

УДК 631.4:551.3

© 2019

## МАГНІТНА СПРИЙНЯТЛИВІСТЬ ЧОРНОЗЕМНИХ ҐРУНТІВ ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ ТА ЇЇ ДІАГНОСТИЧНЕ ЗНАЧЕННЯ

О.В. Круглов<sup>1</sup>, Є.В. Панасенко<sup>2</sup>, Ю.В. Залавський<sup>3</sup>,  
В.В. Лебедь<sup>4</sup>, Ю.О. Афанасьєв<sup>5</sup>, П.Г. Назарок<sup>6</sup>

<sup>1</sup>кандидат геологічних наук, <sup>2</sup>кандидат сільськогосподарських наук  
ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського» НААН  
вул. Чайковська, 4, 61024, м. Харків, Україна  
e-mail: <sup>1</sup> alex\_kruglov@ukr.net, <sup>2</sup> panasenko-evgeniy@rambler.ru, <sup>3</sup> gruntpokrov@ukr.net,  
<sup>4</sup> swdiscover@gmail.com, <sup>5</sup> yura\_afanasjev@ukr.net, <sup>6</sup> pavelnazarok@gmail.com

Надійшла 2.09.2019

**Мета.** Охарактеризувати магнітну сприйнятливість (МС) чорноземних ґрунтів як найважливіших в аграрному плані для Харківського регіону та показати перспективи її застосування при ухваленні управлінських рішень у сільськогосподарському виробництві. **Методи.** Агрофізичні, агрохімічні, статистичні, геоінформаційного аналізу. **Результати.** Вивчено розподіл значень МС чорноземних ґрунтів на території Харківської області. Досліджено їх статистичні характеристики та зв'язок з основними агрохімічними показниками ґрунту. Показано особливості кореляційного зв'язку між показниками на різних територіальних рівнях. Відзначено високий ступінь кореляції значень МС з вмістом органічного вуглецю та ємності обмінних катіонів. **Висновки.** Чорноземні ґрунти Харківщини характеризуються підвищеними та високими значеннями питомої МС верхнього шару ґрунту. Діапазон значень МС — 40... 120 10<sup>-8</sup> кг/м<sup>3</sup>, що в 3,5–4,5 рази вище, ніж у ґрунтоутворних породах. Проаналізувавши зв'язок між МС ґрунту області та деякими його агрохімічними характеристиками, відзначаємо низький ступінь зв'язку на регіональному територіальному рівні. Водночас на локальному рівні (одне поле з однаковими агровиробничими умовами) виявлено високий ступінь зв'язку МС та вмісту гумусу, МС та суми поглинених основ. Високий ступінь зв'язку між вмістом гумусу та МС дає змогу використовувати останню в разі потреби в масових детальних визначеннях гумусу — ерозійних дослідженнях і великомасштабному картуванні ґрунтового покриття.

**Ключові слова:** водна ерозія, гумус, кореляція, магнітні властивості, чорнозем.

**DOI:** <https://doi.org/20.31073/agroviznyk201910-02>

Оперативні методи дослідження ґрунтового покриття є основою ухвалення управлінських рішень у сучасному землеробстві. Перехід до концепції «точного землеробства», сучасні методи захисту земель від ерозії та інші новачки потребують більш точних визначень ґрунтових властивостей [1]. Традиційні лабораторні методи їх

визначення, як трудомісткі та вартісні, поступово витісняються дистанційними і безконтактними [2]. Серед них переважають методи геофізики — електрометричні та магнітометричні [3]. Найпоширенішу геофізичну характеристику — магнітну сприйнятливість (МС) ґрунтів уже впродовж тривалого часу використовують як додатковий

показник екологічного стану ґрунтового покриву [4, 5].

**Мета досліджень** — охарактеризувати МС чорноземних ґрунтів як найважливіших в аграрному плані для Харківського регіону та показати перспективи її застосування при ухваленні управлінських рішень у сільськогосподарському виробництві.

