

УДК 550.382.3+631.4

DOI: <http://doi.org/10.17721/1728-2713.89.09>О. Круглов¹, канд. геол. наук, ст. наук. співроб.,
E-mail: alex_kruglov@ukr.net;О. Меньшов², д-р геол. наук, ст. наук. співроб.,
E-mail: menshov.o@ukr.net;В. Соловей¹, канд. с.-г. наук;
В. Лебедь¹, наук. співроб.;О. Андрєєва², канд. геол. наук, наук. співроб.;¹ННЦ "Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського",
вул. Чайковська, 4, м. Харків, 61024, Україна;²Київський національний університет імені Тараса Шевченка,
ННІ "Інститут геології", вул. Васильківська, 90, м. Київ, 03022, Україна

ДІАГНОСТУВАННЯ ГЕНЕТИЧНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ЧОРНОЗЕМНИХ ҐРУНТІВ МЕТОДАМИ МАГНІТОМЕТРІЇ

(Представлено членом редакційної колегії д-ром фіз.-мат. наук, проф. П.О. Міненком)

Еколого-генетичний статус ґрунтів, що визначається ходом процесу ґрунтоутворення, є вирішальним фактором при оптимізації його сільськогосподарського використання для досягнення сталого стану. Визначення розробленого в Україні якісного показника такого статусу (КВАГ) характеризується високими витратами ресурсів та праці. Для вирішення проблеми пропонується заміна агрохімічних методів досліджень на менш вартісні магнітні. Мета дослідження – показати інформативність геофізичних методів для індикації процесу педогенезу на прикладі чорноземів опідзолених Харківської області. Використано стандартизовані дослідження визначення вмісту органічного вуглецю, гранулометричного складу, рН. Характеристику місця відбору проб на схилі проводили за допомогою визначення індексу ерозійної небезпеки. Було проведено відбір зразків та вимірювання у лабораторних умовах питомої магнітної сприйнятливості ґрунту (МС). Дослідні ділянки були розташовані в ареалі поширення чорноземів опідзолених, у північній частині Харківського району та центральній частині Печенізького району Харківської області. Генетична належність ґрунту була попередньо визначена за картами великомасштабного обстеження та уточнена польовими дослідженнями. Для ґрунтів схилу, що ускладнений ерозійними процесами, спостерігається залежність МС від генетичного статусу. Це дає змогу використання МС не лише у межах єдиного агроценозу, а й у суміжних агроландшафтах для ґрунтів, розвиток яких ускладнений гідроморфізмом. Дослід було проведено на одноступінній терасі р. Сіверський Донець, де розвинуті ґрунти різного ступеня гідроморфізму. На прикладі опідзолених ґрунтів Харківщини показано можливість індикації прояву гідроморфних процесів у нижній частині ґрунтового профілю. Зафіксовано зниження значень МС порівняно з фоновими. На прикладі ріллі показано можливість заміни вартісного визначення вмісту гумусу на більш дешеве вимірювання МС при визначенні показників еколого-генетичного статусу ґрунту Коефіцієнт кореляції між показниками КВАГ та КВАМС (заміна визначення гумусу на МС) склав $\rho=0,901$.

Ключові слова: ґрунти, магнітна сприйнятливість, схил, гумус, гідроморфізм.

Вступ. Питання збереження родючості ґрунтового покриву стоїть не лише перед землекористувачами та аграрною наукою, а й перед державою в цілому. Це можливо лише за умови поєднання зусиль усієї наукової спільноти для розробки нових методів та методик дослідження властивостей ґрунту, що дозволить робити більш точні, оптимальні та виважені рекомендації з їх моніторингу, охорони та використання. Значні обсяги ґрунтів у активному обробітку (площа ріллі понад 32 млн га) та велика кількість формальних землеволодінь (близько 7 млн га) вимагають росту продуктивності ґрунтових обстежень, причому з початком функціонування ринку земель сільськогосподарського призначення актуальність таких досліджень буде тільки зростати (Соловей, 2016).

Стан проблеми. Напрямок, у якому відбувається процес ґрунтоутворення, – найважливіший параметр характеристики ґрунтового покриву, що визначає його еколого-генетичний статус. Саме він є вирішальним фактором при оптимізації його сільськогосподарського використання для досягнення сталого стану.

Для визначення ходу ґрунтоутворення досліджується профіль ґрунту, саме від особливостей поєднання його горизонтів і залежить генетичний статус. Для зменшення впливу суб'єктивного чинника у світі розвиваються методики діагностування за якісними ознаками. В Україні свого часу було запропоновано методи, що ґрунтуються на особливостях профільного розподілу гумусу (КПНГ) та співвідношеннях між вмістом гумусу та фізичної глини (КВАГ) (Полупан та ін., 2005¹). Застосування цих методів частково обмежується високою працездатністю та ресурсоемістю визначень та відбору проб.

Відомі спроби заміни агрофізичних та агрохімічних методів дослідження геофізичними, насамперед магнітометричними та електрометричними. Цей напрямок в

Україні розвивається під назвою "агрогеофізика" (Сухограда, 2001). Найбільшого поширення набули саме магнітні (педомагнітні) методи з використанням різних видів магнітної сприйнятливості (МС) (Шепельта ін., 2001). Її визначення характеризуються на порядок нижчими витратами ресурсів порівняно з класичними ґрунтознавчими технологіями. Основою їх застосування став тісний зв'язок між вмістом органічного вуглецю (C_{org}) та МС (Menshov et al., 2018). Такий зв'язок доведено для більшості автоморфних ґрунтів у різних природно-кліматичних зонах. Найбільш докладно вивчений зв'язок між вмістом гумусу та МС на прикладі Чехії (коефіцієнт кореляції досягає: $R^2=0,97$) (Jakšik et al., 2016), Китаю (Wang et al., 2008), Бразилії ($R^2=0,85$) (Peluco et al., 2013). В Україні також було показано високий ступінь зв'язку між вмістом гумусу та МС: $R^2=0,76$ для чорнозему типового (Назарок та ін., 2015). Свого часу нами було проведено дослідження статистичних характеристик паралельного застосування для визначення еродованості ґрунтів даних про МС, вміст гумусу та результатів математичного моделювання ерозії (індекс ерозійної небезпеки за Куценком (Куценко та Тімченко, 2016). Результати показали практичну ідентичність використання як даних про вміст гумусу, так і даних про МС ґрунту при оцінюванні його еродованості (Круглов та ін., 2018).

