

УДК 631.551.321

**Магнітометрія ґрунтів у діагностуванні деградаційних процесів****О.В. Круглов**Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського»  
Харків, Україна

ІНФОРМАЦІЯ	АНОТАЦІЯ
Отримано 18.08.2020 Отримано після доопрацювання 12.09.2020 Затверджено до друку 15.09.2020 Доступно онлайн 05.11.2020	Деградація ґрунтів – основна проблема сучасності. Завдання аграрної науки – удосконалення методів її дослідження та моніторингу. Серед численного переліку таких методів, завдяки експресності та низькій вартості, виділяються магнітометричні. Мета роботи – показати їх інформативність у визначенні процесів, що є факторами деградації орних ґрунтів. Використовували методики відбирання проб ґрунту за ДСТУ 4287:2004 та визначення вмісту гумусу за ДСТУ 4289:2004. Для всіх зразків було визначено питому магнітну сприйнятливості (МС) ґрунту за допомогою капамістка KLY-2 за методикою Evans (2003). Дослідження проводили в агроландшафтах на території Харківської та Полтавської областей. Дослідженнями виявлено високу інформативність результатів визначення питомої магнітної сприйнятливості ґрунту у діагностуванні еродованості. Фізичною основою такого діагностування є тісний кореляційний зв'язок між магнітною сприйнятливостю та вмістом гумусу. Це дозволяє стверджувати про можливість заміщення визначення вмісту гумусу на визначення магнітної сприйнятливості (за винятком опорних розрізів, на основі яких проводиться інтерполяція та екстраполяція даних). Гідроморфні та галоморфні процеси також впливають на магнітну сприйнятливості ґрунту. У цьому випадку кореляційний зв'язок між нею та вмістом гумусу слабше з ростом неоднорідності проявів деградаційних процесів. Картограми магнітних характеристик дають змогу діагностувати такі прояви, навіть у випадках, коли це ніяк не виражено станом поверхні ґрунту. Сольові та гідроморфні процеси суттєво знижують МС як верхнього горизонту ґрунту, так і ґрунотворної породи, причому найбільш суттєве зниження пов'язане з процесами оглеєння. Таким чином можна проводити диференціацію не тільки агротехнологічних груп ґрунтів а й ґрунотворних порід.
<b>Ключові слова:</b> ґрунт; гумус; деградація; ерозія; магнітометрія; процес	

\* E-mail: alex\_kruglov@ukr.net

Форма цитування: Круглов О.В. Магнітометрія ґрунтів у діагностуванні деградаційних процесів. *Агрохімія і ґрунтознавство*. Міжвід. тем. наук. збірник. Вип. 90. Харків: ННЦ "ІГА ім. О.Н. Соколовського". 2020. С. 29-35. DOI: <https://doi.org/10.31073/acss90-03>.**1. Стан проблеми**

Основними факторами погіршення якості ґрунтового покриву, прямо не пов'язаними з діяльністю людини, вважаються ерозія та сольові й гідроморфні процеси. У запобіганні або корегуванні їх впливу велика роль належить своєчасній ідентифікації. Серед значного переліку методів для вирішення цього завдання – агрохімічних, агрофізичних, оптичних і фізичних, виділяють групу, традиційно використовувану у дослідженнях гірських та осадових порід – магнітометричні. Вони характеризуються як високою експресністю і дешевизною визначення, так і відсутністю фізичного чи хімічного впливу на зразок, тобто стан досліджуваного зразка максимально відповідає природному.

Методичною основою використання магнітометричних методів є стан найбільш магнітних сполук ґрунту – мінералів заліза. До цих сполук відносять гідроксиди (ферігидрит, лепідокрокіт) та оксиди (гематит, магнетит, маггеміт). Понад 90 % значень магнітних характеристик у сірих лісових ґрунтах та чорноземах забезпечується парою мангетит-маггеміт. Частка карбонатів заліза (сидерит) у загальному магнетизмі ґрунту дуже незначна [1].

