




Agriculture.
Plant growingBULLETIN OF POLTAVA
STATE AGRARIAN
ACADEMYISSN: 2415-3354 (Print)
2415-3362 (Online)<https://journals.pdaa.edu.ua/visnyk>

original article | UDC 631.4:311 | doi: 10.31210/visnyk2022.02.02

EVALUATION OF SPATIAL VARIABILITY OF FERTILITY INDICATORS OF CHERNOZEM SOILS BY GEOSTATISTICAL METHODS

A. Polevoy¹O. Mikityuk²L. Bozhko¹E. Barsukova¹ORCID  [0000-0002-0049-7024](https://orcid.org/0000-0002-0049-7024)ORCID  [0000-0002-0141-8586](https://orcid.org/0000-0002-0141-8586)ORCID  [0000-0002-1485-4707](https://orcid.org/0000-0002-1485-4707)ORCID  [0000-0002-9054-142X](https://orcid.org/0000-0002-9054-142X)¹ Odessa State Environmental University, Lvivska str 15, Odessa, 65016, Ukraine² Institute for the Development of Territorial Communities, Lutheran St. 21/12, Kyiv, 01024, Ukraine

*Corresponding author

E-mail: lena5933@ukr.net

How to Cite

Polyovyi, A., Mikityuk, O., Bozhko, L., & Barsukova, O. (2022). Evaluation of spatial variability of fertility indicators of chernozem soils by geostatistical methods. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, (2), 21–29. doi: 10.31210/visnyk2022.02.02

The regularities of spatial variability of agrochemical and physical properties of chernozem soils (the content of humus, easily hydrolysable nitrogen, mobile forms of phosphorus, exchangeable forms of potassium, acidity, carbon content, bulk density and content of physical clay) in the east of Ukraine (project area "Dontsovka" (SP SVF "Agro", department "Dontsovka", Novopskovskiy district, Luhansk region). With the help of simple kriging, maps of the spatial distribution of agrochemical and physical indicators of soil fertility were built. It has been established that the most variable of all the agrochemical characteristics of the soil are the content of mobile forms of phosphorus and exchangeable forms of potassium. The coefficients of variation are 23.90 and 16.58 %, respectively, which is characterized as the average variability of the trait. The maps of the spatial distribution of these indicators are characterized by large spotting. Weak variability (less than 10 %) is typical for the content of humus and carbon in the soil. Most of the territory is occupied by fields with high and high humus content. The content of easily hydrolysable nitrogen in the soil and soil acidity are characterized by the weakest variation among the agrochemical indicators of the state of the soil. The spatial distribution of fields according to the content of readily hydrolysable nitrogen in the soil is similar to the distribution of fields according to the content of humus in the soil. The spatial distribution of soil acidity is fairly uniform. The physical characteristics of soil properties are also characterized by weak variation. Correlation analysis showed that the content of humus in the arable layer of the soil has a good positive relationship with the content of readily hydrolysable nitrogen in the soil (0.579), the amount of mobile forms of phosphorus in the soil (0.394), the amount of exchangeable potassium (0.471), the amount of carbon in the soil (0.9) and has an inverse relationship with the soil density (-0.649).

Key words: soil, humus, nitrogen, phosphorus, potassium, acidity, carbon, fraction of physical clay, bulk density.

