

УДК 574.4:631.437

DOI <https://doi.org/10.33989/2024.10.1.306003>

В. А. Горбань

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
проспект Науки, 72, Дніпро, 49010, Україна
gorvadyt@gmail.com

ORCID 0000-0002-8288-6153

К. М. Божко

Дніпровський державний технічний університет
вул. Дніпробудівська, 2, м. Кам'янське, 51918, Україна
bozhko.k.n@gmail.com

ORCID 0000-0002-1481-7164

ВПЛИВ ЛІСОВОЇ РОСЛИННОСТІ НА ЕЛЕКТРОФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ БАЙРАЧНИХ ЧОРНОЗЕМІВ СТЕПОВОЇ ЗОНИ УКРАЇНИ

Наведено результати дослідження впливу природної лісової рослинності на діелектричну проникність, питомий електричний опір, питому електропровідність, мінералізацію та солоність чорноземів в умовах байраку Військового, розташованого в Дніпровському р-ні Дніпропетровської області. Встановлено, що чорноземи лісові, генезис яких пов'язаний з лісовою рослинністю, характеризуються зменшеними величинами досліджуваних електрофізичних властивостей порівняно з чорноземами звичайними під степовою рослинністю. Особливості схилів байраків зумовлюють додаткову диференціацію властивостей ґрунтів, при цьому чорноземам, які сформувалися на схилі північної експозиції, властиві менші величини діелектричної проникності та більші величини питомого електричного опору, питомої електропровідності, мінералізації та солоності порівняно з чорноземами, формування яких відбувалося на схилі південної експозиції. Запропоновано використовувати діелектричну проникність як додаткову діагностичну ознаку ущільнення ґрунтів, зумовлену особливостями структурно-агрегатного складу та проявом елювіально-ілювіального процесу в чорноземах лісових байрачних лісів. При дослідженні особливостей ґрунтів чинити опір або проводити електричний струм шляхом визначення питомого електричного опору з використанням методу ґрунтових паст або питомої електропровідності в ґрунтовій суспензії, на нашу думку, слід надавати перевагу першому методу, який дозволить виявити більше відмінностей в електрофізичних властивостях досліджуваних чорноземів порівняно з другим методом. Зроблено припущення, що величини питомого електричного опору, визначеного у ґрунтових пастах, та питомої електричної електропровідності, визначеної в водній ґрунтовій суспензії, зумовлені дією різних факторів, оскільки ці величини є оберненими одна стосовно іншої, а за результатами досліджень виявлено односпрямовані зміни цих величин. Результати, отримані в процесі дослідження, свідчать про необхідність комплексного дослідження електрофізичних властивостей ґрунтів з використанням різноманітних методів, які дозволяють виявляти дію як споріднених, так і відмінних процесів ґрунтогенезу.

Ключові слова: діелектрична проникність, питомий електричний опір, питома електропровідність, мінералізація, солоність, чорнозем лісовий, чорнозем звичайний.

Вступ. Байрачні ліси є специфічними екосистемами, які поширені в зоні справжніх різнотравно-кострицево-ковилових степів (Божко, 2007). В результаті своєрідного ґрунтогенезу під байраками формується чорноземи лісові, які відрізняються від зональних чорноземів зниженням лінії скипання карбонатів, підвищенням структурованості, гумусового

стану, ємності поглинання (Білова та ін., 2016; Яковенко, & Білова, 2018; Барановський та ін., 2022).

Можливість формування чорноземів під природною лісовою рослинністю доводить ся результатами досліджень європейських вчених (в країнах Центральної Європи – E. Eckmeier et al. (2007), B. Strouhalová et al. (2019); в Румунії – P. Radu Gabriel (2013); в Польщі – J. Lasota et al. (2019); в Словаччині – J. Kobza, B. Pálka (2022)). При проведенні досліджень цих чорноземів основна увага приділяється вивченню їх фізико-хімічних властивостей, вмісту органічних речовин та поживних речовин, а деякі властивості, зокрема електрофізичні, залишаються практично не встановленими. При цьому електрофізичні властивості мають важливе значення при оцінці фізичних характеристик ґрунтів (Бедернічек та ін., 2009).

До основних електрофізичних властивостей ґрунту належать електропровідність, діелектрична проникність та магнітні властивості (Горбань, 2006). Електропровідність характеризує здатність ґрунту пропускати електричний струм під впливом електричної напруги і визначається головним чином наявністю в ґрунті вільних електронів та його зволоженням (Гамкало, 2012). Діелектрична проникність характеризує здатність ґрунту формувати електроємність, його поляризацію і залежить від складу ґрунту та його щільності, засоленості, мінералогічного складу, вмісту вологи (Gao et al., 2024; Ouhadi, & Goli, 2024).

