

УДК 631.618:633.2.031

Т. Ю. Бець, О. М. Баштанник

*Дніпропетровський державний аграрний університет*

## **ЕЛЕКТРИЧНА ПРОВІДНІСТЬ ТЕХНОЗЕМІВ ЯК ПОКАЗНИК ЕКОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ АГРОБІОГЕОЦЕНОЗУ**

Установлено, що електрична провідність дерново-літогенних ґрунтів на лесоподібних суглинках демонструє закономірну просторову мінливість, яка відповідає градієнтній просторовій структурі. За допомогою регресійного аналізу оцінено залежність між електропровідністю досліджуваних техноземів і деякими екологічними властивостями агробіогеоценозу. Агрегатний склад із фракціями 0,25–0,50, 1–2, 3–5 мм і проективне покриття трав'янистої рослинності – суттєві фактори, які впливають на розподіл електропровідності дерново-літогенних ґрунтів на лесоподібних суглинках.

Т. Ю. Бец, О. Н. Баштанник

*Днепропетровский государственный аграрный университет*

## **ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПРОВОДИМОСТЬ ТЕХНОЗЕМОВ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ АГРОБИОГЕОЦЕНОЗА**

Установлено, что электрическая проводимость дерново-литогенных почв на лессовидных суглинках демонстрирует закономерную пространственную изменчивость, которая соответствует градиентной пространственной структуре. С помощью регрессионного анализа оценена зависимость между электропроводностью исследуемых техноземов и некоторыми экологическими свойствами агробиогеоценоза. Агрегатный состав с фракциями 0,25–0,50, 1–2, 3–5 мм и проективное покрытие травянистой растительности – существенные факторы, влияющие на распределение электропроводности дерново-литогенных почв на лессовидных суглинках.

T. Y. Bets, O. M. Bashtannik

*Dnipropetrovsk State Agrarian University*

## **ELECTRIC CONDUCTIVITY OF TECHNOZEMS AS AN INDEX OF ECOLOGICAL PROPERTIES OF AGROBIOGEOCOENOSIS**

The electrical conductivity of sod-lithogenic soil on the loess-like loams shows logical spatial variability which conforms to the gradient spatial structure. By means of the regression analysis we assessed the relationship between electroconductivity of the technozems and some environmental properties of the agrobiogeocoenosis. Aggregate composition of the fractions of 0.25–0.50, 1–2, 3–5 mm and plants projective cover are essential factors that influence on the electroconductivity of sod-lithogenic soil on loess.

### **Вступ**

Важливі завдання сучасного ґрунтознавства – дослідження фізичних властивостей ґрунтів, таких як електрофізичні властивості, пошук нових методів дослідження, що дозволяють проводити облік усього комплексу факторів, які впливають на ріст і розвиток сільськогосподарських культур [8]. Ґрунти, перебуваючи як у постійному, так

і у перемінному електричному полі, проводять електричний струм. Ця властивість характеризується електричним опором або питомою електропровідністю. Електропровідність зумовлюється наявністю у середовищі, яке проводить струм, заряджених часток (електронів або іонів). Оскільки ґрунт являє собою дисперсне середовище з великою кількістю пор і капілярів, заповнених розчинами електролітів, він має в основному іонну провідність. Таким чином, від концентрації та рухливості іонів у ґрунті багато в чому залежить величина електропровідності [6; 7; 10].

Рухливість іонів у ґрунті, а отже, і електропровідність залежать від вологості, температури, загальної вологості (saturation percentage – SP) і щільності ґрунту ( $\rho_b$ ) [2; 5; 10]. Такі показники як SP та  $\rho_b$  безпосередньо залежать від вмісту глини та органічної речовини у ґрунті. Обмінна поверхня на глині та органічна речовина забезпечують рідкофазний шлях електричного струму переважно через обмінні катіони, отже, тип глини та її склад, катіонну обмінну здатність і органічну речовину слід розглядати як додаткові фактори, що впливають на електричну провідність ґрунту (soil electrical conductivity – ECa). Кількісні оцінки ECa повинні бути інтерпретовані з урахуванням зазначених діючих факторів.

