

# НАМАГНИЧЕННОСТЬ ТИПОМОРФНЫХ ПОЧВ УКРАИНЫ И ЕЕ ИНФОРМАТИВНОСТЬ

А.И. Меньшов, А.В. Сухорада

Киевский национальный университет им. Тараса Шевченко, геологический факультет,  
Украина, Киев, (pova@list.ru)

**Вступление** Логика развития магнитометрии и магнетизма вещества подошла к этапу, когда стало необходимым учитывать кроме геомагнитных вариаций и все другие возможные факторы, которые воздействуют на структуру и интенсивность локального аномального магнитного поля. В частности, для реализации точности магнитометрических работ около 0,1 нТл важным является учет аномалий, которые создаются почвенным покровом.

Почвенный покров аккумулирует в себе носители антропогенного и техногенного загрязнения, что позволяет по результатам педомагнитных исследований (изучение магнитных свойств почв) проводить экологическое изучение техногенно нагруженных территорий, в том числе и мегаполисов. Педомагнитные данные дают возможность интенсифицировать аграрные и почвоведческие работы, производить детальное картирование почвенного покрова. Практическое использование приведенных выше возможностей педомагнетизма может быть реализовано лишь на основе привлечения геофизических технологий. Поэтому важен анализ магнитных свойств почв с точки зрения прикладной геофизики.

**Состояние проблемы** Изучение магнитных свойств почв началось в середине прошлого столетия и прошло несколько фаз, которые характеризовались разной степенью научного интереса к педомагнетизму. Общей чертой изучения магнетизма педосферы в историческом контексте является определенная дискретность и обособленность соответствующих исследований. Публикации наших предшественников следует разделить на несколько групп. Первая – это работы советских авторов [1–2], которые рассматривают магнитную восприимчивость разных типов почв и ее распределение в почвенных генетических горизонтах, а также связь с увлажненностью, плодородием и гумусностью. Вторая – иностранные работы 50–90 гг. прошлого столетия [3–4], где одновременно с обозначенными выше проблемами более детально анализируется магнитная минералогия почв. Третья группа – это современные работы [5–7], в которых представлен современный взгляд на вертикальные и латеральные распределения педомагнитных характеристик, возможности использования магнитной восприимчивости для почвенного картирования и решения аграрных задач. Отдельной группой следует выделить работы, связанные с изучением природной остаточной намагниченности почв [8–9]. Сегодня популярными и информативными стали экомагнитные исследования [10–11] и урбомагнитные [12–13], заслуживают внимания исследование почвенного магнетизма в контексте поисков углеводородов [14–15].

**Методика работ** Основой технологии педомагнитных исследований являются соответствующие теоретические основы рок-магнетизма, главным образом информация о слабромагнитных соединениях, которые присутствуют в почвах, а также методики микромагнитных съемок и принципы высокоточной магнитометрии. Наилучше изученным, экспрессным и массовым параметром в педомагнетизме стала магнитная восприимчивость  $\chi$ . Интегральной характеристикой

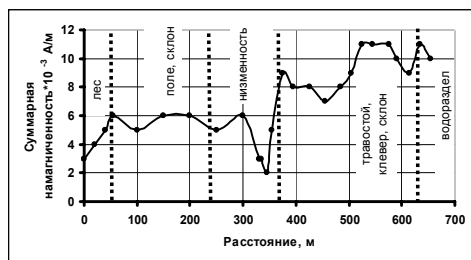
магнетизма почв является суммарная намагниченность  $J_{\Sigma}$ . По этой величине в большинстве случаев почвы Украины характеризуются в данной работе. Для изучения возможного вклада почвенного покрова в локальное аномальное магнитное поле мы использовали полный вектор магнитного поля  $T$ , его вертикальный градиент  $\text{grad } T$ , а также эффективную намагниченность  $J_{\text{ef}}$ .

Полевой этап педомагнитных работ включает в себя геолого-почвоведческие рекогносцировочные работы, измерение полевой магнитной восприимчивости с помощью полевых капаметров КТ-5 и ПИМВ-2, отбор ориентированных и неориентированных образцов почв, исследования локального аномального магнитного поля оригинальной магнитометрической аппаратурой (разработки Студенческого Конструкторско-Исследовательского Бюро Киевского Национального университета имени Тараса Шевченко). Лабораторные педомагнитные исследования состоят из измерения удельной магнитной восприимчивости с помощью лабораторного капаметра KLY-2 и двухчастотного измерителя магнитной восприимчивости MS-2, измерения намагниченностей почв с помощью астатического магнитометра LAM-24 и рок-генератора JR-4, автоматизированной обработки результатов с помощью программного комплекса Magnit (автор Ю.Савичев). Кроме того, выполнялись геохимические исследования: определение элементного состава, гумусности, pH, а также анализ и интерпретация полученной педомагнитной информации.

