової динаміки складових частин

вектора магнітної індукції (B) магнітного поля Землі і біоелектричних потенціалів дерев, між якими встановлено високу і дуже високу кореляційну залежність.

У сосни звичайної спостерігається зниження різниці біоелектричних потенціалів, а у сосни кедрової корейської встановлено їхнє зростання впродовж дня за збільшення LVV_X (див. рис. 1).



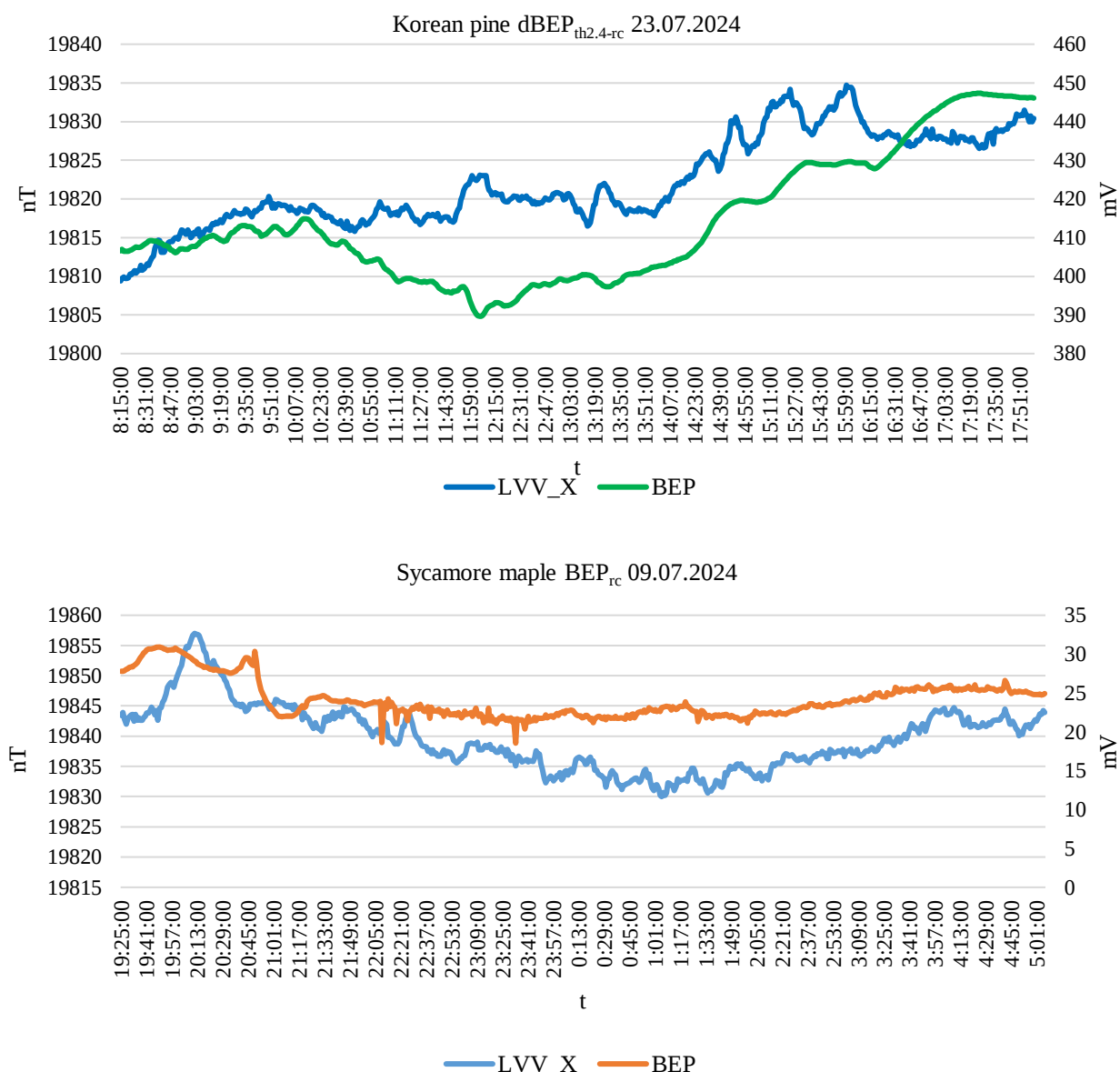


Рис. 1. Добова динаміка горизонтальної компоненти зовнішніх джерел магнітного поля Землі (LVV_X) і різниці БЕП у дерев різних деревних видів: БЕП_{кш} – біоелектричні потенціали кореневої шийки дерева; БЕП_{2,4} – біоелектричні потенціали на висоті дерева 2,4 м; РП_{2,2-кш} – різниця біоелектричних потенціалів дерева між точками 2,2 м і КШ

Fig. 1. Daily dynamics of the horizontal component of external sources of the Earth's magnetic field (LVV_X) and BEP in trees of different tree species: dBEP_{th2.2-rc} – difference in bioelectric potentials of the tree between points 2.2 m and 0 m; dBEP_{th2.4-rc} – difference in bioelectric potentials of the tree between points 2.4 m and 0 m; BEP_{rc} – bioelectric potentials of the tree at point 0 m