Оскільки електрична провідність ґрунтів може бути легко використана в сільському господарстві для вимірювання засоленості ґрунтів, застосування ECa використано для встановлення просторової варіабельності деяких фізико-хімічних властивостей, які впливають на цей показник [16]. Геопросторове вимірювання ECa зручне для характеристики просторової мінливості з багатьох причин. Ця ознака надійна, легко та швидко вимірюється. Обладнання для проведення вимірювань ECa не громіздке, має доступну ціну. Важливо, що ECa чутлива до впливу багатьох ґрунтових факторів, завдяки чому просторова мінливість цих властивостей може бути охарактеризована з використанням електричної провідності [15].

Едафічні властивості впливають на ECa, тому просторовий розподіл цього показника в межах поля забезпечує потенційну можливість картування просторової мінливості едафічних властивостей, ґрунтуючись на відборі ґрунтових проб, місце відбору яких визначається за ECa. [11]. У випадку, коли ECa корелює з певною ґрунтовою властивістю, електрична провідність допоможе оптимізувати процедуру збирання зразків, що дозволить установити просторовий розподіл цієї властивості, а також мінімальну кількість і місця для відбирання проб для характеристики мінливості. Якщо ECa корелює з урожайністю, така система відбирання зразків може бути використана для ідентифікації ґрунтових властивостей, які впливають на мінливість урожайності [12].

Мета даної роботи – встановити просторовий розподіл електричної провідності техноземів і виявити зв'язок між електричною провідністю та деякими екологічними властивостями агробіогеоценозу (фітомасою, проективним покриттям трав'янистої рослинності, твердістю, агрегатним складом, вмістом гумусу, мінералізацією,  $pH$ ) техноземів на прикладі дерново-літогенних ґрунтів на лесоподібних суглинках.

### Матеріал і методи досліджень

Дослідження проводили на науково-дослідному стаціонарі Дніпропетровського державного аграрного університету (м. Орджонікідзе). Експериментальну ділянку для визначення оптимальних режимів рекультивациі створено у 1968–1970 роках. Відбір проб проведено з регулярною сіткою пробної ділянки на варіанті техноземів, сформованих і лесоподібних суглинках. Сітка складається з 8 трансект, розташованих у напрямку із заходу на схід. Трансекти мають інтервал 1,5 м. Кожна трансекта включає

20 проб з інтервалом відбору 1,5 м. Таким чином, у межах експериментальної ділянки зібрано 160 проб. Вимірювали електричну провідність ґрунту за допомогою сенсора HI 76305 (Hanna Instruments, Woodsocket, RI) у межах кожної клітини у триразовій повторності. Облік рослинності та фітомаси проводили у червні 2010 року в межах квадратів 0,5 × 0,5 м. Рослини зрізали під корінь у середині дня, між сходом ранкової роси та початком утворення вечірньої, зв'язували у снопи та надсилали до лабораторії, де їх зважували [9]. Рослини визначали до виду, а також оцінювали за кількістю пагонів. У кожній клітині полігону визначали загальне проективне покриття травостою за візуальною шкалою із градаціями 0, 10, ..., 90, 100 % [4].

Твердість ґрунтів вимірювали у польових умовах за допомогою ручного пенетрометра Eijkelkamp на глибину 50 см з інтервалом 5 см. Середня погрішність результатів приладу складає 8 %. Вимірювання проводили конусом із розміром поперечного перерізу 1 см<sup>2</sup>. У межах кожної клітини вимірювали твердість ґрунту одноразово. Агрегатну структуру ґрунту визначали за допомогою сухого просіювання в системі сит [3]. Установлено співвідношення ваги (% від сумарної кількості) таких фракцій як агрегати розміром менше 0,25, 0,25–0,50, 0,50–1, 1–3, 3–5, 5–7, 7–10 і понад 10 мм. Інші характеристики визначали за загальноприйнятими методиками [1].

### Результати та їх обговорення

Середнє значення електропровідності ґрунту у межах експериментальної ділянки перебуває на рівні  $1,48 \pm 0,25$  дС/м. Асиметрія та ексцес розподілу незначні, що характерно для нормального розподілу, рівномірний розподіл значень описує 83 % даних. Відповідність розподілу нормальному закону підтверджується статистикою Колмогорова – Смирнова ( $d = 0,09, p < 0,05$ ).

