

UDC 631.551.321

**Kruglov O.**

NSC "Institute for Soil Science and Agrochemistry Research n.a. O. N. Sokolovskiy",  
e-mail: alex\_kruglov@ukr.net

### SOIL EROSION AS A MAGNETOMETRY OBJECT

*The aim of the work is to show the informativeness and methodological problems of magnetometry in erosion studies, the relationship of MS, humus content and erodibility on the example of one of the most important in the agricultural soil of the forest-steppe - chernozem typical.*

**Research methods and objects.** *The study used field, research, statistical, laboratory and cartographic methods. The magnetometric part of the study included the determination of the specific magnetic susceptibility of the soil using the KLY-2 capabridge by Evans method. The erosion danger index scale proposed by M.V. Kutsenko was used.*

*The application of applied magnetometry in solving the problems of erosion is conducted. The main characteristic studied is the specific magnetic susceptibility. The principles and tendencies of distribution of its values in natural and agricultural landscapes are determined. High degree of association of magnetic susceptibility with important agronomic characteristics is shown.*

**Conclusions.** *Soil MS is a promising characteristic, which is, first of all, informative for the needs of erosion studies. It has a close relationship with the humus content and the mechanical composition of the soil cover (at the local territorial level), favorably differing in lower cost and higher expressiveness. There is a high degree of communication between MS and EI, which allows for rapid verification of the cartograms for the development of erosion processes.*

**Keywords:** *humus, erosion, erodibility, landscape, magnetic susceptibility, statistics.*

УДК 631.551.321

**Круглов А. В.**

ННЦ «Институт почвоведения и агрохимии им. А. Н. Соколовского»,  
e-mail: alex\_kruglov@ukr.net

### ЭРОДИРОВАННОСТЬ ПОЧВ КАК ОБЪЕКТ МАГНИТОМЕТРИИ

*Проведено исследование применения прикладной магнитометрии при решении задач эрозиоведения. Основной изученной характеристикой является удельная магнитная восприимчивость. Определены принципы и тенденции распределения ее значений в естественных и аграрных ландшафтах. Показано высокая степень связи магнитной восприимчивости с важными агрономическими характеристиками. Сделан вывод о значительных перспективах магнитометрических исследований при определении эродированности почв.*

*Ключевые слова:* гумус, эрозия, эродированность, ландшафт, магнитная восприимчивость, статистика.

УДК 631.551.321

**Круглов О. В.**

ННЦ «Институт ґрунтознавства і агрохімії ім. О. Н. Соколовського»,  
e-mail: alex\_kruglov@ukr.net

## **ЕРОДОВАНІСТЬ ҐРУНТІВ ЯК ОБ'ЄКТ МАГНІТОМЕТРІЇ**

*Проведено дослідження застосування прикладної магнітометрії у вирішенні завдань ерозієзнавства. Основною вивченою характеристикою є питома магнітна сприйнятливості. Визначено принципи і тенденції розподілу її значень у природних та аграрних ландшафтах. Показано високий ступінь зв'язку магнітної сприйнятливості з важливими агрономічними характеристиками. Зроблено висновок про значні перспективи магнітометричних досліджень у визначенні еродованості ґрунтів.*

*Ключові слова:* гумус, ерозія, еродованість, ландшафт, магнітна сприйнятливості, статистика.

**Вступ.** Водна ерозія ґрунтів є основним чинником деградації сільськогосподарських земель. Ці процеси змінюють агрофізичні й агрохімічні властивості ґрунтів, що передбачає внесення певних коректив до агротехнічних та ґрунтоохоронних заходів (Куценко, Тімченко, 2016). Тому питання індикації проявів ерозійних процесів завжди було одним з головних у низці дисциплін: землеробство, ґрунтознавство, землеустрій. Визначення ступеня змитості ґрунту затребуване господарниками – рослинництво на еродованих землях потребує особливих режимів внесення добрив та пестицидів, Зацікавленість землевпорядників полягає в коректному складанні проектів господарського землеустрою. Градація ґрунтів на відміни: незмиті, слабкозмиті, середньозмиті та сильнозмиті базується на визначенні скорочення гумусового профілю порівняно з незмитим еталоном. Таке скорочення діагностують шляхом закладання ґрунтових розрізів або відбору ґрунтових колонок буром. Існує альтернативний варіант, за якого ступінь змитості визначається за вмістом гумусу у верхньому шарі ґрунту. У будь-якому випадку визначення ступеня еродованості ґрунтів має обмеження – ресурсні, часові та кадрові, що часто не дозволяє вчасно та адекватно реагувати (Сурмач, 1992).