Педогенні (утворені в результаті педогенезу) сполуки заліза є термодинамічно нестабільними, тобто, під дією зовнішніх факторів (тепло, волога, рН, мікробіологічні процеси) вони змінюють свою мінеральну форму. Вимірювальні засоби для досліджень магнітних властивостей ґрунтів характеризуються високою чутливістю, що дозволяє фіксувати ці зміни досить точно. Так, сумарна похибка у вимірюванні питомої магнітної сприйнятливості (МС) не перевищує 1,5 %. Перспективними є як повна заміна традиційних методів, так і використання магнітних характеристик для інтерполяції та екстраполяції даних з опорних розрізів [2].

Магнітні характеристики ґрунтів залежать від екологічних умов їх утворення. Інформативність педомагнітних даних виявилась придатною для прогнозування умов утворення ґрунтів. Так у роботі Long et al. [3] було показано відмінності у магнітних властивостях ґрунтів із різних природно-кліматичних зон. Особливості формування

педогенних оксидів, на думку авторів, можна описати співвідношенням педогенних мінералів гематит/ґьотит. На прикладі ґрунтів Балканського півострова (Сербія) показано зв'язок між питомою магнітною сприйнятливістю ґрунту та річною сумою опадів ( $R=0,81$ ) і середньорічною температурою ( $R=0,58$ ) [4]. Схожі результати отримали іранські дослідники на ґрунтах північної частини країни: кореляція між МС ґрунту та сумою опадів  $R=0,80$  [5]. Ще вищий ступінь зв'язку було показано для фералітних ґрунтів на території китайського острова Хайнань:  $R=0,90$  [3]. Комплекс магнітних показників застосовували для ідентифікації ґрунтів мегакатени у Франції (Середземноморське узбережжя – підніжжя Альп), ускладнено впливом різних антропогенних чинників, пов'язаних із забрудненням і сільським господарством. Продемонстровано перевагу використання комплексу магнітних методів (МС, IRM, SIRM) перед застосуванням окремих магнітних та хімічних методів [6]. Мароканські дослідники запропонували ступінь деградації ґрунтового покриву визначати локалізацією та концентрацією оксидів заліза у ґрунтах **[Ошибка! Источник ссылки не найден.]**.

Застосування магнітних показників ґрунту для вирішення ерозієзнавчих завдань пов'язано з високим ступенем зв'язку між ними та ґрунтовими факторами, що застосовуються у моделях ерозії, на зразок фактора К у моделі RUSLE [8]. До його складу входять гранулометрія та уміст гумусу, які, як показано нижче, корелюють зі значеннями магнітних властивостей ґрунту. Взагалі, вважається, що методичною основою для застосування МС в ерозієзнавстві є її зв'язок зі стійкістю ґрунтових агрегатів [9], вмістом глинистої фракції [10] та вмістом органіки [11]. Подібні висновки зробили науковці бразильсько-іспанського колективу на ґрунтах південно-східної Бразилії [12]. Педомагітна ситуація там ускладнена тим, що ґрунти розвиваються на корі вивітрювання базальтів, та, відповідно, можуть містити значну кількість теригенних мінералів заліза, прояви яких у просторі розміщені безсистемно. Аналізувались зв'язок між магнітними характеристиками ґрунтів та фактором К рівняння USLE, розрахованим за версією Денарді [13] та факторами  $K_i$  та  $K_r$  моделі WEPP, розрахованими за версією Фленагана та Лівінгстона [14]. Кореляція Пірсона для трьох показників дорівнювала відповідно 0,63, 0,74 та 0,56 ( $p<0,05$ ). Ще вищий ступінь зв'язку було знайдено між значеннями фактора К, розрахованими на основі значень МС та фактично виміряними:  $R^2=0,92$  [12]. У будь-якому випадку застосування передбачених значень К у вигляді картограм значно поліпшує результати математичного моделювання ерозійних процесів. Високий ступінь зв'язку між показником ерозійної небезпеки, умістом гумусу та питомою магнітною сприйнятливістю ( $R^2=0,84$ ) ми показали на прикладі чорнозему опідзоленого на схилах у Харківській області [15].

