

Застосування магнітних методів для контролю змін продуктивних земель

© О. І. Меньшов, 2016

Київський національний університет імені Тараса Шевченка,
ННІ «Інститут геології», Київ, Україна
Надійшла 13 квітня 2016 р.

Представлено членом редколегії М. І. Орлюком

Развитие агропромышленного комплекса Украины требует повышения урожайности сельскохозяйственных культур, что может приводить к снижению продуктивности почв: потере гумуса, эрозии, деградации. Актуальными при этом являются картирование аграрных угодий и моделирование опасных процессов внутри почвенных покровов с целью разработки оптимальных схем их дальнейшей эксплуатации и устойчивого развития территорий. Для решения указанных проблем целесообразно привлечение магнитных методов, которые демонстрируют высокую информативность как по результатам наших собственных исследований, так и на основе зарубежного опыта. Исследована магнитная восприимчивость в пределах аграрного участка Харьковской обл. Почвенный покров представлен черноземами. Среднее значение удельной магнитной восприимчивости (χ) почв составляет $69 \cdot 10^{-8}$, минимальное — $50 \cdot 10^{-8}$, максимальное — $86 \cdot 10^{-8}$ м³/кг. Коэффициент вариации равен 12,48 %, что указывает на отсутствие экстремальных значений данного параметра — изменения типов почв, техногенной нагрузки. Ландшафтные условия Одесской обл. на побережье Черного моря характеризуются как равнина с высоким обрывом у морской полосы. Было исследовано латеральное сечение с целью выявления эрозионно опасных частей почвенного покрова. Магнитная восприимчивость высокомагнитных неизмененных черноземов достигает $160 \cdot 10^{-8}$ м³/кг, а при воздействии эрозионных вымывных процессов и замещения верхнего гумусового горизонта подстилающим глинистым горизонтом составляет около $80 \cdot 10^{-8}$ м³/кг. Содержание гумуса тесно связывается с формированием магнитных минералов в процессе почвообразования (педогенный характер магнетизма) вне влияния литогенной основы, антропогенных и техногенных факторов. При этом формирование магнитных минералов происходит при наличии органического вещества в почвенном агрегате и благоприятных условий для процессов изменения валентности железа. Верхние гумусовые горизонты продуктивных почв Украины наиболее остро испытывают воздействие эрозионных процессов, могут содержать в своей структуре мелкозернистый окисленный магнетит и маггемит педогенного происхождения, который формируется при выветривании материнской породы. Образование такого магнетита происходит за счет жизнедеятельности специальных магнетотактичных бактерий.

Ключевые слова: магнитная восприимчивость, почвы, гумус, эрозия, деградация земель, аграрный сектор.

Вступ. Події, що відбуваються останнім часом у нашій державі, змінюють пріоритети розвитку її економіки. При цьому все більшої значущості набуває аграрне виробництво, яке базується на використанні продуктивності сільськогосподарських земель. Враховуючи необхідність вимоги прибутковості галузі з одночасним збереженням родючих ґрунтів для подальшої експлуатації та сталого розвитку, актуальним постає завдання картування аграрних угідь та моделювання небезпечних процесів усередині ґрунтових покривів. Кар-

тування цих покривів і моделювання процесів, що проходять усередині ґрунтів, з метою попередження їх деградації є одним з фундаментальних інструментів для побудови оптимальної схеми управління природними ресурсами. Важливим є запровадження принципів урахування індивідуальних властивостей конкретних аграрних ділянок для їх сталого розвитку в умовах виробничого навантаження або несприятливих природних впливів. Мова йде передусім про розуміння причин деградації ґрунтів та розробки оптимальних способів

для запобігання негативним наслідкам їх інтенсивного використання, забруднення, природній ерозії.

Актуальним є визначення потенційної родючості ґрунтових покривів, вмісту гумусу, необхідності внесення органічних та неорганічних добрив, використання чи невикористання протягом тривалого проміжку часу конкретних ділянок у виробництві.

Для вирішення наведених вище завдань доцільним є залучення магнітних методів, які демонструють високу інформативність як за результатами наших власних досліджень, так і на підставі закордонного досвіду, який розглянуто нижче.