Сільське господарство в сучасних умовах, особливо за реалізації концепції «точного землеробства» потребує значно вищої точності ґрунтових картограм, ніж це можна забезпечити традиційними методами. Для вирішення цього завдання пропонується застосування одного з методів магніторозвідки, а саме визначення питомої магнітної сприйнятливості (МС) орного горизонту ґрунту. Попри численні спроби довести метод до рівня технології проблема на сьогодні залишається до кінця не вирішеною, застосування МС для визначення

еродованості ґрунтів агроценозу стикається з недостатнім вивченням як самого зв'язку МС та вмісту гумусу у ґрунті, так і проблемами, що пов'язані з формою та густиною мережі відбору, способи відбору зразка – методичних проблемах, що потребують подальших досліджень (Kruglov, Menshov, 2017).

**Мета роботи** – показати інформативність та методичні проблеми магнітометрії в ерозієзнавчих дослідженнях, зв'язок МС, вмісту гумусу та еродованості на прикладі одного з найбільш важливих у сільськогосподарському відношенні ґрунтів Лісостепу – чорнозему типового.

**Методи та об'єкти дослідження.** Під час проведення дослідження застосовано польові, науково-пошукові, статистичні, лабораторні та картографічні методи. За відсутності картографічних матеріалів щодо еродованості ґрунтів ділянки досліджень використовували картограму індексу ерозійної небезпеки території  $I_e$ , що показує відношення швидкості водного потоку (під час випадіння злив) у цій точці до максимальної нерозмивної швидкості для досліджуваного ґрунту:

$$I_e = \frac{v}{v_p}, \quad (1)$$

де:  $v$  – швидкість водного потоку (середня або донна), м/с;  $v_p$  – розмивна швидкість водного потоку (середня або донна), м/с.

Використовували шкалу індексу ерозійної небезпеки, запропоновану М. В. Куценком.

Під час цього дослідження використовували методики відбору ґрунтових проб за ДСТУ 4287:2004 та визначенню вмісту гумусу за ДСТУ 4289:2004, параметр питомої магнітної сприйнятливості (Evans and Heller, 2003), коефіцієнт ерозійної небезпеки визначався за М.В.Куценком (Kutsenko, 2016). Для визначення статистичних показників використовували стандартний програмний продукт Statistica®, візуалізацію результатів дослідження проведено в середовищі Qgis.

Магнітометрична частина дослідження містила визначення питомої магнітної сприйнятливості ґрунту за допомогою капамістка KLY-2 за методикою Еванса. Масу зразка визначали за допомогою електронних ваг Ohaus 402.

**Результати та їх обговорення.** Сучасна агроекологічна оцінка земель, особливо у формуванні землекористування в руслі концепцій «адаптивного землеробства» та «розумного землеробства», передбачає якнайбільш детальне вивчення всіх природних та господарських умов функціонування агроландшафту (Pavlova, 2013). Відомо, що Схиліві ґрунти характеризуються високим ступенем варіативності ґрунтових характеристик, це ставить вищі вимоги до інформативності визначення характеристик ґрунту. Подальше загушення сітки визначень характеристик ґрунтового покриву пов'язане з різким здорожчанням досліджень, існуюча система агрохімічних лабораторій

не здатна забезпечити своєчасного визначення параметрів ґрунтових проб. Одним із шляхів вирішення проблеми є застосування для потреб ґрунтознавства методів інших природознавчих дисциплін, що більш пристосовані для роботи з великими масивами даних – насамперед геофізики: магніторозвідки та електророзвідки (Menshov *et al.* 2012).

Реалізація можливостей методів магнітометрії для потреб аграрного сектора економіки в Україні розпочалася в кінці 90-х років минулого століття в КНУ та НАК «Надра України». Ці дослідження спиралися передусім на досвід іжевської та московської шкіл та західноєвропейські розробки.

Перші результати показали високий ступінь диференціації МС ґрунту за елементами ландшафту (рис. 1) (Сухорада *та ін.*, 2005). Рис. 1 ілюструє розподіл значень МС у ландшафті, що знаходиться в басейні р. Сула (сірі лісові ґрунти).