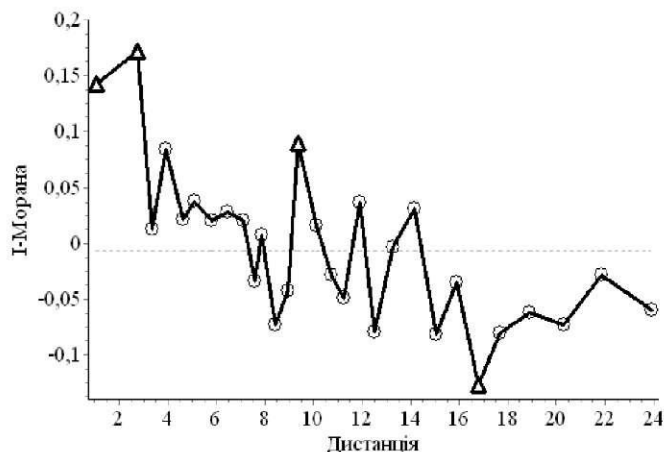
Геостатистичні параметри дозволяють оцінити внесок просторових факторів у мінливість електричної провідності ґрунту. Нагет-ефект вказує на значимість непросторової компоненти мінливості ознаки, цей показник для досліджуваних ґрунтів складає 0,04. Спільний облік часткового порогу (просторової компоненти мінливості) та нагет-ефекту дозволяє оцінити рівень просторової залежності (показник SDL, або просторове відношення). Цей показник змінюється від 0 до 100 %. У разі сильної просторової залежності просторове відношення перебуває в межах 0–25 %. Якщо просторове відношення має межі 25–75 %, залежність змінної помірна; перевищує 75 % – змінна розглядається як слабо просторово залежна [12]. На підставі одержаних даних можна зробити висновок, що просторова мінливість електричної провідності дерново-літогенних ґрунтів на лесоподібних суглинках близька до помірної просторової залежності (65,6 %).

Радіус впливу свідчить про масштаб просторового взаємозв'язку досліджуваної змінної. Ця геостатистика для досліджуваних ґрунтів складає 5,6 м.

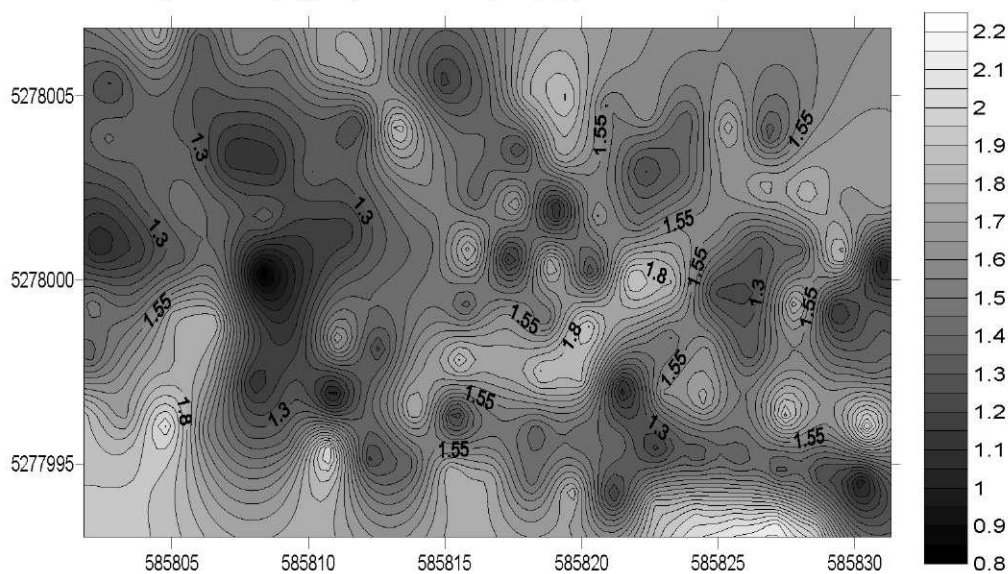
На просторову залежність перемінної вказує також індекс Морана. Цей показник – коефіцієнт кореляції між значенням ознаки в даній точці простору та усередненим значенням цієї ознаки в сусідньому оточенні даної точки. Тотальна *I*-статистика Морана також підтверджує просторову зумовленість мінливості електричної провідності ґрунту (*I*-Морана = 0,14,  $p = 0,05$ ). Корелограма за допомогою *I*-статистики Морана дозволяє виявити просторову структуру процесу (рис. 1).