Метою нашої роботи є оцінка впливу лісової рослинності на електрофізичні властивості чорноземів байраків південного варіанта степової зони України.

Матеріали та методи. Дослідження електрофізичних властивостей виконували з використанням ґрунтових зразків, відібраних з 4 пробних площ, закладених в байраку Військового (Дніпровський р-н, Дніпропетровська обл.).

Пробна площа 1 розташована у верхній третині схилу 2–3° північної експозиції на ділянці степової цілини. Тип лісорослинних умов – суглинок сухуватий (СГ₁). Зволоження – атмосферне. У суцільному трав'яному покриві присутні *Poa angustifolia* L., *Stipa lessingiana* Trin. et Rupr., *Elytrigia repens* (L.) Nevski. Ґрунтовий профіль: Н₁ (0–10 см) + Н₂ (10–38 см) + НРк (38–70 см) + Рк (70–150 см). Ґрунт – чорнозем звичайний карбонатний середньогумусовий середньосуглинковий на лесах.

Пробна площа 2 розташована в середній третині схилу 3° північної експозиції. Тип біогеоценозу – природна свіжа пакленова діброва з дубовим широкотрав'ям (Dn₂). Тип лісорослинних умов – суглинок свіжий (СГ₂). Зволоження – атмосферно-транзитне. Тип світлової структури – тіньовий. Тип деревостану – 10 Д. зв., вік – 80–90 років, зімкнутість – 0,8–0,9, III вікової стадії розвитку з кущовим підліском з *Acer campestre* L. Ґрунтовий профіль: Н_{1el} (0–10 см) + Н_{2el} (10–30 см) + Н_{3el} (30–50 см) + Ніл (50–100 см) + Phіl (100–150 см) + Р (150–170 см). Ґрунт – лісовий чорнозем сильновилугований середньолесивований середньогумусовий легкосуглинковий на делювіальних відкладах.

Пробна площа 3 розташована в середній третині схилу 16° південної експозиції. Тип біогеоценозу – природна сухувата чорнокленова діброва з фіалкою шершавою (Е₁). Тип лісорослинних умов – суглинок сухуватий (СГ₁). Зволоження – атмосферне. Тип світлової структури – тіньовий. Тип деревостану – 10 Д. зв., зімкнутість – 0,6–0,7, III вікової стадії розвитку з кущовим підліском з *Acer tataricum* L. Ґрунтовий профіль: Н_{1el} (0–10 см) + Н_{2el} (10–34 см) + Н_{3el} (34–54 см) + Ніл (54–92 см) + Phkіl (92–120 см) + Рк (120–150 см). Ґрунт – чорнозем лісовий вилугований середньолесивований середньогумусовий середньосуглинковий на лесах.

Пробна площа 4 розташована у верхній третині схилу 14° південної експозиції на безлісовій степовій ділянці. Тип лісорослинних умов – суглинок сухуватий (СГ₁). Зволоження атмосферне. Суцільний трав'яний покрив складається з *Festuca valesiaca* Schleich. ex Gaudin, *Poa angustifolia* L., *Stipa lessingiana* Trin. et Rupr., *Anthemis ruthenica* M. Bieb. Ґрунтовий профіль: Н₁ (0–10 см) + Н₂ (10–36 см) + Н₃ (36–66 см) + НРк (66–84 см) + Рк (84–150 см). Ґрунт – чорнозем звичайний середньовилугований середньогумусний середньосуглинковий на лесах.