Постановка задачі. Ерозія є одним із ключових чинників, що призводить до деградації продуктивних земель. На жаль, завдання дослідження саме ерозійно небезпечних ділянок ускладнюється у країнах, що не мають сталої економіки [Mandal, Sharda, 2013]. Пояснюється ця обставина браком необхідної інформації про розподіли фізичних і хімічних показників у ґрунтах, а також відсутністю оптимальних механізмів збору та обробки матеріалів (найчастіше через відсутність фінансування проведення відповідних робіт). Водночас акцентується увага на важливості залучення ефективніших методів для контролю деструкції ґрунтів, зокрема на основі геопросторових технологій. Очевидно, що таким вимогам відповідають і магнітні методи, які характеризуються експресністю, низькою вартістю та високою роздільною здатністю.

Закордонні дослідники, розглядаючи основні принципи визначення, контролю та запобігання ерозії ґрунтів, пропонують цікаві підходи до забезпечення сталого розвитку на конкретних прикладах. У Іспанії, де проблема ерозії ґрунтів, що спричинена веденням сільського господарства, набуває загрозливих тенденцій, пропонується розробка загальнодержавної стратегії щодо запобігання втрати земель та відновлення їх функціональності [García-Orenes et al., 2009]. Зауважимо, що у середземноморських умовах використовують спеціальні рослини та мульчування з метою зниження втрат ґрунтів у разі їх обробки [Giménez-Mogera et al., 2010]. Важливим є врахування впливу на ерозію ґрунтів інтенсивності опадів, кута нахилу території землекористування і їх апіорної зволоженості [Ziadat, Taimeh, 2013].

Для інтенсифікації розв'язання зазначених вище проблем успішно залучають магнітні ме-

тоди вивчення ерозії, різних форм деградації, продуктивності та інших ґрунтозначущих показників. У статті [Chen et al., 2015] розглянуто вплив на магнетизм ґрунтового покриву агропромислового вирощування рису протягом тривалого часу. Одним з важливих висновків дослідження є інформація про те, що на деградацію продуктивних сільськогосподарських земель, а отже, і на зміну магнітної сприйнятливості впливає насамперед не інтенсивність ведення сільського господарства, а зміна під його впливом вологості верхніх гумусових горизонтів ґрунту.

Крім того, встановлено зв'язок між магнітними параметрами, показником рН і вмістом органічної речовини у ґрунті [Yang et al., 2015a]. Автори статті взяли до уваги сучасний вплив процесів урбанізації у місті. Виявлено кореляційні зв'язки (позитивна і негативна кореляція, відсутність кореляції) між магнітними параметрами та зазначеними вище агрономічними показниками.

За результатами досліджень [Yang et al., 2015b] оцінено вплив на магнітну сприйнятливості і вміст органічної речовини орних ґрунтів процесів іригації із джерел очищених стічних або ґрунтових вод. Визначено, що вміст органічної речовини і магнітна сприйнятливості ґрунтів, які зрошували стічними водами, збільшилися на 7,1 і 13,5 % відповідно порівняно з такими показниками сільськогосподарських земель, які зрошували виключно ґрунтовими водами. Автори наполягають на антропогенно-техногенному факторі підвищення магнетизму ґрунтів, що підтверджується значеннями відповідних індикативних магнітних параметрів. Отже, визначення магнітної сприйнятливості можна використовувати як швидкісний метод для виявлення потенційного забруднення орних земель.

У публікації [Armstrong et al., 2012] пропонується використання магнітного методу як ефективного та експресного підходу до визначення ерозії ґрунтів без залучення фізико-хімічних вартісних досліджень. За цим методом ґрунти нагрівають з подальшим визначенням змін їх магнітних властивостей як показника ерозійних процесів.

В Україні вивчення ерозійних процесів продуктивних земель із застосуванням магнітних методів ми проводимо спільно із фахівцями ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського» [Круглов та ін., 2014].

У 2008—2011 рр. було виконано дослід-

ження у межах Сьомої рамкової програми Європейського Союзу FP7 «iSOIL» (Interactions between soil related sciences—Linking geophysics, soil science and digital soil mapping). Частина досліджень щодо магнетизму глейових ґрунтів виконано поблизу Рослау, Німеччина [Jordanova et al., 2013]. Отримано високі кореляційні зв'язки між магнітними параметрами ґрунтів і вмістом у них важливих для сільськогосподарства поживних речовин — азоту, вуглецю та сірки.

