

UDC 631.551.321

Kruglov O.¹, Cand. Sci. (Geol.), Senior Resercher**Nazarok P.¹, Resercher****Menshov O.², Dr. Sci. (Geol.), Senior Resercher****Sukhorada A.³, Cand. Sci. (Geol.-Mineral.), Director**¹NSC "Institute for Soil Science and Agrochemistry Research n.a. O.N. Sokolovskiy"²Taras Shevchenko National University of Kyiv, Institute of Geology
Farm Enterprise Konony

VARIABILITY OF THE PARAMETERS OF THE MAGNETIC SUSCEPTIBILITY OF SOILS FOR DIFFERENT METHODS OF ITS DETERMINATION

The experiment was conducted at the territory of the agrogeophysical area "Vovchy Yar" in the Balaklia district of the Kharkiv region. The ground cover is represented by chernozem ordinary, the content of humus is 3.5 ... 5.6%. The study of the application of different types of magnetic susceptibility in agronomic soil science has been carried out. The purpose of the work is to characterize the results of the study of various types of MS of agricultural sloping soils, obtained by different methods of determination.

Methods: A sampling of soil was conducting for determine the specific MS using the KLY-2 capabridge (Vadyunina and Korchagina, 1986), in parallel, on the field volumetric MC of soil was determined by the KT-5 cappameter. Definitions were made both on the system of profiles and on the irregular network. At each point, a six-fold determination was made with subsequent averaging. Common statistical methods were used.

Results and discussion. The growth of the level of variability in the distribution of the sign during measurements on the soil surface is determined in comparison with the horizon of 0-20 cm. with the equality of average values of specific MS, the results of the study, obtained on the background of stubble of grain cereals (layer 0-10 cm) are characterized by higher indicators of variability than the layer 20-23 cm - 20%. This tendency persists for the results of capametry, with an increase in the difference of the coefficient of variation up to 100%. The relationship between specific and volumetric MS in this study is poorly expressed. The coefficient of variation of the sample of the specific magnetic susceptibility is much lower than the corresponding indicator for volumetric, which the authors associate with local soil compactions. The values of the indicator of volumetric MS were somewhat higher, above all, it is connected with local seals after the passage of harvesting mashines - up to 20% of the area of the field, we explain this of the growth of the variability of the parameter.

Conclusions. The application of data on MS soil has a high potential for the determination of soil inhomogeneities, above all, it is relevant in implementing the concept of "precise agriculture", where it has market advantages over traditional methods. In our opinion, this is due to the presence of local seals of soil after the passage of heavy machinery. This difference is

leveled when conducting definitions of volumetric MS not on the surface, but at the depth of the basic cultivation of soil by agricultural implements.

Key words: variation, soil, capametry, magnetic susceptibility, magnetometry.

УДК 631.551.321

Круглов А.¹, канд. геол. наук, ст. научный сотрудник

Назарок П.¹, научный сотрудник

Меньшов А.², д-р геол. наук, ст. научный сотрудник

Сухорада А.³, канд. геол.-минералог. наук, директор

¹ННЦ «Институт почвоведения и агрохимии им. А.Н. Соколовского»

²Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко,

УНИ «Институт геологии»

³КФХ «Кононы»

ВАРИАТИВНОСТЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МАГНИТНОЙ ВОСПРИИМЧИВОСТИ ПОЧВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБАХ ЕЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Проведено исследование применения различных видов магнитной восприимчивости в агрономическом почвоведении. Опыт проведен на территории агрогеофизического полигона «Волчий Яр» в Балаклейском р-не Харьковской обл., почва – чернозем обыкновенный среднегумусный тяжелосуглинковый. Определены рост уровня вариативности распределения признака при проведении измерений на поверхности почвы по сравнению с горизонтом 0-20 см. Коэффициент вариации выборки удельного магнитной восприимчивости значительно ниже соответствующего показателя для объемной, что авторы связывают с локальными уплотнениями почвы.

Ключевые слова: вариативность, почву, капаметрия, магнитная восприимчивость, магнитометрия.