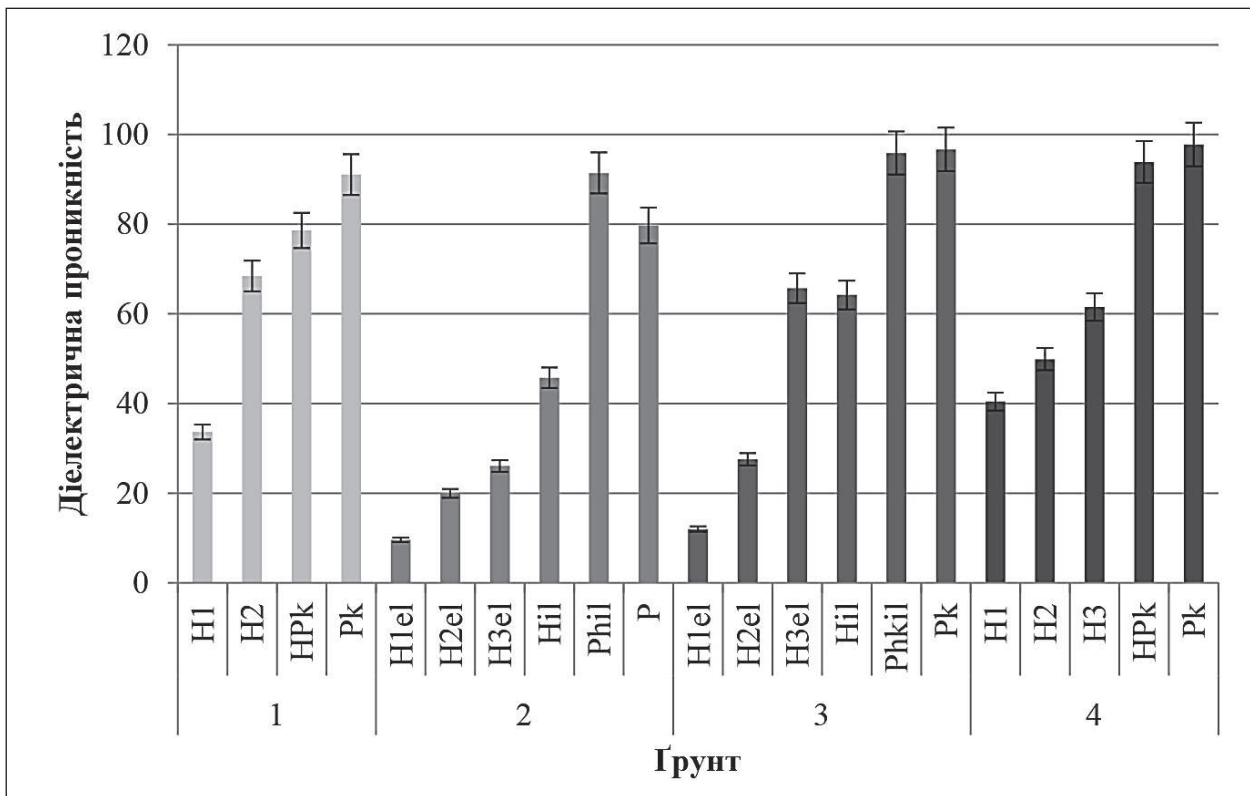


Рис. 1. Діелектрична проникність ґрунтів байраку Військового

1 – чорнозем звичайний північної експозиції; 2 – чорнозем лісовий північної експозиції;
3 – чорнозем лісовий південної експозиції; 4 – чорнозем звичайний південної експозиції

Визначення діелектричної проникності ґрунтів виконували з використанням цифрового вимірювача ємності СМ-9601А та конденсатору циліндричної форми, виготовлений з оргскла (Горбань, 2017). Питомий електричний опір ґрунтів досліджували шляхом вимірювання сили струму та напруги у пастах за допомогою чотирьохелектродного датчика (Pozdnyakov, 2008). Питому електропровідність, мінералізацію та солоність визначали в водній суспензії ґрунту (1:5) за допомогою кондуктометра-солеміру-термометру Ezodo-7021 (Дегтярьов, 2014).

Результати та їх обговорення. Дослідженнями діелектричної проникності встановлено, що її мінімальну величину (33,7) в чорноземі звичайному, розташованому на схилі північної експозиції байраку, виявлено в горизонті Н₁ (рис. 1). Максимальне значення діелектричної проникності (91,1) виявлено в горизонті Рк. На нашу думку, це пов'язано насамперед з особливостями структурно-агрегатного складу чорноземів звичайних, в яких верхній генетичний горизонт відрізняється найкращою агрегатною структурністю порівняно з іншими горизонтами, за рахунок збільшеного вмісту органічних речовин, а також структуроформуючого впливу рослин та тваринного світу (Яковенко, & Білова, 2018). Міцність, розмір та форма структурних агрегатів верхнього горизонту забезпечує зменшення щільності ґрунту та збільшення шпарин, що заповнені повітрям, діелектрична проникність якого (~1) є меншою порівняно з мінералами, що утворюють мінералогічний каркас твердої фази ґрунту (наприклад, діелектрична проникність кварциту 4,5–5, вапняку – 10–15 (Степанюк, 2002)).

В чорноземі лісовому, розташованому на схилі північної експозиції, мінімальна величина діелектричної проникності (9,6) характерна для горизонту Н_{1el}, з глибиною, в горизонтах Н_{2el} та Н_{3el}, спостерігається поступове зростання її величин. Суттєва різниця між елювіальними (Н_{1el}, Н_{2el} та Н_{3el}) та ілювіальними (Нil та Phil) горизонтами за величиною діелектричної проникності може бути зумовлена проявом лесиважу, внаслідок якого відбувається пересування мулистій фракції з елювіальних верхніх горизонтів до ілювіальних нижніх горизонтів (Горбань та ін., 2017).