Високий ступінь зв'язку МС та вмісту гумусу було показано і на прикладі схилів чорноземних ґрунтів південної частини Харківської області. У цьому дослідженні коефіцієнт кореляції Спірмена у парі – вміст гумусу – МС лежить у межах 0,75–0,81 та залежить від частоти визначення (Круглов та ін., 2019).

Концентрація сильномагнітних сполук заліза у глинистій фракції (ФГ) зумовлює і зв'язок між вмістом фізичної глини та МС. Так високий ступінь зв'язку МС та вмісту ФГ

схилових ґрунтів півдня Бразилії був показаний бразильськими дослідниками (Santos et al., 2013). Нами було виявлено значення цього показника $R^2=0,83$ для чорноземів півночі Харківщини (Круглов, 2012). Тому перспективним видається наукове дослідження, що розгляне варіанти заміни найбільш ресурсоємних методів агрофізики та агрохімії магнітними методами.

При дослідженні явищ ерозії та деградації ґрунтового покриву необхідно враховувати антропогенний вплив на довкілля (Falshtynskyi et al., 2018; Petlovanyi et al., 2019), що може вносити суттєві зміни у магнітні властивості ґрунтів. Крім того, важливими є сучасні неотектонічні рухи (Ivanik et al., 2019). Загальна теорія та методологія застосування інноваційних магнітних методів, а також деякі практичні результати робіт наведені у (Меньшов та Сухорада, 2017; Gadirov et al., 2018; Меньшов, 2016, 2018; Menshov et al., 2020). Теоретичні основи моделювання геофізичних параметрів наводяться у (Вижева та ін., 2017; Продайвода та ін., 2000).

Мета дослідження – показати інформативність геофізичних методів для індикації процесу педогенезу на прикладі чорноземів опідзолених Харківської області.

Методи та об'єкти. При виконанні дослідження використано стандартизовані дослідження визначення вмісту органічного вуглецю (з подальшим перерахунком у гумус) за ДСТУ ISO 14235:2005 та визначення гранулометричного складу ґрунту методом піпетки у модифікації Н.А. Качинського (ДСТУ-4730:2007), визначення рН (ISO 10390:2005, IDT): ДСТУ ISO 10390:2007). Характеристику місця відбору проб на схилі проводили за допомогою визначення індексу ерозійної небезпеки (Куценко та Тімченко, 2016). Питому магнітну сприйнятливість ґрунту (МС) визначали за допомогою лабораторного капамістка KLY-2 (Agico) та двочастотного капаметра MS2 (Bartington) за методикою, що наведена у (Evans and Heller, 2003). Маса зразка ґрунту визначалася за допомогою електронних ваг Ohaus 402.

Дослідні ділянки були розташовані в ареалі поширення чорноземів опідзолених – північна частина Харківського району та центральній частині Печенізького району Харківської області (рис. 1), оглядову карту наведено на рис. 1.б. Генетична належність ґрунту була попередньо визначена за картами великомасштабного обстеження та уточнена польовими дослідженнями.



Рис. 1. Схема розміщення дослідних ділянок:

а – ділянка 1, територія відбору проб верхнього горизонту ґрунту, б – оглядова карта місцевості, в – ділянка 2, місця закладки ґрунтових розрізів

Дослідна ділянка 1 використовується як рілля місцевим сільськогосподарським підприємством та розташована на схилі крутизною 4–5°. Всього було відібрано на різних елементах схилу 23 проби ґрунту. З південної сторони ділянка обмежується лісосмугою, а з північної – автодорогою місцевого значення. Основне завдання досліджень – показати результати заміни агрохімічних показників та встановити їх зв'язок із геофізичними параметрами.

Дослідна ділянка 2 використовується як пасовище. Вона розташована в межах річкової долини Сіверського Донця. Було досліджено 5 ґрунтових розрізів з відбором проб ґрунту з генетичних горизонтів. Акцент було зроблено на ілюстрацію змін якісних показників еколого-генетичного статусу ґрунтів залежно від ступеня їх гідроморфності.

Результати та їх обговорення. Традиційно для загальної характеристики господарських властивостей ґрунтового покриву використовують обмежений набір параметрів: уміст S_{org} (гумусу), уміст фізичної глини (фракція дрібніше 0,01 мм), рН, уміст обмінних фосфору та калію. Звичайно вони залежать від особливостей використання території (система землеробства, удобрення, протиерозійний захист, меліорації).

На території дослідної ділянки 1 було відібрано 23 проби ґрунту з шару 0–30 см, у яких було визначено вміст гумусу та фізичної глини. Третім визначеним параметром ґрунтів стала питома магнітна сприйнятливість. Результати подано в табл. 1.