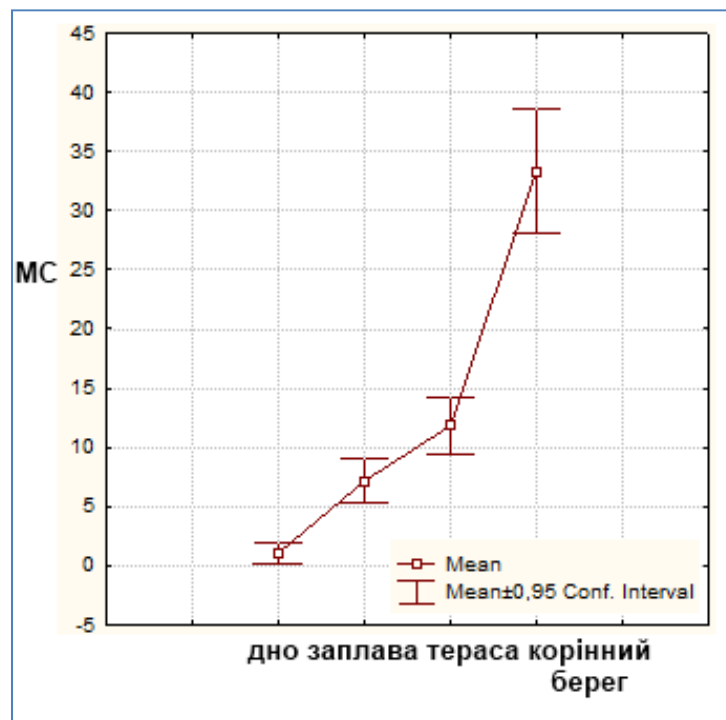
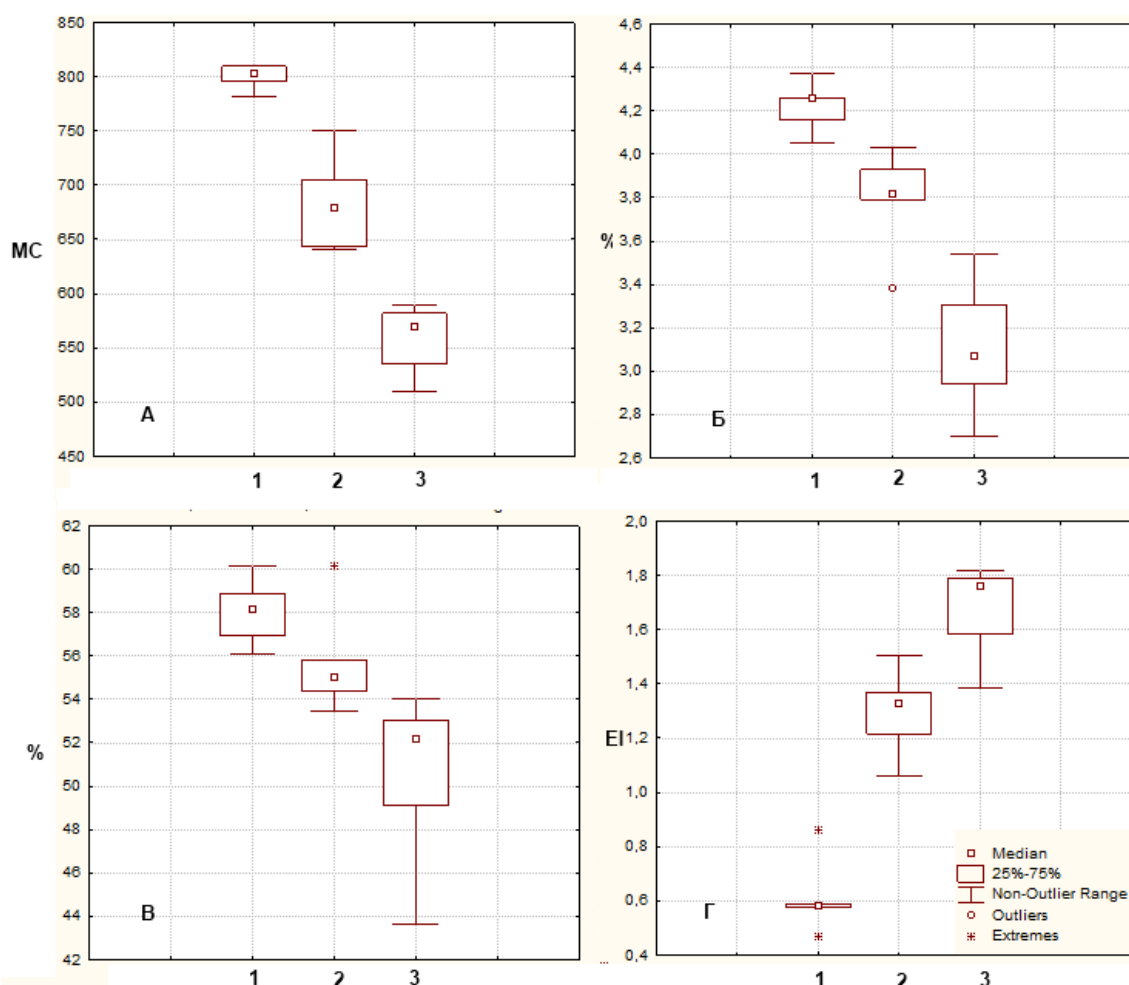