Інформативність магнетизму ґрунтів успішно використовують у сільському господарстві для контролю продуктивності земель, їх родючості та визначення ерозійних процесів за результатами досліджень [Каріска et al., 2013]. Найвищі значення магнітної сприйнятливості та вмісту органічної речовини у ґрунтах було зафіксовано на рівнинній верхній частині дослідної ділянки, де залишився верхній родючий шар ґрунту. Найнижчі значення магнітної сприйнятливості отримано у межах крутих схилів долини.

Отже, для розуміння основних принципів оцінювання ерозії ґрунтів на основі дослідження магнітної сприйнятливості та більш однозначної інтерпретації результатів вимірювань потрібно розглядати групу факторів [Jordanova et al., 2011]: тип магнітних мінералів, концентрації та розмір їх зерен, стабільність магнетиків, площовий розподіл значень магнітної сприйнятливості, крім того, слід всебічно використовувати доступну агрономічну інформацію.

Результати. Розглянемо декілька прикладів дослідження магнітної сприйнятливості ґрунтів у межах продуктивних аграрних земель України.

Приклад 1. На рис. 1 показано результати дослідження магнітної сприйнятливості у межах аграрної ділянки Харківської обл. (первинний матеріал наданий О. Кругловим та П. Назарком). Ґрунтовий покрив представлений чорноземами. Проведено лабораторні вимірювання питомої магнітної сприйнятливості, визначення гумусу, розраховано індекс ерозійної небезпеки. Середнє значення питомої магнітної сприйнятливості (χ) ґрунтів цієї ділянки дорівнює $69 \cdot 10^{-8}$, мінімальне — $50 \cdot 10^{-8}$, максимальне — $86 \cdot 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$. Коефіцієнт варіації становить 12,48 %, що вказує на відсутність його екстремальних значень — зміни типів ґрунтів, техногенного навантаження. Найвищі значення χ зафіксовано у південно-західній частині ділянки, низькі — у північно-східній.

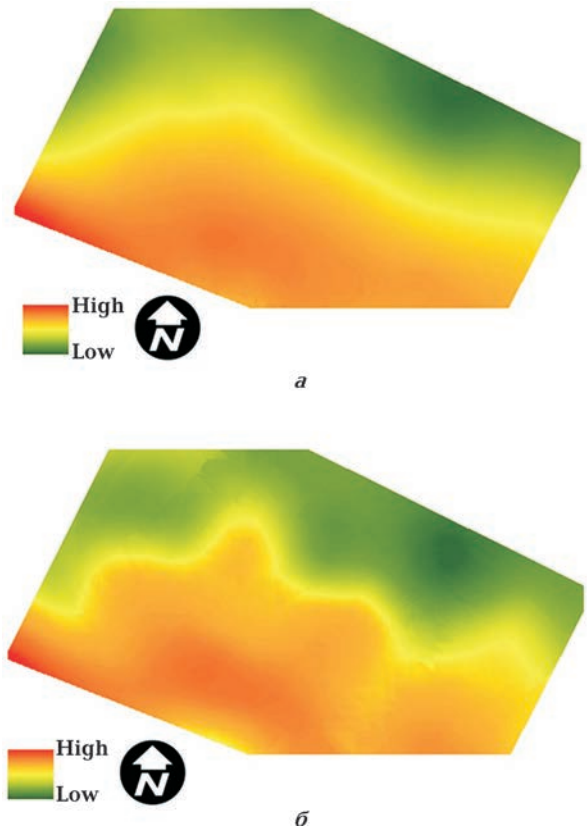


Рис. 1. Просторовий розподіл магнітної сприйнятливості аграрної ділянки у Харківській обл. Приклади інтерполяції найбільш (а) і найменш точними (б) методами із застосуванням реальних даних та моделювання.

Відповідні тенденції чітко прослідковано за переходом від верхньої частини схилу до нижньої.

Загалом магнітна сприйнятливість у межах наведеного прикладу має високу просторову залежність. Результати інтерполяції показали, що метод локальної поліноміальної функції є найменш точним у цьому випадку, метод звичайного кригінгу найкраще прогнозує розподіл магнітної сприйнятливості еродованих ґрунтів.

Магнітна сприйнятливість пов'язана з антропогенно-природним розподілом вмісту гумусу ($r=0,87$; $R^2=0,76$) та з індексом ерозійної небезпеки ($r=0,87$; $R^2=0,75$).