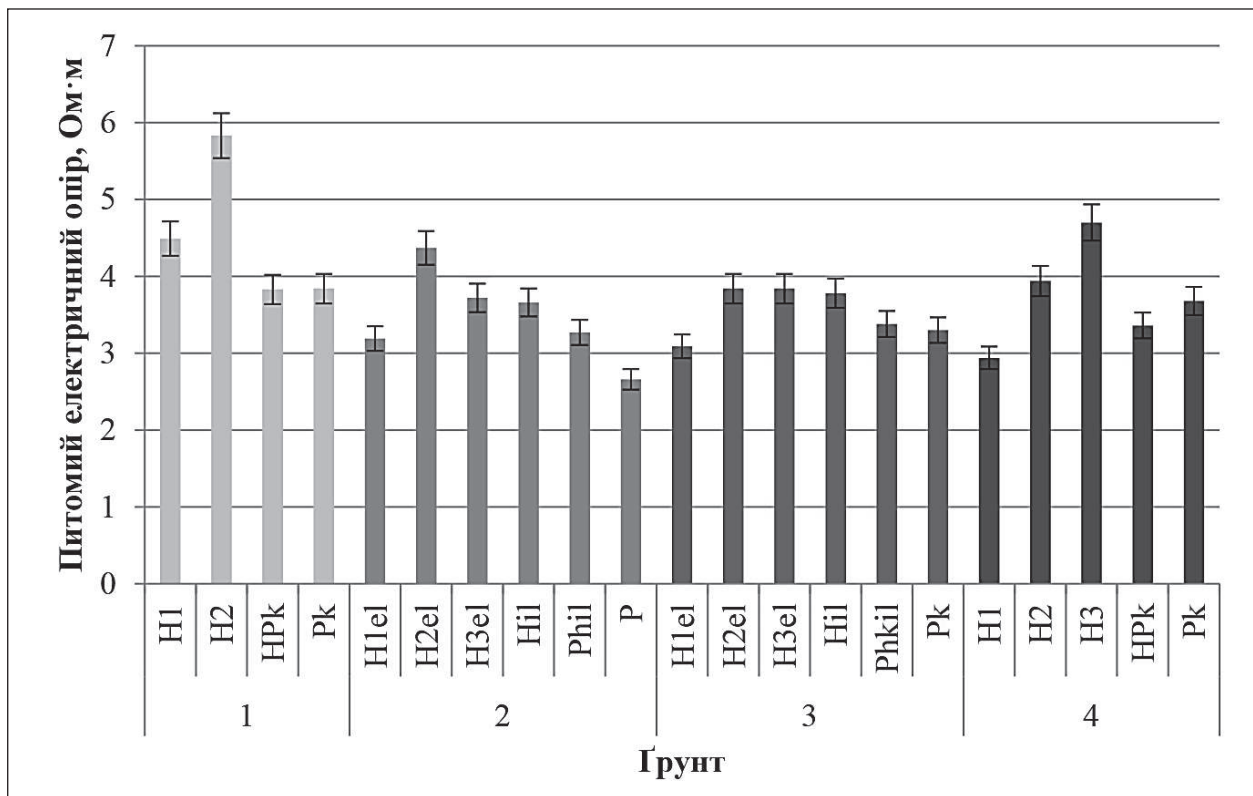


Рис. 2. Питомий електричний опір ґрунтів байраку Військового

1 – чорнозем звичайний північної експозиції; 2 – чорнозем лісовий північної експозиції;
3 – чорнозем лісовий південної експозиції; 4 – чорнозем звичайний південної експозиції

Мінімальна величина діелектричної проникності в чорноземі лісовому, розташованому на схилі південної експозиції байраку, пов'язана з верхнім горизонтом H_1el (12,0). Невелика різниця між величинами діелектричної проникності горизонтів H_3el та $H1l$ пов'язана з погіршенням структурно-агрегатного складу горизонту H_3el порівняно з горизонтами H_1el та H_2el за рахунок зменшення вмісту органічних речовин, а також збагаченням мулистою фракцією горизонту $H1l$ в результаті лесиважу, тобто двома різними факторами, однак їх прояв характеризується одним наслідком – ущільненням ґрунту, який зумовлює зростання величин діелектричної проникності.

В чорноземі звичайному, розташованому на схилі південної експозиції байраку, мінімальна величина діелектричної проникності виявлена в горизонті H_1 (40,4). Виявлено значне зростання діелектричної проникності в горизонті HPk порівняно з горизонтом H_3 , різниця складає 32,3.