Рис. 1. Розподіл значень МС у елементах природнього ландшафту

Можна зробити висновок, що МС ґрунту зростає у ряду субаквальні – супераквальні – елювіальноаккумулятивні – транселювіальні – елювіальні елементарні геохімічні ландшафти. Саме цей факт створює передумови для індикації проявів ерозійних процесів.

Для агроландшафтів фізичними основами застосування МС в ерозієзнавчих дослідженнях є її тісний зв'язок з умістом гумусу та механічним складом ґрунту (Круглов, 2012). Розподіл значень цих характеристик в елементах агроландшафту (чорнозем типовий, Харківський район) подано на рис. 2.



**Рис. 2.** Розподіл значень: а – МС, б – умісту гумусу, в – умісту фізичної глини, г – ерозійного індексу в елементах агроландшафту: 1 – елювіальні, 2 – транселювіальні, 3 – акумулятивноелювіальні

Рис. 2 ілюструє ріст значень МС, умісту гумусу та фізичної глини та спадання значень ЕІ у ряду акумулятивноелювіальні – транселювіальні – елювіальні елементарні геохімічні ландшафти. В описаному випадку для підтвердження зв'язку між досліджуваними характеристиками визначено кореляцію Спірмена  $\rho$  ( $n=23$ ) (Лакін, 1990). Результати подано в табл. 1.

### 1. Зв'язок між досліджуваними характеристиками агроландшафту (кореляція Спірмена, $\rho$ )

Показник	МС	Уміст гумусу	Уміст ФГ	ЕІ
МС	-	0,710	0,710	- 0,825
Уміст гумусу	0,710	-	0,981	-0,754
Уміст ФГ	0,710	0,981	-	-0,754
ЕІ	-0,825	-0,754	-0,754	-

Дані табл. 1 свідчать високий ступінь зв'язку між МС та досліджуваними характеристиками. Додатково проілюструємо зв'язок між МС та вмістом гумусу (рис. 3).

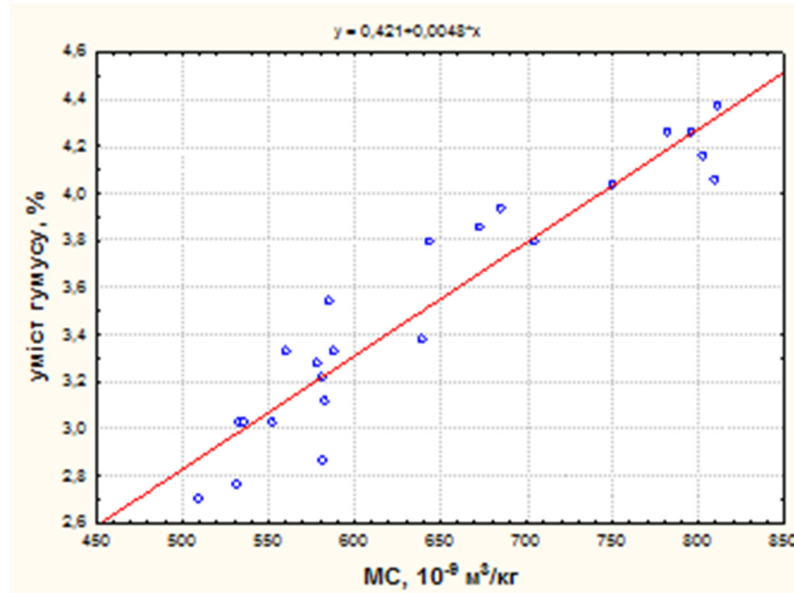


Рис. 3. Зв'язок між МС та умістом гумусу (ділянка з чорноземом типовим)

Як бачимо (рис. 3), тісний ступінь зв'язку між МС та вмістом гумусу характерний для всього діапазону значень досліджуваних характеристик. Ця тенденція характерна для переважної більшості агроландшафтів (полів), тобто на локальному територіальному рівні (Jakšik at all. 2016). Вона порушується за диференціації агротехнічних заходів на окремих полях. На рис. 4 подано приклад дослідження зв'язку МС та вмісту гумусу чорнозему звичайного (Лозівський район) – А. Відбір проводили на території 11-пільної сівозміни.