ОЦІНКА ПРОСТОРОВОЇ МІНЛИВОСТІ ПОКАЗНИКІВ РОДЮЧОСТІ ЧОРНОЗЕМНИХ ҐРУНТІВ ГЕОСТАТИСТИЧНИМИ МЕТОДАМИ

*А. М. Польовий*¹, *О. Ю. Микитюк*², *Л. Ю. Божко*¹, *О. А. Барсукова*¹

¹ Одеський державний екологічний університет, м. Одеса, Україна

² Інститут розвитку територіальних громад, м. Київ, Україна

Розглядаються закономірності просторової мінливості агрохімічних і фізичних властивостей чорноземних ґрунтів (вміст у орному шарі ґрунту: гумусу, легко гідролізованого азоту, рухомих форм фосфору, обмінних форм калію, кислотності, вміст вуглецю, щільність складання та вміст фізичної глини) на Сході України (проектна ділянка «Донцівка» (ВП СВФ «Агро», відділення «Донцівка» Новоковського району Луганської області). За допомогою простого кригінгу побудовані картосхеми просторового розподілу агрохімічних і фізичних показників родючості ґрунту. Встановлено, що найбільш мінливими з усіх агрохімічних характеристик ґрунту є показники утримання рухомих форм фосфору та обмінних форм калію. Коефіцієнти варіації становлять відповідно 23,90 і 16,58 %, що характеризується середньою мінливістю ознаки. Картосхеми просторового розподілу цих показників характеризуються великою плямистістю. Слабка мінливість (менше 10 %) притаманна вмісту гумусу і вуглецю у ґрунті. Більшу частину території займають поля з підвищеним та високим вмістом гумусу. Найбільш слабкою варіацією серед агрохімічних показників стану ґрунту характеризуються вміст легкогідролізованого азоту у ґрунті та кислотність ґрунту. Просторовий розподіл полів за вмістом легкогідролізованого азоту у ґрунті схожий на розміщення полів за вмістом гумусу у ґрунті. Просторовий розподіл кислотності ґрунтів досить однорідний. Фізичні характеристики властивостей ґрунтів також мають слабку варіацію. Кореляційний аналіз показав, що вміст гумусу в орному шарі ґрунту має хороший позитивний зв'язок із вмістом легкогідролізованого азоту у ґрунті (0,579), кількістю рухомих форм фосфору у ґрунті (0,394), кількістю обмінного калію (0,471), кількістю вуглецю у ґрунті (0,993) та зворотний зв'язок із щільністю складання ґрунту (-0,649).

Ключові слова: ґрунт, гумус, азот, фосфор, калій, кислотність, вуглець, фракція фізичної глини, щільність складання.

Вступ

Просторова мінливість властивостей ґрунту є невід'ємною частиною природи ґрунтів через геологічні та ґрунтові фактори ґрунтоутворення, обробки ґрунтів, загального рівня культури землеробства, агротехніки вирощування конкретних культурних рослин. Управління продукційним процесом сільськогосподарських культур є неможливим без оцінки просторово-часової мінливості показників, що характеризують родючість ґрунту.

Застосування геостатистичних методів дає змогу оцінити просторову неоднорідність родючості конкретних полів [4, 5, 14]. Урахування просторової неоднорідності родючості конкретних полів, внутрішньопольної варіабельності є основою сучасної технології точного землеробства [15].

Аналітичний огляд поглядів на методологію застосування геостатистичного підходу, що використовується при характеристиці неоднорідності ґрунтового покриву та варіабельності властивостей ґрунтів представлений у [10]. У роботі [9] в інтерактивній формі представлені сучасні уявлення про теорію та методи геостатистики та їх застосування у ґрунтознавстві та екології для вирішення актуальних екологічних та агроекологічних проблем. Роль геостатистичного аналізу у вивченні варіабельності властивостей ґрунтів проаналізовано в роботі [5]. Просторова варіабельність агрохімічних властивостей чорноземів південних розглядається у роботі [11]. У розвідці Пічура В. І. [8] виконані дослідження змін агрохімічних властивостей ґрунтів на зрошуваних та богарних землях сухого степу (на прикладі Херсонської області України). Вивчалася [9] також просторова мінливість агрохімічних властивостей агросірих ґрунтів та засміченість посівів на прикладі одного типового угіддя Брянського опілля. У роботі Васенева Е. Г. [2] досліджено агроекологічні особливості просторового варіювання вмісту доступних форм основних елементів живлення в лісостепових чорноземах західної частині Центрально-Чорноземного регіону Росії.

СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО. РОСЛИННИЦТВО

Метою роботи є оцінка просторової мінливості характеристик фізико-агрохімічного стану чорноземних ґрунтів на проєктній ділянці Донцовка (всього 45 полів) Новопокровського району Луганської області.

Об'єктом досліджень є чорноземні ґрунти Луганської області, зокрема, проєктної ділянки «Донцівка» (ВП СВФ «Агро», відділення «Донцівка» Новопокровського району Луганської області, розташованої в північно-східній частині Луганської області (між $(49,54^\circ$ и $49,64^\circ$ північної широти та $39,26^\circ$ і $39,36^\circ$ східної довготи).

Матеріали і методи досліджень

Дослідження виконане на основі результатів проєкту «Посилення економічних та правових інструментів для збереження степового біорізноманіття, адаптації до зміни клімату та його пом'якшення (Степове біорізноманіття)». Розділ «Проведення дослідження з динаміки вмісту гумусу в орних сільськогосподарських землях Луганської області для підготовки вуглецевого проєкту щодо зміни землекористування на деградованих сільськогосподарських землях Луганської області». Дані отримані від сертифікованої лабораторії системи Контролю родючості ґрунтів у Луганській області. Визначення вмісту гумусу у ґрунті виконувалось згідно з затвердженою методикою [4].

Досліджувалась мінливість характеристик фізичного та агрохімічного стану чорноземних ґрунтів (вміст у орному шарі гумусу, легкогідролізуємого азоту, рухомих форм фосфору, обмінних форм калію, вміст часток менше 0,01 мм, кислотності, щільності складання ґрунту, вміст вуглецю) на проєктній ділянці «Донцівка» (Всього 45 полів). Розрахунки та статистична обробка виконувалась із використанням програми STATISTICA 8.0. Геостатистичний аналіз проводили за допомогою пакета Surfer 11.