УДК 631.551.321

Круглов О.¹, канд. геол. наук, ст. науковий співробітник**Назарок П.¹**, науковий співробітник**Меньшов О.²**, д-р геол. наук, ст. науковий співробітник**Сухорада А.³**, канд. геол.-мінералог. наук, директор¹ННЦ «Інститут ґрунтознавства і агрохімії ім. А. Н. Соколовського»²Київський національний університет імені Тараса Шевченка,

ННІ «Інститут геології»

³СФГ «Конони»

ВАРІАТИВНІСТЬ ПОКАЗНИКІВ МАГНІТНОЇ СПРИЙНЯТЛИВОСТІ ҐРУНТІВ ЗА РІЗНИХ СПОСОБІВ ЇЇ ВИЗНАЧЕННЯ

Проведено дослідження застосування різних видів магнітної сприйнятливості в агрономічному ґрунтознавстві. Дослід проведено на території аерогеофізичного полігону «Вовчий Яр» у Балаклійському р-ні Харківської обл., ґрунт – чорнозем звичайний середньогумусний важкосуглинковий. Визначено ріст рівня варіативності розподілу ознаки під час проведення вимірювань на поверхні ґрунту порівняно з горизонтом 0-20 см. Коефіцієнт варіації виборок питомої магнітної сприйнятливості значно нижчий за відповідний показник для об'ємної, що автори пов'язують з локальними ущільненнями ґрунту.

Ключові слова: *варіативність, ґрунт, капаметрія, магнітна сприйнятливість, магнітометрія.*

Вступ. Сучасне рослинництво базується на якомога повнішому використанні потенціалу системи «ґрунт – рослина». Завдання господарників – оптимізувати зв'язки цієї системи, отримати максимальну кількість сільськогосподарської продукції, використавши необхідний мінімум ресурсів. При цьому виникла потреба в диференціації необхідних агротехнічних та агрохімічних заходів на території окремих робочих ділянок, пов'язана з неоднорідністю характеристик ґрунтових та мікрокліматичних умов. Концепція адресного впливу на ріст та розвиток рослин отримала назву – «точне землеробство».

Нині цю концепцію у повному чи частковому вигляді реалізовано в Україні на площі понад 5 млн га. Зростає перелік технічних засобів та знарядь праці для такої роботи. Цей ріст пов'язаний, передусім, з розвитком технологій глобального позиціонування та комп'ютерної техніки, де слід відзначити значні досягнення. Але поза увагою залишається фундаментальна основа застосування концепції – урахування неоднорідностей ґрунтових умов. Середній розмір площ, для яких визначається та чи інша характеристика, є занадто значним для повної реалізації потенціалу системи.

Більш докладне визначення просторового розподілу неоднорідностей затруднене у зв'язку з його високою вартістю та працемісткістю в застосуванні

традиційних агрофізичних та агрохімічних методів з відбором за загущеною мережею. Одним із способів вирішення завдання є застосування моделювання утворення неоднорідностей ґрунтових характеристик та картування їх значень на основі отриманої моделі (Меньшов та ін., 2012).

У побудові моделі утворення неоднорідностей ґрунтового покриву зважають на літологічні, геоморфологічні характеристики території та особливості господарського використання земель: схема землеустрою, сівозміни, агротехніки. За умови домінування як ґрунотвірної породи лесів, що характерно для більшості територій лівобережних Лісостепу та Степу, основним аномалієутворювальним чинником є схилі процеси, серед яких виділяється прискорена водна ерозія (Назарок та ін., 2015). Вона формує відміни ґрунтів різного ступеня змитості, намиті ґрунти. На території схилів виділяють ділянки змиву та відкладень, що чергуються. Це чергування і є базою для утворення ґрунтових неоднорідностей (Сухорада та ін., 2005; Меньшов, Круглов, 2016).

Прояви ерозійних процесів досить чітко фіксуються засобами магніторозвідки – різними видами магнітної сприйнятливості (МС) (Jakšik et al., 2016). За оцінками, побудова «матриці» агроландшафту має на порядок нижчі показники вартості та працемісткості порівняно із застосуванням будь-якого агрофізичного чи агрохімічного методу. Проте застосування методів магнітометрії для потреб агрономічного ґрунтознавства стикається з низкою методичних проблем, серед яких методи та способи проведення натурних вимірювань, надійністю отриманих результатів.

Мета роботи – охарактеризувати результати дослідження різних видів МС сільськогосподарських схиліх ґрунтів, отриманих за різних способів визначення.