Як свідчать дані рис. 4а для такої сівозміни спостерігається слабкий ступінь зв'язку між МС та вмістом гумусу  $\rho=0,29$  при  $n=110$ . Основною причиною цього є численні «вискоки» вмісту гумусу з ґрунтів на свіжій оранці. Відхилення значень МС пов'язані, в основному, з проявами ерозійних процесів (рис. 4 Б та В) (Menshov at all. 2018).

Слід відзначити питання характеру розподілу значень МС у ґрунтах агроландшафтів. Традиційно обстежується одна окрема земельна ділянка, тобто штучне утворення. Саме штучність, на нашу думку, є основною причиною значних відхилень від нормального закону розподілу (Лакін, 1990). Так, у проведеному нами дослідженні на чорноземі типовому ( $n=32$ ), де вивчали МС, ЕІ та уміст гумусу, нормальний закон розподілу значної частина показників було відхилено вже за показниками асиметрії та ексцесу. Більш детальне дослідження (методами Колмогорова-Смірнова, Шапіро-Вілкінсона та за допомогою параметру Лілльєфорса) дозволило відхилити нульову гіпотезу для всього переліку показників.

Розуміння цього необхідне для правильної інтерпретації зв'язку між ґрунтовими характеристиками та інтерполяції даних ґрунтових обстежень (Yue at all, 2019).

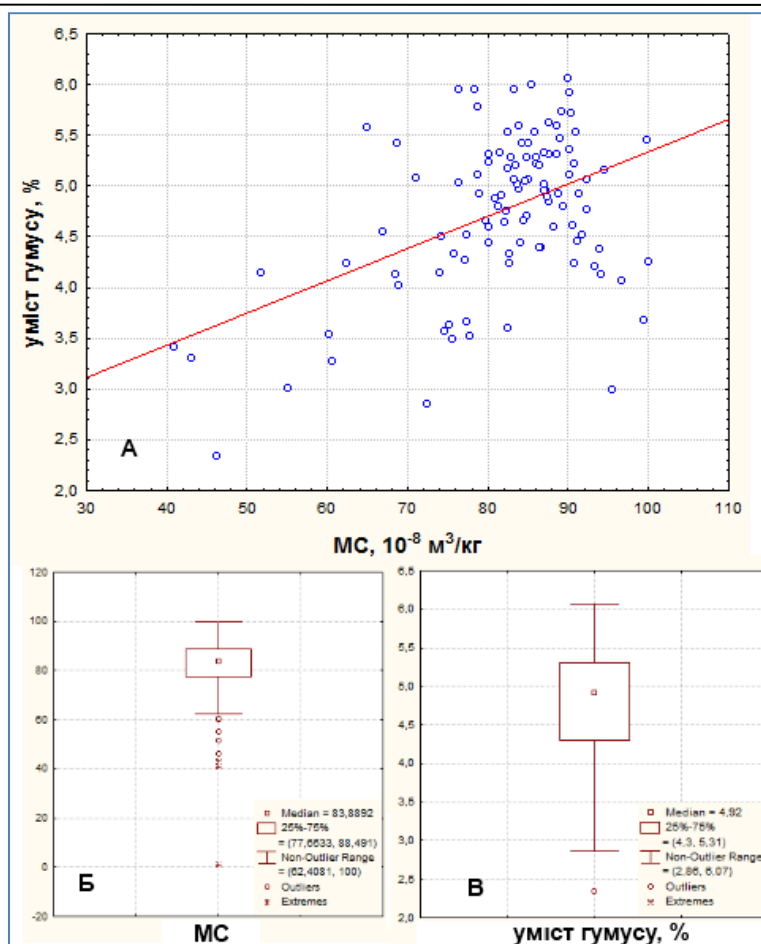


Рис. 4. А – Зв'язок МС та умісту гумусу ґрунтів сівозміни; Б – розподіл значень МС ґрунтів сівозміни; В – розподіл значень умісту гумусу ґрунтів сівозміни