Методи магнітометрії виявились придатними до застосування в цих дослідженнях. Вміст та мінеральна форма оксидів заліза є індикатором багатьох показників, пов'язаних з органічним вуглецем. Вони беруть участь, прямо чи опосередковано, в циклі окиснення-відновлення С, задіяні в транспортних процесах [16]. Чеські дослідники показали високий ступінь зв'язку між  $C_{орг}$  та МС – зафіксовано  $R^2=0,971$  [17]. Цими дослідженнями чорноземних ґрунтів південної Моравії показано ступінь кореляції між дітронітцитратним залізом та  $C_{орг}$   $R=0,599$ , а з амонієвооксалатним –  $R=0,863$ . Дослідження ґрунтів Мораво-Сілезького краю також показало високий ступінь зв'язку  $C_{орг}$  та МС –  $R=0,89$  [18].

Бразильські дослідники у ґрунтах сухих субтропіків виявили факт підвищеного ступеню кореляції між МС та умістом фізичної глини  $R^2=0,83$ , загальним умістом вуглецю  $R^2=0,85$  та загальним умістом азоту  $R^2=0,77$  [19]. Там же було виявлено тісний зв'язок вмісту оксидів заліза та вмісту глинистої фракції і адсорбованих сполук фосфору [20]. Застосування в польових умовах об'ємної МС дає важливий інструмент для розуміння просторових неоднорідностей ґрунтового континууму, особливо за ускладнених умов залягання ґрунотворних порід, безпосередньо на місці досліджень. На прикладі тропічних фералітних ґрунтів Колумбії показано зв'язок об'ємної МС з їх основними фізичними показниками: уміст піску  $R=0,88$ ; уміст мулистої фракції  $R=0,85$ ; щільність ґрунту  $R=0,51$ ; теплопровідність  $R=0,67$  [21]. Взагалі щільність будови ґрунту, за визначенням, оптимально повинна корелювати з відношенням  $MS_{об'ємна}/MS_{питома}$ , проте дуже часто спостерігається відсутність такого ефекту, спричинена особливостями окисно-відновного режиму за різних діапазонів ущільнення [22]. Саме зміни окисно-відновного режиму педогенезу обумовлюють особливості утворення, а, відтак, і інформативність педогенних магнетиків. Звичайно за превалювання відновного режиму утворюються менш магнітні гідроксиди заліза [1]. Раніше ми вже завважували про пониження значень МС чорнозему опідзоленого під дією надлишкового зволоження порівняно з автоморфними ґрунтами [23]. Це пониження характерне для всього ґрунтового профілю або ж для нижньої його частини (у випадку розвитку напівгідроморфних ґрунтів) [24].

Мета роботи – показати інформативність магнітометричних методів у визначенні процесів, що є факторами деградації орних ґрунтів.

## 2. Умови проведення досліджень

Ерозійну складову вивчали на прикладі агрогеофізичного стаціонару «Слобожанський» (Балаклійський район Харківської області). Ця територія характеризується значним вертикальним розчленуванням рельєфу та поширенням ерозійних процесів. На схилах розвинуті чорноземи звичайні та їх слабо змиті відміни. Вододільні ділянки зайнято чорноземами типовими. Проби ґрунту відбирали за системою трансект через кожні 30 м, крім обумовлених випадків (Рис. 1).