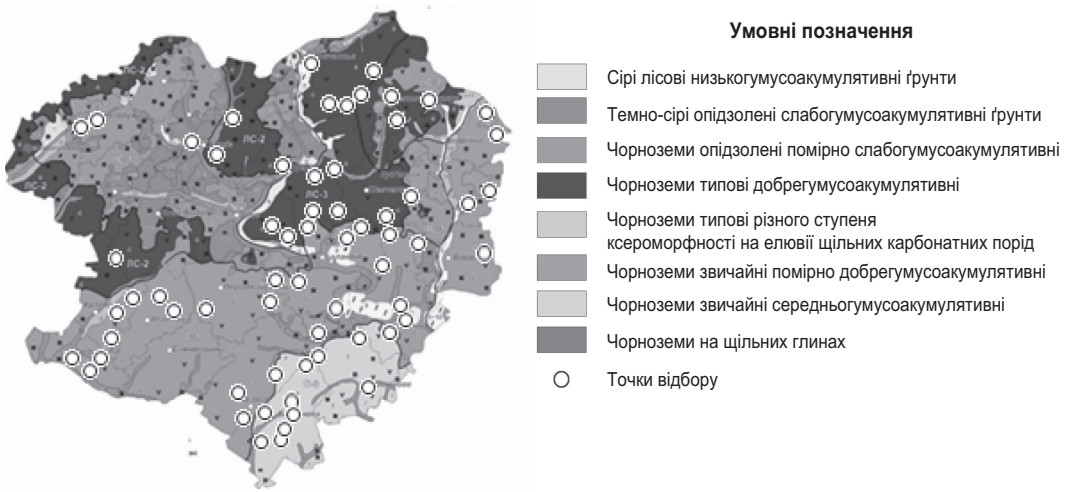
**Об'єкти та методи досліджень.** Збір даних для проведення досліджень передбачав відбір проб ґрунтів із верхнього горизонту ареалу поширення чорноземних ґрунтів на території Харківської області: чорноземів опідзолених, чорноземів типових і чорноземів звичайних. Вивчали землі, що перебувають в інтенсивному сільськогосподарському використанні. У деяких випадках відбирали зразки з ґрунотворної породи. Схему відбору зразків наведено на рис. 1. Як картографічну основу було взято карту «Ґрунти Харківської області, екологічні ресурси та нормативна продуктивність сільськогосподарських культур» (М.І. Полупан, В.Б. Соловей).

Методи досліджень містять визначення питомої МС повітряносухого ґрунту за допомогою капамітка KLY-2 (Чехія) за методикою Еванса [6]. Аналогічну методику з модифікацією розрахунку результату використовувала О.Ф. Вадюніна [7]. Масу зразка визначали за допомогою електронних ваг Ohaus 402. Визначення вмісту

органічного вуглецю (з подальшим перерахунком у гумус) проводили за ДСТУ ISO 14235:2005. Візуалізацію результатів дослідження здійснювали в середовищі QGIS. Статистичний аналіз даних проведено за допомогою стандартного програмного пакета. Визначали рН водне за ДСТУ ISO 10390:2007, вміст фосфору та калію — за Чиріковим або Мачигіним — ДСТУ 4114-2002 та ДСТУ 4115-2002.

**Результати досліджень.** Аналізували проби ґрунту, відібрані на території 120-ти об'єктів, включаючи одинарні відбори і роботу з регулярною або нерегулярною мережами. Загальна кількість проб, для яких було визначено МС ґрунту, понад 1000. Деякі агрохімічні показники обчислено для одинарних проб з 51-го об'єкта. На об'єктах з мережею вміст органічної речовини було визначено для 300-т проб, інші показники (рН, кількість поглинених основ, вміст доступних форм фосфору та калію) ще з 110-ти проб. Основні статистичні показники отриманих даних наведено в табл. 1.

Магнітна сприйнятливість ґрунтів характеризується нижчим показником варіабельності, ніж вміст органіки чи сума поглинених основ. Хоча різниця є незначною, це дає змогу рекомендувати МС для опису ґрунтових властивостей як більш стійкого показника [8]. Моду вдалося визначити лише в показника МС,



**Рис. 1.** Схема відбору зразків ґрунтів

**1. Основні статистичні показники отриманих даних**

Показник	N	Середнє арифметичне	Медіана	Мода	Мінімум	Максимум	Коефіцієнт варіації, %
МС, $10^{-8}$ кг/м <sup>3</sup>	60	82,643	84,465	85,5	43,970	110,440	13,6
Уміст органічної речовини, %	51	2,847	2,845	Multiple	1,520	3,760	17,6
Поглинені основи	51	36,240	36,970	Multiple	21,370	44,220	14,2
pH	51	7,182	7,160	Multiple	5,810	8,25	9,6

розподіл інших — полімодальний (рис. 2). Невідповідність нормальному розподілу дає можливість при визначенні зв'язку між показниками використовувати методи непараметричної статистики — кореляція Спірмена.