Методи та об'єкти. Проводили відбір проб ґрунту для визначення питомої МС за допомогою капамістка KLY-2 (Вадюнина, Корчагіна, 1986), паралельно визначали польову об'ємну МС капаметром КТ-5. Визначення проводили за системою профілів і за нерегулярною мережею. Об'єкт досліджень – ґрунтовий покрив агрогеофізичного стаціонару «Слобожанський» («Вовчий Яр»), що розташований на території Яковенківської сільської ради Балаклійського р-ну Харківської обл. на південь від с. Вовчий Яр. Ґрунтовий покрив представлений чорноземом звичайним, уміст гумусу 3,5...5,6 % (рисунок). Морфологічно досліджений масив розташований на схилі північно-західної експозиції крутістю 1-3°. Частина досліджень проведено на території дослідного полігону «Тішки», що розташований у межах земель Русько-Тишківської селищної ради (Харківський р-н Харківської обл.), тут поширений чорнозем типовий з умістом гумусу 2,9-5,1 %. Об'єкт розташований на схилах північної та південної експозиції крутістю 2-6°. Відбір проб та вимірювання об'ємної МС проводили у жовтні, після збору врожаю, під час проведення основного обробітку ґрунту (полицевої оранки). У кожній точці проводили

шестикратне визначення з наступним усередненням.



Рисунок. Схема розташування досліджуваних профілів на аерогеофізичному стаціонарі «Слобожанський»:
1 - основний профіль; 2 – додатковий профіль, 3 – контроль.

Результати та їх обговорення. Схилі ґрунти характеризуються високим ступенем варіативності ґрунтових характеристик. Так, одним з найбільш важливих критеріїв диференціації фацій називають гранулометричний склад ґрунту (Медведев, Лактионова, 2011). Обстеження, проведені на території дослідного полігону «Тішки», засвідчили, що на елементарному схилі вміст фізичної глини у чорноземі типовому зростає з 51 % у нижній частині до 58 % у верхній. Відповідні показники вмісту гумусу змінюються з 3,10 % до 4,22 %. Такі відмінності вимагають коригування доз мінеральних добрив і базових гербіцидів. Для оперативного проведення такого коригування визначали можливість застосування результатів магнітометрії ґрунту для ідентифікації ґрунтових неоднорідностей. Для достовірного визначення відібрано 23 ґрунтових проби: визначення вмісту фізичної глини та гумусу потребує близько 3 людино-годин витрат праці на зразок. Визначення МС зразка ґрунту, використовуючи методу О. Ф. Вадюніної (Вадюніна, Корчагіна, 1986), займає до 3 хвилин (Круглов, 2012). На елементарному неускладненому схилі (у межах однієї векторної трубки стоку) отримано високий ступінь кореляційного зв'язку між питомою МС умістом гумусу – $R = 0,97$. Це свідчить про перспективність використання магнітних методів для ідентифікації ґрунтових фацій.

Із підвищенням рівня складності рельєфу надійність методу дещо знижується. За нашими спостереженнями, за умов опуклої форми схилу та наявності значних за розміром ділянок акумуляції ґрунтової речовини, кореляція Спірмена у парі вміст гумусу – МС становить 0,69 для всієї ділянки досліджень, досягаючи на окремих елементах значень 0,85 (Kruglov and Menshov, 2017). Навіть за цих умов наявність достовірного зв'язку також дозволяє говорити про високі перспективи методу.

У дослідженнях використовуються два види МС – питома та об'ємна.

Свого часу на агрогеофізичному полігоні «Слобожанський» проведено порівняння достовірності обох методів. Проводили відбір проб чорнозему звичайного для визначення питомої МС та, паралельно, капаметрія КТ-5. Вивчали два профілі – стерня зернових колосових культур (профіль 1) та плужна підшошва розгінної борозни на глибині 20 см (профіль 2), відстань між ними до 1 м. Крок відбору зразків – 30 м. Деякі статистичні показники аналізу результатів відбито в табл. 1.