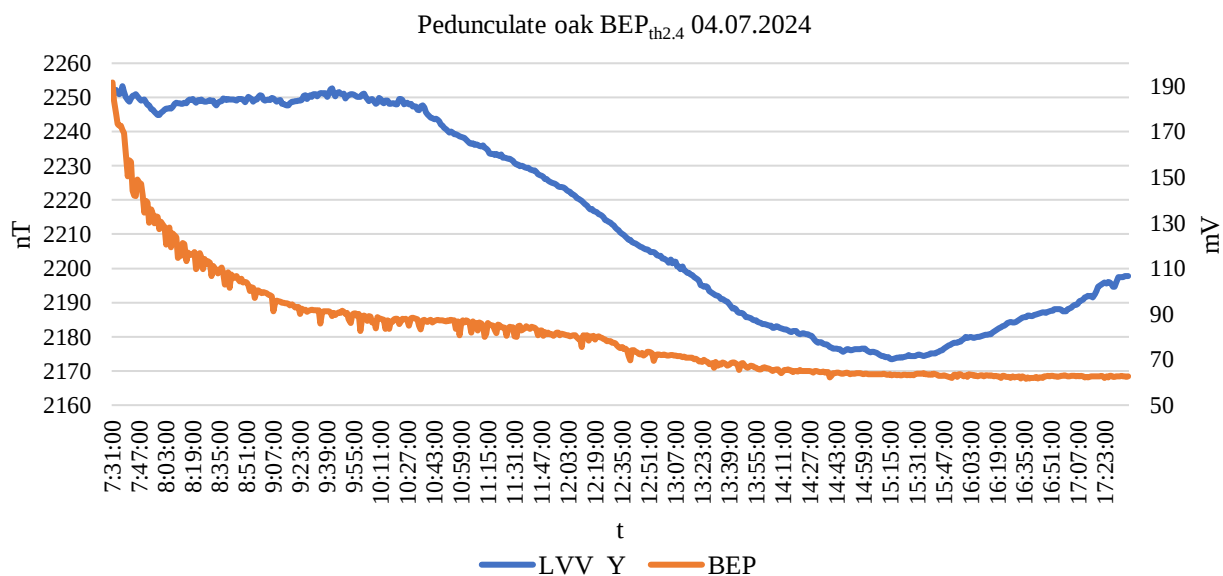
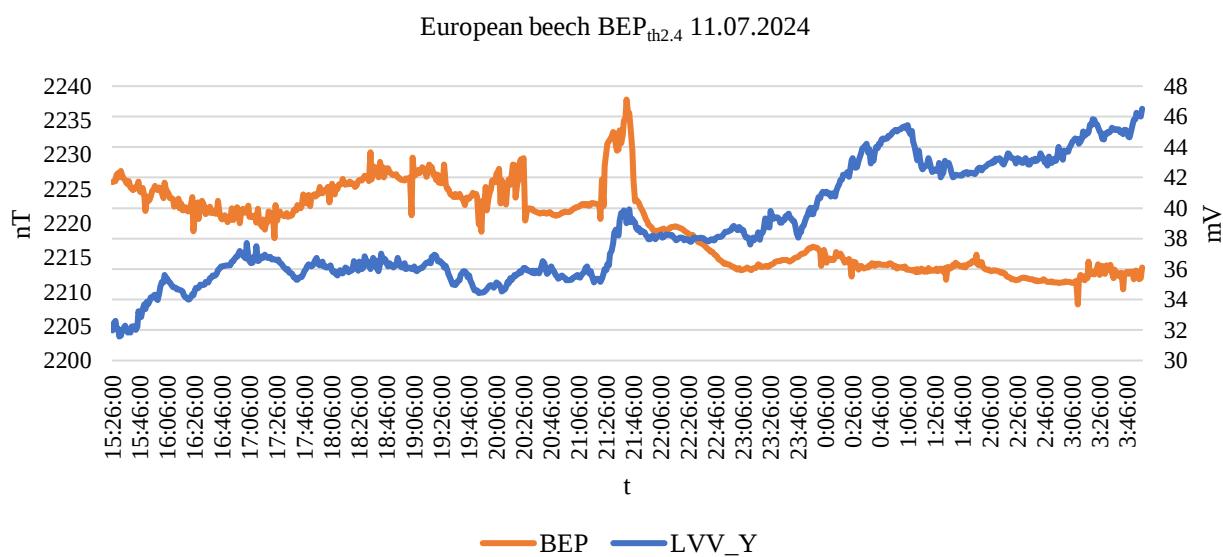
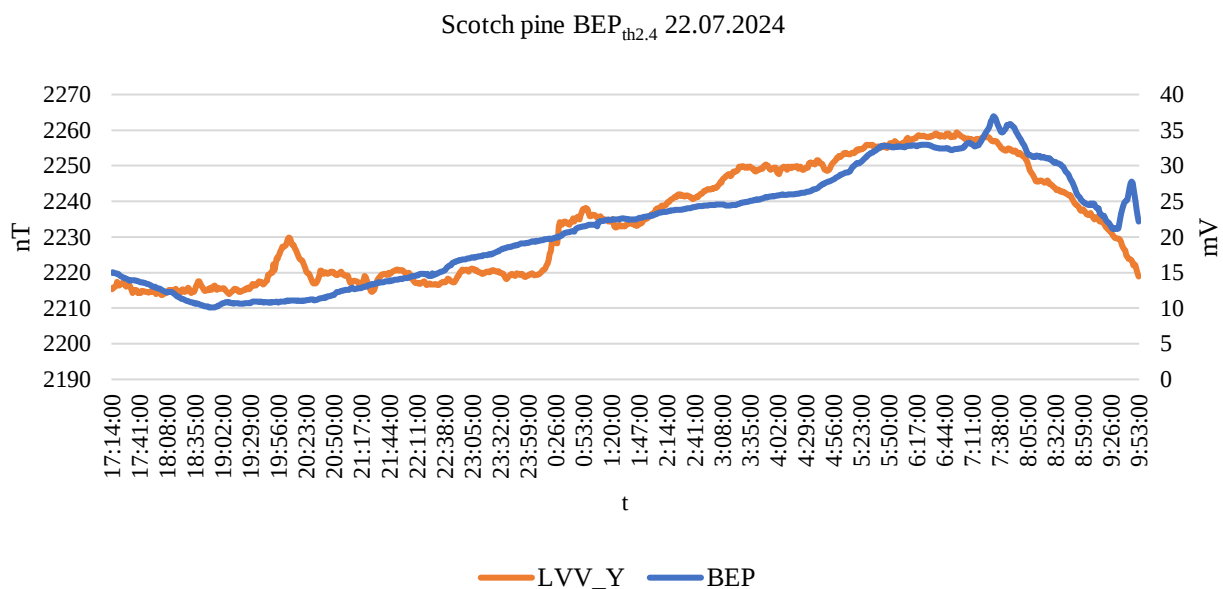
Динаміка різниці БЕП у дерев дуба мала складнішу траєкторію порівняно з сосною звичайною і сосною кедровою корейською. У період спостереження від 15 до 22 год. UT у дерев дуба спостерігалось значне зниження різниці БЕП та незначне зростання до 5-ої години. Динаміка LVV_X в цей період змінювалися слабо та характеризувалися незначними коливаннями.