Для вибірки одинарних проб цей зв'язок виражений слабо. Кореляція Спірмена становить між МС та вмістом органічної речовини  $\rho=0,29$ , між МС та сумою поглинених основ  $\rho=0,41$ . Низькі значення ступеня зв'язку пояснюємо відмінністю між агротехнічними та агрохімічними заходами на досліджуваних землях. При цьому кореляція Пірсона показала значно вищий ступінь зв'язку:  $R=0,45$  та  $R=0,55$ .

Принципово інша ситуація спостерігається за визначення зв'язку між МС та вмістом органічної речовини в пробах, відібраних на локальних ділянках — окремих полях з однаковими агротехнічними умовами. Нашими дослідженнями було показано високий ступінь зв'язку між МС та вмістом гумусу в чорноземних типових —  $0,75 \dots 0,89$ , що аналогічно європейським і південноамериканським дослідом [1, 9–11]. Найвищого ефекту при цьому було досягнуто при вирішенні завдань ерозієзнавства.

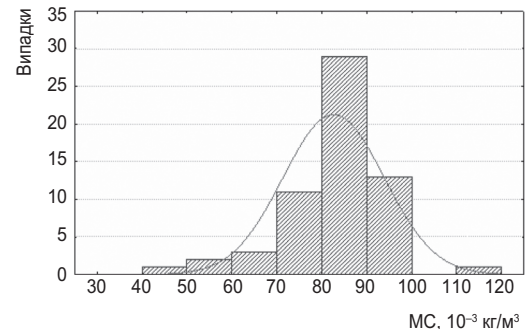
Ця кореляція нівелюється за дослідження групи з кількох полів. Так, МС чорнозему звичайного групи полів південної частини Лозівського району має досить низькі показники зв'язку з умістом гумусу ( $R=0,45$ , рис. 3а), водночас кореляція, вирахована для окремих полів, має вищі показники —  $0,64$  та  $0,92$  (рис. 3б і в).

Отримана гістограма розподілу значень МС ґрунтів має моду, близьку до середнього арифметичного значення та виражену гостровершинність. Така форма кривої розподілу пов'язана передусім із просторовими особливостями відбору зразків, більш