Аналіз корелограми Морана зручно поєднувати з вивченням карти просторової мінливості ознаки (рис. 2). Структура корелограми Морана для дерново-літогенних ґрунтів на лесоподібних суглинках відповідає градієнтній просторовій структурі [13]. На карті мінливості електричної провідності спостерігаються зони з підвищеним рівнем цієї

ознаки з градієнтним переходом у зони низької електропровідності. Середні розміри ділянок з однорідним значенням ознаки відповідають 4–5 м, нижня межа наведеної оцінки близька до значення радіуса впливу для варіограми та значення максимальної дистанції корелограми, за якої спостерігається вірогідна автокореляція.



**Рис. 1. Корелограма Морана електропровідності для дерново-літогенних ґрунтів на лесоподібних суглинках:** трикутники – статистично достовірні (з урахуванням корекції Бонферроні) індекси Морана, кружечки – невірні індекси



**Рис. 2. Просторова мінливість електропровідності дерново-літогенних ґрунтів на лесоподібних суглинках**

Для оцінки зв'язку між електричною провідністю техноземів та екологічними властивостями біогеоценозу (фітомасою, проективним покриттям, твердістю, агрегатним складом, гумусом, мінералізацією,  $pH$ ) застосовано метод множинної регресії, який полягає в аналізі зв'язку між декількома незалежними змінними (називаними також регресорами або предикторами) і залежною змінною. У результаті аналізу встановлено, що в цілому досліджувана модель статистично значима. Враховані в моделі факторні ознаки пояснюють результативну ознаку на 53 %, непояснена решта може

бути пов'язана із впливом інших неврахованих факторів, таких як вологість, температура, щільність техноземів. Розглянемо стандартизовані коефіцієнти регресії для визначення, яка з незалежних перемінних робить максимальний внесок у прогнозування просторового розподілу електричної провідності дерново-літогенних ґрунтів на лесоподібних суглинках (табл.).

Таблиця

Параметри стандартної моделі множинної регресії електричної провідності дерново-літогенних ґрунтів на лесоподібних суглинках

Параметр		$b_i$	$p$
Фітомаса, г/м <sup>2</sup>		-0,00	0,42
І проєктивне покриття, %		0,00	0,00
Твердість, МПа	0-5 см	-0,11	0,19
	5-10 см	0,06	0,31
	10-15 см	-0,02	0,50
	15-20 см	-0,00	0,94
	20-25 см	0,02	0,37
	25-30 см	0,02	0,29
	30-35 см	-0,02	0,45
	35-40 см	0,03	0,15
	40-45 см	-0,04	0,06
Фракція, %	45-50 см	-0,03	0,12
	>10 мм	0,02	0,06
	10-7 мм	0,02	0,23
	7-5 мм	-0,03	0,27
	5-3 мм	0,05	0,00
	3-2 мм	0,02	0,15
	2-1 мм	0,03	0,03
	1-0,5 мм	-0,02	0,47
	0,5-0,25 мм	0,07	0,02
<0,25 мм	-0,02	0,45	
Гумус, %		-0,23	0,14
$pH$		0,25	0,31
$Cl$		1,56	0,95
$SO_4^{-2}$		16,29	0,62
$Ca^{-2}$		92,04	0,08
$Mg^{-2}$		100,57	0,24
$HCO_3$		-25,33	0,44
$K^+ Na^+$		46,80	0,33
Сума іонів		-32,74	0,25
Сухий залишок		10,10	0,40

Примітки:  $b_i$  – параметри моделі;  $p$  – достовірність визначення коефіцієнта.