Приклад 2. Дослідження виконано у межах Одеської обл. на узбережжі Чорного моря. Ділянка знаходиться поза впливом аграрного обробітку, але є потенційно перспективною для ведення аграрного виробництва. Ландшафтні умови характеризуються як рівнинна частина з високим обривом біля морської смуги. Найтипівішими ґрунтами території є чорноземи

південні. Загалом вони займають північну частину Причорноморської низовини і південну частину Степового Криму, утворилися під ковилово-типчаківими степами в умовах посушливого клімату. Товщина гумусового горизонту 45—60 см. На глибині 180—200 см залягає шар з дрібними кристалами гіпсу. Південні чорноземи відрізняються від чорноземів звичайних (які поширені у межах досліджуваної території углиб континенту) меншою кількістю гумусу: у верхньому горизонті його вміст становить 3,5—4,5%. Реакція нейтральна. Ґрунти високопродуктивні за умов зрошення.

Ми досліджували латеральний переріз з метою виявлення ерозійно небезпечних частин ґрунтового покриву (рис. 2). Степова ділянка за ширишки близько 200 м (далі йде забудова) розміщується на високому обриві (близько 100 м над рівнем моря). Територія рівнинна, вкрита типовою степовою рослинністю, розрізана мережею польових доріг. Цікавою особливістю з точки зору дослідження інформативності магнетизму ґрунтового покриву при вивченні деградації аграрних земель є зафіксовані ділянки водної ерозії поблизу безпосередніх обривів.

Розглянемо детальніше зміни магнітної сприйнятливості ґрунтів (рис. 2). Ландшафтний переріз складений кількома блоками. Перший сформовано власне типовими ґрунтами для цієї ґрунтово-кліматичної зони України — незмінними чорноземами південними. Це луки поза сільськогосподарським обробітком без перепаду висот. Ерозійні процеси фактично не спостерігаються, а питома магнітна сприйнятливості становить $(80\text{—}100)\cdot 10^{-8}$ м³/кг. Другий блок ландшафтного перерізу скла-

дений польовими дорогами. У цих місцях верхній шар ґрунтового покриву неперенесений, але водночас ущільнений. Магнітна сприйнятливості зростає у 1,5—2 рази і становить $(130\text{—}180)\cdot 10^{-8}$ м³/кг. Окремо виділено частину, яку названо «дорога, глина». Особливістю її є наближеність до обриву, де візуалізуються водно-ерозійні процеси у ґрунтового покриві. Верхня частина гумусного шару змита, фактично дорога формується глинистими фракціями, магнітна сприйнятливості порівняно з наведеною вище зменшується у 2—3 рази, порівняно із незміненою польовою частиною — у 1,5 рази. Абсолютні значення питомої магнітної сприйнятливості $(50\text{—}70)\cdot 10^{-8}$ м³/кг.

Обговорення. Ерозійні процеси значно прискорюють деградацію продуктивних земель, що, у свою чергу, проявляється у зниженні ефективної потужності верхніх гумусових горизонтів, вологості ґрунтів, здатності акумулювати та утримувати необхідні поживні речовини навіть за умови їх штучного внесення, негативно позначається на фізико-хімічних властивостях верхнього шару ґрунтів [Sutherland, 1989].

Для підвищення однозначності інтерпретації отриманих результатів дослідження магнітної сприйнятливості у межах продуктивних аграрних земель України з метою виявлення небезпечних ерозійних процесів слід враховувати низку факторів. Серед них потужність родючого шару ґрунту, вміст гумусу, магнітні параметри ґрунтів, просторовий розподіл фізичних і хімічних характеристик, зовнішні антропогенні й техногенні впливи та природні кондиції формування ґрунтів. Серед при-

