

УДК 550.382.3

О. Меньшов, канд. геол. наук, докторант  
 Київський національний університет імені Тараса Шевченка,  
 ННІ "Інститут геології", вул. Васильківська, 90, м. Київ, 03022, Україна,  
 E-mail: menshov.o@ukr.net

## МАГНІТНА СПРИЙНЯТЛИВІСТЬ ПІВДЕННИХ ЧОРНОЗЕМІВ УКРАЇНИ НА ПРИКЛАДІ ОДЕСЬКОЇ ОБЛАСТІ

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

Важливою складовою сучасних геолого-геофізичних досліджень з метою розв'язання фундаментальних та прикладних завдань є вивчення ґрунтового покриву. Беручи до уваги впровадження нового Закону України про вищу освіту, норми якого регламентують об'єднання низки наукових напрямків у єдині науки про Землю, комплексний підхід до вишукування у геології, географії, ґрунтознавстві, геофізиці є надзвичайно актуальним завданням. Дослідження проводилися на узбережжі Чорного моря, поблизу селища Санжейка Одеської області, на території, що предствалена степовою ділянкою поза аграрним обробком. Ландшафт рівнинний з високим обривом у напрямку берега моря. Найбільш типовими ґрунтами території є чорноземи південні (Нарліс Chernozems за міжнародною класифікацією WRB). Методика робіт включала рекогносцирувальні ґрунтознавчі дослідження, визначення об'ємної магнітної сприйнятливості у польових умовах, відбір колекції зразків для подальших лабораторних досліджень. У магнітометричній лабораторії було виміряно питому магнітну сприйнятливості  $\chi$ , частотну залежність магнітної сприйнятливості  $\chi_{fd}$ . Результати показали, що магнітна сприйнятливості верхнього гумусового горизонту А складає  $80-100 \times 10^8 \text{ м}^3/\text{кг}$ , при ущільненні структури ґрунту за рахунок існування польових доріг  $\chi=130-180 \times 10^8 \text{ м}^3/\text{кг}$ . У той же час глинисті виміти дороги характеризуються величинами  $\chi=50-70 \times 10^8 \text{ м}^3/\text{кг}$ , що свідчить про заміну верхнього гумусового горизонту на перехідний горизонт В. Це є ознакою ерозійних процесів у ґрунтах, що у свою чергу підтверджується вивченням магнітної сприйнятливості у ґрунтового розрізі. У його межах ідентифіковано подібний перехідний горизонт В на глибині 40-70 см з магнітною сприйнятливостю  $70-80 \times 10^8 \text{ м}^3/\text{кг}$ . На глибині більше за 80 см залягає підстилаючий материнський горизонт С, який складається суглинистою породою, його  $\chi=30-40 \times 10^8 \text{ м}^3/\text{кг}$ . Визначено, що за магнітною сприйнятливостю досліджені південні чорноземні ґрунти є одними з найбільш магнітних в Україні. У структурі цих ґрунтів можуть міститися дрібнозернисті окислені частинки магнетиту, а також магнетит педогенного походження. Частотно залежна магнітна сприйнятливості  $\chi_{fd}$  складає 4-10%. Це свідчить про наявність суперпарамагнітних зерен серед магнетиків у ґрунтах і переважання педогенного характеру магнетизму, техногенне забруднення відсутнє. Південні чорноземи за рахунок високого ступеню магнетизму слід досліджувати при проведенні магніторозвідувальних робіт та моніторингу екологічного стану довкілля з метою розробки оптимальної економічно обґрунтованої методики та підвищення однозначності інтерпретації результатів. На прикладі дослідної території визначено ерозійну ділянку, яка є магнітоконтрасним об'єктом. Для більш точної інтерпретації отриманої інформації щодо магнітних параметрів ґрунтів з метою оцінки ерозії ґрунтового покриву слід залучити детальні дані про тип магнітних мінералів, концентрації та розмір їх зерен, стабільність магнетиків, площадний розподіл величин магнітної сприйнятливості. Важливим є комплексування магнітних методів з агрономічною оцінкою ризиків розвитку ерозійних процесів у межах продуктивних земель.

**Ключові слова:** магнітна сприйнятливості, магнетизм ґрунтів, ерозія ґрунтів, чорноземи південні, Нарліс Chernozems.

**Вступ.** Важливою складовою сучасних геолого-геофізичних досліджень з метою розв'язання фундаментальних та прикладних завдань є вивчення ґрунтового покриву. Беручи до уваги впровадження нового Закону України про вищу освіту, норми якого регламентують об'єднання низки напрямків у єдині науки про Землю, комплексний підхід до вишукування у геології, географії, ґрунтознавстві, геофізиці не викликає жодних сумнівів. За даними Європейського Геологічного Союзу (EGU), який об'єднує одну із найбільших геологічних спільнот світу, у його складі другим за величиною підрозділом у 2015 р став Підрозділ Ґрунтознавців [10]. На останній генеральній асамблеї EGU, яка пройшла у квітні 2015 р у Відні, відзначено, що дослідження ґрунтового покриву є ключем до розуміння більшості геологічних процесів, що відбуваються на Землі, а власне ландшафти та характерні для них ґрунти найчастіше несуть необхідну для дослідників інформацію [1].