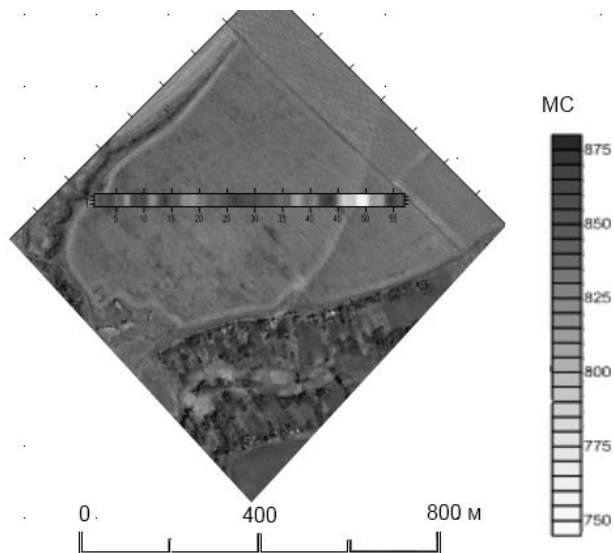


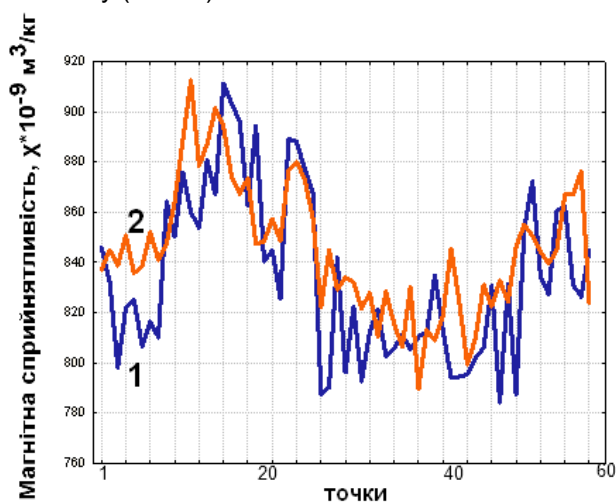
Рис. 1. Магнітна сприйнятливість (МС) ґрунтів на еродованих землях,  $10^{-9} \text{ м}^3/\text{кг}$

Сукупну дію гідроморфних та галоморфних процесів досліджували в долині річки Сула (Лохвицький район Полтавської області). Кут нахилу території  $0-1^\circ$ . Ґрунти: чорноземи глибокі залишково-глибоко-солонцюваті; лучно-чорноземні глибоковилуговані (осолоділі); лучно-чорноземні глибоко-середньо- і сильносолонцюваті.

Методи дослідження. Використовували методики відбирання проб ґрунту за ДСТУ 4287:2004 та визначення вмісту гумусу за ДСТУ 4289:2004. Для визначення статистичних показників, користувались стандартним програмним продуктом Statistica®. Візуалізацію результатів дослідження було проведено в середовищі MapInfo та Surfer. Для всіх зразків було визначено питому МС за допомогою капамістка KLY-2 за методикою Evans [25].

## 3. Результати та їх обговорення

Зазвичай пониження значень МС відповідають еродованим ділянкам: нижня частина схилу та улоговини стоку (Рис. 1).



**Рис. 2.** Магнітна сприйнятливість ґрунту дослідної ділянки, визначена з річним інтервалом

Значення магнітної сприйнятливості доволі стабільно відображують еродовані ділянки (тт. 27-45 на рис. 2). Відбір проб на даному профілі проводили з інтервалом 1 рік – вибірки 1 та 2.

Як бачимо, графіки 1 та 2 подібні. Було визначено коефіцієнт кореляції Спірмена  $\rho=0,69$  ( $p<0,05$ ), тобто показано існування тісного зв'язку між двома вибірками. Варіативність двох вибірок також подібна – табл. 1.

**Таблиця 1**

Описова статистика вибірок МС ґрунтів агрогеофізичного стаціонару «Слобожанський»

№	n	Середнє арифметичне	Медіана	Мінімум	Максимум	Стандартне відхилення	Коефіцієнт варіації, %
		$10^{-9}$ м <sup>3</sup> /кг					
1	61	834,60	830,80	784,20	911,20	33,20	4,00
2	61	845,19	844,80	789,70	912,50	26,04	3,10

Дані таблиці 1 свідчать що варіативність ознаки двох вибірок незначна. Середнє арифметичне в обох випадках дорівнює медіані. Значення мінімуму та максимуму (розмах вибірки) також аналогічні. Зважаючи на штучний характер вибірки (обумовлений межами одного поля сівозміни) характер розподілу не досліджували.

Падіння значень МС ґрунту на еродованих ділянках ми пов'язуємо зі зменшенням умісту гумусу. Паралельно доведено високий ступінь зв'язку з ерозійними характеристиками території [25]. Це відповідає нинішнім уявленням про природу педогенного магнетизму [1]. Так, свого часу ми показали зв'язок між МС різних шарів орних ґрунтів (0-10, 10-30 та 30-40 см) та умістом гумусу в цих шарах на прикладі еродованої ділянки чорнозему опідзоленого (Табл. 2).