Таблиця 1

Результати визначення деяких характеристик ґрунту ділянки 1

Показник	N	Середнє арифм.	Медіана	Мінімум	Максимум	Станд. відхилення	Коеф. варіації, %
Уміст гумусу, %	23	3,52	3,38	2,70	4,37	0,52	14,85
Уміст фіз. глини, %	23	53,60	53,95	43,66	60,15	4,20	7,83
МС, 10^{-9} м ³ /кг	23	644,44	588,96	509,34	810,78	102,82	15,95

Як бачимо, варіативність показників МС та умісту гумусу є практично ідентичними, особливо з огляду на вищу відносну похибку при визначенні за ДСТУ ISO 14235 порівняно з визначенням МС. Значення середнього

арифметичного всіх трьох характеристик відрізняються від значень медіани, що пояснюється нееквівалентною кількістю відібраних проб на кожному з елементів схилу – у верхній, середній та нижній частинах. Враховуючи

розвиток ерозійних процесів варіативність вмісту гумусу та МС є досить помірною, а вміст фізичної глини у цьому аспекті є найбільш консервативним. Падіння вмісту гумусу по профілю становить 38 %, а фізичної глини – 27,2 %.

Поряд з вказаними показниками предметом вивчення ґрунтознавців у останні роки стають їх похідні, що, на думку авторів, найкраще відображають еколого-генетичний статус ґрунту (*Полупан та ін., 2005*²). До таких передусім відносять КВАГ (у межах типу) – відношення вмісту гумусу до вмісту фізичної глини у шарі 0–30 см. У табл. 2 подано результати такого перерахунку (помножене на 10). У межах даного дослідження запропоновано заміну вмісту гумусу в подібних формулах на МС (КВАМС). На території дослідної ділянки розвинуті ерозійні процеси, тому важливою характеристикою місця відбору проби є результат моделювання інтенсивності ерозійних процесів. Нами було прийнято коефіцієнт ерозійної небезпеки за М. Куценком (ЕІ), що враховує основні параметри: довжину та крутизну схилу, шорсткість поверхні та максимальну нерозмивну швидкість водного потоку. Крутизна поверхні та довжина схилу визначалась за допомогою QGIS, де аналізувались дані, отримані за допомогою оцифрованої топокарти 1 : 10 000. Результати розрахунків представлено в табл. 2.

Дані табл. 2 свідчать про однакові показники варіативності КВАГ та КВАМС, що характеризуються як незначні (*Лакін, 1985*). Коефіцієнту ерозійної небезпеки ІЕ, навпаки, притаманна висока варіативність. Відмінності середніх значень від медіани значно нижчі за аналогічну характеристику даних табл. 1. Значення КВАГ (0,51–0,78) характерні для чорноземів опідзолених на схилах (*Полупан та ін., 2005*¹). Висновок про коректність заміни вмісту гумусу на МС при визначенні еколого-генетичного статусу ґрунтів можна зробити на основі кореляції основних їх показників (табл. 3). Враховуючи невелику кількість точок опробувань (n=23) та високу різницю між середнім арифметичним та медіаною у виборках, для дослідження зв'язку використовувався коефіцієнт кореляції Спірмена ρ .

Як бачимо, між КВАГ та КВАМС зафіксовано тісний зв'язок ($\rho=0,90$). При цьому КВАМС має дещо вищий ступінь зв'язку з усіма іншими досліджуваними показниками, а у випадку з ІЕ – суттєво вищий. Отже, КВАГ є показником більш стійким до дії ерозійних процесів порівняно з КВАМС, МС та, особливо, вмістом гумусу. Особливості розсіювання КВАГ та КВАМС зображено на рис. 2.

Таблиця 2

Результати розрахунків деяких характеристик ґрунту ділянки 1

Показник	N	Середнє арифм.	Медіана	Мінімум	Максимум	Станд. відхилення	Коеф. варіації, %
КВАГ	23	0,6571	0,6701	0,5108	0,7827	0,0770	11,84
КВАМС	23	11,9941	11,8345	9,8480	14,2343	1,3816	11,51
ІЕ	23	1,3516	1,3951	0,4662	1,8187	0,4558	33,33

Таблиця 3

Значення кореляції Спірмена між досліджуваними показниками, (n=23, $\rho < 0,05$)

Показник	ІЕ	КВАГ	КВАМС	МС	Уміст гумусу
ІЕ	-	-0,5345	-0,6778	-0,8181	-0,8250
КВАГ	-0,5345	-	0,9012	0,7628	0,8151
КВАМС	-0,6778	0,9012	-	0,9002	0,8527
МС	-0,8181	0,7628	0,9002	-	0,9463
Уміст гумусу	-0,8250	0,8151	0,8527	0,9463	-

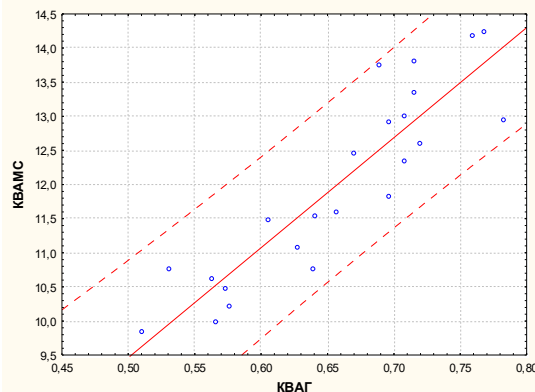


Рис. 2. Діаграма розсіювання КВАГ та КВАМС ґрунтів дослідної ділянки 1

Як показано на рис. 2 зв'язок між двома досліджуваними параметрами є досить тісним, найбільший ступінь відхилення від лінії тренду характерний для верхнього квартилю значень вибірок. Ці точки відбору у природі відповідають верхній частині схилу.