Одним із інструментів для вивчення та аналізу ґрунтів є геофізика. При цьому високу інформативність демонструють магнітні методи дослідження ґрунтового покриву. Упродовж останніх десятиріч нами було досліджено основні типи ґрунтів України, охарактеризовано їх магнітні властивості згідно з ландшафтними та ґрунтово-кліматичними умовами розповсюдження [18]. Наступним кроком при дослідженні магнетизму ґрунтів є вивчення його інформативності. Інформативність магнетизму ґрунтів вивчається для використання у природоохоронній справі для визначення забруднення територій внаслідок урбанізації, техногенно-промислового та антропогенного впливу [7]. Крім того, інформативність магнетизму ґрунтів успішно використовується у сільському господарстві для контролю продуктивності земель, їх родючості та виявлення ерозійних процесів

[14]. Новим комплексним підходом для вивчення інформативності магнетизму ґрунтів є екосистемний сервіс ґрунтів [3, 9]. Дане поняття включає визначення комплексного впливу на ґрунти зовнішніх чинників, розрахунок деградації продуктивних земель, економічного та соціального ефекту від антропогенно-техногенної активності. Зокрема, на даний момент в Україні з'явилася нова форма впливу на ґрунтовий покрив, а отже і необхідність запровадження екосистемного сервісу – вплив військових дій [6]. Нарешті, важливим пунктом досліджень ґрунтів є розв'язання геологічних завдань. Мова йде про ультрадетальну магнітометрію ландшафтів, геологічне картування, пошуки корисних копалин, у тому числі вуглеводнів.

В останні роки нами суттєво доповнено фактичну базу матеріалів магнітних досліджень на ділянках ерозійних процесів продуктивних сільськогосподарських угідь на прикладах різних агрокліматичних зон України [17]. Зрозуміло, що для більш однозначної інтерпретації ґрунтознавчих та агрономічних даних, а також визначення у даному комплексі робіт інформативності магнетизму ґрунтів, першочерговою є інформація про магнетизм еталонних незабруднених ґрунтів територій досліджень. З цієї метою перед нами постало завдання уточнення інформації про магнітні властивості південних прибережних ґрунтів України, оскільки наявна база педомагнітної інформації України не містила необхідних даних.

**Стан проблеми.** В Україні основною базою проведення відповідних науково-дослідних робіт залишається кафедра геофізики Київського національного університету імені Тараса Шевченка, зібрано значущу базу результатів магнітних досліджень ґрунтів. Відбувається інтенсифікація партнерського співробітництва у даній сфері із вітчизняними установами, а також поглиблення

міжнародного співробітництва. Дослідження магнетизму ґрунтів за межами України носить міждисциплінарний характер. При цьому останнім часом спостерігається інтенсифікація відповідних науково-дослідних робіт, більш глибоко розглядаються як власне магнітні процеси у середині ґрунтів, так і вплив ґрунтового покриву та його змін на навколишнє середовище і його сталій розвиток. Розглянемо деякі приклади. У міждисциплінарній роботі [15] розглядається зв'язок між магнітними властивостями ґрунтів та вмістом нематодів (види черв'яків) у ґрунтових фракціях. Визначається якість ґрунтів та можливість їх подальшого використання у сільському господарстві на основі визначення магнітних показників.

Комплексні дослідження [19] мали на меті на основі визначення магнітної сприйнятливості, електричного опору та рН ґрунтів картування забруднення у зоні впливу металургійного виробництва Мексики свинцем, арсенієм та кадмієм. Висновки роботи свідчать, що на основі зазначених параметрів можна легко ідентифікувати найбільш небезпечні для здоров'я людини техногенно навантажені території.

У 2008–2011 рр проходили дослідження у рамках Сьомої Рамкової Програми Європейського Союзу FP7 "iSOIL" (Interactions between soil related sciences—Linking geophysics, soil science and digital soil mapping). Частина досліджень, яка стосувалася магнетизму глейових ґрунтів, виконувалася поблизу Рослау, Німеччина, наводиться у роботі [13]. У результаті отримано високі кореляційні зв'язки між магнітними параметрами ґрунтів та вмістом у них важливих для сільського господарства поживних речовин – азоту, вуглецю та сірки.