Результати дослідження та їх обговорення

ґрунтовий покрив району досліджень характеризується переважно чорноземами звичайними середньопотужними середньогумусними на лесах і лесоподібних породах та частково чорноземами звичайними малопотужними малогумусними на лісоподібних породах. Мінливість агрохімічних та фізичних властивостей ґрунту на полях відбувається під впливом як природних факторів, так і прийнятої у регіоні системи землеробства.

Середній вміст гумусу у ґрунті ділянки «Донцівка» підвищений (табл. 1) і становить 3,82 % та коливається від 3,00 до 4,45 %. Коефіцієнт варіації (9,44 %) характеризує слабку варіацію цієї характеристики. Спостерігається лівостороння асиметрія. Причому поля із вмістом гумусу 3,0–3,30 становлять 8 % від загальної кількості полів.

Вони розташовані (рис. 1а) у центральній дещо зміщеній на захід частині ділянки. Більшу частину території займають поля з підвищеним вмістом гумусу (3,30–3,90 %). Крайню західну та східну частини займають поля з високим вмістом гумусу у ґрунті, сумарно вони складають до 33 % від загальної площі ділянки.

Мінливість вмісту легкогідролізованого азоту в орному шарі ґрунту слабка, коефіцієнт варіації становить 8,90 %, що менше 10 % (табл. 1).

Середнє значення становить 111,38 мг/кг ґрунту (за Корнфілдом), за зміни від мінімального значення 93,0 мг/кг до максимального 130 мг/кг. Спостерігається правостороння асиметрія та від'ємне значення ексцесу. Поля з дуже низьким вмістом легкогідролізуємого азоту (менше 100 мг/кг) становлять 20,0 % від загальної кількості полів. Вони розташовані невеликими ділянками (рис. 1б) у південно-західній, та, частково, південно-центральної частині ділянки. На залишковій частині ділянки розміщуються поля з вмістом легкогідролізуємого азоту в орному шарі ґрунту 100–130 мг/кг.

Вміст рухомих форм фосфору є найбільш мінливим з усіх агрохімічних характеристик ґрунту (табл. 1 та рис. 1в). Коефіцієнт варіації становить 23,91 %, що характеризується як середня мінливість ознаки (11–25 %). Середнє значення становить 64,93 мг/кг ґрунту, діапазон змін – 63 мг/кг за мінімальної величини 36,0 та максимальної 99 мг/кг ґрунту. У розподілі полів спостерігається правостороння асиметрія та значний від'ємний ексцес. Просторовий розподіл показника характеризується великою плямистістю. Низькі (30–50 мг/кг) значення рухомих форм фосфору розміщуються переважно у північній, західній та південно-центральної частині ділянки і становлять

СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО. РОСЛИНИЦТВО

22,0 % від усіх полів. У центральній та південно-західній частинах знаходяться поля проектної ділянки зі вмістом 51–100 мг/кг рухомих форм фосфору в орному шарі ґрунту.

1. Статистичні параметри агрохімічних і фізичних характеристик ґрунтів проектної ділянки «Донцівка»

Показники	Вміст в орному шарі ґрунту							
	гумуса, %	легкогідролізованого азоту, мг/кг	рухомих форм фосфору, мг/кг	обмінних форм калію, мг/кг	вуглецю, т/га	кислотність, рН	щільність складання ґрунту, г/см ³	вміст часток менше 0,01мм, %
Число випадків	45	45	45	45	45	45	45	45
Середнє	3,82	111,38	64,93	101,51	53,71	8,14	1,21	63,92
Стандартна похибка середньої	0,06	1,48	2,31	2,51	0,75	0,04	0,0009	0,28
Медіана	3,90	111,00	63,00	99,00	54,46	8,20	1,21	63,80
Мода	3,90	105,00	62,00	99,00	54,74	8,30	1,21	61,20
Стандартне відхилення	0,36	9,91	15,53	16,83	5,02	0,29	0,006	1,89
Коефіцієнт варіації, %	9,44	8,90	23,91	16,58	9,35	3,54	0,48	2,96
Асиметрія	-0,27	-0,08	0,14	0,793	-0,22	-0,82	-0,24	0,36
Стандартна похибка асиметрії	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Екссес	-0,64	-1,01	-0,54	0,46	-0,64	0,33	-0,71	-0,97
Стандартна похибка екссесу	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
Діапазон	1,45	37,00	63,00	75,00	20,35	1,30	0,02	6,60
Мінімум	3,00	93,00	36,00	76,00	42,11	7,40	1,20	61,20
Максимум	4,45	130,00	99,00	151,00	62,46	8,70	1,22	67,80