Аналіз результатів визначення питомого електричного опору (рис. 2) свідчить, що його максимальна величина в чорноземі звичайному, розташованому на схилі північної експозиції, виявлена в горизонті H_2 (5,83 Ом·м). Горизонт H_1 , який характеризується меншою величиною питомого електричного опору порівняно з горизонтом H_2 , відповідно може містити більшу кількість водорозчинних сполук порівняно з горизонтом H_2 (Corwin, & Yemoto, 2020).

В чорноземі лісовому, який розташований на схилі північної експозиції, горизонт H_1el відрізняється зменшеною величиною питомого електричного опору порівняно з іншими горизонтами, а мінімальна його величина виявлена в горизонті P (2,66 Ом·м). Максимальна величина питомого електричного опору характерна для горизонту H_2el (4,37 Ом·м).

Мінімальна величина питомого електричного опору в чорноземі лісовому, розташованому на схилі південної експозиції, виявлена в горизонті H_1el (3,09 Ом·м).

В чорноземі звичайному, який розташований на схилі південної експозиції, мінімальна величина питомого електричного опору пов'язана з горизонтом H_1 (2,94 Ом·м), а максимальна – з горизонтом H_3 (4,70 Ом·м).

Дослідження електрофізичних показників (табл. 1) виявило, що в чорноземі звичайному, розташованому на схилі північної експозиції, мінімальні величини питомої електропровідності, мінералізації та солоності характерні для горизонту H_2 (162 мкСм/см, 127 мг/кг та 97 мг/кг відповідно). Інші горизонти за цими показниками практично не відрізняються.

Горизонт H_{1el} чорнозему лісового, який розташований на схилі північної експозиції, характеризується максимальними величинами питомої електропровідності, мінералізації та солоності (208 мкСм/см, 142 мг/кг та 110 мг/кг відповідно). Мінімальні величини електрофізичних показників виявлено в горизонті H_{il} .

Таблиця 1

Електрофізичні показники водної витяжки ґрунтів байраку Військового

Генетичний горизонт	Питома електропровідність, мкСм/см	Мінералізація, мг/кг	Солоність, мг/кг
Чорнозем звичайний північної експозиції			
H_1	202±6	149±5	119±4
H_2	162±5	127±3	97±3
HPk	193±6	148±4	117±4
Pk	207±6	150±4	121±5
Чорнозем лісовий північної експозиції			
H_{1el}	208±7	142±5	110±5
H_{2el}	145±5	112±5	90±3
H_{3el}	145±5	114±5	90±3
H_{il}	133±5	108±4	87±3
Phil	144±5	115±4	88±3
P	161±6	126±5	98±4
Чорнозем лісовий південної експозиції			
H_{1el}	162±5	134±4	112±4
H_{2el}	126±4	102±3	86±2
H_{3el}	130±4	104±3	87±2
H_{il}	127±3	105±3	88±2
Phkil	134±3	112±4	90±4
Pk	161±4	131±5	109±5
Чорнозем звичайний південної експозиції			
H_1	173±6	133±5	106±4
H_2	128±4	105±3	85±3
H_3	121±4	100±3	82±4
HPk	175±5	136±4	112±4
Pk	173±5	136±5	111±5

В чорноземі лісовому, розташованому на схилі південної експозиції, горизонту H_{1el} при-таманні максимальні величини питомої електропровідності, мінералізації та солоності (162 мкСм/см, 134 мг/кг та 112 мг/кг відповідно) порівняно з іншими горизонтами.

Горизонт HPk чорнозему звичайного, розташованого на схилі південної експозиції, характеризується максимальними величинами питомої електропровідності, мінералізації та солоності (175 мкСм/см, 136 мг/кг та 112 мг/кг відповідно).

Висновки. Вплив лісової рослинності призводить до зменшення величин діелектричної проникності, питомого електричного опору, питомої електропровідності, мінералізації та солоності чорноземів лісових порівняно з чорноземами звичайними. Чорноземи, розташовані на схилі північної експозиції байраку, відрізняються меншими величинами діелектричної проникності та більшими величинами питомого електричного опору, питомої електропровідності, мінералізації та солоності порівняно з чорноземами, розташованими на схилі південної експозиції. Величини діелектричної проникності можуть бути використані для

діагностування процесів ущільнення ґрунтів, зумовлених зміною структурно-агрегатного складу та проявом елювіально-ілювіального процесу внаслідок лесиважу в чорноземах лісових байрачних лісів степової зони України. Отримані дані свідчать про важливість дослідження електрофізичних показників ґрунтів із застосуванням різноманітних методів, оскільки їх результати можуть допомогти виявити дію як споріднених, так і відмінних процесів ґрунтогенезу.