Динаміка БЕП кореневої шийки дерев клена-явора у період від 19-ї до 5-ї год. тісно

повторює динаміку LVV_X, що менше виражено в дерев бука лісового у період 4-13 год. UT.

Високу і дуже високу залежність метаболічних процесів деревних видів від показників LVV_Y в добовій динаміці показано на рис. 2.

У сосни кедрової корейської спостережено тісну кореляцію впродовж доби між динамікою БЕП_{2,4} і динамікою LVV_Y, які характеризуються поступовим тривалим зростанням і різким зниженням наприкінці спостереження (див. рис. 2).



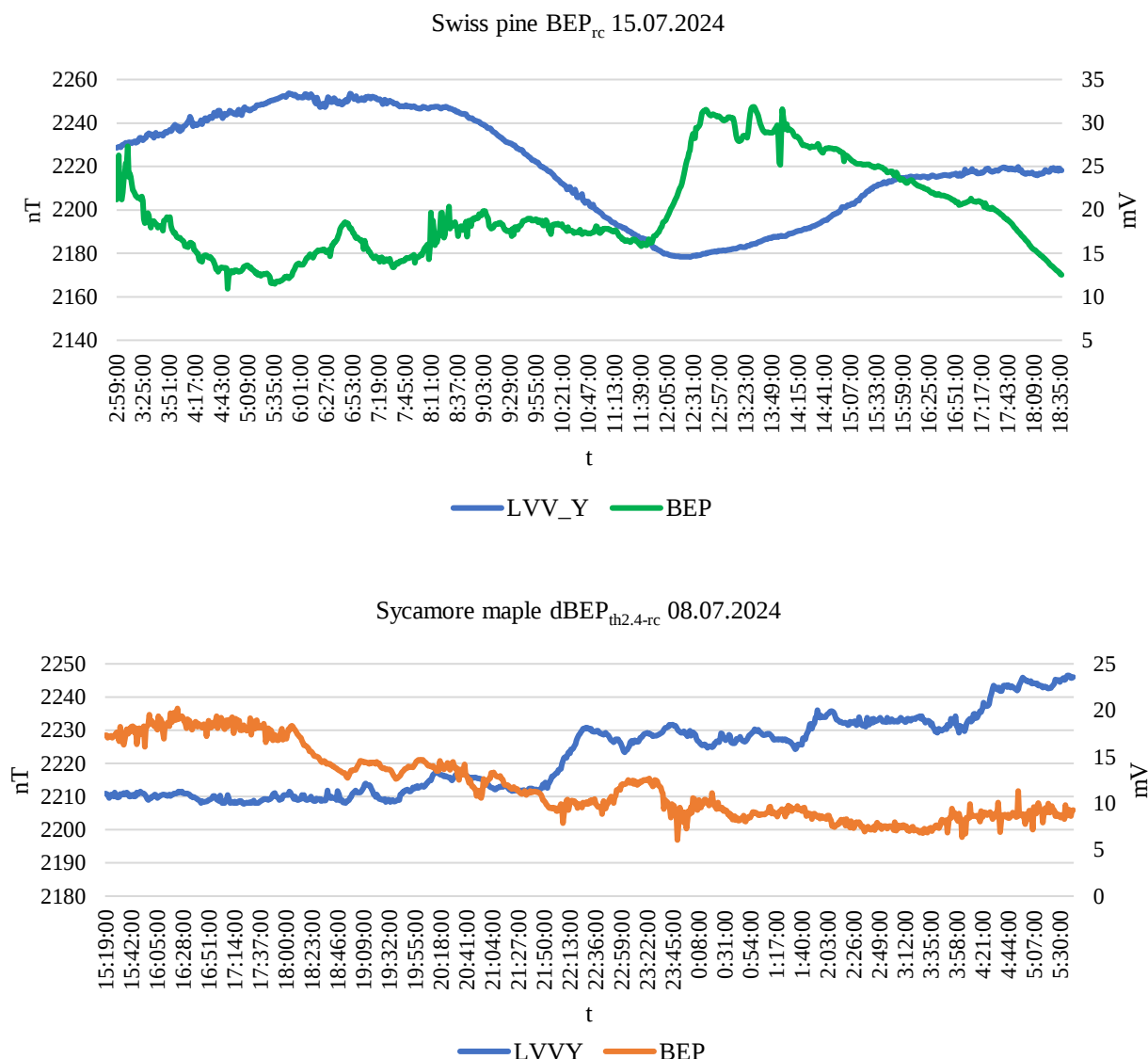


Рис. 2. Добова динаміка показників східної компоненти (LVV_Y) і БЕП у дерев різних деревних видів: РП_{2,2-кш} – різниця біоелектричних потенціалів дерева між точками 2,2 м і КШ. (РП_{2,4-кш}); РП_{2,4-кш} – різниця біоелектричних потенціалів дерева між точками 2,4 м і КШ. (РП_{2,4-кш}); БЕП_{кш} – біоелектричні потенціали кореневої шийки дерева.