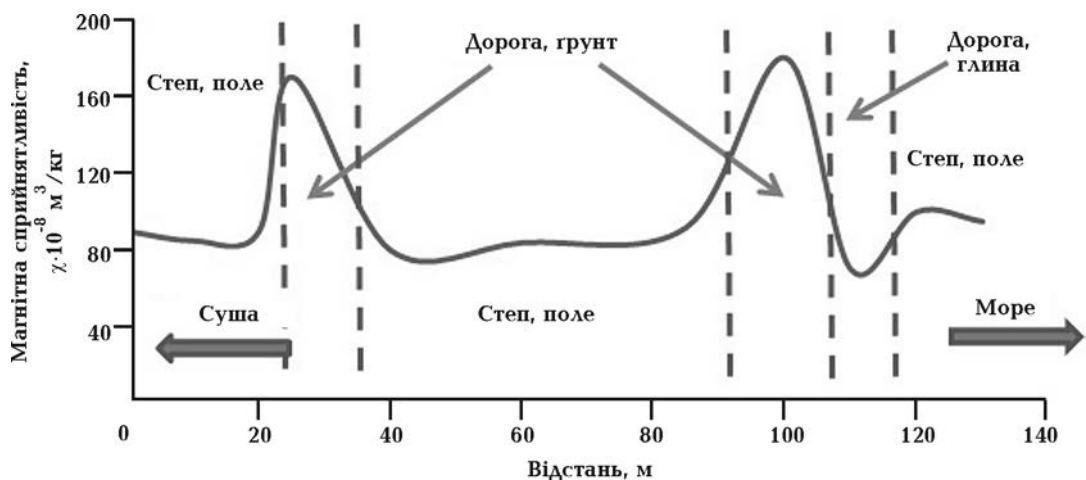


Рис. 2. Магнітна сприйнятливості ґрунтів уздовж ландшафтного перетину аграрної ділянки у Одеській обл., Україна.

родних чинників виділяють передусім водний режим, тип підстильних материнських порід, їх магнітність, склад глибших геологічних горизонтів, наявність неотектонічних рухів.

За даними [Hanesch, Scholger, 2005], основним параметром для визначення ерозії ґрунтів є вміст у них гумусу. При цьому із збільшенням його вмісту зростає і магнітна сприйнятливість, а зі збільшенням рН — магнітна сприйнятливість знижується. Встановлено взаємозв'язок між магнітною сприйнятливістю та вмістом гумусу у чорноземах Німеччини. Це дає змогу стверджувати, що у наведених нами прикладах вивчення продуктивних чорноземів України основною ознакою ерозійних процесів є знижений вміст гумусу, а як наслідок — негативні аномалії магнітної сприйнятливості.

Вміст гумусу тісно пов'язують з формуванням магнітних мінералів у процесі ґрунтоутворення (педогенний характер магнетизму) поза впливу літогенної основи, антропогенних і техногенних факторів. При цьому магнітні мінерали утворюються за наявності органічної речовини у ґрунтового агрегаті та сприятливих умов для процесів зміни валентності заліза [Mullins, 1977]. Виділяють кілька процесів, що визначають формування магнітних мінералів у ґрунтах [Jeleńska et al., 2008]: аутогенез, діагенез і розчинення. У процесі таких взаємодій виникають магнітні мінерали, які відповідають за диференціацію магнітних властивостей ґрунтів, їх деструкцію та деградацію. Верхні гумусові горизонти продуктивних ґрунтів України, що найбільше зазнають впливу ерозійних процесів, можуть містити у структурі дрібнозернистий окиснений магнетит та магеміт педогенного походження, які формуються в результаті вивітрювання материнської породи [Jeleńska et al., 2004]. Крім того, педогенний магнетит утворюється внаслідок життєдіяльності спеціальних магнетотактичних бактерій [Lovley, Philips, 1986; Taylor et al., 1987]. Сприятливими для цього процесу умовами є наявність органічної речовини для підтримки життя бактерій, первинного залізовмісного матеріалу (немагнітні сполуки заліза), безкисневий режим, нейтральна реакція рН.

Важливим завданням є визначення походження магнітних мінералів у ґрунтах для розрізнення антропогенних і техногенних аномалій. При цьому існує помітна різниця між ґрунтоутворювальними магнітними мінералами та магнітними сферами іншої природи [Gennadiev et al., 2010], які можуть накопичуватися у ґрунтах і зберігатися протягом

тривалого часу. Їхні розміри варіюють від кількох часток до сотень мікрометрів. Магнітні сфери складаються з магнетиту, гематиту та інших залізовмісних мінералів.

Таким чином, просторовий розподіл магнітної сприйнятливості у межах продуктивних аграрних земель України дає змогу з високою однозначністю визначати ділянки найбільшої небезпеки деградації ґрунтів та виконувати картування фермерських угідь та інших аграрних промислових територій. На підставі отриманих даних можна приймати високоефективні управлінські рішення, створювати моделі запобігання негативним впливам на ґрунтові покриви, вести господарювання на засадах сталого розвитку територій.

Висновки.