**Таблиця 2**

Показники кореляції досліджуваних характеристик. Рангова кореляція Спірмена ( $p<0,050$ ) [2]

Показник	Коефіцієнт кореляції		
	Вміст гумусу, 0-10 см	Вміст гумусу, 10-30 см	Вміст гумусу, 30-40 см
Вміст гумусу, 0-10 см	-	0,8884	0,7704
Вміст гумусу, 10-30 см	0,8884	-	0,9048
Вміст гумусу, 30-40 см	0,7704	0,9048	-
МС, 0-10 см	0,6973	0,7283	0,7572
МС, 10-30 см	0,7174	0,7474	0,7667
МС, 30-40 см	0,6405	0,7620	0,8944

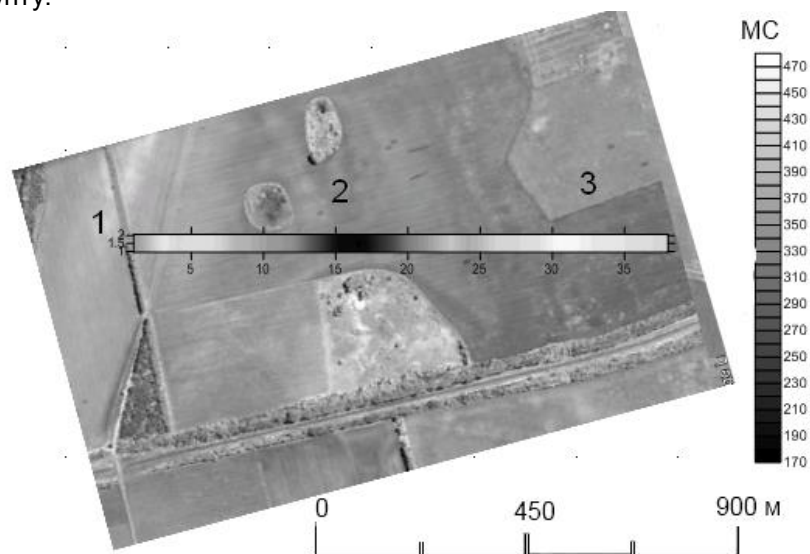
Як свідчать дані таблиці 2, уміст гумусу має тісний зв'язок з МС ґрунту, причому ступінь зв'язку практично однаковий для всіх досліджуваних шарів. Найбільш стабільним є зв'язок у підорному (30-40 см) шарі.

Зниження умісту гумусу в орному шарі, притаманне еродованим ґрунтам, може бути з високим ступенем достовірності виявлене дослідженням МС ґрунту. Ця залежність спостерігається для всього орного та підорного шарів та є стабільною в часі.

МС ґрунту успішно використовується як індикатор еродованості для ґрунтів різного походження [7, 13, 18, 19], крім ґрунтів, розвинутих на магнітних корах вивітрювання [12, 26]. Однак з ускладненням ландшафтних умов та появою сильно змитих відмін ґрунтів можливе зниження рівня зв'язку у парі МС-уміст гумусу [2].

Більш складними є інтерпретації досліджень магнітних характеристик ґрунтів у випадках сукупної дії кількох факторів деградації ґрунту, наприклад, сукупної дії гідроморфних та галоморфних процесів. Для виключення впливу прискореної ерозії ми вибрали дослідну ділянку, розташовану в долині річки Сула (Лохвицький район Полтавської області). Кут нахилу території 0-1°. Тут розвинуті, згідно з картограмою ґрунтів, чорноземи глибокі залишково глибокосолонцюваті (1), лучно-чорноземні глибоковилуговані (осолоділі) ґрунти западин (2) та лучно-чорноземні глибоко-середньо- і

сильносолонцюваті ґрунти (3). На рисунку 3 показано результат визначення МС верхнього (0-20 см) шару ґрунту.