У роботі [4] розглядається вплив на магнетизм ґрунтового покриву агропромислового вирощування рису протягом тривалого часу. Одним із важливих висновків дослідження стала інформація, що на деградацію продуктивних сільськогосподарських земель, а отже і на зміну величини магнітної сприйнятливості, впливає, у першу чергу, не інтенсивність ведення сільського господарства, а зміна під його впливом вологості верхніх гумусових горизонтів ґрунту. Крім того, відзначається зв'язок між магнітними параметрами та показниками рН і вмісту органічної речовини у ґрунті у роботі [20]. При цьому авторами брався до уваги сучасний вплив процесів урбанізації у місті. Результати показали наявність кореляційних зв'язків (позитивна і негативна кореляція, відсутність кореляції) між магнітними параметрами та зазначеними вище агрономічними показниками.

За результатами досліджень [21] було оцінено вплив на магнітну сприйнятливості і вміст органічної речовини орних ґрунтів процесів іригації із джерел очищених стічних вод або ґрунтових вод. Результати показали, що вміст органічної речовини і значення магнітної сприйнятливості ґрунтів, що зрошувалися стічними водами, збільшилися на 7,1% і 13,5%, відповідно порівняно з сільськогосподарськими землями, що зрошувалися виключно ґрунтовими водами. Автори наполягають на антропогенно-техногенному факторі підвищення магнетизму ґрунтів, що підтверджується величинами відповідних індикативних магнітних параметрів. Отже, магнітна сприйнятливості може використовуватися як експрес-метод для виявлення потенційного забруднення орних земель.

У роботі [2] пропонується використання магнітного методу як ефективного та експресного підходу до визначення ерозії ґрунтів без залучення вартісних фізико-хімічних досліджень. Авторами пропонується нагрівання ґрунтів з подальшим визначенням змін їх магнітних властивостей як показника ерозійних процесів.

**Матеріали і методи.** Дослідження проводилися на узбережжі Чорного моря, на необроблювальних землях

поблизу селища Санжейка Одеської області. Ландшафт рівнинний, з високим обривом у бік моря. Найбільш типовими ґрунтами території є чорноземи південні (Haplic Chernozems за міжнародною класифікацією WRB). Загалом, чорноземи південні характерні для Причорноморської низовини та південної частини Степового Криму. Вони утворились під ковилово-типчакowymi степами в умовах посушливого клімату. Потужність гумусового горизонту в них: 45-60 см. На глибині 180-200 см залягає шар з дрібними кристалами гіпсу. Південні чорноземи відрізняються від чорноземів звичайних, що розповсюджені у межах досліджуваної території у глиб континенту, меншою кількістю гумусу: у верхньому горизонті його вміст становить 3,5-4,5%. Реакція нейтральна. Ґрунти високопродуктивні за умов зрощення [22-23]. Нами було закладено опорний ґрунтовий розріз та ландшафтний перетин (рис. 1).

Методика робіт включала рекогносцирувальні ґрунтознавчі дослідження, визначення об'ємної магнітної сприйнятливості у польових умовах за допомогою каппаметра ПИМВ-2 (Геологоразведка, Росія). Було відібрано колекцію зразків для подальших лабораторних досліджень. У Магнітометричній лабораторії при кафедрі геофізики ННІ "Інститут геології" Київського національного університету імені Тараса Шевченка було виміряно питому магнітну сприйнятливості за допомогою лабораторного каппаметра KLY (AGICO, Чехія). Крім того, проведено дослідження частотної залежності магнітної сприйнятливості за допомогою двочастотного магнітометра MS2 (Bartington, Великобританія).

**Результати.** Дослідна ділянка була представлена ландшафтним перетином приберегової частини Чорного моря. Степова ділянка шириною близько 200 м (далі іде забудова) розташовувалася на високому обриві (близько 100 м над рівнем моря). Територія рівнинна, вкрита типовою степовою рослинністю, розрізана мережею ґрунтових доріг. Цікавою особливістю з точки зору дослідження інформативності магнетизму ґрунтового покриву при розв'язанні сільськогосподарських та ґрунтознавчих завдань є ділянки, уражені водною ерозією, поблизу безпосередніх обривів. Розглянемо більш детально зміни магнітної сприйнятливості ґрунтів (рис. 1).

Як видно з рис. 1, ландшафтний перетин складений кількома блоками. Перший блок сформовано власне зональними ґрунтами – чорноземами південними. Це необроблювальні луки без перепаду висот. Ерозійні процеси фактично не спостерігаються, а питома магнітна сприйнятливості знаходиться у межах  $80-100 \times 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$ . Другий блок даного ландшафтного перетину складений ґрунтовими дорогами. У даних місцях верхній шар ґрунтового покриву є непорушеним, але ущільненим. Магнітна сприйнятливості зростає у 1,5-2 рази і складає  $130-180 \times 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$ . Окремо виділяється частина, що названа "дорога, глина". Особливістю її є наближеність до обриву, де явно відбуваються водно-ерозійні процеси у ґрунтовому покриві. Верхня частина гумусового шару змита, дорога йде по підстилаючим глинам, у порівнянні з описаними вище ґрунтовими дорогами магнітна сприйнятливості падає у 2-3 рази. Навіть порівняно із незміненою польовою частиною, у 1,5 разів. Абсолютні значення питомої магнітної сприйнятливості складають  $50-70 \times 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$ .