Fig. 2. Daily dynamics of Earth's magnetic field declination (LVV_Y) and BEP in trees of different tree species: dBEP_{th2.2-rc} – difference in bioelectric potentials of the tree between points 2.2 m and 0 m; dBEP_{th2.4-rc} – difference in bioelectric potentials of the tree between points 2.4 m and 0 m; BEP_{rc} – bioelectric potentials of the tree at point 0 m.

У дуба звичайного спостережено затримку на 2-3 год. зниження БЕП_{2,4} на різке зниження показників LVV_Y. Особливо чутливою виявилася реакція БЕП_{2,4} на динаміку LVV_Y у бука лісового. Ріст LVV_Y зумовлює швидке зниження БЕП_{2,4} і навпаки, під час спадання LVV_Y одразу зростають біоелектричні потенціали у дерев бука на висоті 2,4 м. Подібною виявилась реакція різниці БЕП у дерев клена-явора та біопотенціалів кореневої шийки дерев сосни кедрової європейської на динаміку LVV_Y. У дерев сосни кедрової європейської в період спостереження відбувалося затяжне (до семи годин) зростання LVV_Y, що супроводжувалося

таким же тривалим зниженням БЕП_{кш}. У середині дня (близько 13 год.) БЕП кореневої шийки досягли максимальних значень за мінімальних значень LVV_Y.

У сосни звичайної і сосни кедрової корейської виявлено різну реакцію різниці біоелектричних потенціалів на динаміку змін LVV_Z (див. рис. 3).

За результатами дослідження біоелектрична реакція дерев сосни звичайної і сосни кедрової корейської на динаміку змін LVV_Z є такою ж, як і на зміни LVV_X (див. рис. 1 і 3). У сосни звичайної РП_{2,4-кш} у динаміці впродовж періоду спостереження БЕП постійно зменшувалась,

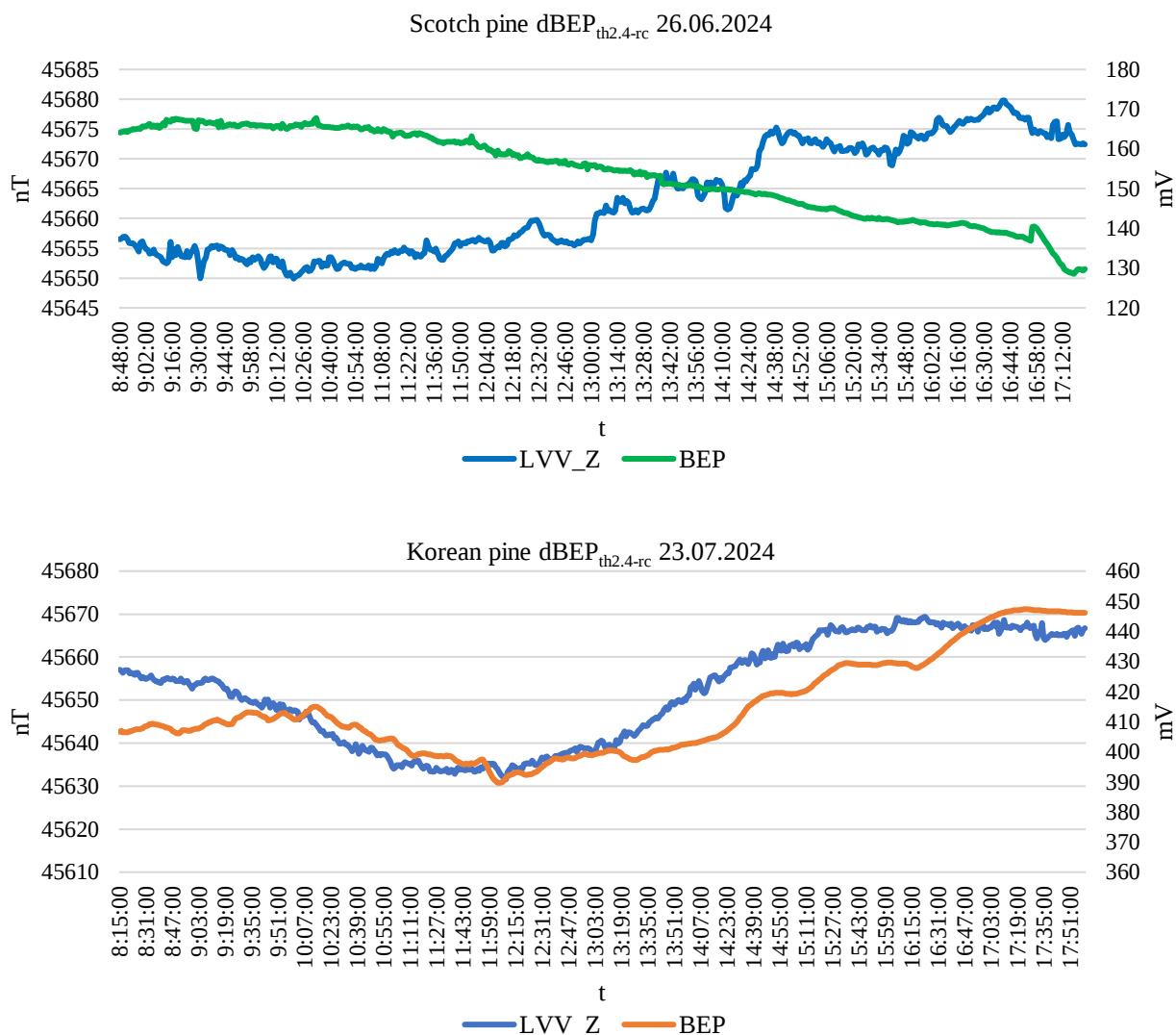


Рис. 3. Добова динаміка показників внутрішніх джерел магнітного поля Землі (LVV_Z) і БЕП у дерев різних деревних видів: РП_{2.4-кш} – різниця біоелектричних потенціалів дерева між точками 2,4 м і КШ.