Якщо на ґрунтах схилу, навіть ускладненому ерозійними процесами, спостерігається досить виражена інформативність МС для індикації генетичного статусу, то виникає питання використання її не лише в межах єдиного агроценозу, а й у суміжних агроландшафтах для ґрунтів, педогенез яких ускладнений гідроморфізмом. Такий дослід було поставлено на однолесовій терасі

р. Сіверський Донець, де розвинуті ґрунти різного ступеня гідроморфізму (*Лебедь та Соловей, 2019*). Було закладено 5 розрізів, що представлені як автоморфними ґрунтами, так і з різним ступенем гідроморфізму.

МС ґрунтів заплав Лісостепової зони України залежить від їх ландшафтного положення, її значення зростає у ряду субаквальні – супераквальні – елювіальні елементарні геохімічні ландшафти (*Сухорада та ін., 2005*). Гідроморфний процес сприяє утворенню закисних форм заліза у ґрунтах, тобто їх МС має низькі та помірні значення (*Водяницький, 1989*).

У рамках виконання даного дослідження для відібраних проб ділянки 2 було визначено, аналогічно до ділянки 1:

МС, уміст гумусу та фізичної глини. Для додаткового діагностування гігоморфних процесів визначалась рН генетичних горизонтів ґрунтового профілю. Результати вимірювання та короткий опис будови профілів подано на рис. 3. Загальною рисою розрізів є їх невелика потужність – горизонт Р починається з рівня 100–120 см.

МС ґрунотворної породи досліджених ґрунтів лежить у межах $50\cdot 10^{-9}$ м³/кг за винятком оглеєного ґрунту розрізу 3, що знижується до $10\cdot 10^{-9}$ м³/кг. Фонові значення для лесів Харківської області дещо вищі: $130\text{--}210\cdot 10^{-9}$ м³/кг (Круглов та ін., 2019). На прояви гігоморфізму та сольових процесів вказує поступове підвищення рН з глибиною у всіх випадках.

Аналогічно до досліджень з пробами ділянки 1 було проведено визначення КВАГ та КВАМС. Результати представлено в табл. 4.

Результати КВАГ дещо вищі, ніж у ґрунтів ділянки 1, що пояснюється режимом використання ділянки (переліг). Значення КВАМС лежить у межах діапазону, притаманного ґрунтам ділянки 1, за винятком розрізу Р4П, який характеризується також підвищеним значенням КВАГ. Зв'язку між КВАГ та КВАМС не виявлено.

Загальний обсяг вибірки проб ґрунтів з різних генетичних горизонтів становить 27 зразків. Було досліджено можливий зв'язок між основними показниками. Результати наведено в табл. 5.

Таблиця 4

Результати визначень КВАГ та КВАМС у ґрунтах дослідної ділянки 2

№ розрізу	Назва ґрунту	КВАГ	КВАМС
Р1П	Лучно-чорноземний (опідзолений) глибоко-слабоосолоділий важкосуглинковий	1,1	8,13
Р2П	Чорнозем опідзолений важкосуглинковий на лесі	1,0	13,2
Р3П	Дерновий опідзолений глеюватий легкосуглинковий	1,0	12,6
Р4П	Чорноземно-лучний слабосолонцюватий легкосуглинковий	1,5	24
Р5П	Лучно-чорноземний слабосолонцюватий легкосуглинковий на лесі	1,4	11,3

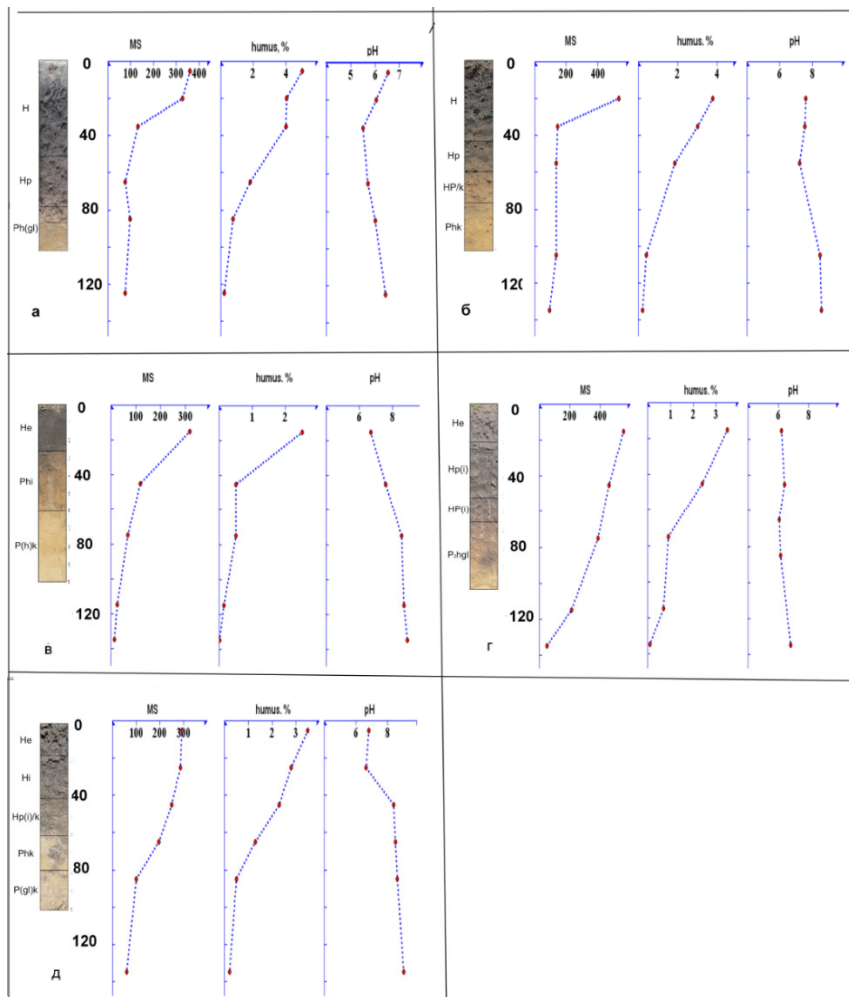


Рис. 3. Схематичний опис та досліджувані характеристики ґрунтових розрізів ділянки 2:

а – лучно-чорноземний (опідзолений) глибоко-слабоосолоділий важкосуглинковий; б – чорнозем опідзолений важкосуглинковий на лесі; в – дерновий опідзолений глеюватий легкосуглинковий; г – чорноземно-лучний слабосолонцюватий легкосуглинковий; д – лучно-чорноземний слабосолонцюватий легкосуглинковий на лесі

Таблиця 5

Значення кореляції Спірмена між досліджуваними показниками ділянки 2, (n= 27, p <0,05)

Показники	МС	Уміст гумусу	Уміст фіз. глини	pH
МС	-	0,779	-0,069	-0,368
Уміст гумусу	0,779	-	0,598	-0,547
Уміст фіз. глини	-0,069	0,598	-	-0,352
pH	-0,368	-0,547	-0,352	-

Слід відзначити доволі високу кореляцію між МС та вмістом гумусу. Взагалі, у даному варіанті саме вміст гумусу є ключовою ланкою зв'язку – спостерігається доволі значний коефіцієнт r зі всіма дослідженими показниками.

За формулою отримання КВАГ було обчислено значення цього показника для окремих генетичних горизонтів. Якщо для верхніх горизонтів зв'язку між КВАГ та КВАМС не виявлено, то при аналізі усіх проб було отримано $\rho=0,61$, що нижче, ніж аналогічні показники для ґрунтового покриву ділянки 1. Проте високий ступінь зв'язку між вмістом гумусу та МС, а також середній між КВАГ та КВАМС дозволяє зробити припущення про перспективність заміщення визначення вмісту гумусу для виявлення процесів педогенезу.

Висновки. Геофізичні методи, передусім магнітні, мають значні перспективи застосування у ґрунтознавчих дослідженнях. На прикладі опідзолених ґрунтів Харківщини показано можливість індикації прояву гідроморфних процесів у нижній частині ґрунтового профілю (зниження значень МС порівняно з фоновими). На прикладі ріллі показано можливість заміни вартісного визначення вмісту гумусу на більш дешеве вимірювання МС при визначенні показників еколого-генетичного статусу ґрунту (КВАГ). Коефіцієнт кореляції між показниками КВАГ та КВАМС досягає у наших дослідках $\rho=0,901$, що, на нашу думку, дозволяє більш широко застосовувати магнітні методи при проведенні ґрунтових обстежень.

Список використаних джерел

- Водяницький, Ю.Н. (1989). Оксиди заліза і їх роль в плодородії почв. М.: Наука.
- Вывжа, С.А., Михайлов, В.А., Онищук, І.І. (2017). Петрофізичні особливості порід майкопської серії Кримсько-Чорноморського регіону. *Вісник Київського національного університету. Геологія*, 79, 12–20.
- Круглов, О.В., Панасенко, Є.В., Залавський, Ю.В., Лебедь, В.В., Афанасьєв, Ю.О., Назарок, П.Г. (2019). Магнітна сприйнятливості чорноземних ґрунтів Харківської області та її діагностичне значення. *Вісн. Аграрної науки*, 10, 12–17.
- Круглов, О.В. (2012). Особливості розподілу магнітної сприйнятливості чорнозему типового на схилах. *Вісник Харківського нац. аграрного ун-ту*, 4, 66–69.
- Круглов, О., Меньшов, О., Назарок, П., Коляда, Л., Коляда, В., Ачасов, А. (2019). Магнітна сприйнятливості ґрунтів у складі ерозіозначних досліджень. *Вісник Київського національного університету. Геологія*, 85(2), 35–39.
- Круглов, О., Меньшов, О., Улько, Э., Кучер, А., Назарок, П. (2018). Індикація ерозійних процесів у ґрунтового покриві Харківської області за магнітними даними. *Вісник Київського національного університету. Геологія*, 82(3), 36–44.
- Кущенко, М.В., Тімченко, Д.О. (2016). Теоретичні основи організації системи охорони ґрунтів від ерозії в Україні. Харків: Миська друкарня.
- Лакін, Г. (1990). Биометрия. М.: Высшая школа.
- Лебедь, В.В., Соловей, В.Б. (2019). Кількісна діагностика ґрунтів різного ступеня гідроморфності на однолесових терасах річок Лівобережного Лісостепу України. *Агрохімія і ґрунтознавство. Міжвід. тем. наук. збірник*, 88, 22–23.
- Меньшов, О. (2018). Роль магнетотактичних бактерій у формуванні природного магнетизму ґрунтів України. *Вісник Київського національного університету. Геологія*, 80(1), 40–45.
- Меньшов, О., Сухорада, А. (2017). Основи теорії та методології геофізики ґрунтового покриву: перші результати практичного застосування. *Вісник Київського національного університету. Геологія*, 79(4), 35–39.
- Меньшов, О.І. (2016). Застосування магнітних методів для контролю змін продуктивних земель. *Геофізичний журнал*, 38(4), 130–137.
- Назарок, П.Г., Круглов, О.В., Куценко, М.В., Меньшов, О.І., Сухорада, А.В. (2015). До проблеми картографування ерозійних процесів. *Вісник аграрної науки*, 9, 63–68.
- Полупан, М.І., Соловей, В.Б., Величко, В.А. (2005¹). Класифікація ґрунтів України. К.: Аграрна наука.
- Полупан, М.І., Соловей, В.Б., Кисіль, В.І., Величко, В.А. (2005²). Визначник еколого-генетичного статусу та родючості ґрунтів України. К.: Колобій.
- Соловей, В.Б. (2016). Підвищення інформативності ґрунтового-картографічних матеріалів – пріоритетний напрямок розвитку ґрунтознавства. *Вісник аграрної науки*, 10, 11–16.
- Сухорада, А.В. (2001). Агрогеофізика – ідеологія, концептуальна основа, стан та перспективи розвитку. *Вісник Київського національного університету. Геологія*, 19, 58–64.
- Сухорада, А.В., Бондар, К.М., Круглов, О.В., Матвішина, Ж.М., Меньшов, О.І. (2005). Магнітні властивості ґрунтів та їх положення в ландшафті. *Фіз. географія та геоморфологія: міжвідом. наук.*, 49, 36–43.
- Шепель, С.І., Сухорада, А.В., Тютюнник, Д.А. (2001). Про педофізичні особливості деяких зональних і гідроморфних ґрунтів України. *Вісник Київського національного університету. Геологія*, 19, 65–69.
- Evans, M., Heller, F. (2003). Environmental magnetism: principles and applications of enviromagnetics. *Elsevier*, Vol. 86.