Список використаних джерел

- Барановський Б. О., Жихарева А. В., Горбань В. А. Аналіз екофлористичного різноманіття родини Роасеае лісових біогеоценозів північного степового Придніпров'я. *Питання степового лісознавства та лісової рекультивациі земель*. 2022. Т. 51. С. 17–28. DOI: 10.15421/442202
- Бедернічек Т. Ю., Копій С. Л., Партика Т. В., Гамкало З. Г. Електропровідність, як експрес-індикатор йонної активності едафотопу лісових екосистем. *Біологічні системи*. 2009. № 1.1. С. 85–89.
- Білова Н. А., Яковенко В. М., Стрижак О. В. Мікроморфологія лісових ґрунтів степової зони України. *Біогеоценологічні дослідження лісів степової зони України*. Дніпро : Свідлер А. Л., 2016. С. 5–19.
- Божко К. М. Еколого-біологічна і ґрунтово-геоботанічна характеристика південного варіанта байрачних лісів південно-східної України. *Питання степового лісознавства та лісової рекультивациі земель*. Вип. 11. 2007. С. 75–89.
- Гамкало З. Г., Бедернічек Т. Ю., Партика Т. В., Партем Ю. П. Питома електропровідність водних суспензій ґрунту як експрес-критерій ґрунтової діагностики. *Біологічні системи*. 2012. № 4(1). С. 16–19.
- Горбань В. А. Фізичний стан ґрунтів як екологічний фактор. *Ґрунтознавство*. 2006. Т. 7, № 3/4. С. 102–111.
- Горбань В. А., Гуслистий А. О., Мандригеля М. В., Погрібняк В. О. Вплив лісової рослинності на діелектричну проникність та електрофізичні показники чорноземів. *Ґрунтознавство*. 2017. Т. 18, № 1/2. С. 38–45. DOI: 10.15421/041704
- Деттярьов Ю. В. Електропровідність водних суспензій чорноземів типових під різними фітоценозами. *Вісник ХНАУ ім. В. В. Докучаєва. Сер. «Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство»*. 2014. № 1. С. 42–48.
- Степанюк В. П. Фізичні властивості гірських порід: навч. посіб. Івано-Франківськ : Факел, 2002. 217 с.
- Яковенко В. М., Білова Н. А. Біогенне мікроструктурування лісових ґрунтів степової зони України. Дніпро : Середняк Т. К., 2018. 204 с.
- Corwin, D. L., & Yemoto, K. (2020). Salinity: Electrical conductivity and total dissolved solids. *Soil Science Society of America Journal*, 84(5), 1442–1461. DOI: 10.1002/saj2.20154
- Eckmeier, E., Gerlach, R., Gehrt, E., & Schmidt, M. W. I. (2007). Pedogenesis of Chernozems in Central Europe – A review. *Geoderma*, 139(3–4), 288–299. DOI: 10.1016/j.geoderma.2007.01.009
- Gao, L., Song, X., Li, X., Ma, J., Leng, P., Wang, W., & Zhu, X. (2024). An Enhanced Saline Soil Dielectric Constant Model Used for Remote Sensing Soil Moisture and Salinity Retrieval. *Remote Sensing*, 16(3), 452. DOI: 10.3390/rs16030452
- Kobza, J., Pálka, B. (2022). Black soils outside of the INBS criteria in Slovakia. *Polish Journal of Soil Science*, 55(2), 67–77. DOI: 10.17951/pjss/2022.55.2.67
- Lasota, J., Błońska, E., Łyszczarz, S., & Sadowy, A. (2019). Forest habitats and forest types on chernozems in south-eastern Poland. *Soil Science Annual*, 70(3), 234–243. DOI: 10.2478/ssa-2019-0021
- Ouhadi, V. R., & Goli, M. (2024). Pore Fluid Dielectric Constant Effect on Geotechnical and Geo-Environmental Properties of Smectite and Kaolinite. *Soil and Sediment Contamination*, 1–23. DOI: 10.1080/15320383.2024.2318380
- Pozdnyakov, A. I. (2008). Electrical parameters of soils and pedogenesis. *Eurasian Soil Science*, 41(10), 1050–1058. DOI: 10.1134/s1064229308100062
- Radu Gabriel, P. (2013). Investigation of soil properties and spatial distribution in relation with archaeological sites in Ruginoasa-Strunga Saddle, NE Romania. *SGEM International Multidisciplinary Scientific GeoConference EXPO Proceedings*. DOI: 10.5593/sgem2013/bc3/s13.012
- Strouhalová, B., Ertlen, D., Šefrna, L., Novák, T. J., Virágh, K., & Schwartz, D. (2019). Assessing the vegetation history of European chernozems through qualitative near infrared spectroscopy. *Quaternaire*, 30/3, 227–241. DOI: 10.4000/quaternaire.12101

FOREST VEGETATION INFLUENCE ON THE ELECTROPHYSICAL PROPERTIES OF CHERNOZEM RAVINE OF THE UKRAINIAN STEPPE ZONE

Gorban V. A.