Fig. 3. Daily dynamics of indicators of internal sources of the Earth's magnetic field (LVV_Z) and BEP in trees of different tree species:

dBEP_{th2.4-rc} – difference in bioelectric potentials of the tree between points 2.4 m and 0 m.

а LVV_Z – зростали. У дерев сосни кедрової корейської, навпаки, встановлена чітка подібність динаміки РП_{2.4-кш} і LVV_Z.

Дискусія (Discussion).

Електрофізіологічні показники широко використовують у лісівничих дослідженнях для вивчення інтенсивності проходження процесів життєдіяльності деревних рослин (Криницький, 1993; Криницький, Заїка, 1995, 2004а, 2004б; Галушка, Заїка, Криницький, 1999; Рибак, 2012а, 2012б; Рибак, Заїка, 2013; Каленюк, Заїка, 2019; Заїка та ін., 2021).

Криницький (1993) розробив концептуальні засади морфофізіологічних основ селекції деревних рослин, де запропоновано, поряд з іншими фізіолого-біохімічними показниками, використання біоелектричних потенціалів для виявлення дерев з високою інтенсивністю процесів

життєдіяльності та встановлення успадкування півсісовим потомством енергії росту материнських дерев сосни звичайної. У роботі Галушки та ін. (1999) показано вплив тривалості підсочки дерев сосни звичайної на електрофізіологічні показники півсісових потомств. Криницький і Заїка (1995) встановили, що в процесі формування молодих деревостанів півсісових потомств відбувається диференціація дерев за біоелектричними показниками. Швидко-рослі екземпляри у денній динаміці за показниками БЕП перевищують середньорослих, а середньорослі – повільнорослих.

Біоелектричні потенціали дерев добре характеризують вплив на них різних абіотичних і біотичних чинників. Так, у низці робіт відображено прояв біоелектричної активності дерев сосни звичайної на ураження кореневою губкою

(Рибак, 2012б), шютте звичайним (Рибак, Заїка, 2013) і сосновим вертуном (Рибак, 2012а). Використовуючи електрофізіологічні методи дослідження, науковцями також показано закономірності впливу пролонгованого іонізуючого випромінювання на функціонування сосни звичайної на радіаційно забруднених територіях зони відчуження Чорнобильської АЕС (Криницький, Заїка, 2004а, 2004б).

Одним із напрямів дослідження у лісостанах з використанням електрофізіологічних методів є вивчення взаємовпливу деревних видів у процесі формування деревостанів. Результати досліджень низки авторів (Каленюк, Заїка, 2019; Заїка та ін., 2021) свідчать, що із збільшенням частки липи серцелистої у складі дубових деревостанів свіжої грабової діброви біоелектрична активність дерев дуба звичайного зростає.

Практично не вивченим залишається питання впливу коливання магнітного поля Землі на життєдіяльність дерев різних деревних видів. Є лише окремі роботи у цьому напрямі (Sumaruk, et al, 2024; Zaika et al., 2025). Отримані результати засвідчують перспективність використання біоелектричних потенціалів для вивчення впливу коливання магнітного поля Землі на життєдіяльність деревних видів.

Висновки (Conclusions).

1. Серед складових частин магнітного поля Землі найбільший вплив на процеси життєдіяльності деревних видів проявляє горизонтальна (східна) компонента зовнішніх джерел Землі. Між денною динамікою LVV_X і біоелектричних потенціалів у всіх деревних видів трапляється дуже високий, високий або значний кореляційний зв'язок. Найкраще він проявляється у сосни звичайної, а найслабше – у дуба звичайного.

Список літератури (References)

Blatt, M. R. (2024). A charged existence: a century of transmembrane ion transport in plants. *Plant Physiology*, 195(1), 79–110. <https://doi.org/10.1093/plphys/kiad630>

Erdmann, W., Kmita, H., Kosicki, J. Z., & Kaczmarek, Ł. (2021). How the geomagnetic field influences life on earth-an integrated approach to geomagnetobiology. *Origins of Life and Evolution of Biospheres*, 51(3), 231–257. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11084-021-09612-5>

Fabricant, A. M., Put, P., & Barskiy, D. A. (2024). Proton relaxometry of tree leaves at hypogeomagnetic fields. *Frontiers in Plant Science*, 15, 1352282. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1352282>

2. Вплив показників схилення магнітного поля (східної компоненти МПЗ) на біоелектричні потенціали дерев дуба, бука, клена-явора, сосни кедрової європейської виявився негативним. При зростанні LVV_Y у цих деревних видів біоелектрична активність знижується, а при зниженні вона збільшується.

3. Найслабше біоелектрична активність деревних видів залежить від внутрішніх джерел магнітного поля Землі, а її прояв є подібним до реакції на вплив горизонтальної компоненти зовнішніх джерел магнітного поля Землі (LVV_X).

4. Сонячна та геомагнітна активності мають прямий вплив на проходження біопроесів у рослин. У світловий період доби в асиміляційно-дисиміляційному балансі рослин переважають процеси асиміляції, які зумовлені фотосинтетичною активністю. У цей період максимальний вплив на БЕП має хвильове (інфрачервоне та ультрафіолетове) випромінювання Сонця (струми в іоносфері Землі). За відсутності світла у метаболізмі рослин домінують окисно-відновні процеси. В цей період максимальний вплив на БЕП має корпускулярне випромінювання Сонця та струми, індуковані всередині Землі. Оскільки окисно-відновні процеси мають електричну природу, то струми, що індукуються у деревині внаслідок змін МПЗ, мають прямий вплив на метаболізм рослин.