Найбільш близькою за природно-кліматичними умовами до об'єкта нашого дослідження є фундаментальна робота Пічура В. І., [8], присвячена просторово-часовій трансформації агрохімічного стану ґрунтів у зоні сухого степу (Херсонська область). Функція розподілу вмісту гумусу у ґрунті за показниками асиметрії та екссесу подібна до отриманої в нашому дослідженні (табл. 1) (асиметрія лівостороння і дорівнює -1,08, екссес позитивний і становить 0,61). При значно нижчій середній порівняно з цим показником, що наводиться у нашій роботі (табл. 1), величині вмісту гумусу у ґрунті (2,40 %), його варіація відзначається як значна (28,75 %), що практично втричі вище за отриманий нами коефіцієнт варіації вмісту гумусу на ділянці «Донцівка». Спостерігається дуже висока (27,01 %) порівняно з нашими результатами варіація вмісту нітрифікаційного азоту більш ніж втричі. Водночас відзначається майже однакова (24,02 %) порівняно з нашими даними (табл. 1) варіація вмісту рухомих форм фосфору. Коефіцієнти варіації вмісту обмінного калію більші, ніж удвічі за абсолютним значенням (36,23 % у роботі [8] та 16,58 % за нашими даними (табл. 1).

Варіація вмісту обмінних форм калію (табл. 1, рис. 1г) характеризується середньою варіацією. Коефіцієнт варіації менший, ніж для рухомих форм фосфору і становить 16,58 %. Діапазон зміни ознаки становить 75 мг/кг. При цьому мінімальний вміст рухомих форм калію дорівнює 76 мг/кг, а максимальний – 151 мг/кг, середнє значення становить 101,51 мг/кг. У розподілі полів спостерігається правостороння асиметрія та позитивний екссес. Емпіричний розподіл відмінно від

СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО. РОСЛИННИЦТВО

нормального, оскільки значення показника асиметрії перевищує свою помилку репрезентативності більше ніж удвічі. Так само, як і для рухомих форм фосфору, просторовий розподіл показника характеризується великою плямистістю. Низькі (менше 100 мг/кг) значення рухомих форм калію розміщуються переважно у центральній та західно-центральної частини ділянки і становлять 53,3 % від усіх полів. Північна, східна та крайня західна частини характеризуються середнім (101–151 мг/кг) вмістом рухомих форм калію в орному шарі ґрунту.