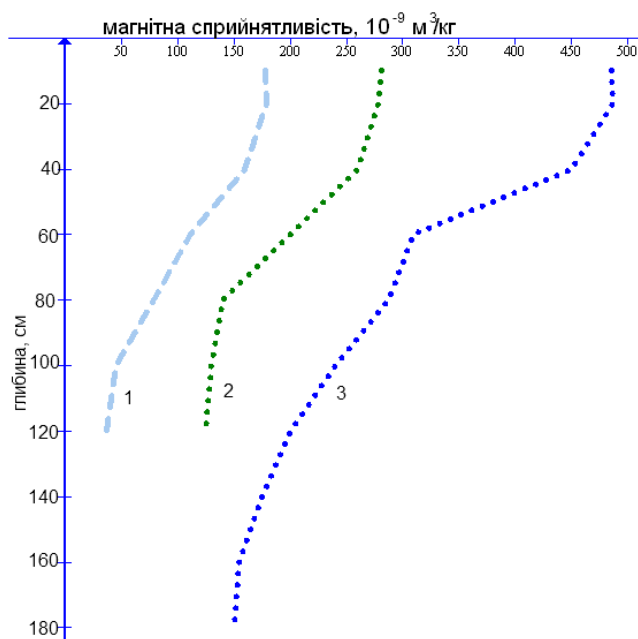


Умовні позначення: 1 – чорноземи глибокі залишково глибоко-солонцюваті; 2 – лучно-чорноземні глибоковилуговані (осолоділі) ґрунти западин; 3 – лучно-чорноземні глибоко-середньо- і сильносолонцюваті ґрунти; 5...35 – точки відбирання проб ґрунту

**Рис. 3.** Магнітна сприйнятливість ґрунтів на ділянці з гідроморфними процесами

Як показано на рисунку 3, МС чорноземних глибоко вилугованих (осолоділих) ґрунтів западин значно нижча (понад 60 %) ніж фонових чорноземів глибоких залишково-глибоко-солонцюватих. Ці западини практично не виражені в мікрорельєфі та не впливають на стан поверхні ґрунту. Ознаки оглеєння спостерігаються з глибини 55 см. Висновок про понижено родючість ґрунтів у певній частині профілю (тт. 12-18) зроблено на основі огляду стану рослин ярового ячменю.

Відрізняються ґрунти також і за вертикальним розподілом МС у профілях. Результати обстеження показано на рисунку 4.



**Рис.4.** Профільний розподіл магнітної сприйнятливості досліджуваних ґрунтів:

1 - лучно-чорноземні глибоковилуговані (осолоділі) ґрунти западин; 2 - лучно-чорноземні глибоко-середньо- і сильносолонцюваті ґрунти; 3 - чорноземи глибокі залишково глибокосолонцюваті.

Як показано на рисунку 4, чорноземи глибокі залишково глибокосолонцюваті мають на всіх глибинах найвищі значення МС, у 1,5-2,0 рази більші порівняно з іншими

досліджуваними ґрунтами. Так само і МС ґрунотворної породи: у лучно-чорноземних глибоковилугованих (осолоділих) ґрунтах западин вона найнижча та у понад 3,5 раза нижча за ґрунти без ознак гідроморфності. Подібні результати є характерними для ґрунтів акумулятивного типу, що широко проілюстровано у роботі Jordanova [1]. Однак існує думка про недостатність використання у подібних випадках лише одного показника – питомої МС. Існує необхідність доповнення досліджень іншими магнітними характеристиками [6].

Також слід зазначити про зниження коефіцієнтів кореляції між умістом  $S_{\text{орг}}$  та МС ґрунту у випадку, коли галоморфні та гігоморфні процеси проявлені у різному ступені на території досліджень (або ж лише на частині території). Такі випадки на локальному територіальному рівні вимагають диференціації систем обробітку ґрунту та удобрення [24].

#### 4. Висновки

Результати застосування магнітометричних методів досліджень є достатньо інформативними у визначенні деградаційних процесів у ґрунтах. МС ґрунту тісно корелює з умістом у ньому гумусу, зниження її значень пов'язане з ростом еродованості земель.

Сольові та гігоморфні процеси суттєво знижують МС як верхнього горизонту ґрунтів, так і ґрунотворної породи, причому найбільш суттєве зниження пов'язане з процесами оглеєння. Таким чином, параметри МС можна застосовувати для ідентифікації агротехнологічних груп ґрунтів і для діагностики ґрунотворних порід.