1. Застосування магнітних методів, зокрема вимірювання магнітної сприйнятливості, для контролю деградації продуктивних земель дає змогу з високою ефективністю, швидко і та низьковартісно отримувати корисну інформацію для оцінювання якості ґрунтів, втрати їх родючості, перерозподілів поживних речовин, що зумовлено сільськогосподарським обробітком та ерозійними процесами.

2. Магнітна сприйнятливість високомагнітних чорноземів продуктивних земель Харківської обл. становить $(60-80) \cdot 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$, а за умови впливу ерозійних процесів знижується до $50 \cdot 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$.

3. Магнітна сприйнятливість високомагнітних чорноземів продуктивних ділянок Одеської обл. досягає $160 \cdot 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$, а за умови впливу ерозійних вимивних процесів і заміщення верхнього гумусового горизонту підстильним глинистим горизонтом становить близько $80 \cdot 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$.

4. Магнітна сприйнятливість пов'язана з антропогенно-природним розподілом вмісту гумусу ($r=0,87$; $R^2=0,76$) та з індексом ерозійної небезпеки ($r=0,87$; $R^2=0,75$).

5. Магнітні мінерали утворюються за наявності органічної речовини у ґрунтового агрегаті та сприятливих умов для процесів зміни валентності заліза. Верхні гумусові горизонти продуктивних ґрунтів України можуть містити у своїй структурі дрібнозернистий магнетит і магеміт.

6. Пропонуємо використовувати магнітні методи для побудови карт і моделей ґрунтових втрат, а також впроваджувати їх у практику аграрного виробництва для забезпечення принципів сталого розвитку аграрних територій України.

Список літератури

- Круглов О. В., Назарок П. Г., Меньшов О. І. Перспективний досвід визначення проявів ерозійних процесів з використанням геофізичних методів: Матеріали наук. конференції-семінару «Сейсмологічні та геофізичні дослідження в сейсмоактивних регіонах». Львів, 2014. С. 109—110.
- Armstrong A., Quinton J. N., Maher B. A., 2012. Thermal enhancement of natural magnetism as a tool for tracing eroded soil. *Earth Surface Processes and Landforms* 37(14), 1567—1572.
- Chen L. M., Zhang G. L., Rossiter D. G., Cao Z. H., 2015. Magnetic depletion and enhancement in the evolution of paddy and non-paddy soil chronosequences. *Eur. J. Soil Sci.* 66(5), 886—897.
- García-Orenes F., Cerdà A., Mataix-Solera J., Guerrero C., Bodí M. B., Arcenegui V., Zornoza R., Semper J. G., 2009. Effects of agricultural management on surface soil properties and soil-water losses in eastern Spain. *Soil Tillage Res.* 106, 117—123.
- Gennadiev A. N., Zhidkin A. P., Olson K. R., Kachinskii V. L., 2010. Soil erosion under different land uses: assessment by the magnetic tracer method. *Eur. Soil Sci.* 43(9), 1047—1054.
- Giménez-Morera A., Ruiz Sinoga J. D., Cerdà A., 2010. The impact of cotton geotextiles on soil and water losses from Mediterranean rainfed agricultural land. *Land Degradation and Development* 21(2), 210—217.
- Hanesch M., Scholger R., 2005. The influence of soil type on the magnetic susceptibility measured throughout soil profiles. *Geophys. J. Int.* 161, 50—56.
- Jeleńska M., Hasso-Agopsowicz A., Kopcewicz B., Sukhorada A., Tyamina K., Kądziałko-Hofmokl M., Matviishina Z., 2004. Magnetic properties of the profiles of polluted and non-polluted soils. A case study from Ukraine. *Geophys. J. Int.* 159, 104—116.
- Jeleńska M., Hasso-Agopsowicz A., Kądziałko-Hofmokl M., Sukhorada A., Bondar K., 2008. Magnetic iron oxides occurring in chernozem soil from Ukraine and Poland as indicators of pedogenic processes. *Stud. Geophys. Geod.* 52, 255—270.
- Jordanova D., Jordanova N., Atanasova A., Tsacheva T., Petrov P., 2011. Soil tillage erosion by using magnetism of soils — a case study from Bulgaria. *Environ. Monit. Assess.* 183, 381—394.
- Jordanova D., Jordanova N., Werban U., 2013. Environmental significance of magnetic properties of Gley soils near Rosslau (Germany). *Environ. Earth Sci.* 69, 1719—1732.
- Kapička A., Dlouha S., Grison H., Jaksik O., Petrovsky E., Kodesova R., 2013. Magnetic properties of soils — A basis for erosion study at agricultural land in Southern Moravia. *13th International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management*. P. 577—584.
- Lovley D. R., Philips E. J. P., 1986. Organic matter mineralization with reduction of ferric iron in anaerobic sediments. *Appl. Environ. Microbiol.* 51, 683—689.
- Mandal D., Sharda V. N., 2013. Appraisal of soil erosion risk in the Eastern Himalayan region of India for soil conservation planning. *Land Degrad. Develop.* 24, 430—437.
- Mullins C. E., 1977. Magnetic susceptibility of the soil and its significance in soil science — a review. *J. Soil Sci.* 28, 223—246.
- Sutherland R. A., 1989. Quantification of accelerated soil erosion using the environmental tracer caesium-137. *Land Degrad. Develop.* 1(is. 3), 199—208.
- Taylor R. M., Maher B. A., Self P. G., 1987. Magnetite in soils: The synthesis of single-domain and superparamagnetic magnetite. *Clay Miner.* 22, 411—422.
- Yang H., Xiong H., Chen X., Wang Y., Zhang F., 2015a. Identifying the influence of urbanization on soil organic matter content and pH from soil magnetic characteristics. *J. Arid Land.* 7(6), 820—830.
- Yang P. G., Yang M., Mao R. Z., Byrne J. M., 2015b. Impact of Long-Term Irrigation with Treated Sewage on Soil Magnetic Susceptibility and Organic Matter Content in North China. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 95(1), 102—107.
- Ziadat F. M., Taimeh A. Y., 2013. Effect of rainfall intensity, slope and land use and antecedent soil moisture on soil erosion in an arid environment. *Land Degrad. Develop.* 24, 582—590.