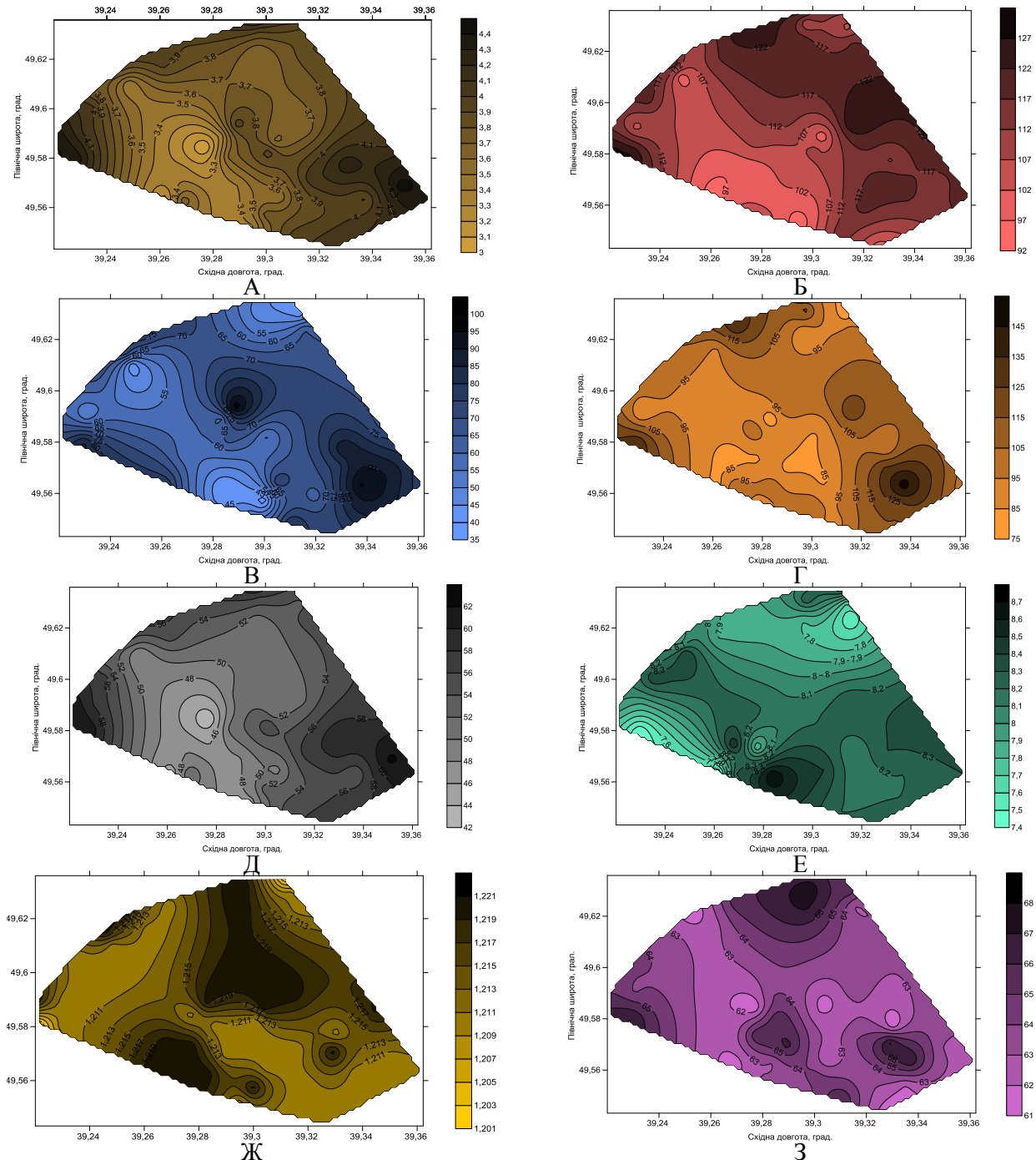


Рис. 1. Картограма утримання в орному шарі ґрунту:

А – гумусу (%), Б – легкогідролізованого азоту (мгN/кг), В – рухомих форм фосфору (мгP₂O₅/кг), Г – обмінних форм калію (мгK₂O/кг), Д – вмісту вуглецю (тС/га), Е – кислотності (рН), Ж – щільності складання ґрунту (г/см³), З – вміст часток менше 0,01 мм (%). Проектна ділянка «Донцівка» (ВП СВФ «Агро», відділення «Донцівка») Новопсковського району Луганської області

СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО. РОСЛИННИЦТВО

Варто зазначити, що просторовий розподіл вмісту вуглецю у орному шарі ґрунту аналогічний розподілу вмісту гумусу. Середній вміст вуглецю в орному шарі ґрунту ділянки «Донцівка» (табл. 1, рис. 1д) становить 53,71 т/га (або 93,45 т/га гумусу). Діапазон зміни показника дорівнює 20,35 т/га. Значення вмісту вуглецю змінюється від 42,11 до 62,46 т/га. Варіація показника характеризується як слабка (коефіцієнт варіації дорівнює 9,35 %). Для розподілу характерна лівостороння асиметрія. Частина території (27,0 %) займають поля із середнім вмістом вуглецю (46,0–50,0 т/га) та на більшій частині території (73,0 % полів), особливо у центральній та південній частині ділянки, зосереджені площі з високим вмістом вуглецю (51,0–62,0 т/га).

Реакція ґрунтового розчину сприятлива для вирощування сільськогосподарських культур. Кислотність орного шару ґрунту ділянки «Донцівка» (табл. 1, рис. 1е) є однією з найменших мінливостей ознак (коефіцієнт варіації становить 3,54 %). Середнє значення кислотності орного шару ґрунту дорівнює 8,14 і характеризується як середньо лужний ґрунт. Її значення варіює від 7,4 до 8,7. У розподілі полів спостерігається лівостороння асиметрія та незначний позитивний ексцес. Просторовий розподіл кислотності ґрунтів досить однорідний: близькі до нейтральних ґрунтів становлять 6,7 % полів, слаболужні –20,0 %, середньолужні – 55,6 %. Сильнолужні ґрунти розташовані в південній частині ділянки і становлять 3,2 % полів.

Щільність ґрунту є оптимальною для сільськогосподарських культур та найменш мінливою ознакою (табл. 1, рис. 1ж), коефіцієнт варіації щільності дорівнює 0,48 %. За умови середнього значення 1,21 г/см³ він змінюється від 1,20 до 1,22 г/см³. Спостерігається правостороння асиметрія та значний від'ємний ексцес. Просторовий розподіл полів за показником щільності ґрунту характеризується найбільшими значеннями ознаки в центральній та північній частинах ділянки та, частково, на південно-західній частині.