5. Впливаючи на проходження окисно-відновних реакцій на фітопроеси у рослин, геомагнітна та сонячна активності модулюють їхнє протікання. Оскільки зміни сонячної та геомагнітної активностей мають періодичний характер, це дає змогу прогнозувати за ними ріст рослин, їхні потенційні захворювання, плодоношення тощо.

Fotelli, M. N., Rennenberg, H., & Gessler, A. (2010). Global climate change and tree nutrition: influence of water availability on nutrient uptake and physiology. *Tree Physiology*, 30(9), 1221–1234. <https://doi.org/10.1093/treephys/tpq064>

Fromm, J., & Lautner, S. (2007). Electrical signals and their physiological significance in plants. *Plant, Cell & Environment*, 30, 249–257. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2006.01614.x>

Fromm, J., Hajirezaei, M., & Wilke, I. (1995). The biochemical response of electrical signaling in the reproductive-system of Hibiscus plants. *Plant Physiology*, 109, 375–384. <https://doi.org/10.1104/pp.109.2.375>

Gallé, A., Lautner, S., Flexas, J., Ribas-Carbo, M., Hanson, D., Roesgen, J., & Fromm, J. (2013).

- Photosynthetic responses of soybean (*Glycine max* L.) to heat-induced electrical signalling are predominantly governed by modifications of mesophyll conductance for CO₂. *Plant, Cell & Environment*, 36, 542–552. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2012.02594.x>
- Galushka, V. P., Zaika, V. K., & Krynytskyu, H. T. (1999). Electrophysiological parameters of half-sibs progenies of Scots pine with different durations of resin tapping. *Scientific Bulletin of the National Agrarian University*. 17, 133–138 [Галушка, В. П., Заїка, В. К., Криницький, Г. Т. (1999). Електрофізіологічні параметри півсібсових потомств сосни звичайної різної тривалості підсочки. *Науковий вісник НАУ*, 17, 133–138] (in Ukrainian)
- Grams, T. E. E., Lautner, S., Felle, H. H., Matyssek, R. & Fromm, J. (2009). Heat-induced electrical signals affect cytoplasmic and apoplastic pH as well as photosynthesis during propagation through the maize leaf. *Plant, Cell & Environment*, 32, 319–326. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2008.01922.x>
- Hart, D. A. (2024). The influence of magnetic fields, including the planetary magnetic field, on complex life forms: How do biological systems function in this field and in electromagnetic fields? *Biophysica*, 4(1), 1–21. <https://doi.org/10.3390/biophysica4010001>
- Hossain, M. S., Caparros, P. G., & Mühling, K. H. (2024). Mineral nutrition and plant stress tolerance. *Frontiers in Plant Science*, 15, 1461651. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1352282>
- Ilik, P., Hlaváčková, V., Krchňák, P., & Nauš, J. (2010). A low-noise multi-channel device for the monitoring of systemic electrical signal propagation in plants. *Biologia Plantarum*, 54, 185–190. <https://doi.org/10.1007/s10535-010-0032-0>
- Kalenyuk, Yu. S., & Zaika, V. K. (2019). Bioelectric potentials of oak and lime in stands of fresh hornbeam-oak forests in Western Podillia. *Scientific Bulletin of the Ukrainian National Forestry University*, 29(1), 49–53. <https://doi.org/10.15421/40290110> [Каленюк, Ю. С., Заїка, В. К. (2019). Біоелектричні потенціали дуба і липи в деревостанах свіжої грабової діброви Західного Поділля. *Науковий вісник НЛТУ України*, 29(1), 49–53] (in Ukrainian).
- Krynytskyu, H. T. (1993). *Morphophysiological foundations of woody plant breeding*. Abstract of doctoral dissertation, National Agrarian University, Kyiv, Ukraine. Retrieved from [Криницький, Г. Т. (1993). *Морфологічні основи селекції деревних рослин*: автореф. дис. ... д-ра біол. наук: 06.03.01 та 03.00.12. Київ, Національний аграрний університет] (in Ukrainian)
- Krynytskyu, H. T., & Zaika, V. K. (2004a). Electrophysiological response of Scots pine cultures to high levels of chronic radiation exposure. *Scientific Bulletin of the Ukrainian State Forestry University: Collection of Scientific Papers*, 14(5), 8–14 https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2004/14_5/3.pdf [Криницький, Г. Т., Заїка, В. К. (2004a). Електрофізіологічна реакція культур сосни звичайної на високі рівні хронічного радіаційного опромінення. *Науковий вісник Українського державного лісотехнічного університету: збірник наукових праць*, 14(5), 8–14] (in Ukrainian).
- Krynytskyu, H. T., & Zaika, V. K. (2004b). Bioelectrical activity of Scots pine in radiation-contaminated areas. *Scientific Works: Scientific and Methodological Journal. Ecology*, 39(26), 79–82. [Криницький, Г. Т., Заїка, В. К. (2004b). Біоелектрична активність сосни звичайної на радіаційно забруднених територіях. *Наукові праці: Науково-методичний журнал. Екологія*, 39(26), 79–82] (in Ukrainian)
- Krynytskyu, H. T., & Zaika, V. K. (1995). The influence of the formation characteristics of young half-sibs plantations of Scots pine on the bioelectrical activity of trees. *Scientific Bulletin of the Ukrainian State Forestry University: Collection of Scientific Papers*, 4, 153–160. [Криницький, Г. Т., Заїка, В. К. (1995). Вплив особливостей формування молодих півсібсових насаджень сосни звичайної на біоелектричну активність дерев. *Науковий вісник Українського державного лісотехнічного університету: збірник наукових праць*, 4, 153–160] (in Ukrainian)
- Lautner, S., Erhard, T., Matyssek, R., & Fromm, J. (2005) Characteristics of electrical signals in poplar and responses in photosynthesis. *Plant Physiology*, 198, 2200–2209. <https://doi.org/10.1104/pp.105.064196>
- Rybak, Yu. L. (2012a). Electrophysiological parameters of Scots pine trees infested with pine twisting rust in the Western Polissia region. *Scientific Bulletin of the Ukrainian National Forestry University*, 22(12), 42–48. https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2012/22_12/42_Ryb.pdf [Рибак, Ю. Л. (2012a). Електрофізіологічні показники уражених сосновим вертуном дерев сосни звичайної в умовах Західного Полісся. *Науковий вісник НЛТУ України*, 22(12), 42–48] (in Ukrainian)