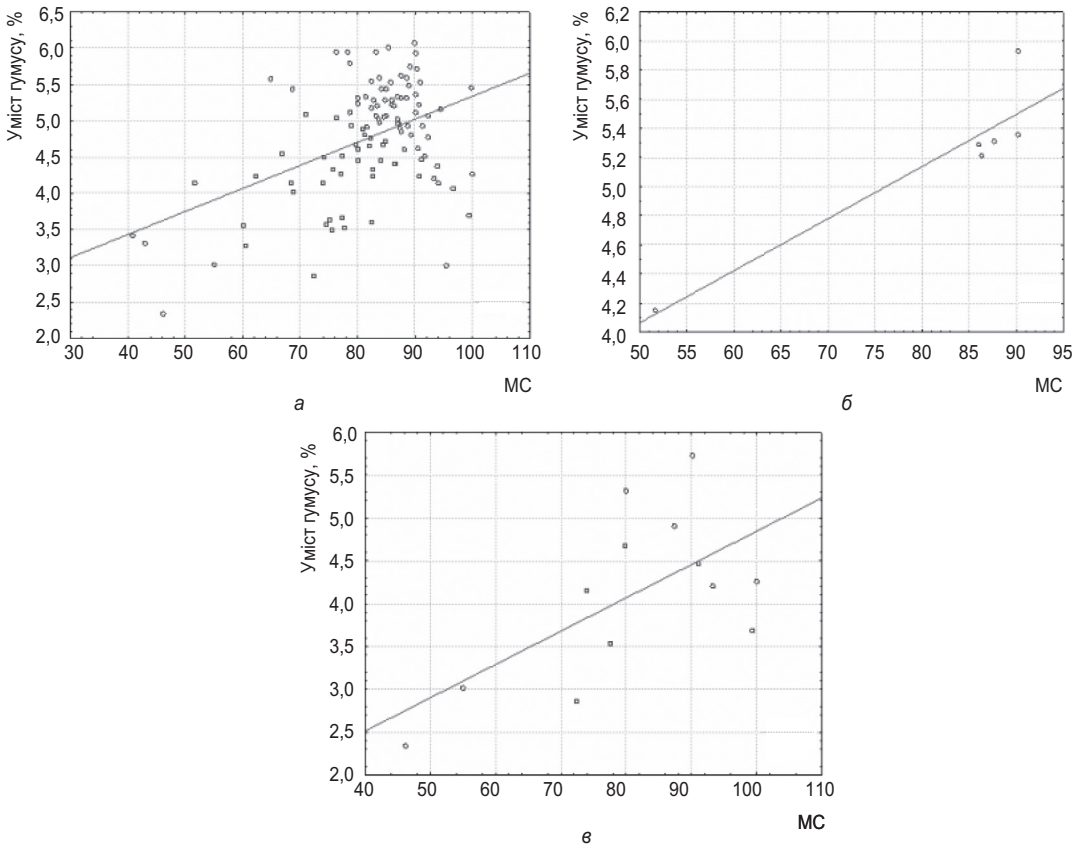
щільним у центральній частині області, якій властиві значення МС ґрунту  $80-90 \cdot 10^{-8}$ кг/м<sup>3</sup>. Цим дослідженням зафіксовано середні значення МС: для чорнозему опідзоленого —  $78,5 \cdot 10^{-8}$ кг/м<sup>3</sup>, чорнозему типового —  $84 \cdot 10^{-8}$ кг/м<sup>3</sup>, чорнозему звичайного —  $88,2 \cdot 10^{-8}$ кг/м<sup>3</sup>. Спостерігається зростання значень у напрямі північ–південь, що, ймовірно, пов'язано з регіональним трендом умісту  $Fe_2O_3$  [12].

Цим дослідженням не зафіксовано зв'язку значень МС та pH ґрунту. На регіональному рівні  $R=0,03$ , на локальних ділянках коефіцієнт кореляції перебуває в межах  $-0,08 \dots +0,12$ . Так само низьким є ступінь зв'язку між МС та вмістом фосфору і калію, визначених за Чиріковим і Мачигіним  $\rho=0,11 \dots 0,27$  для всіх вивчених територіальних рівнів. Наявність слабого зв'язку ми пояснюємо здатністю висококристалізованих педогенних сполук заліза приєднувати іони  $P_2O_5$  [10].

Досить велике значення зв'язку МС та кількості поглинених основ  $\rho=0,41$  пояснюємо тим, що обидва показники детерміновані вмістом колоїдної фракції. Подібні дані з вищим коефіцієнтом кореляції нами було



**Рис. 2. Гістограма розподілу значень МС чорноземних ґрунтів Харківської області: — — Expected Normal**



**Рис. 3. Зв'язок МС ґрунту та вмісту гумусу на регіональному (а) та локальному (б, в) територіальних рівнях (на прикладі ділянки в Лозівському районі)**

отримано раніше на локальному територіальному рівні для чорнозему типового в Харківському районі [8].

Паралельно для низки одинарних відборів було зібрано зразки ґрунотворної породи — 11 розрізів. Значення МС її коливаються в межах  $19,5 \dots 22,3 \cdot 10^{-8} \text{кг/м}^3$ . При цьому немає їх чіткої просторової диференціації. Менші значення властиві фаціям із високим рівнем ґрунтових вод. Зниження МС із глибиною монотонне, з максимумом у верхньому шарі

орного горизонту ріллі або шарі 10–20 см для перелогів — аналогічно до розподілу вмісту гумусу в ґрунтовому профілі. Обробіток ґрунту з перемішуванням його (оранка, глибоке дискування) нівелює пошарову різницю значень МС орного горизонту. Повторно ця диференціація фіксується через 3–4 тижні. Зміни МС поверхневого шару після обробітку ґрунту досягають  $-25 \dots +10\%$ , що слід урахувати під час проведення магнітометричних досліджень.