Вміст гранулометричної фракції фізичної глини (частинок менше 0,01 мм) у ґрунті становить 63,92 % (табл. 1, рис. 1з). Відзначається незначна варіація цієї характеристики (коефіцієнт варіації дорівнює 2,96 %). Діапазон значень дорівнює 6,60 %. Спостерігається значна правостороння асиметрія та дуже значний від'ємний ексцес. Територія ділянки «Донцівка» характеризується легко глинистими ґрунтами.

Встановлено кореляційні зв'язки між агрохімічними та фізичними показниками властивостей ґрунту (табл. 2).

2. Матриця коефіцієнтів кореляції агрохімічних та фізичних показників властивостей ґрунту проєктної ділянки «Донцівка»

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈
X ₁	1,0	0,611**	0,394**	0,471**	0,989**	-0,179	-0,312*	0,211
X ₂		1,0	0,389**	0,489**	0,601**	-0,303*	-0,193*	0,414**
X ₃			1,0	0,513*	0,344*	-0,252	-0,086	-0,101
X ₄				1,0	0,468**	-0,106	-0,100	0,271
X ₅					1,0	-0,171	-0,289	0,213
X ₆						1,0	0,126	-0,256
X ₇							1,0	-0,040
X ₈								1,0

Примітки: x₁ – гумус; x₂ – легкогідролізований азот; x₃ – рухливі форми фосфору; x₄ – обмінний калій; x₅ – вуглець; x₆ – кислотність; x₇ – щільність складання ґрунту; x₈ – вміст часток менше 0,01 мм. Знак ** показує, що коефіцієнт кореляції значущий – 0,01% рівня значимості. Знак * показує, що коефіцієнт кореляції значущий – 0,05% рівня значимості.

Як видно з даних табл. 2, вміст гумусу в орному шарі ґрунту (x₁) має хороший позитивний зв'язок із вмістом легкогідролізованого азоту (x₂) у ґрунті (0,579), кількістю рухомих форм фосфору (x₃) у ґрунті (0,394), кількістю обмінного (x₄) калію (0,471), кількістю вуглецю (x₅) у ґрунті (0,993) та зворотний зв'язок (x₇) із щільністю (-0,649) складання ґрунту. Вміст легкогідролізованого азоту позитивно корелює з кількістю рухомих форм фосфору, кількістю вуглецю у ґрунті, вмістом часток менше 0,01 мм і має зворотний зв'язок із кислотністю та щільністю ґрунту. Вміст рухомих форм фосфору позитивно корелює з кількістю обмінного калію та кількістю вуглецю. Вміст обмінного

СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО. РОСЛИННИЦТВО

калію позитивно корелює із кількістю вуглецю ґрунту. Вміст вуглецю не має значимого зв'язку із кислотністю, щільністю ґрунту та вмістом фракцій фізичної глини. Кислотність ґрунту не має значимого зв'язку із щільністю ґрунту та вмістом фракцій фізичної глини. Щільність ґрунту не має зв'язку з вмістом часток менше 0,01 мм.

У роботі Медведєва В. В. [7] неоднорідність розглядається як закономірна зміна властивостей ґрунтового покриву у горизонтальному напрямі в межах невеликих просторів – елементарного ґрунтового ареалу. Відзначається для ґрунтів степу (чорнозем звичайний у Донецькій області) варіація гумусу 10,0 %, що близько до даних, що ми отримали. Отримано дуже високу варіацію сумарного мінерального азоту та рухомих форм фосфору (59,0 та 70,0 % відповідно), що значно перевищує отримані нами оцінки (табл. 1). Водночас для рухливих форм калію ми отримали нижчу варіацію цього показника – 16,58 % проти 23,0 % у роботі [7].

У роботі [1] встановлено, що мінімальний ступінь варіювання у шарах 0–10 та 10–20 см за полями виявився у рН водного та рН сольового за середнього вмісту 6,36. Вміст гумусу також варіює слабо в межах кожного поля. Коефіцієнт варіювання дорівнює 6,2 %. На тлі дуже високої забезпеченості по рухомому фосфору, середньої та високої за калієм для зернових культур за цими властивостями чорноземів було виявлено більш значну строкатість як у межах полів, так і між ними.

Близькі до цих результатів отримані дані у роботі (Фоменко Т. Г. та ін. 2015) в умовах чорнозему вилуженого садового ценозу за межами зони локального внесення добрив.

Наведені дані задовільно узгоджуються з результатами, що ми отримали.

Для ґрунтово-кліматичних умов України найбільш повне дослідження взаємозв'язку агрохімічних та фізичних показників виконано у роботі [12]. Серед розглянутих у цій роботі агрохімічних показників варто виділити встановлений зв'язок нітрифікаційної здатності ґрунтів та гумусу, який характеризується коефіцієнтом кореляції 0,65 і досить добре узгоджується з отриманим нами (табл. 2) позитивним зв'язком між вмістом гумусу в орному шарі ґрунту та вмістом легкогідролізованого азоту у ґрунті.