Magnetic method applying for the control of productive land degradation

© O. I. Menshov, 2016

The development of agriculture in Ukraine requires increasing of the crop yields, which can lead to soil and humus loss, soil erosion and land degradation. The task of soil mapping and modeling within the farm lands is important to predict and control hazard processes in soil. The expected result is the elaboration of the optimal schemes of land exploitation and sustainable use management. To solve these tasks we propose to involve magnetic methods of the soil studies. They give us highly informative techniques based on our own and international experience. The first case of our investigation is magnetic susceptibility of agricultural land within Kharkiv region. The soil is presented by chernozems. We registered the average value of the soil mass-specific magnetic susceptibility (χ): $69 \cdot 10^{-8}$; minimum value is $50 \cdot 10^{-8}$; maximum value is $86 \cdot 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$. The coefficient of variation is 12.48 %, which indicates the low variability of magnetic susceptibility within the area. This indicates the absence of the soil type change and technogenic impact. The second example was conducted within the Odessa region. The landscape represents the plain with the bluff near the sea lanes. Lateral cross-section was investigated to identify the parts with the high level of soil erosion dangerous. The magnetic susceptibility of highly magnetic not disturbed southern chernozems reached $160 \cdot 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$. We identified the points of the replacement of top soil. This eroded soil, which was presented by underlying clay horizon, has the magnetic susceptibility about $80 \cdot 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$. Humus content in soil is closely connected with the formation of magnetic minerals in the soil under the pedogenic process. We mean in this case the absence of the anthropogenic and technogenic impact. The formation of magnetic minerals is controlled only by the presence of organic matter in soil aggregates and favorable conditions for the iron valence change. The productive Ukraine top soil contains fine-grained oxidized magnetite and maghemite of pedogenic origin formed by weathering of the parent material. This soil is often presented by chernozems from the farm lands with the high level of erosion risk. The formation of the magnetite is related to the magnetotactic bacteria functions.

Key words: magnetic susceptibility, soil, humus, erosion, land degradation, agriculture.