## **Висновки**

Чорноземні ґрунти Харківщини характеризуються підвищеними та високими значеннями питомої МС верхнього шару ґрунту. Діапазон значень МС  $40 \dots 120 \cdot 10^{-8} \text{кг/м}^3$ , що у 3,5–4,5 раза вище, ніж у ґрунто-

творних породах. Проаналізувавши зв'язок між МС ґрунту області та деякими його агрохімічними характеристиками, дійшли висновку, що ступінь зв'язку на регіональному територіальному рівні є низьким.

Водночас на локальному рівні (одне поле з однаковими агропромисловими умовами) виявлено високий ступінь зв'язку МС та вмісту гумусу (до  $R=0,93$ ), МС і суми поглинених основ ( $\rho=0,41$ ). Велика різниця між значеннями кореляцій Спірмена та Пірсона між МС та вмістом органічного вуглецю свідчить про значний вплив випадкових екстремумів досліджуваних ха-

рактеристик. Достовірного зв'язку між МС та вмістом фосфору і калію не виявлено на жодному з досліджуваних територіальних рівнів. Високий ступінь зв'язку між вмістом гумусу та МС дає змогу використовувати останню у разі, коли потрібні масові детальні визначення гумусу — ерозійні дослідження та великомасштабне картування ґрунтового покриву.

**Круглов А.В.<sup>1</sup>, Панасенко Е.В.<sup>2</sup>, Залавський Ю.В.<sup>3</sup>, Лебедь В.В.<sup>4</sup>, Афанасьєв Ю.А.<sup>5</sup>, Назарок П.Г.<sup>6</sup>**  
ННЦ «Інститут почвознавства та агрохімії імені Соколовського» НААН, ул. Чайковская, 4, 61024, г. Харьков, Украина; e-mail: <sup>1</sup>alex\_kruglov@ukr.net, <sup>2</sup>panasenko-evgeniy@rambler.ru, <sup>3</sup>gruntpokrov@ukr.net, <sup>4</sup>swdiscover@gmail.com, <sup>5</sup>yura\_afanasjev@ukr.net, <sup>6</sup>pavelnazarok@gmail.com

#### **Магнитная восприимчивость черноземных почв Харьковской области и ее диагностическое значение**

**Цель.** Охарактеризовать магнитную восприимчивость (МВ) черноземных почв как важнейших в аграрном отношении для Харьковского региона и показать перспективы ее применения при принятии управленческих решений в сельскохозяйственном производстве. **Методы.** Агрофизические, агрохимические, статистические, геоинформационного анализа. **Результаты.** Изучено распределение значений МВ черноземных почв на территории Харьковской области. Исследованы их статистические характеристики и связь с основными агрохимическими показателями почвы. Показаны особенности корреляционной связи между показателями на различных территориальных уровнях. Отмечена высокая степень корреляции значений МВ с содержанием органического углерода и емкостью обменных катионов. **Выводы.** Черноземные почвы Харьковщины характеризуются повышенными и высокими значениями удельной МВ верхнего пласта почвы. Диапазон значений МВ —  $40 \dots 120 \cdot 10^{-8} \text{кг/м}^3$ , что в 3,5–4,5 раза выше, чем в почвообразующих породах. Проанализировав связь между МВ почвы области и некоторыми ее агрохимическими характеристиками, констатируем ее низкую степень на региональном территориальном уровне. В то же время на локальном уровне (одно поле с одинаковыми агропроизводственными условиями) выявлено высокую степень связи МВ и содержания гумуса, МВ и суммы поглощенных оснований. Высокая степень связи между содержанием гумуса и МВ позволяет использовать последнюю в случаях, где необходимы массовые подробные определения гумуса — эрозийные исследования и крупномасштабное картирование почвенного покрова.

**Ключевые слова:** водная эрозия, гумус, корреляция, магнитные свойства, чернозем.

**DOI:** <https://doi.org/20.31073/agrovisnyk201910-02>

**Kruglov O.<sup>1</sup>, Panasenko E.<sup>2</sup>, Zalavskiy Yu.<sup>3</sup>, Lebed V.<sup>4</sup>, Afanasiev Yu.<sup>5</sup>, Nazarok P.<sup>6</sup>**

NSC «Institute of Soil Science and Agrochemistry Research named after O.N. Sokolovsky» UAAS, 4 Chaikovska Str., 61024, Kharkiv, Ukraine; e-mail: <sup>1</sup>alex\_kruglov@ukr.net, <sup>2</sup>panasenko-evgeniy@rambler.ru, <sup>3</sup>gruntpokrov@ukr.net, <sup>4</sup>swdiscover@gmail.com, <sup>5</sup>yura\_afanasjev@ukr.net, <sup>6</sup>pavelnazarok@gmail.com