Висновки

У результаті дослідження встановлено закономірності просторової мінливості агрохімічних і фізичних показників властивостей чорноземних ґрунтів. За допомогою простого кригінгу побудовані картосхеми просторового розподілу показників вмісту гумусу у ґрунті, легкогідролізованого азоту, рухомих форм фосфору та обмінних форм калію, вмісту вуглецю, кислотності, щільності ґрунту, вміст часток менше 0,01 мм.

Найбільш мінливими з усіх агрохімічних характеристик ґрунту є показники утримання рухомих форм фосфору та обмінних форм калію. Коефіцієнти варіації становлять відповідно 23,90 і 16,58 %, що характеризується середньою мінливістю (11–25 %). У розподілі полів із цими показниками спостерігається правостороння асиметрія. Просторовий розподіл цих показників характеризується великою плямистістю.

Слабка мінливість (менше 10 %) притаманна вмісту гумусу і вуглецю у ґрунті, для розподілу цих показників характерна лівостороння асиметрія. Поля із вмістом гумусу 3,0–3,30 становлять 8 % від загальної кількості полів. Вони розташовані в центральній дещо зміщеній на захід частині ділянки. Більшу частину території займають поля з підвищеним вмістом гумусу (3,30–3,90 %). Крайню західну та східну частини займають поля з високим вмістом гумусу у ґрунті, сумарно вони складають близько 33 % від загальної площі ділянки.

Серед агрохімічних показників стану ґрунту слабкою варіацією характеризуються вміст легкогідролізованого азоту у ґрунті та кислотність ґрунту. Просторовий розподіл полів за вмістом легкогідролізованого азоту у ґрунті схожий на розміщення полів за вмістом гумусу у ґрунті. Просторовий розподіл кислотності ґрунтів досить однорідний.

Слабкою варіацією також характеризуються фізичні характеристики властивостей ґрунтів: щільність та вміст фізичної глини у ґрунті (коефіцієнти варіації відповідно 0,48 та 2,96 %).

Отже, у результаті проведеного дослідження проаналізовано просторовий розподіл агрохімічних та фізичних властивостей ґрунтів, виділено зони, де домінують як підвищені, так і знижені параметри розглянутих показників, що дозволить взяти до уваги ці дослідження у технології вирощування сільськогосподарських культур.