- Falstynskyi, V., Saik, P., Lozynskyi, V., Dychkovskiy, R., Petlovanyi, M. (2018). Innovative aspects of underground coal gasification technology in mine conditions. *Mining of Mineral Deposits*, 12(2), 68–75. <https://doi.org/10.15407/mining12.02.068>
- Gadirov, V.G., Eppelbaum, L.V., Kuderavets, R.S., Menshov, O.I., Gadirov, K.V. (2018). Indicative features of local magnetic anomalies from hydrocarbon deposits: examples from Azerbaijan and Ukraine. *Acta Geophysica*, 66(6), 1463–1483.
- Ivanik, O., Shevchuk, V., Tustanovska, L., Yanchenko, V., Kravchenko, D. (2019). Paleogeography and neotectonics of Kaniv dislocations (Ukrainian Shield, Ukraine) in the Neogene-Quaternary period. *Historical Biology*, 1–9. DOI: 10.1080/08912963.2019.1665039
- Jakšić, 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.
- Menshov, O., Spassov, S., Camps, P., Vyzhva, S., Pereira, P., Pastushenko, T., & Demidov, V. (2020). Soil and dust magnetism in semi-urban area Truskavets, Ukraine. *Environmental Earth Sciences*, 79, 1–10.
- Menshov, O., Kruglov, O., Vyzhva, S., Nazarov, P., Pereira, P., Pastushenko, T. (2018). Magnetic methods in tracing soil erosion, Kharkov Region, Ukraine. *Stud. Geophys. Geod.*, 62, 681–696.
- Peluco, R.G., Marques J.J., Siqueira, D.S., Pereira, G.T., Barbosa, R.S., Teixeira, D.B., Adame, C.R., Cortez, L.A. (2013). Suscetibilidade magnetica do solo e estimar da capacidade de suporte a aplicacao de vinhaia. *Pesq. Agropec. Bras.*, 48, 661–672.
- Petlovanyi, M., Kuzmenko, O., Lozynskyi, V., Popovych, V., Sai, K., Saik, P. (2019). Review of man-made mineral formations accumulation and prospects of their developing in mining industrial regions in Ukraine. *Mining of Mineral Deposits*, 13(1), 24–38. <https://doi.org/10.33271/mining13.01.024>
- Prodaivoda, G. T., Vyzhva, S. A., Khoroshun, L. P., Nazarenko, L. V. (2000). Mathematical modeling of the azimuthal anisotropy in thermoelastic properties of the oceanic upper mantle. *Izvestiya. Physics of the Solid Earth*, 36, 5, 394–405.
- Santos, H.L., Marques Júnior, J., Matias, S.S.R., Siqueira, D.S., Martins Filho, M.V. (2013). Erosion factors and magnetic susceptibility in different compartments of a slope in Gilbués-PI, Brazil. *Engenharia, Agrícola*, 33(1), 64–74.
- Wang, H., Huo, Y., Zeng, L., Wu, X., Cai, Y. (2008). A 42-yr soil erosion record inferred from mineral magnetism of reservoir sediments in a small carbonate-rock catchment, Guizhou Plateau, southwest China. *J. Paleolimnol.*, 40, 897–921.