#### Список використаних джерел

1. Jordanova N. Soil magnetism. Academic press 2016. 466 p.
2. Kruglov O., Menshov O. To the soil magnetic susceptibility application in modern soil science. 16th EAGE International Conf. on Geoinformatics-Theoretical and Applied Aspects. (13 -14 May. 2017). Kyiv. 2017.
3. Long X., Ji J., Balsam W. Rainfall-dependent transformations of iron oxides in a tropical saporlite transect of Hainan Island, South China: spectral and magnetic measurements. *J. Geophys. Res.* 2011. Vol.116, Issue F3. DOI: <https://doi.org/10.1029/2010JF001712>.
4. Quantitative relationships between climate and magnetic susceptibility of soils on the Bačka Loess Plateau (Vojvodina, Serbia) / M.G. Radaković, M.B. Gavrilov, U. Hambach [et al.] *Quaternary International*. 2019. № 502. P. 85-94. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2018.04.040>.
5. Development and magnetic properties of loess-derived forest soils along a precipitation gradient in northern Iran / M. Pourmasoumi, F. Khormali, S. Ayoubi [et al.]. *Journal of Mountain Science*. 2019 № 16. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11629-018-5288-4>.
6. Lecoanet H., Ler'Veque F., Ambrosi J.P. Combination of magnetic parameters: an efficient way to discriminate soil-contamination sources (south France). *Environmental Pollution*. 2003. № 122. P. 229–234.
7. Using magnetic susceptibility to assess soil degradation in the Eastern Rif, Morocco / A. Sadiki, A. Faleh, A. Navas, S. Bouhlassa. *Earth Surf. Process. Landforms*. 2009. № 34, P. 2057–2069.
8. Gyrka-Kostrubiec B, Teisseyre-Jeleńska M, Dytłow S.K. Magnetic properties as indicators of Chernozem soil development. *Catena*. 2016. №138. P. 91–102. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2015.11.014>.
9. Water stability of aggregates in subtropical and tropical soils (Georgia and China) and its relationships with the mineralogy and chemical properties / T. Alekseeva, Z. Sokolowska, M. Hajnos [et al.]. *Eurasian soils Sci*. 2009. №42. P. 415-425. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1064229309040085>.
10. Suscetibilidade magnetica do solo e estimaro da capacidade de suporte a aplicacao de vinhaia / Peluco R.G., Marques Junior J., Siqueira D.S., [et al.]. *Pesq Agropec Bras*. 2013. №48. P.661–672. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2013000600012>.
11. A 42-yr soil erosion record inferred from mineral magnetism of reservoir sediments in a small carbonate-rock catchment, Guizhou Plateau, southwest China / H. Wang, Y. Huo, L. Zeng [et al.]. *J Paleolimnol*. 2008. №40. P.897–921. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10933-008-9206-6>.
12. Barbosa R.S., Marques J.J., Barron V. Prediction and mapping of erodibility factors (USLE and WEPP) by magnetic susceptibility in basalt-derived soils in northeastern Sao Paulo state, Brazil. *Environmental Earth Sciences*. 2019. 78:12. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12665-018-8015-0>.
13. Denardin J.E. Erodibilidade di solo estimado por meio parametros fisicos qumisos. Thesis. Escola Superior de Agricultura Luis de Quieros. Universidade de Sao Paulo. 1990. 114 p.
14. Flanagan D.C., Livingston S.J. Water erosion prediction project: WEPP user summary. National Soil Research Laboratory & USDA, Washington, D.C, West Lafayette. 1995. 141 p.
15. Magnetic methods in tracing soil erosion, Kharkiv Region, Ukraine / O. Menshov, O. Kruglov, S. Vyzhva [et al.]. *Stud. Geophys. Geod*. 2018. №62(4). P. 681-696. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11200-018-0803-1>.
16. Cornell R., Schwertmann U. The Iron Oxides. Structure, Properties, Reactions, Occurrence and Uses. New York: Weinheim, 2003. 573 p.
17. Using magnetic susceptibility mapping for assessing soil degradation due to water erosion / O. Jakšik, R. Kodešová, A. Kapička [et al.]. *Soil & Water Res*. 2016. №11. P. 105–113. DOI: <https://doi.org/10.17221/233/2015-SWR>.
18. Magnetism of soils applied for estimation of erosion at an agricultural land / A. Kapicka, S. Dlouha, H. Grison [et al.]. *Geophysical Research Abstracts* Vol. 15, EGU2013-4774, 2013 EGU General Assembly.