Множинний регресійний аналіз показав, що проєктивне покриття трав'янистої рослинності – статистично значимий предиктор розподілу електричної провідності для дерново-літогенних ґрунтів на лесоподібних суглинках. Даний показник багатства фітоценозу безпосередньо залежить від умісту органічних речовин у ґрунті, тому ці речовини можна розглядати як фактори, які впливають на ЕСа. Мінливість агрегатного складу фракцій 0,25–0,50, 1–2, 3–5 мм – також суттєвий фактор, який впливає на розподіл електричної провідності досліджуваних техноземів, тому ЕСа може бути легко використана для оперативного визначення агрономічно цінної фракції техноземів.

## Висновки

1. Електрична провідність дерново-літогенних ґрунтів на лесоподібних суглинках демонструє закономірну просторову мінливість, яка відповідає градієнтній просторовій структурі.

2. Просторова мінливість електропровідності ґрунтів для дослідженого типу техноземів близька до помірної просторової залежності.

3. Статистично значимі предиктори розподілу електричної провідності досліджуваних техноземів – проєктивне покриття травостою та агрегати з фракціями 0,25–0,50, 1–2, 3–5 мм.

## Бібліографічні посилання

1. Бекаревич Н. Е. Породы надрудной толщи и их агробиологическая оценка // О рекультивации земель в степи Украины. – Д. : Промінь, 1971. – С. 20–37.
2. Вадюнина А. Ф. К оценке электропроводности как метода определения влажности почв // Почвоведение. – 1977. – № 3. – С. 391–404.
3. Вадюнина А. Ф. Методы исследования физических свойств почв / А. Ф. Вадюнина, З. А. Корчагина. – М. : Агропромиздат, 1986. – 416 с.
4. Воронов А. Г. Геоботаника. – М. : Высшая школа, 1973. – 384 с.
5. Долгов С. И. О соотношении между электропроводностью почвы и содержанием в ней воды // Тр. Всесоюзного НИИ агропочвоведения. – 1937. – Вып. 13. Физика почв. – С. 47–74.
6. Лыткин И. И. Закономерности статистической и динамической сорбции катионов и анионов торфяными почвами. Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. – М. : МГУ, 1982. – 24 с.
7. Нерпин С. В. Физика почв / С. В. Нерпин, А. Ф. Чудновский. – М. : Наука, 1967. – 583 с.
8. Поздняков А. И. Электрофизические свойства некоторых почв / А. И. Поздняков, Ч. Г. Гюльальев. – Москва – Баку : Адильоглы, 2004. – 240 с.
9. Родин Л. Е. Методические указания к изучению динамики и биологического круговорота в фитоценозах / Л. Е. Родин, Н. П. Ремезов, Н. И. Базилевич. – Л., 1968. – 145 с.
10. Савич В. И. Подвижность катионов в почве в зависимости от влажности, температуры // Изв. ТСХА. – 1920. – Вып. 5. – С. 110–120.
11. Corwin D. L. Apparent soil electrical conductivity measurements in agriculture / D. L. Corwin, S. M. Lesch // Comp. Electron. Agric. – 2005. – Vol. 46. – P. 11–43.
12. Field scale variability of soil properties in central Iowa soils / C. A. Cambardella, T. B. Moorman, J. M. Novak et al. // Soil Science Soc. Am. – 1994. – Vol. 58. – P. 1501–1511.
13. Identifying soil properties that influence cotton yield using soil sampling directed by apparent soil electrical conductivity / D. L. Corwin, S. M. Lesch, P. J. Shouse et al. // Agron. J. – 2003. – Vol. 95. N 2. – P. 352–364.
14. Legendre P. Spatial pattern and ecological analysis / P. Legendre, M. J. Fortin // Vegetatio. – 1989. – Vol. 80. – P. 107–138.
15. Pennisi B. V. 3 ways to measure medium EC / B. V. Pennisi, M. van Iersel // GMPro. – 2002. – Vol. 22, N 1. – P. 46–48.
16. Soil electrical conductivity and soil salinity: New formulations and calibrations / J. D. Rhoades, N. A. Manteghi, P. J. Shouse, W. J. Alves // Soil Sci. Soc. Am. J. – 1989. – Vol. 53. – P. 433–439.

Надійшло до редакції 28.09.2011