Oles Honchar Dnipro National University

Bozhko K. M.

Dnipro State Technical University

The results of the study of the natural forest vegetation influence on the dielectric constant, specific electrical resistance, specific electrical conductivity, mineralization, and salinity of chernozems in the conditions of Viiskove ravine, located in the Dnipro district of the Dnipropetrovsk region, are given. It was found that forest chernozems, the genesis of which is connected with forest vegetation, are characterized by reduced values of the investigated electrophysical properties compared to ordinary chernozems under steppe vegetation. The peculiarities of the ravines' slopes lead to additional differentiation of soil properties, while the chernozems formed on the northern exposure slope are characterized by lower values of dielectric constant and higher values of specific electrical resistance, specific electrical conductivity, mineralization, and salinity compared to the chernozems formed on the southern exposure slope. It is proposed to use the dielectric constant as an additional diagnostic sign

of soil compaction, which is determined by the peculiarities of the structural-aggregate composition and the manifestation of the eluvial-illuvial process in the chernozems of the natural forest vegetation. When examining the characteristics of soils to resist or conduct an electric current by determining the specific electrical resistance using the method of soil pastes or specific electrical conductivity in a soil suspension, in our opinion, preference should be given to the first method, which made it possible to reveal more differences in the electrophysical properties of the studied chernozems compared to the second method. It is assumed that the values of the specific electrical resistance determined in the soil pastes and the specific electrical conductivity determined in the aqueous soil suspension are determined by the action of various factors, since these values are inverse to each other, and according to the results of research, unidirectional changes of these values were revealed. The results obtained during the research indicate the need for a comprehensive study of the electrophysical properties of soils using various methods that allow detecting the effect of both related and different processes of soil genesis.

Key words: dielectric constant, specific electrical resistance, specific electrical conductivity, mineralization, salinity, forest chernozem, ordinary chernozem.