Для коректної інтерпретації наведених матеріалів необхідною є інформація про вертикальний розподіл магнітних характеристик у ґрунтовому розрізі (рис. 2). Розріз було закладено у кінці ландшафтного перетину (пікет 140 м) у безпосередній близькості до обриву з частковим використанням природного відслонення.

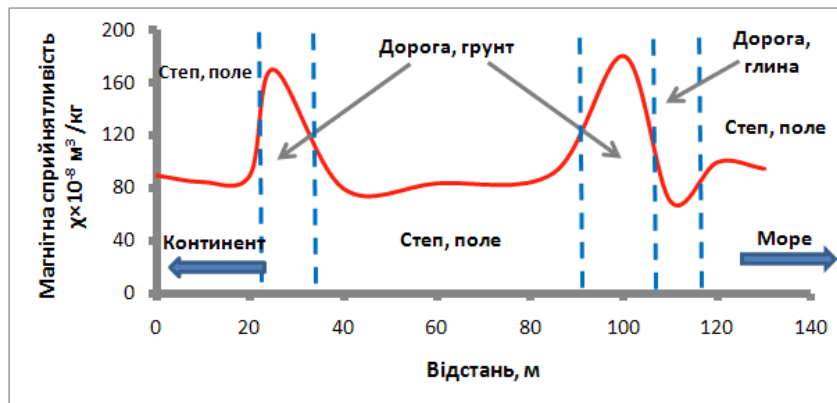


Рис. 1. Магнітна сприйнятливість ґрунтів уздовж ландшафтного перетину дослідної ділянки поблизу селища Санжейка, Одеська обл., Україна

Досліджені нами чорноземи південні у цілому відповідають за своїми ознаками морфологічному опису, що наводиться у роботах [22, 23]. Ґрунтовий розріз складається з таких горизонтів. Верхній гумусовий Н (А) залягає на глибині 0-40 см. Темно-сірого кольору, структура дрібнозерниста, на поверхні спостерігається борошніста присипка. Гумусовий перехідний Н<sub>p</sub> (В<sub>1</sub>) залягає на глибині 40-70 см, з темно-коричневим відтінком, структура горіхоподібна, деякі агрегати гостро-гранчастої форми, щільний, перехід до підстилаючих порід різкий. Бурувато-палевий щільний горизонт Р<sub>k</sub> (В<sub>2</sub>) залягає на глибині 70-85 см, по щілинах візуалізується затікання гумусу. Наступний горизонт Р<sub>k</sub> (В<sub>3</sub>) залягає на глибині 85-130 см, зі значним вмістом карбонатів у вигляді білозірки. Підстилаючий горизонт Р<sub>k</sub> (С) на глибині 130-180 см, темно-палевий глинистий лес, на значних глибинах зустрічаються кристали гіпсу. У нашому описі ґрунтового розрізу ми використали дещо спрощену схему і виділили три основні горизонти: А, В, С.

Верхній гумусовий горизонт А має потужність близько 40 см та характеризується високою магнітною сприйнятливостю  $80-100 \times 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$ , відповідною до зафіксованої для незмінених ділянок ландшафтного перетину, що наводиться на рис. 1. Нижче на глибині 40-70 см залягає перехідний горизонт В з магнітною сприйнятливостю  $70-80 \times 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$ . На глибині більше за 80 см чітко ідентифікується підстилаючий материнський горизонт С з магнітною сприйнятливостю  $30-40 \times 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$ , який складається суглинком. Частотно залежна магнітна сприйнятливість  $\chi_{fd}$  у більшості випадків для верхнього гумусового горизонту перевищує 3-4% і досягає 10%.

**Обговорення.** Для дослідженого нами верхнього гумусового незміненого горизонту А чорноземів південних дослідженої території характерними є значення магнітної сприйнятливості  $80-100 \times 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$ . Такі значення у цілому є найбільш високими для незмінених ґрунтів України. У роботі [11] проаналізовано джерела формування магнетиків у чорноземах України. Відзначається, що таких процесів існує 3: аутогенез, діагенез та розчинення. Фактично, мова йде про педогенний характер магнетизму, літогенний та техногенний (антропогенний). У ряді випадків дані процеси накладаються один на один. Повертаючись до питання вивчення верхнього гумусового горизонту А чорноземів України, відзначимо, що за даними, наведеними у роботі [11], у ньому містяться дрібнозернисті окислені частинки магнетиту, а також маґеміт педогенного походження.