- Rybak, Yu. L. (2012b). Electrophysiological indicators of Scots pine trees infested by root rot in the conditions of Western Polissia. *Scientific Bulletin of the Lesia Ukrainka Volyn National University. Series: Biological Sciences*, 19(244), 8–11. [Рибак, Ю. Л. (2012б). Електрофізіологічні показники дерев сосни звичайної, уражених кореневою губкою, в умовах Західного Полісся. *Науковий вісник Волинського національного університету імені Лесі Українки. Серія: Біологічні науки*, 19(244), 8–11] (in Ukrainian)
- Rybak, Yu. L., & Zaika, V. K. (2013). Changes in the electrophysiological activity of Scots pine trees affected by common schütte disease. *Scientific Bulletin of the Ukrainian National Forestry University*, 23(2), 90–96. https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2013/23_2/90_Ryb.pdf [Рибак, Ю. Л., Заїка, В. К. (2013). Зміна електрофізіологічної активності у дерев сосни звичайної, уражених шютте звичайним. *Науковий вісник НЛТУ України*, 23(2), 90–96] (in Ukrainian)
- Saletnik, B. A., Puchalska-Sarna, A., Saletnik, A., Lipa, T., Dobrzański, B. & Puchalski, C. (2024). Static magnetic fields as a factor in modification of tissue and cell structure: a review. *International Agrophysics*, 38(1), 43–75. <https://doi.org/10.31545/intagr/176998>
- Scartazza, A., Vannucchi, F., Peruzzi, E., Macci, C., Scatena, M., Manzini, J., ... & Paoletti, E. (2025). Nutrient interaction in the soil-plant system and tree physiological functional traits in an urban green infrastructure. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 25, 2829–2845. <https://doi.org/10.1007/s42729-025-02301-6>
- Sumaruk, T., Stryamets, N., & Prydka, P. (2024). *Influence of the Earth's magnetic field on the biopotential of the trees of the Ukrainian Roztochya* [Abstract of paper]. XXIV Gamow International Astronomical Conference: "Astronomy and Beyond: Astrophysics, Cosmology and Gravitation, Astroparticle Physics, Radio Astronomy, Astrobiology and Genetics", August 19–23. Odesa, Ukraine. <https://lib.onu.edu.ua/wp-content/uploads/2024/09/24th-Gamow-Conference-2024.pdf>
- Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I. M., & Murphy, A. (2015). *Plant Physiology and Development*. (6th ed.). Sunderland, MA: Sinauer Associates. https://sirsyedcollege.ac.in/crm/public/uploads/download_image/H8aTDrHeKuTogISO7SE1r80gjP2dmU.pdf
- Volkov, A. G., & Brown, C. L. (2006). Electrochemistry of plant life. In *Plant electrophysiology: theory and methods*. (pp. 43–459). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-540-37843-3_19
- Zaika, W. K., Sumaruk, T. P., Delegan, I. I., & Prydka, P. P. (2025). The influence of the earth's magnetic field on the bioelectric activity of trees of various species of the pine genus (pinus l. 1753). *Forest education and science: status, problems and development prospects*. Collection of materials of the 5th International Scientific-Practical Online Conference (Part 1, 21/03/2025). Łomża – Małyn, p. 54. https://mans.edu.pl/fcp/iOEUFzs9BjEkLTg1Y1BSe0N_YAVTHwIIogIaTAIABCRvRQME0jBBaHICPXNtSBk6PjIyBV4RBDYnD1cYTk8cOjYCEg/2/public/wydawnictwa/1_educacja_i_nauka_lesna_stan_problemy_i_perspektywy_rozwoju_lomza-malyn_21032025_compressed.pdf [Zaika, W. K., Sumaruk, T. P., Delegan, I. I., Prydka, P. P. (2025). Wpływ pola magnetycznego ziemi na aktywność bioelektryczną drzew różnych gatunków z rodzaju sosna (pinus l. 1753). *Edukacja i nauka leśna: stan, problemy i perspektywy rozwoju*. Zbór materiałów VII Międzynarodowej Konferencji Naukowo-Praktycznej Internetowej (Część 1, 21.03.2025). Łomża – Małyn, p. 54] (in Poland)
- Zaika, V. K., Kaleniuk, Yu. S., Krynytsky, H. T., Matusiak, M. V., & Prokopchuk, V. M. (2021). *The silvicultural-and-ecological role of European small-leaved lime in hornbeam-oak forests of Western Podillia*. Vinnytsia: Tvory. ISBN 978-617-552-085-7 [Заїка, В. К., Каленюк, Ю. С., Криницький, Г. Т., Матусяк, М. В., Прокопчук, В. М. (2021). *Лісівничо-екологічна роль липи серцелистої в грабових дібровах Західного Поділля*. Вінниця: Твори. 192 с.] (in Ukrainian)
- Zhao, D. J., Wang, Z. Y., Li, J., Wen, X., An, L., Huang, L., ... & Wang, C. (2013). Recording extracellular signals in plants: A modeling and experimental study. *Mathematical and Computer Modelling*, 58(3-4), 556–563. <https://doi.org/10.1016/j.mcm.2011.10.065>
- Zimmermann, M. R., Maischak, H., Mithöfer, A., Boland, W., & Felle, H. H. (2009). System potentials, a novel electrical long-distance apoplastic signal in plants, induced by wounding. *Plant physiology*, 149(3), 1593–1600. <https://doi.org/10.1104/pp.108.133884>