References

1. Belobrov, V. P., Aydiev, A. Yu., Yudin, S. A., Ermolaev, N. R., & Dmitrieva, V. T. (2017). Variability of agrochemical properties of typical chernozems in long-term field experience. In collection: *Chernozems of Central Russia: Genesis, Evolution and Problems of Rational Use* (181–185). Voronezh: Publishing and Printing Center “Scientific Book”.
2. Vaseneva, E. G., Vasenev, I. I., Shcherbakov, A. P., Zhogova, M. V., & Belik, A. V. (2002). Assessment of the limiting factors of intra-field diversity of agriculture and ecology. *Modern Problems of Agriculture and Ecology*, 271–275.
3. Giniyatullin, K. G., Ryazanov, S. S., Grigoryan, B. R., Shakirzyanov, I. V., & Shakirzyanov, R. V. (2016). Using geostatistical methods to characterize the variability of agrochemical properties (on the example of studying arable lands in Northern Kazakhstan). *Scientific notes of Kazan University. Series Natural Sciences*, 2, 259–276.
4. *GOST 4289: 2004. Soil quality. Methods for the determination of organic matter.* (2005). Kiev [In Ukrainian].
5. Klebanovich, N. V., & Kindeev, A. L. (2018). Geostatistical assessment of the variability of soil properties. *Bulletin of the Udmurt University. Series “Biology. Earth Sciences”*, 28 (1), 91–102. [In Russian].
6. Markov, R. V. (2013). *Project “Strengthened economic and legal instruments for the conservation of steppe biodiversity, adaptation to climate change and mitigation (Steppe biodiversity)”*. Section “Conducting a study on the dynamics of humus content in arable agricultural lands of the Luhansk region for the preparation of a carbon project on land use change on degraded agricultural lands of the Luhansk region”. International charitable organization, Institute for the Development of Territorial Communities. Kiev [In Ukrainian].
7. Medvedev, V. V. (2010). Heterogeneity as a natural manifestation of the horizontal structure of the soil cover. *Gruntoznavstvo*, 11 (1-2), 6–15 [In Ukrainian].
8. Pichura, V. I. (2012). Spatio-temporal forecasting of changes in the parameters of agrochemical indicators of reclaimed soils using GIS and neurotechnologies. *Agricultural Chemistry and Soil Knowledge*, 78, 87–95 [In Ukrainian].
9. Samsonov, V. P., Meshalkina, Y. L., Melikhovskaya, P. V., Kondrashkina, M. I., Dyadkina, S. E., Kondrashkin, B. E., Koshkin, R. V., & Krotov, D. G. (2010). Spatial variability of agrochemical properties within an agricultural land (agro-gray soils). *Agro XXI*, 7-9, 47.
10. Sakhabyev, I. A., & Ryazanov, S. S. (2015). Investigation of the spatial variability of soil properties using the geostatistical approach. *Application of Ecology*. 2, 32–37.
11. Sidorova, V. A., & Krasilnikov, P. V. (2007). Soil-geographical interpretation of the spatial variability of the chemical and physical properties of the surface horizons of soils in the steppe zone. *Pochvovedenie*, 10, 1168–1178.
12. Trus, O. M., Gospodarchuk, G. M., & Prokopchuk, I. V. (2016). *Humus black soil opidzolic and yogo vidvorenniya*. Uman. [In Ukrainian].
13. Yakushev V. P., Poluektov P. A., Smolyar E. I., & Topazh A. G. (2002). Information technologies in precision farming. *Agrochemical Bulletin*, 2, 36–39.
14. Yakushev, V. P., & Yakushev, V. V. (2018). Prospects for “Smart Agriculture” in Russia. *Bulletin of the Russian Academy of Sciences*, 88 (9), 773–794. doi: 10.31857/S086958730001690-7
15. Li, C., Wang, X., & Qin, M. (2021). Spatial variability of soil nutrients in seasonal rivers: A case study from the Guo River Basin, China. *PLoS ONE*, 16 (3), e0248655. doi: 10.1371/journal.pone.0248655
16. Azuka, C. V., & Igué, A. M. (2020). Spatial variability of soil properties under different landuse in Koupendri catchment, Benin. *Spanish Journal of Soil Science*, 10 (1), 45–64. doi: 10.3232/sjss.2020.v10.n1.04
17. Guedes Filho, O., Vieira, S. R., Chiba, M. K., Nagumo, C. H., & Dechen, S. C. F. (2010). Spatial and temporal variability of crop yield and some Rhodic Hapludox properties under no-tillage. *Revista Brasileira de Ciência Do Solo*, 34 (1), 1–14. doi: 10.1590/s0100-06832010000100001
18. Goovaerts, P. (1999). Geostatistics in soil science: state-of-the-art and perspectives. *Geoderma*, 89, 1–45.
19. Khongnawang, T., Zare, E., Zhao, D., Srihabun, P., & Triantafilis, J. (2019). Three-Dimensional Mapping of Clay and Cation Exchange Capacity of Sandy and Infertile Soil Using EM38 and Inversion Software. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 19 (18), 3936. doi: 10.3390/s19183936

20. Liu, H., Li, S., & Zhou, Y. (2019). Spatial-temporal variability of soil organic matter in urban fringe over 30 years: a case study in Northeast China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17 (1), 292. doi: 10.3390/ijerph17010292
21. Abdel-Fattah, M. K. (2020). A GIS-based approach to identify the spatial variability of salt affected soil properties and delineation of site-specific management zones: A case study from Egypt. *Soil Science Annual*, 71 (1), 76–85. doi: 10.37501/soilsa/121495
22. Piotrowska-Długosz, A., Lemanowicz, J., Długosz, J., Szychaj-Fabisiak, E., Gozdowski, D., & Rybacki, M. (2015). Spatio-temporal variations of soil properties in a plot scale: a case study of soil phosphorus forms and related enzymes. *Journal of Soils and Sediments*, 16 (1), 62–76. doi: 10.1007/s11368-015-1180-9
23. Usowicz, B., & Lipiec, J. (2017). Spatial variability of soil properties and cereal yield in a cultivated field on sandy soil. *Soil and Tillage Research*, 174, 241–250. doi: 10.1016/j.still.2017.07.015
24. Usowicz, B., & Usowicz, J. B. (2004). *Spatial and temporal variation of selected physical and chemical properties of soil*. Institute of Agrophysics PAS, Lublin.

Стаття надійшла до редакції: 12.03.2022 р.

Бібліографічний опис для цитування:

Польовий А. М., Микитюк О. Ю., Божко Л. Ю., Барсукова О. А. Оцінка просторової мінливості показників родючості чорноземних ґрунтів геостатистичними методами. *Вісник ПДАА*. 2022. № 2. С. 21–29.

© Польовий Анатолій Миколайович, Микитюк Олександр Юрійович, Божко Людмила Юхимівна,
Барсукова Олена Анатоліївна, 2022