З точки зору процесів ерозії, важливою є інформація про магнітну сприйнятливість, що фіксувалася нами для глинистої дороги (рис. 1,  $\chi=70-80 \times 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$ ) як ділянки можливого змиву. Більш того, подібні значення зафіксовані й у перехідному горизонті В розрізу (рис. 2).

Ґрунтовий аналіз підтвердив схожість даного горизонту та порід, що складають глинисту дорогу. Тому для даного випадку ми з високою точністю ідентифікуємо процес ерозії ґрунтів, що доволі чітко підтверджується значеннями магнітної сприйнятливості при перетині по літералі й, у свою чергу, ілюструється дослідженнями у розрізі. Щоб зрозуміти основні принципи оцінки ерозії ґрунтів на основі дослідження магнітної сприйнятливості, потрібно розглядати цілу групу факторів [12]: тип магнітних мінералів, концентрації та розмір їх зерен, стабільність магнетиків, площинний розподіл величин магнітної сприйнятливості, а також важливо всебічно використовувати доступну агрономічну інформацію.

Проаналізовані нами підстилаючі породи горизонту С ґрунтового розрізу характеризуються більш низькими значеннями магнітної сприйнятливості порівняно з горизонтами А та В. У той же час, це доволі високі значення ( $\chi=30-40 \times 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$ ) як для підстилаючої породи. Наприклад, для верхнього гумусового горизонту А незмінених чорноземів типових і звичайних лісостепової зони України  $\chi=30-50 \times 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$  [18].

Переходячи до питання інформативності досліджених нами ґрунтів при проведенні магніторозвідувальних робіт, зауважимо, що настільки високомагнітні ґрунти можуть справляти суттєвий вплив на структуру локальних аномальних магнітних полів. Для порівняння при магнітометричних дослідженнях територій покладів вуглеводнів у ряді випадків незмінні ґрунти характеризуються значеннями магнітної сприйнятливості лише у  $20-40 \times 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$ , але у той же час фіксуються підвищення магнітних параметрів саме в околі вуглеводневих покладів, що імовірно може пов'язуватися із впливом флюїду [16].

За умови дослідження можливого забруднення території з подібними високими магнітними значеннями еталонних ґрунтів, останні слід детально вивчати, адже ступінь їх магнетизму також є подібним до інших ґрунтових відмін, що зазнали техногенного й антропогенного впливу. У роботі [5] відзначається важливість розрізняти техногенний і педогенний характер магнетизму ґрунтів. Саме для цього необхідною є інформація про еталонні незмінні ґрунти територій досліджень та їх магнітні параметри. Зауважимо, що магнітні аналізи дозволяють швидко та ефективно розділяти походження магнетиків у структурі ґрунтів на основі дослідження, наприклад, найбільш експресного параметру частотної залежності магнітної сприйнятливості [8]. У нашому випадку,  $\chi_{fd}$  вища за 3-4%, найчастіше близько 10%. Це свідчить про наявність суперпарамагнітних зерен серед магнетиків у ґрунтах, а отже, про превалювання педогенного харатру магнетизму без значущого техногенного та антропогенного впливів.

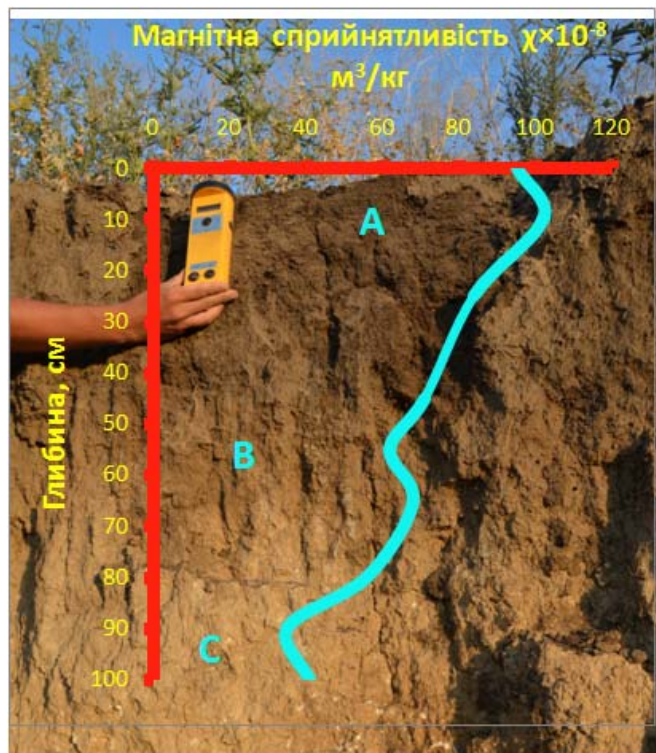


Рис. 2. Магнітна сприйнятливості чорноземів південних та підстилаючих горизонтів уздовж ґрунтового розрізу дослідної ділянки поблизу селища Санжейка, Одеська обл., Україна