References

- Evans, M., Heller, F. (2003). Environmental magnetism: principles and applications of enviromagnetics. *Elsevier*. Vol. 86.
- Falstynskyi, V., Saik, P., Lozynskyi, V., Dychkovskiy, R., Petlovanyi, M. (2018). Innovative aspects of underground coal gasification technology in mine conditions. *Mining of Mineral Deposits*, 12(2), 68–75. <https://doi.org/10.15407/mining12.02.068>
- Gadirov, V.G., Eppelbaum, L.V., Kuderavets, R.S., Menshov, O.I., Gadirov, K.V. (2018). Indicative features of local magnetic anomalies from hydrocarbon deposits: examples from Azerbaijan and Ukraine. *Acta Geophysica*, 66(6), 1463–1483.
- Ivanik, O., Shevchuk, V., Tustanovska, L., Yanchenko, V., Kravchenko, D. (2019). Paleogeography and neotectonics of Kaniv dislocations (Ukrainian Shield, Ukraine) in the Neogene-Quaternary period. *Historical Biology*, 1–9. DOI: 10.1080/08912963.2019.1665039
- Jakšić, 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. (2012). Characteristics of the distribution of the magnetic susceptibility of typical chernozems on the slopes. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho ahramoho universytetu*, 4, 66–69. [in Ukrainian]
- Kruglov, O., Menshov, O., Nazarov, P., Kolyada, L., Kolyada, V., Achachov, A. (2019). Magnetic susceptibility of soils in erosion studies. *Visnyk of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Geology*, 85 (2), 35–39. [in Ukrainian]
- Kruglov, O., Menshov, O., Ulko, E., Kucher, A., Nazarov, P. (2018). Soil erosion indication by magnetic methods in Kharkiv region. *Visnyk of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Geology*, 82(3), 36–44. [in Ukrainian]
- Kruglov, O.V., Panasencko, E.V., Zalavsky, Yu.V., Lebed', V.V., Afanasyev, Yu.O., Nazarov P.G. (2019). Magnetic susceptibility of chernozem soils of Kharkiv region and its diagnostic value. *Bull. Agrarian Science*, 10, 12–17.
- Kutsenko, M.V., Timchenko, D.O. (2016). Theoretical bases of soil protection against erosion in Ukraine. Kharkiv. [in Ukrainian]
- Lakin, G. (1990). Biometrics. Moscow: Vysshaya shkola. [In Russian]
- Lebed', V.V., Solovey, V.B. (2019). Quantitative diagnostics of soils of different degree of hydromorphism on single-terraced terraces of the rivers of the Left-bank Forest Steppe of Ukraine. *Agrochemistry and Soil Science. Interspace topics of sciences collection*, 88, 22–23. [in Ukrainian]
- Menshov, O., Spassov, S., Camps, P., Vyzhva, S., Pereira, P., Pastushenko, T., & Demidov, V. (2020). Soil and dust magnetism in semi-urban area Truskavets, Ukraine. *Environmental Earth Sciences*, 79, 1–10.
- Menshov, O., Kruglov, O., Vyzhva, S., Nazarov, P., Pereira, P., Pastushenko, T. (2018). Magnetic methods in tracing soil erosion, Kharkov Region, Ukraine. *Stud. Geophys. Geod.*, 62, 681–696.
- Menshov, O. (2018). The role of magnetotactic bacteria in formation of natural magnetism of Ukraine soils. *Visnyk of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Geology*, 80(1), 40–45.
- Menshov, O., Sukhorada, A. (2017). Basic theory and methodology of soil geophysics: the first results of application. *Visnyk of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Geology*, 79(4), 35–39.

Menshov, O.I. (2016). Magnetic method applying for the control of productive land degradation. *Geofizicheskiy Zhurnal*, 38(4), 130-137.

Nazarok, P.H., Kruhlov, O.V., Kutsenko, M.V., Menshov, O.I., Sukhorada, A.V. (2015). On the problem of mapping of erosion processes. *Bulletin of Agricultural Science*, 9, 63-68. [in Ukrainian]

Peluco, R.G., Marques, J.J., Siqueira, D.S., Pereira, G.T., Barbosa, R.S., Teixeira, D.B., Adame, C.R., Cortez, L.A. (2013). Suscetibilidade magnetica do solo e estimaro da capacidade de suporte a aplicacao de vinhaia. *Pesq. Agropec. Bras.*, 48, 661-672.

Petlovanyi, M., Kuzmenko, O., Lozynskiy, V., Popovych, V., Sai, K., Saik, P. (2019). Review of man-made mineral formations accumulation and prospects of their developing in mining industrial regions in Ukraine. *Mining of Mineral Deposits*, 13(1), 24-38. <https://doi.org/10.33271/mining13.01.024>

Polupan, M.I., Solovey, V.B., Kisil, V.I., Velichko, V.A. (2005). Determinant of ecological-genetic status and soil fertility of Ukraine. K.: Kolobig. [in Ukrainian]

Polupan, M.I., Solovey, V.B., Velichko, V.A. (2005). Soil classification of Ukraine. K.: Agricultural science. [in Ukrainian]

Prodaivoda, G. T., Vyzhva, S. A., Khoroshun, L. P., Nazarenko, L. V. (2000). Mathematical modeling of the azimuthal anisotropy in thermoelastic properties of the oceanic upper mantle. *Izvestiya. Physics of the Solid Earth*, 36, 5, 394-405.

Santos, H.L., Marques Júnior, J., Matias, S.S.R., Siqueira, D.S., Martins Filho, M.V. (2013). Erosion factors and magnetic susceptibility in differet compartments of a slope in Gilbués-PI, Brazil. *Engenharia, Agrícola*, 33(1), 64-74.

Shepel, S.I., Sukhorada, A.V., Tyutyunnik, D.A. (2001). About petrophysical features of some zonal and hydromorphic soils of Ukraine. *Visnyk of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Geology*, 19, 65-69. [in Ukrainian]

Solovey, V.B. (2016). Increasing the informativeness of soil-mapping materials is a priority direction for the development of soil science. *Bulletin of Agrarian Science*, 10, 11-16. [in Ukrainian]

Sukhorada, A., Bondar, K., Kruglov, O., Matviyishyna, Zh., Menshov, O. (2005). Magnetic properties of soils and their position in the landscape. *Fizychna heohrafiya ta heomorfolohiya: mizhvidomchyy naukovy zbirnyk*, 49, 36-43. [in Ukrainian]

Sukhorada, A.V. (2001). Agrogeophysics - ideology, conceptual basis, state and prospects of development. *Visnyk of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Geology*, 19, 58-64. [in Ukrainian]

Vodyanitskiy, Yu.N. (1989). Iron oxides and their role in soil fertility. Moscow: Nauka. [in Russian]

Vyzhva, S., Mykhailov, V., & Onyshchuk, I. (2017). Petrophysical features of maikop series of the crimean-black sea region. *Visnyk of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Geology*, 79, 12-20. <http://doi.org/10.17721/1728-2713.79.02> [in Russian]

Wang, H., Huo, Y., Zeng, L., Wu, X., Cai, Y. (2008). A 42-yr soil erosion record inferred from mineral magnetism of reservoir sediments in a small carbonate-rock catchment, Guizhou Plateau, southwest China. *J. Paleolimnol.*, 40, 897-921.