REFERENCES

- Baranovsky, B. O., Zhikhareva, A. V., & Gorban, V. A. (2022). Analiz ekoflorystychnoho riznomanittia rodyny Roaseae lisovykh bioheotsenoziv pivnichnoho stepovoho Prydniprovya [Analysis of ecofloristic diversity of the Poaceae family of forest biogeocenoses of the northern steppe Prydniprovia]. *Pytannia stepovoho lisoznavstva ta lisovoi rekultyvatsii zemel* [Issues of steppe forestry and forest land reclamation], 51, 17-28. DOI: 10.15421/442202 [in Ukrainian].
- Bedernichek, T. Yu., Kopyi, S. L., Partyka, T. V., & Gamkalo, Z. G. (2009). Elektroprovodnist, yak ekspres-indikator yonnoi aktyvnosti edafotopu lisovykh ekosystem [Electrical conductivity as an express indicator of ionic activity of the edaphotope of forest ecosystems]. *Biologichni systemy* [Biological systems], 1.1, 85-89 [in Ukrainian].
- Bilova, N. A., Yakovenko, V. M., & Stryzhak, O. V. (2016). Mikromorfologhiia lisovykh hruntiv stepovoi zony Ukrainy [Micromorphology of forest soils of the steppe zone of Ukraine]. In *Bioheotsenologichni doslidzhennia lisiv stepovoi zony Ukrainy* [Biogeocenological studies of forests of the steppe zone of Ukraine] (pp. 5-19). Dnipro: Svidler A. L. [in Ukrainian].
- Bozhko, K. M. (2007). Ekologo-biologichna i gruntovo-heobotanichna kharakterystyka pivdennoho varianta bairachnykh lisiv pivdenno-skhidnoi Ukrainy [Ecological-biological and soil-geobotanical characteristics of the southern variant of the bairach forests of southeastern Ukraine]. *Pytannia stepovoho lisoznavstva ta lisovoi rekultyvatsii zemel* [Issues of steppe forestry and forest land reclamation], 11, 75-89 [in Ukrainian].
- Corwin, D. L., & Yemoto, K. (2020). Salinity: Electrical conductivity and total dissolved solids. *Soil Science Society of America Journal*, 84(5), 1442-1461. DOI: 10.1002/saj2.20154
- Degtyarev, Yu. V. (2014). Elektroprovodnist vodnykh suspenzii chornozemiv typovykh pid riznymi fitotsenozamy [Electrical conductivity of water suspensions of typical chernozems under different phytocenoses]. *Visnyk KhNAU im. V. V. Dokuchaieva. Ser. "Gruntoznavstvo, ahrokhimiia, zemlerobstvo, lisove hospodarstvo"* [Bulletin of KhNAU im. V. Dokuchaev. Ser. "Soil science, agrochemistry, agriculture, forestry."], 1, 42-48 [in Ukrainian].
- Eckmeier, E., Gerlach, R., Gehrt, E., & Schmidt, M. W. I. (2007). Pedogenesis of Chernozems in Central Europe – A review. *Geoderma*, 139(3-4), 288-299. DOI: 10.1016/j.geoderma.2007.01.009
- Gamkalo, Z. G., Bedernichek, T. Yu., Partyka, T. V., & Partem, Yu. P. (2012). Pytoma elektroprovodnist vodnykh suspenzii gruntu yak ekspres-kryterii gruntovoi diahnostyky [Specific electrical conductivity of aqueous soil suspensions as an express criterion for soil diagnostics]. *Biologichni systemy* [Biological systems], 4(1), 16-19 [in Ukrainian].
- Gao, L., Song, X., Li, X., Ma, J., Leng, P., Wang, W., & Zhu, X. (2024). An Enhanced Saline Soil Dielectric Constant Model Used for Remote Sensing Soil Moisture and Salinity Retrieval. *Remote Sensing*, 16(3), 452. DOI: 10.3390/rs16030452
- Gorban, V. A. (2006). Fizychnyi stan gruntiv yak ekolohichnyi faktor [Physical condition of soils as an ecological factor]. *Gruntoznavstvo* [Soil science], 7(3-4), 102-111 [in Ukrainian].
- Gorban, V. A., Huslistyj, A. O., Mandrygelia, M. V., & Pohribnyak, V. O. (2018). Vplyv lisovoi roslynnosti na dielektrychnu proniknist ta elektrofizychni pokaznyky chornozemiv [The influence of forest vegetation on the dielectric permeability and electrophysical parameters of chernozems]. *Gruntoznavstvo* [Soil science], 18(1-2), 38-45. DOI: 10.15421/041704 [in Ukrainian].
- Kobza, J., Pálka, B. (2022). Black soils outside of the INBS criteria in Slovakia. *Polish Journal of Soil Science*, 55(2), 67-77. DOI: 10.17951/pjss/2022.55.2.67
- Lasota, J., Błońska, E., Lyszczarz, S., & Sadowy, A. (2019). Forest habitats and forest types on chernozems in south-eastern Poland. *Soil Science Annual*, 70(3), 234-243. DOI: 10.2478/ssa-2019-0021
- Ouhadi, V. R., & Goli, M. (2024). Pore Fluid Dielectric Constant Effect on Geotechnical and Geo-Environmental Properties of Smectite and Kaolinite. *Soil and Sediment Contamination*, 1-23. DOI: 10.1080/15320383.2024.2318380
- Pozdnyakov, A. I. (2008). Electrical parameters of soils and pedogenesis. *Eurasian Soil Science*, 41(10), 1050-1058. DOI: 10.1134/s1064229308100062
- Radu Gabriel, P. (2013). Investigation of soil properties and spatial distribution in relation with archaeological sites in Ruginoasa-Strunga Saddle, NE Romania. *SGEM International Multidisciplinary Scientific GeoConference EXPO Proceedings*. DOI: 10.5593/sgem2013/bc3/s13.012
- Stepanyuk, V. P. (2002). *Fizychni vlastyvyosti hirskykh porid: navch. posib.* [Physical properties of rocks: academic. manual]. Ivano-Frankivsk: Fakel [in Ukrainian].
- Strouhalová, B., Ertlen, D., Šefrna, L., Novák, T. J., Virágh, K., & Schwartz, D. (2019). Assessing the vegetation history of european chernozems through qualitative near infrared spectroscopy. *Quaternaire*, 30/3, 227-241. DOI: 10.4000/quaternaire.12101
- Yakovenko, V. M., & Bilova, N. A. (2018). *Biohenne mikrostrukturoutvorennia lisovykh gruntiv stepovoi zony Ukrainy* [Biogenic microstructure formation of forest soils of the steppe zone of Ukraine]. Dnipro: Serednyak T. K. [in Ukrainian].