Features of the bioelectric activity of trees of different species under the influence of the Earth's magnetic field

V. Zaika,¹ H. Krynytskyi², I. Delean³, T. Sumaruk⁴, P. Prydka⁵, S. Tymoshuk⁶,
M. Dubchenko⁷, Y. Chernevyi⁸, M. Kobrynovich⁹

The article presents the results of studies, conducted for the first time in the territory of the Ukrainian Roztochia, on the relationship between the dynamics of changes in the bioelectric potentials (BEP) of trees and variations in the Earth's magnetic field (EMF). The study demonstrated a close correlation between these parameters. Since bioelectric potentials characterize the intensity of physiological and biological processes in plants, while the Earth's magnetic field serves as an indicator of processes occurring both in outer space and within the Earth's interior, an attempt has been made to elucidate the mechanisms by which solar and geomagnetic activity influence the condition of woody plants.

The response of physiological processes in trees of various species to changes in bioelectric potential (BEP) parameters was investigated using Pearson's correlation coefficients calculated between the diurnal dynamics of the components of the Earth's geomagnetic field and bioelectric potentials. The cor-

relation coefficients varied within the range ($r = 0.9-0.4$), indicating a close or very close correlation.

It has been demonstrated that the solar and geomagnetic activity exerts a direct influence on the course of bioprocesses in plants. During the light period of the day, assimilation processes - which are driven by photosynthetic activity - predominate in the assimilation-dissimilation balance of plants. During this period, the bioelectric potentials (BEP) is most strongly influenced by the Sun's wave (infrared and ultraviolet) radiation as well as by electric currents in the Earth's ionosphere. In the absence of light, oxidation-reduction (redox) processes dominate plant metabolism. During this period, the greatest influence on plant metabolism comes from the Sun's corpuscular radiation and currents induced within the Earth. Since oxidation-reduction processes are electrical in nature, the currents induced in wood as a result of changes in the

¹ Volodymyr Zaika – Full Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Doctor of Biological Sciences, Professor at the Department of Forestry and Agrarian Management, the Vasyl Stefanyk Carpathian National University, 57 Shevchenko St., Ivano-Frankivsk, 76018, Ukraine. E-mail: lvolodymyr.zaika@cnu.edu.ua ORCID: <http://orcid.org/0009-0007-6641-8847>

² Hryhoriy Krynytskyi – 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. E-mail: krynytsk@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7020-9991>

³ Ivan Delean – Corresponding Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, PhD of Agricultural Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Forestry of the Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka St., Lviv, 79057, Ukraine. E-mail: i.delean@nltu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4730-0193>

⁴ Taras Sumaruk – PhD of Physical and Mathematical Sciences, Senior Researcher, Senior Researcher. S.I. Subbotin Institute of Geophysics, National Academy of Sciences of Ukraine, 32 Palladina Ave., Kyiv, 03680, Ukraine. E-mail: taras.sumaruk@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-0559-3857>

⁵ Petro Prydka – Forestry Engineer, Stradchiv Educational and Production Timber Combine of the Ukrainian National Forestry University, 15 Mitskevich St., Ivano-Frankove, 81070, Ukraine. E-mail: prudkapetro@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-2709-9520>

⁶ Svitlana Tymoshuk – Associate Professor, Department of Life Safety Ivan Franko National University of Lviv, 41/98 Doroshenko St., 79000, Lviv, Ukraine. E-mail: svitlana.tymoshuk@lnu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3124-0328>

⁷ Marko Dubchenko – student, International Baccalaureate Diploma Programme, PIPL Lyceum, L'viv, 5A Naukova St., 79000, Lviv, Ukraine. E-mail: marko.dubchenko@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-8524-3603>

⁸ Yurii Chernevyi – Full Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Doctor of Biological Sciences, Professor at the Department of Forestry and Agrarian Management, the Vasyl Stefanyk Carpathian National University, 57 Shevchenko St., Ivano-Frankivsk, 76018, Ukraine. E-mail: yurii.chernevyi@cnu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1180-1677>

⁹ Mykhailo Kobrynovich – PhD of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor of the Department of Computer Engineering, Mathematics and Physics. Ukrainian National Forestry University, 105 General Chuprynka St., 79057, Lviv, Ukraine. E-mail: m.kobrynovich@nltu.edu.ua ORCID: <http://orcid.org/0009-0009-5922-7369>

Earth's magnetic field (EMF) have a direct impact on plant metabolism.

Among the components of the Earth's magnetic field, the horizontal (eastward) component of the Earth's external sources has the greatest influence on the vital processes of woody species. There is a very strong, strong, or significant correlation between the daily dynamics of LVV_X and bioelectric potentials in all woody species. This correlation is most strongly expressed in Scots pine and least pronounced in oak. The influence of the declination parameters of the geomagnetic field (eastward component of the Earth's magnetic field) on the bioelectrical potentials of oak, beech, sycamore maple, and European cedar pine trees was found to be negative. With an increase in LVV_Y in these tree species, bioelectrical activity decreased, whereas with a decrease, it increased. The

bioelectric activity of woody species is least influenced by internal sources of the Earth's magnetic field, and its manifestation is similar to the response to the horizontal component of external sources of the Earth's magnetic field (LVV_X).

By influencing the course of oxidation-reduction reactions in phytoprocesses in plants, geomagnetic and solar activity modulates their progression. Since changes in solar and geomagnetic activity are periodic in nature, this creates opportunities for predicting plant growth, diseases, fruiting, and other plant-related phenomena based on solar and geomagnetic activity.

Key words: bioelectric potentials; tree species; geomagnetic activity; Earth's magnetic field; solar activity; vector magnetic induction; northward component of the magnetic field.