19. Prediction and Mapping of Soil Attributes using Diffuse Reflectance Spectroscopy and Magnetic Susceptibility / A.S.R. Souza Bahia, J.M. Junior, N.L.S. Junior [et al.]. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 2017. №81. P. 1450–1462. DOI: <https://doi.org/10.2136/sssaj2017.06.0206>.
20. Mapping of clay, iron oxide and adsorbed phosphate in Oxisols using diffuse reflectance spectroscopy / Camargo L.A., Júnior J.M., Barrón V. [et al.]. *Geoderma*. 2015. №251–252. P.124–132. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2015.03.027>
21. Relationship between physical properties and the magnetic susceptibility in two soils of Valle del Cauca / C.A. Jimenez, J.J. Benavides, D.I. Ospina-Salazar [et al.]. *Rev. Cienc. Agr.* 2017. Vol. 34(2). P. 33-45. ISSN 0120-0135. DOI: <http://dx.doi.org/10.22267/rcia.173402.70>.
22. Magnetic susceptibility of the arable layer of soil with organic farming and mineral fertilization / Z. Sokolowska, M. Hajnos, A. Alekseev, T. Alekseeva. *Acta Agroph.* 2000. Vol. 38. P. 175–183.
23. Soil mapping with magnetic methods at the agriculture land of Pecheniy, Ukraine / O. Menshov, O. Kruglov, Yu. Zalavskiy, A. Sukhorada. "New Trends on Paleo, Rock and Environmental Magnetism, 16th castle meeting": abs.conf. (16 June 2018, Chęciny, Poland). Warsaw, 2018. Vol. 423 (C-112). P. 97-98. DOI: [http://dx.doi.org/10.25171/InstGeoph\\_PAS\\_Publs-2018-050](http://dx.doi.org/10.25171/InstGeoph_PAS_Publs-2018-050).
24. Magnetic susceptibility in the prediction of soil attributes in two sugarcane harvesting management systems / R.G. Peluco, J.M. Junior, D.S. Siqueira [et al.]. *Engenharia Agrícola*. 2013. V. 33(6). P. 1134-1143. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-69162013000600006>.
25. Evans M., Heller F. *Environmental magnetism: principles and applications of enviromagnetics*. Academic press, 2003. 86 p.
26. Suhorada A.V., Kruglov O.V. Classification of soils by their magnetic properties. 18th International Conference Geoinformatics - Theoretical and Applied Aspects, (13-16 May 2019). Kyiv. 2019. P. 1-5. DOI: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.201902062>

UDC 631.551.321

## Soil magnetometry in the diagnosis of degradation processes

O.V. Kruglov

National Scientific Center "Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O.N. Sokolovsky",  
Kharkiv, Ukraine  
E-mail: alex\_kruglov@ukr.net

Soil degradation is the main challenge of our time. The task of agricultural science is to improve the methods of its research and monitoring. Magnetometric methods are notable among the numerous list of such methods due to the expressiveness and low cost. The purpose of the work is to show their informativeness in determining the processes that are factors in the degradation of arable soils. Methods of soil sampling according to DSTU 4287: 2004 and determination of humus content according to DSTU 4289: 2004 were used. For all samples, the specific MS was determined using a kapabridge KLY-2 according to the method of Evans (2003). The research was conducted in agricultural landscapes in Kharkiv and Poltava regions. Studies established a highly informative results of determining the specific magnetic susceptibility of the soil when diagnosing erosion. The physical basis of such a diagnosis is the close correlation between magnetic susceptibility and humus content. This suggests the possibility of substituting the determination of the humus content for the determination of magnetic susceptibility (except for reference sections, on the basis of which the interpolation and extrapolation of data). Hydromorphic and halomorphic processes also negatively affect the value of magnetic susceptibility. In this case, the correlation between it and the humus content is weak with the increase in the heterogeneity of the manifestations of degradation processes. Maps of magnetic characteristics make it possible to diagnose such manifestations, even in cases where it is not expressed in any way by the condition of the soil surface. Salt and hygromorphic processes significantly reduce the MS of both the upper soil horizon and soil-forming rocks, and the most significant reduction is associated with gleying processes. Thus it is possible to differentiate not only agro-technological groups of soils but also soil-forming rocks.

**Keywords:** degradation; erosion; humus; magnetometry; process; soil.

*Citing:* Kruglov O. 2020. Soil magnetometry in the diagnosis of degradation processes. *Agrochemistry and Soil Science*. Collected papers. No. 90. Kharkiv: NSC ISSAR, P. 29-35. (Ukr.). DOI: <https://doi.org/10.31073/acss90-03>.