Надійшла до редколегії 19.12.19

O. Kruglov¹, PhD (Geol.), Senior Researcher

E-mail: alex_kruglov@ukr.net;

O. Menshov², Dr. Sci. (Geol.), Senior Researcher

E-mail: menshov.o@ukr.net;

V. Solovey¹, PhD (Agri.);

V. Lebed¹, Researcher;

O. Andreeva², PhD (Geol.), Researcher;

¹NSC "Institute for Soil Science and Argochemistry Research n. a. O.N. Sokolovskiy",

4 Chaikovska Str., Kharkiv, 61024, Ukraine;

²Taras Shevchenko National University of Kyiv, Institute of Geology,

90 Vasylykivska Str., Kyiv, 03022, Ukraine

CHERNOZEM SOIL GENETIC FEATURES DIAGNOSIS WITH MAGNETIC METHODS

The ecological-genetic status of soil is determined by the course of the soil-forming process and is the main factor in optimizing the agricultural use to achieve a sustainable state. The definition of a qualitative indicator of this status (KVAG) is developed in Ukraine and is characterized as costing and resource intensive. To solve the problem, it is proposed to replace agrochemical methods with less costly magnetic ones. The purpose of the study is to show the informativeness of geophysical methods for the indication of the process of pedogenesis on the example of chernozems podzolized of Kharkiv region. We used the standardized studies of determination of organic carbon content, determination of the particle size distribution of soil, and pH analysis. The characteristic of the sampling site on the slope was performed by determining the erosion hazard index. The mass-specific magnetic susceptibility of soil (MS) was determined and then calculated. The study sites were located at the area of distribution of chernozems podzolized in the northern part of Kharkiv district and the central part of Pechenig district of Kharkiv region. Soil genetic identity has been determined initially at the large-scale survey map and refined by field studies. The erosion processes complicated the soil study at the slope. We registered high informativeness of MS for the indication of genetic status. MS is relevant to use not only within a single agrocenosis, but also in agrolandscapes for soils which pedogenesis is complicated by hydromorphism. The experiment was performed at one-lane terrace of the Siverskyi Donets River, where soils of varying degrees of hydromorphism are developed. Magnetic methods have significant outlook for their application in soil studies. The example of the podzolized soils investigation of Kharkiv region shows the possibility of the identification of hydromorphic processes in the lower part of the soil profile (decrease of the values of MS compared to the background). The example of the arable land shows the possibility of replacing the high-cost determining of the humus content by much cheaper MS as the indicator of ecological-genetic status of soil (KVAG). The correlation coefficient between the KVAG and KVAMS (based on the MS measuring) is: $\rho = 0.901$.

Keywords: soil, magnetic susceptibility, slope, humus, hydromorphism.

A. Круглов¹, канд. геол. наук, ст. науч. сотруд.

E-mail: alex_kruglov@ukr.net;

A. Меньшов², д-р геол. наук, ст. науч. сотруд.

E-mail: menshov.o@ukr.net;

V. Соловей¹, канд. с-х. наук;

V. Лебедь¹, науч. сотруд.;

E. Андреева², канд. геол. наук, научн. сотр.

¹ННЦ "Інститут почвознавства і агрохімії імені А.Н. Соколовського",

ул. Чайковская, 4, Харьков, 61024, Украина;

²Київський національний університет імені Тараса Шевченка,

УНІ "Інститут геології", ул. Васильківська, 90, Київ, 03022, Україна

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВ МЕТОДАМИ МАГНИТОМЕТРИИ

Еколого-генетический статус почвы определяется ходом процесса почвообразования и является решающим фактором при оптимизации его сельскохозяйственного использования для достижения устойчивого состояния. Определение разработанного в Украине качественного показателя такого статуса (КВАГ) характеризуется высокими затратами ресурсов и труда. Для решения проблемы предлагается замена агрохимических методов исследований на менее дорогие магнитные анализы. Цель исследования – показать информативность геофизических методов для индикации процесса педогенеза на примере черноземов оподзоленных Харьковской области. Использованы стандартизированные исследования определения содержания органического углерода, гранулометрического состава, pH. Характеристику места отбора проб на склоне проводили с помощью определения индекса эрозионной опасности. Был проведен отбор образцов и измерение в лабораторных условиях удельной магнитной восприимчивости почвы (МВ). Опытные участки были расположены в ареале распространения черноземов оподзоленных, в северной части Харьковского района и центральной части Печенежского района Харьковской области. Генетическая характеристика почвы была предварительно определена по картам крупномасштабного обследования и уточнена полевыми исследованиями. Для почвы склона, осложненных эрозионными процессами, наблюдается зависимость МВ от генетического статуса. Это позволяет использовать МВ не только в рамках одного агроценоза, но и в смежных агроландшафтах для почвы, развитие которых затруднено гидроморфизмом. Опыт был проведен на однолесовой террасе р. Северский Донец, где развиты почвы разной степени гидроморфности. На примере оподзоленных почв Харьковской области показана возможность индикации проявления гидроморфных процессов в нижней части почвенного профиля. Зафиксировано снижение значений МВ по сравнению с фоновыми. На примере пашни показана возможность замены дорогостоящего определения содержания гумуса более дешевой МВ при определении показателей эколого-генетического статуса почвы. Коэффициент корреляции между показателями КВАГ и КВАМС (замена определения гумуса на МВ) составил $\rho = 0,901$.

Ключевые слова: почва, магнитная восприимчивость, склон, гумус, гидроморфизм.