**Висновки.** Дослідження південних незмінених чорноземів показали, що магнітна сприйнятливості верхнього гумусового горизонту А складає  $80-100 \times 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$ , при ущільненні структури ґрунту доріг  $\chi = 130-180 \times 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$ . У той же час, глинисті дороги характеризуються величинами  $\chi = 50-70 \times 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$ , фактично, у даних місцях на поверхню виходить перехідний горизонт В, що може свідчити про ерозійні процеси у ґрунтах. Це підтверджується й дослідженням магнітної сприйнятливості у ґрунтового розрізі, де ідентифіковано подібний перехідний горизонт В на глибині 40-70 см з магнітною сприйнятливостю  $70-80 \times 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$ . На глибині більше за 80 см розташовано підстилаючий материнський горизонт С, який складається суглинистою породою, його  $\chi = 30-40 \times 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$ .

Визначено, що за магнітною сприйнятливостю досліджені південні чорноземи є одними з найбільш магнітних в Україні. За отриманими раніше даними у структурі цих ґрунтів можуть міститися дрібнозернисті окислені частинки магнетиту, а також магеміт педогенного походження. Частотно залежна магнітна сприйнятливості  $\chi_{fd}$  вища за 3-4%, найчастіше, близька до 10%. Це свідчить про наявність суперпарамагнітних зерен серед магнетиків у ґрунтах, а отже, про превалювання педогенного характеру магнетизму без значущого техногенного та антропогенного впливів. Південні чорноземи за рахунок високої магнітності слід детально досліджувати при проведенні магніторозвідувальних робіт та моніторингу екологічного стану довкілля.

На прикладі дослідної території визначено ерозійну ділянку, яка є магнітоконтрастним об'єктом. Для більш однозначної інтерпретації результатів магнітних досліджень з метою оцінки ерозії шару ґрунтового покриву слід залучати інформацію про тип магнітних мінералів, концентрації та розмір їх зерен, стабільність магнетиків, площадний розподіл величин магнітної сприйнятливості. Важливим є комплексування магнітних методів з агрономічною оцінкою ризиків розвитку ерозійних процесів у межах продуктивних земель.

#### Список використаних джерел

1. Abd-Elmabod S. K., Jordán A., Fleskens L., Van der Ploeg P., Muñoz-Rojas M., Anaya-Romero M., Van der Salm R. J., De la Rosa D., (2015). Modelling agricultural suitability along soil transects under current conditions and improved scenario of soil factors. *Geophysical Research Abstracts*, 17, EGU2015-1012-2.
2. Armstrong A., Quinton J.N., Maher B.A., (2012). Thermal enhancement of natural magnetism as a tool for tracing eroded soil. *Earth Surf. Process. Landforms*, 37, 1567-1572.
3. Bardgett R., Szukics U., Schermer M., Lavorel S., Lamarque P., Tappeiner U., Turner K., Steinbacher M., (2011). Stakeholder perceptions of grassland ecosystem services in relation to knowledge on soil fertility and biodiversity. *Reg Environ Change*, 11, 791-804.
4. 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. *European Journal of Soil Science*, 66, 5, 886-897.
5. Evans M.E., Heller F., (2003). *Environmental magnetism. Principles and Applications of Enviromagnetics*. International Geophysics series, 86, Elsevier science.
6. Francis R.A., Krishnamurthy K., (2013). Human conflict and ecosystem services: finding the environmental price of warfare. *International Affairs*, 90, 853-869.
7. Furst C., Lorz C., Zirlwagen D., Makeshin F., (2010). Testing the Indicative Value of Magnetic Susceptibility Measurements for Concluding on Site Potentials and Risks Provoked by Fly Ash Deposition. *Environmental Management*, 46, 894-907.
8. Gubbins D., Herrerobervera E., (2007). *Encyclopedia of Earth Sciences Series, Encyclopedia of geomagnetism and paleomagnetism*, Springer.
9. Guerra C., Pinto-Correia T., Metzger M., (2014). Mapping Soil Erosion Prevention Using an Ecosystem Service Modeling Framework for Integrated Land Management and Policy. *Ecosystems*, 17, 878-889.
10. Hendriks C., Stoorvogel J., Claessens L., (2015). Lots of legacy soil data are available, but which data do we need to collect for regional land use analysis?. *Geophysical Research Abstracts*, 17, EGU 2015-905.
11. 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. *Studia Geophysica et Geodaetica*, 52, 255-270.
12. 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.
13. Jordanova D., Jordanova N., Werban U., (2013). Environmental significance of magnetic properties of Gley soils near Rosslau (Germany). *Environ Earth Sci.*, 69, 1719-1732
14. 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, 577-584.