1. Основні статистичні показники розподілу значень МС досліджуваних профілів

Показник	Питома МС, 10^{-9} м ³ /кг		Об'ємна МС, 10^{-3}	
	Профіль 1	Профіль 2	Профіль 1	Профіль 2
Об'єм вибірки, n	25	25	25	25
Середнє арифметичне	857,5	856,4	0,61	0,55
Стандартне відхилення	25,6	20,6	0,069	0,032
Мода	п/м	п/м	0,57	0,56
Коефіцієнт варіації, %	2,99	2,40	11,33	5,79
Ексцес	4,89	1,39	1,94	-0,84

Як бачимо, за рівності середніх значень питомої МС, результати дослідження, отримані на фоні стерні зернових культур (шар 0-10 см), характеризуються вищими показниками варіативності показника, ніж із шару 20-23 см – на 20 %. Ця тенденція зберігається і для результатів капаметрії, зі збільшенням різниці коефіцієнта варіації до 100 %. Не зважаючи на це рівень варіативності ознаки, отриманий кожним із способів, вважається незначним (Лакин, 1990). Значення показника об'ємної МС були дещо вищими, передусім це пов'язано з локальними ущільненнями після проходження збиральної техніки – до 20 % від площі поля, з цим ми пов'язуємо і зростання варіативності ознаки.

Додатково, за тією ж методикою, було проведено дослідження об'ємної МС ґрунту ще одного профілю, що розміщений паралельно попередньому. Відстань між ними – 7 м. Результати визначення подано в табл. 2.

2. Основні статистичні показники розподілу значень об'ємної МС ґрунту

Показник	Об'ємна МС, 10^{-3}	
	Профіль 1	Профіль 2
Об'єм вибірки, n	25	25
Середнє арифметичне	0,64	0,55
Стандартне відхилення	0,053	0,032
Коефіцієнт варіації, %	8,33	5,79

Як і в попередньому випадку, коефіцієнт варіації значень МС верхнього шару ґрунту вищий за аналогічний показник, виміряний на глибині 20-23 см.

Зв'язок між питомою та об'ємною МС в цьому дослідженні виражений слабо. Для профілю 1 $R = 0,15$, а для профілю 2 – $R = 0,33$. Для визначення можливого зв'язку між об'ємною МС, виміряної на поверхні ґрунту (профіль 1)

та по плужній підшві в тій самій точці (профіль 2), додатково було проведено вимірювання з кроком 2 м. Результати дослідження подано в табл. 2.

3. Основні статистичні показники розподілу значень об'ємної МС ґрунту

Показник	Об'ємна МС, 10 ⁻³	
	Профіль 1	Профіль 2
Об'єм вибірки, n	32	32
Середнє арифметичне	0,613	0,610
Стандартне відхилення	0,092	0,097
Коефіцієнт варіації, %	15,0	15,9

Дані табл. 3 свідчать про ідентичність показників варіативності виборок та середньої арифметичні, тобто можна стверджувати, що з цього погляду, різноглибинні вимірювання рівнозначні. Такий рівень варіювання вважається середнім (Lakin, 1990). Зафіксовано значущий зв'язок між вибірками $R = 0,58$. Зазначимо також, що дослідження проводили за однакових значень вологості шарів відбору.

Висновки. Застосування даних про МС ґрунту має високий потенціал під час визначення ґрунтових неоднорідностей, перш за все це актуально за реалізації концепції «точного землеробства», де воно має ринкові переваги перед традиційними методами. На прикладі цього дослідження показано, що дані про питому МС мають слабкий статистичний зв'язок з даними про об'ємну МС.

Варіативність показника об'ємної МС значно вища за відповідний показник питомої МС. На нашу думку, це пов'язано з наявністю локальних ущільнень ґрунту після проходження важкої техніки. Ця різниця нівелюється за умов проведення визначень об'ємної МС не на поверхні, а на глибині основного обробітку ґрунту сільськогосподарськими знаряддями. Однак слід відзначити вищу перспективність застосування даних про питому МС, порівняно з об'ємною.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

Jakšík O., Kodešová R., Kapička A., Klement A., Fér M., Nikodem A. Using magnetic susceptibility mapping for assessing soil degradation due to water erosion. *Soil and Water Research*. 2016. № 11(2). p. 105-113.

Kruglov O., Menshov O. To the soil magnetic susceptibility application in modern soil science. *16th EAGE International Conference on Geoinformatics-Theoretical and Applied Aspects*. Kiev. 2017.

Вадюнина А. Ф., Корчагина З. А. Методы определения физических свойств почв. Москва: Агропромиздат, 1986. 416 с.

Круглов О. В. Особливості розподілу магнітної сприйнятливості чорнозему типового на схилах. *Вісник Харківського нац. аграрного ун-ту*. 2012. № 4. С. 66-69.