#### **Magnetic receptivity of chernozem soils of Kharkiv area and its diagnostic significance**

**The purpose.** To characterize magnetic receptivity (MR) of chernozem soils as the major ones in agrarian ratio for Kharkov region and to show perspectives of its application at adoption of administrative solutions in farm-production. **Methods.** Agro-physical, agro-chemical, statistical, geoinformational analysis. **Results.** Allocation of values of MR of chernozem soils to terrain of Kharkov area is studied. Their statistical characteristics and link with the basic agrochemical indexes of soil are probed. Features of correlation between indexes at different territorial levels are shown. Large-scale of correlation of values of MR with the content of organic carbon and capacity of exchange cations is registered. **Conclusions.** Chernozem soils of Kharkov area are characterized by the heightened and tall values of specific MR of the upper layer of soil. A range of values of MR is  $40 \text{--} 120 \cdot 10^{-8} \text{kg/m}^3$ , that is in 3,5–4,5 times higher, than in parent rocks. Having analyzed link between soil's MR of the area and some its agro-chemical characteristics, they state low extent at the regional territorial level. At the same time at local level (one field with equal agro-industrial conditions) they determined high dependence between MR and contained humus, MR and sum of the absorbed bases. High dependence between the content of humus and MR allows using the last in events where detailed determination of humus (erosive researches and large-scale mapping of soil covering) is necessary.

**Key words:** water erosion, humus, correlation, magnetic properties, chernozem.

**DOI:** <https://doi.org/20.31073/agrovisnyk201910-02>

## Бібліографія

1. *Menshov O., Kruglov O., Vyzhva S. et al.* Magnetic methods in tracing soil erosion, Kharkov Region, Ukraine. *Stud. Geophys. Geod.* 2018. № 62. P. 681–696. <https://doi.org/10.1007/s11200-018-0803-1>
2. *Меньшов А.И., Круглов А.В.* Магнитные методы при изучении деградации аграрных земель Украины. *Вестник Восточноказахского государственного технического университета.* 2016. № 3. С. 9–14.
3. *Назарок П.Г., Круглов О.В., Куценко М.В.* та ін. До проблеми картографування ерозійних процесів. *Вісник аграрної науки.* 2015. № 9. С. 63–68.
4. *De Jong E., Nestor P.A., Pennock D.J.* The use of magnetic susceptibility to measure long-term soil redistribution. *Catena.* 1998. № 32 (1). P. 23–35.
5. *Jakšík O., Kodešová R., Kapička A. et al.* Using magnetic susceptibility mapping for assessing soil degradation due to water erosion. *Soil & Water Res.* 2016. № 11. P. 105–113.
6. *Evans M., Heller F.* Environmental magnetism: principles and applications of enviromagnetics. *Academic press,* 2003. 86 p.
7. *Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А.* Методы исследования физических свойств почв. Москва: Агропромиздат, 1986. 416 с
8. *Круглов О.В.* Особливості розподілу магнітної сприйнятливості чорнозему типового на схилах. *Вісник Харківського нац. аграрного ун-ту.* 2012. № 4. С. 66–69.
9. *Kapička A., Dlouha S., Grison H. et al.* Magnetism of soils applied for estimation of erosion at an agricultural land. *Geophysical Research Abstracts.* 2013. V. 15. EGU2013–4774.
10. *Camargo L.A., Marques Júnior J., Barrón V. et al.* Mapping of clay, iron oxide and adsorbed phosphate in Oxisols using diffuse reflectance spectroscopy. *Geoderma* 2015. № 251, 252. P. 124–132.
11. *De Souza Bahia A.S.R., Marques J., La Scala N. et al.* Prediction and Mapping of Soil Attributes using Diffuse Reflectance Spectroscopy and Magnetic Susceptibility. *Soil Sci. Soc. Am.* 2017. № 81. P.1450–1462. <https://doi.org/10.2136/sssaj2017.06.0206>
12. *Водяницкий Ю.Н.* Оксиды железа и их роль в плодородии почв. Москва: Наука, 1989. 160 с.