**Висновки.** МС ґрунту – перспективна характеристика, що, перш за все, є інформативною для потреб ерозієзнавчих досліджень. Вона має тісний зв'язок з умістом гумусу та механічним складом ґрунтового покриву (на локальному тері торіальному рівні), вигідно відрізняючись нижчою вартістю та вищою експресністю. Відзначено високий ступінь зв'язку МС та ЕІ, що дає змогу оперативної перевірки картограм розвитку ерозійних процесів.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

Куценко М. В., Тімченко Д. О. Теоретичні основи організації системи охорони ґрунтів від ерозії в Україні: Монографія. Харків: КП "Міська друкарня", 2016. 240 с.

Сурмач Г. П. Рельєфообразование, формирование лесостепи, современная эрозия и противоэрозионные мероприятия. Волгоград, 1992. 175 с.

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.

Evans M., Heller F. Environmental magnetism: principles and applications of enviromagnetics. Academic press, 2003. 86 p.

Павлова А. И. Морфометрический анализ рельефа с помощью ГИС. Интерэкспо Гео-Сибирь, 2013. № 4. С. 1-4.

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

**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.

**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.

**Jakšik 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.

**Menshov O., Kruglov O., Vyzhva S., Nazarok P., Pereira P. and Pastushenko T.** Magnetic methods in tracing soil erosion, Kharkov Region, Ukraine. *Stud. Geophys. Geod.* 2018. № 62. P. 681-696.

**Yue Yua, Keli Zhanga,, Liang Liub, QianhongMaa, Jianyong Luo.** Estimating long-term erosion and sedimentation rate on farmland using magnetic susceptibility in northeast China. *Soil & Tillage Research*. 2019. № 187. P. 41-49.

### REFERENCES

**Kutsenko, M., Timchenko, D (2016).** Teoretychni osnovy orhanizatsiyi systemy okhorony gruntiv vid eroziyi v Ukrayini: Monohrafiya [Theoretical bases of organization of soil erosion protection system in Ukraine: Monograph]. Kharkiv: KP "City Printing House". [In Ukrainian].

**Surmach, G. (1992).** Rel'yefoobrazovaniye, formirovaniye lesostepi, sovremennaya eroziya i protivoerozionnyye meropriyatiya [Landforming, forest-steppe formation, modern erosion and erosion measures]. Volgograd. [In Russian].

**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.

**Evans, M., Heller, F. (2003).** Environmental magnetism: principles and applications of enviromagnetics. *Academic press*. 86 p.

**Pavlova, A. (2013).** Morfometricheskiy analiz rel'yefa s pomoshch'yu GIS [Morphometric analysis of relief using GIS]. *Interexpo-Sybir*, 4, 1-4. [In Russian].

**Menshov, O., Kruglov, O., Suhorada, A. (2012).** Informatyvniť pokaznykiv mahnetyzmu gruntovoho pokryvu pry vyrishenni ahroheofizychnykh ta gruntoznavchykh zadach [Informativeness of indicators of soil magnetism in solving agro-geophysical and soil science problems]. *Visnyk nacionalnogo girnychogo universytetu – Scientific Bulletin of the National Mining University*, 3, 7-12. [In Ukrainian].

**Sukhorada, A., Bondar, K., Kruhlov, O., Matviyishyna, Zh., Menshov, O. (2005).** Mahnitni vlastyvoli 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: An Interagency Scientific Collection*, 49, P. 36-43. [In Ukrainian].

**Kruglov, O. (2012).** Osoblyvosti rozpodilu mahnitnoyi spryynatlyvosti 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 Kharkiv Nat. of agricultural agrarian science*, 4, 66-69. [In Ukrainian].

**Lakin, G. F. (1990).** Biometriya [Biometry]. Moscow: Higher School. [In Russian].

**Jakšik, 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., Kruglov, O., Vyzhva, S., Nazarok, P., Pereira, P. and Pastushenko, T. (2018).** Magnetic methods in tracing soil erosion, Kharkov Region, Ukraine. *Stud. Geophys. Geod.*, 62, 681-696.

**Yue Yua, Keli Zhanga,, Liang Liub, QianhongMaa, Jianyong Luo (2019).** Estimating long-term erosion and sedimentation rate on farmland using magnetic susceptibility in northeast China. *Soil & Tillage Research*, 187, 41-49.