Лакін Г. Ф. Биометрия. Москва: Высшая школа, 1990. 352 с.

Медведев В. В., Лактіонова Т. Н. Гранулометрический состав почв Украины (генетический, экологический и агрономический аспекты). Харьков: Апостроф, 2011. 292 с.

Меньшов А. И., Круглов А. В. Магнитные методы при изучении деградации аграрных

земель України. *Вестник Восточноказахского государственного технического университета*. 2016. № 3. С. 9-14.

Меньшов О. І., Круглов О. В., Сухорада А. В. Інформативність показників магнетизму ґрунтового покриву при вирішенні агрогеофізичних та ґрунтознавчих задач. *Науковий вісник Національного гірничого ун-ту*. 2012. № 3. С. 7-12.

Назарок П. Г., Круглов О. В., Куценко М. В., Меньшов О. І., Сухорада А. В. До проблеми картографування ерозійних процесів. *Вісник аграрної науки*. 2015. Вип. 9. С. 63-68.

Сухорада А. В., Бондар К. М., Круглов О. В., Матвіїшина Ж. М., Меньшов О. І. Магнітні властивості ґрунтів та їх положення в ландшафті. *Фізична географія та геоморфологія: міжвідомчий науковий збірник*. 2005. Вип. 49. С. 36-43.

REFERENCES

Jakšík, O., Kodešová, R., Kapička, A., Klement, A., Fér, M., Nikodem, A. (2016). Using magnetic susceptibility mapping for assessing soil degradation due to water erosion. *Soil and Water Research*. 11, 2, 105-113.

Kruglov, O., Menshov, O. (2017). To the soil magnetic susceptibility application in modern soil science. *16th EAGE International Conference on Geoinformatics-Theoretical and Applied Aspects*. Kiev.

Vadyunina, A., Korchagina, Z. (1986). *Metody opredeleniya fizicheskikh svoystv pochv [Methods for studying the physical properties of soils]*. Moscow. Agropromizdat. (in Russian).

Kruglov, O. (2012). Osoblyvosti rozpodilu mahnitnoyi spryynyatlyvosti chornozemu typovoho na skhylakh [Characteristics of the distribution of the magnetic susceptibility of typical chernozems on the slopes]. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu – Bulletin of Kharkov National Agrarian University*, 4, 66-69. (in Ukrainian).

Lakin, G. (1990). *Biometriya [Biometrics]*. Moscow: High School. (In Russian).

Medvedev, V. V. Laktionova, T. N. (2011). *Granulometricheskiy sostav pochv Ukrainy (geneticheskiy, ekologicheskyy i agronomicheskyy aspekty) [Texture of Ukrainian Soils (genetic. Environmental and agronomical aspects)]*. Kharkiv: Apostrof. (In Russian).

Menshov, O., Kruglov, O. (2016). Magnitnyye metody pri izuchenii degradatsii agrarnykh zemel' Ukrainy [Magnetic methods in the soil degradation study of Ukraine agriculture lands]. *Vestnik Vostochnokazakhskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta – Bulletin of the East Kazakhstan State Technical University*, 3, 9-14. (in Russian).

Menshov, O., Kruglov, O., Suhorada, A. (2012). Informativeness of indicators of soil magnetism in solving agro-geophysical and soil science problems [Informativeness of indicators of soil magnetism in solving agro-geophysical and soil science problems]. *Visnyk nacionalnogo girnychogo universytetu – Scientific Herald of the National Mining University*, 3, 7-12. (in Ukrainian).

Nazarok, P., Kruglov, O., Kutsenko, M., Menshov, O., Suhorada, A. (2015). Do problemy kartohrafuvannya eroziynykh protsesiv [To the problem of mapping erosion processes]. *Visnyk agrarnoi nauky – Bulletin of Agrarian Science*, 9, 63-68. (In Ukrainian).

Sukhorada, A., Bondar, K., Kruhlov, O., Matviyishyna, Zh., Menshov, O. (2005). Mahnitni vlastyvosti gruntiv ta yikh polozhennya v landshafti [Magnetic properties of soils and their position in the landscape]. *Fizychna heohrafiya ta heomorfolohiya: mizhvidomchyy naukovy zbirnyk – Physical geography and geomorphology: interdepartmental scientific collection*, 49, 36-43. (in Ukrainian).