15. Lourenço A., Esteves I., Rocha A., Abrantes I., Gomes C., (2015). Relation between magnetic parameters and nematode abundance in agricultural soils of Portugal—a multidisciplinary study in the scope of environmental magnetism. *Environ. Monit. Assess.*, 187:162, DOI 10.1007/s10661-015-4373-1

16. Menshov O., Kuderavets R., Vyzhva S., Chobotok I., Pastushenko T., (2015). Magnetic mapping and soil magnetometry of hydrocarbon prospective areas in western Ukraine. *Studia Geophysica et Geodaetica*, 59, 1-14.

17. Menshov O., Pereira P., Kruglov O., (2015). Spatial variability of soil magnetic susceptibility in an agricultural field located in Eastern Ukraine. *Geophysical Research Abstracts*, 17, EGU2015-578-2.

18. Menshov O., Sukhorada A., (2010). Magnetic Properties of Ukraine Soils and Their Informational Content. 72th EAGE Conference & Exhibition – Barcelona, Spain, 14-17 June 2010, <http://www.earthdoc.org/detail.php?pubid=39881>.

19. Perez I., Martin F., Zamora R.O., Gutierrez-Ruiz M.E., (2014). Magnetic susceptibility and electrical conductivity as a proxy for evaluating soil contaminated with arsenic, cadmium and lead in a metallurgical area in the San Luis Potosi State, Mexico. *Environ Earth Sci.*, 72, 1521–1531.

20. Yang H., Xiong H., Chen X., Wang Y., Zhang F., (2015). Identifying the influence of urbanization on soil organic matter content and pH from soil magnetic characteristics. *Journal Arid Land*, 7(6), 820-830.

21. Yang P. G., Yang M., Mao R. Z., Byrne J. M., (2015). Impact of Long-Term Irrigation with Treated Sewage on Soil Magnetic Susceptibility and Organic Matter Content in North China. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 95, 1, 102-107.

22. Вернандер Н.Б., Годлин М.М., Самбур Г.Н., Скорина С.А., (1951). Почвы УССР. К.: Государственное изд-во сельскохозяйственной литературы УССР, 326 с.

Vernander N.B., Godlin M.M., Sambur G.N., Skorina S.A., (1951). *Pochvy UkSSR*. Kiev, p. 326. (In Russian).

23. Шкварук Н.М., Делемчук Н.И., (1976). Почвоведение. К.: Вища школа, 320 с.

Shkvaruk N.M., Delemchuk N.I., (1976). *Pochvovedenie*. Kiev, *Vyscha shkola*, p. 320. (In Russian).

Надійшла до редколегії 15.05.15

O. Menshov, PhD (in Geology), Postdoctoral Student  
Department of Geophysics, Institute of Geology  
Taras Shevchenko National University of Kyiv  
90 Vasylykivska Str., Kyiv, 03022 Ukraine  
E-mail: menshov.o@ukr.net

## MAGNETIC SUSCEPTIBILITY OF THE SOUTHERN CHERNOZEMS OF UKRAINE, CASE STUDY FROM ODESSA REGION

*Soil studies are an important component of the present geological and geophysical studies to solve fundamental and applied problems. According to the new Law on Higher Education different fields of research were combined into the Earth Sciences in conformity with the international classification. The integrated approach for investigations in geology, geography, soil science, geophysics is an extremely urgent task now. We studied an area on the Black Sea coast, in the coastal part of the Odessa region, near the Sanzheyka steppe area, which was not subjected to agricultural processing. Landscape conditions are the flat part with the high precipice near the seashore. The soils of this area are classified as southern chernozems (Haplic Chernozems in WRB classification). The methods used include reconnaissance soil science research, bulk magnetic susceptibility measurements in the field, soil sampling for the laboratory analysis. In the magnetometric laboratory we measured mass specific magnetic susceptibility  $\chi$ , the frequency dependence of the magnetic susceptibility  $\chi_{fd}$ . The results showed that the magnetic susceptibility of the upper humus horizon A is  $80\text{-}100 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ . The compacted soil of the field roads presented  $\chi=130\text{-}180 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ . At the same time the clay roads with eroded soil are characterized by the values of  $\chi=50\text{-}70 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ . This indicates the replacement of the upper humus horizon by transitional horizon B. This confirms the soil erosion processes, which in turn is proved by the magnetic susceptibility study of soil horizons within the soil profile. The transitional horizon B was identified at a depth of 40-70 cm with magnetic susceptibility  $70\text{-}80 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ . The underlying bedrocks C started from the 80 cm with  $\chi=30\text{-}40 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ . The southern chernozems are one of the most magnetic soils in Ukraine. The topsoil of the Ukraine chernozem contains fine-grained oxidized magnetite and maghemite of pedogenic origin. The frequency dependence of the magnetic susceptibility  $\chi_{fd}$  is 4-10%. This indicates the presence of superparamagnetic grains among the magnetic materials in the soils. Pedogenesis predominates in the studied soils. Soil pollution wasn't identified. Southern chernozems are extremely magnetic and should be investigated during magnetic surveys and environmental monitoring to develop an optimal cost-based methodology and enhance the uniqueness of the interpretation of the results. For example, we identified the area with high erosion risks. This clay road is allocated by the contrast magnetic signal. The detailed information on magnetic minerals, grain size and stability, areal distribution of the magnetic susceptibility should be involved for a more accurate interpretation of the obtained soil magnetic parameters data to assess soil erosion. We need to combine the magnetic methods with agronomic risk assessment of erosion processes within the productive lands.*