References

- Kruglov O. V., Nazarov P. G., Menchov O. I., 2014. The perspective evidence for the erosion processes identification by geophysical methods: Proceedings of the conference-seminar «*Seismological and geophysical researches in seismically active regions*». Lviv. P. 109—110 (in Ukrainian).
- Armstrong A., Quinton J. N., Maher B. A., 2012. Thermal enhancement of natural magnetism as a tool for tracing eroded soil. *Earth Surface Processes and Landforms* 37(14), 1567—1572.
- Chen L. M., Zhang G. L., Rossiter D. G., Cao Z. H., 2015. Magnetic depletion and enhancement in the evolution of paddy and non-paddy soil chronosequences. *Eur. J. Soil Sci.* 66(5), 886—897.
- García-Orenes F., Cerdà A., Mataix-Solera J., Guerrero C., Bodí M. B., Arcenegui V., Zornoza R., Semper J. G., 2009. Effects of agricultural management on surface soil properties and soil-water losses in eastern Spain. *Soil Tillage Res.* 106, 117—123.
- Gennadiev A. N., Zhidkin A. P., Olson K. R., Kachinskii V. L., 2010. Soil erosion under different land uses: assessment by the magnetic tracer method. *Eur. Soil Sci.* 43(9), 1047—1054.
- Giménez-Morera A., Ruiz Sinoga J. D., Cerdà A., 2010. The impact of cotton geotextiles on soil and water losses from Mediterranean rainfed agricultural land. *Land Degradation and Development* 21(2), 210—217.
- Hanesch M., Scholger R., 2005. The influence of soil type on the magnetic susceptibility measured throughout soil profiles. *Geophys. J. Int.* 161, 50—56.
- Jeleńska M., Hasso-Agopsowicz A., Kopcewicz B., Sukhorada A., Tyamina K., Kądziałko-Hofmokl M., Matviishina Z., 2004. Magnetic properties of the profiles of polluted and non-polluted soils. A case study from Ukraine. *Geophys. J. Int.* 159, 104—116.
- Jeleńska M., Hasso-Agopsowicz A., Kądziałko-Hofmokl M., Sukhorada A., Bondar K., 2008. Magnetic iron oxides occurring in chernozem soil from Ukraine and Poland as indicators of pedogenic processes. *Stud. Geophys. Geod.* 52, 255—270.

- Jordanova D., Jordanova N., Atanasova A., Tsacheva T., Petrov P., 2011. Soil tillage erosion by using magnetism of soils — a case study from Bulgaria. *Environ. Monit. Assess.* 183, 381—394.
- Jordanova D., Jordanova N., Werban U., 2013. Environmental significance of magnetic properties of Gley soils near Rosslau (Germany). *Environ. Earth Sci.* 69, 1719—1732.
- Kapička A., Dlouha S., Grison H., Jaksik O., Petrovsky E., Kodesova R., 2013. Magnetic properties of soils — A basis for erosion study at agricultural land in Southern Moravia. *13th International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management*. P. 577—584.
- Kruglov O. V., Nazarok P. G., Menchov O. I., 2014. *The perspective evidence for the erosion processes identification by geophysical methods: Proceedings of the conference-seminar «Seismological and geophysical researches in seismically active regions»*. Lviv. P. 109—110 (in Ukrainian).
- Lovley D. R., Philips E. J. P., 1986. Organic matter mineralization with reduction of ferric iron in anaerobic sediments. *Appl. Environ. Microbiol.* 51, 683—689.
- Mandal D., Sharda V. N., 2013. Appraisal of soil erosion risk in the Eastern Himalayan region of India for soil conservation planning. *Land Degrad. Develop.* 24, 430—437.
- Mullins C. E., 1977. Magnetic susceptibility of the soil and its significance in soil science — a review. *J. Soil Sci.* 28, 223—246.
- Sutherland R. A., 1989. Quantification of accelerated soil erosion using the environmental tracer caesium-137. *Land Degrad. Develop.* 1(is. 3), 199—208.
- Taylor R. M., Maher B. A., Self P. G., 1987. Magnetite in soils: The synthesis of single-domain and superparamagnetic magnetite. *Clay Miner.* 22, 411—422.
- Yang H., Xiong H., Chen X., Wang Y., Zhang F., 2015a. Identifying the influence of urbanization on soil organic matter content and pH from soil magnetic characteristics. *J. Arid Land.* 7(6), 820—830.
- Yang P. G., Yang M., Mao R. Z., Byrne J. M., 2015b. Impact of Long-Term Irrigation with Treated Sewage on Soil Magnetic Susceptibility and Organic Matter Content in North China. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 95(1), 102—107.
- Ziadat F. M., Taimeh A. Y., 2013. Effect of rainfall intensity, slope and land use and antecedent soil moisture on soil erosion in an arid environment. *Land Degrad. Develop.* 24, 582—590.