**Key words:** magnetic susceptibility, soil magnetism, soil erosion, southern chernozems, Haplic Chernozems.

A. Меньшов, канд. геол. наук, докторант,  
Київський національний університет імені Тараса Шевченка  
Інститут Геології, ул. Васильківська, 90, Київ, Україна, 03022  
E-mail: menshov.o@ukr.net

## МАГНИТНАЯ ВОСПРИИМЧИВОСТЬ ЮЖНЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ УКРАИНЫ НА ПРИМЕРЕ ОДЕССКОЙ ОБЛАСТИ

*Важной составляющей современных геолого-геофизических исследований с целью решения фундаментальных и прикладных задач является изучение почвенного покрова. Принимая во внимание внедрение нового Закона Украины о высшем образовании, нормы которого регламентируют объединение ряда направлений в единые науки о Земле, комплексный подход к изысканиям в геологии, географии, почвоведении, геофизике является чрезвычайно актуальной задачей. Исследования проводились на побережье Черного моря, вблизи поселка Санжейка Одесской области, на территории, представленной степным участком без аграрной обработки. Ландшафт равнинный, с высоким обрывом в направлении моря. Наиболее типичными почвами территории являются черноземы южные (Haplic Chernozems по международной классификации WRB). Методика работ включала рекогносцировочные почвоведческие исследования, определение объемной магнитной восприимчивости в полевых условиях, отбор коллекции образцов для дальнейших лабораторных исследований. В Магнитометрической лаборатории была измерена удельная магнитная восприимчивость  $\chi$ , частотно зависящая магнитная восприимчивость  $\chi_{fd}$ . Результаты показали, что магнитная восприимчивость верхнего гумусового горизонта А составляет  $80\text{-}100 \times 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$ , при уплотнении структуры почвы грунтовых дорог  $\chi=130\text{-}180 \times 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$ . В то же время, глинистые смытые дороги характеризуются величинами  $\chi=50\text{-}70 \times 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$ , что свидетельствует о замене верхнего гумусового горизонта переходным горизонтом В. Это является признаком эрозионных процессов в почвах, что в свою очередь подтверждается изучением магнитной восприимчивости в почвенном разрезе. В его структуре идентифицировано подобный переходный горизонт В на глубине 40-70 см с магнитной восприимчивостью  $70\text{-}80 \times 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$ . На глубине более 80 см залегают подстилающий материнский горизонт С, состоящий из суглинистой породы, его  $\chi=30\text{-}40 \times 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$ . Определено, что по магнитной восприимчивости исследованные южные черноземные почвы являются одними из наиболее магнитных в Украине. В структуре этих почв могут содержаться мелкозернистые окисленные частицы магнетита, а также маггемит педогенного происхождения. Частотно зависящая магнитная восприимчивость  $\chi_{fd}$  составляет 4-10%. Это свидетельствует о наличии суперпарамагнитных зерен среди магнетиков в почвах и преобладание педогенного характера магнетизма, при этом загрязнение отсутствует. Южные черноземы за счет высокой степени магнетизма следует исследовать при проведении магниторазведочных работ и мониторинга экологического состояния окружающей среды с целью разработки оптимальной экономической обоснованной методики и повышения однозначности интерпретации результатов. На примере исследованной территории определен эрозионный участок, являющийся магнитокоонтрастным объектом. Для более точной интерпретации полученной информации о магнитных параметрах почв для оценки эрозии почвенного покрова следует привлекать подробные данные о типе магнитных минералов, концентрации и размере их зерен, стабильности магнетиков, площадного распределения величин магнитной восприимчивости. Важным является комплексирование магнитных методов с агрономической оценкой рисков развития эрозионных процессов в пределах продуктивных земель.*

**Ключевые слова:** магнитная восприимчивость, магнетизм почв, эрозия почв, черноземы южные, Haplic Chernozems.