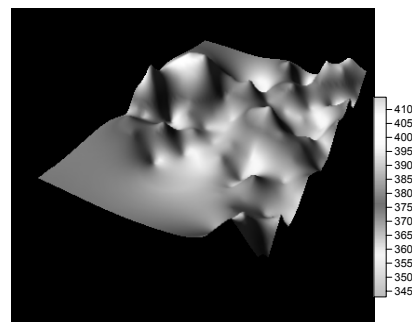
**Объекты исследований** Педомагнитные исследования проводились на территории следующих почвенно-климатических зон Украины: Полесье, Лесостепь, Степь, Сухая Степь, Горный Крым (рекогносцировочные работы). Изучались зональные типы почв: чернозем выщелоченный, чернозем типичный, чернозем обыкновенный, чернозем южный, серая лесная, каштановая, дерново-подзолистая почвы. Азональные – луговые, черноземы луговые, болотные, дерновые. Кроме того, при экомагнитных исследованиях изучался специфический измененный тип почвы, который характерен для мегаполисов – урбаноземы [16]. Для учета влияния магнетизма почвы на формирование локального аномального магнитного поля нами было проведено ряд экспериментов на территориях месторождений углеводородов Днепровско-Донецкой впадины.

**Результаты и обсуждение** На рис. 1 представлены характерные распределения суммарной намагниченности и магнитной восприимчивости по генетическим горизонтам для типоморфных почв основных почвенно-климатических зон Украины.





а)



б)

**Рис. 2.** Латеральные педомагнитные распределения: а) – изменение  $J_s$  при пересечении основных форм рельефа участка «Горобии», Восточная Лесостепь, б) – карта площадного распределения  $\chi \cdot 10^{-9} \text{ м}^3/\text{кг}$  для серых лесных почв сельскохозяйственного участка «Кононы», Восточная Лесостепь.

В пониженных частях рельефа развиваются азональные гидроморфные почвы (луговые, болотные), а на водоразделах – зональные. Приведенные зависимости подтверждаются и результатами детальных площадных педомагнитных исследований (рис. 2б). При этом, кроме топографических и ландшафтных факторов, на дисперсию магнитных величин влияет и характер сельскохозяйственной обработки земель.

Касательно изучения эффективной намагниченности почв Украины, то самыми высокими значениями обладают серые лесные почвы и черноземы Степи и Сухой Степи ( $J_{ef}=8...12 \cdot 10^{-3} \text{ А/м}$ ). Для остальных почв эффективная намагниченность ниже, а у дерново-подзолистых стремится к нулю и отрицательным значениям. Эти данные используются при решении прямых и обратных задач магнитометрии для почвенного покрова и указывают на то, в какой степени те или иные почвы могут повлиять на изменение локального аномального магнитного поля. Ряд экспериментов, проведенных нами для изучения взаимосвязи между педомагнетизмом и локальным аномальным магнитным полем, показали, что строение рельефа (а значит и типы почв) существенно влияют на поведение полного вектора магнитного поля и его вертикальных градиентов. Разница значений между магнитным полем, измеренным на водораздельных участках и в пойме при длине профиля около 1 км и перепаде высот до 10 м, составляет 20-25 нТл для одного из характерных участков Лесостепи Украины. Результаты педомагнитного моделирования демонстрируют, что магнитный эффект от почвенного покрова может составлять 2-4 нТл зависимо от типа почвы.

При изучении информативности педомагнетизма следует отметить, что наилучше изученным сегодня является экоманетизм. Результаты экоманетизных исследований урбанизированных территорий Украины показали, что урбаноземы являются удобным объектом для характеристики по степени их магнетизма загрязнения территорий мегаполисов. Пример корреляционных зависимостей между величинами магнитной восприимчивости и содержанием тяжелых металлов в почвах для города Киев приведен в табл. 1. Позитивная корреляция может объясняться присутствием общего фактора, который вызывает повышение обеих параметров, которым может выступать, например, физическая глина, аккумулирующая одновременно тяжелые металлы и магнитные вещества. По данным многих исследователей [17]

некоторые тяжелые металлы легко абсорбируются на поверхности оксидов железа – представленных магнитными частицами размером меньше 10 мкм, или могут попадать в их кристаллическую решетку при высокотемпературных техногенных процессах.

**Таблица 1.** Коэффициенты корреляции с доверительными границами ( $q=0,95$ ) между  $\chi$  и содержанием тяжелых металлов в некоторых урбаноземах Киева

Участок	Тяжелые металлы		
	Cu	Zn	Pb
Конча-Заспа	$0,5 \pm 0,30$	$0,9 \pm 0,08$	$0,9 \pm 0,08$
Киево-Днепровский	$0,8 \pm 0,16$	$0,7 \pm 0,23$	$0,8 \pm 0,16$
Дарницкий	$0,3 \pm 0,29$	$0,9 \pm 0,06$	$0,4 \pm 0,27$
Святошино-Пуца-Водицкий	$0,8 \pm 0,15$	$0,6 \pm 0,26$	$0,6 \pm 0,26$
Голосеевский	$0,5 \pm 0,39$	$0,9 \pm 0,10$	$0,9 \pm 0,10$

Результаты изучения почв на территориях перспективных относительно нефти и газа для учета влияния почв при детальных магнитометрических работах показывают, что, магнитный эффект от залежей углеводородов может составлять несколько нТл. Это сравнимо с магнитным эффектом от почвенного покрова. В связи с этим необходимо проводить разбраковку почвенных и нефтегазовых магнитных аномалий.

Агрогеофизические педомагнитные исследования посвящены изучению почв для решения задач сельского хозяйства и почвоведения. По величине магнитных параметров с успехом можно проводить картирование почв, изучение почвенных генетических горизонтов. Почвенный магнетизм коррелируется с агрономическими показателями.

**Выводы** В латеральном направлении суммарная намагниченность почвенного покрова растет в ряду: луговые и болотные почвы всех зон – зональные дерново-подзолистые почвы Полесья – чернозем выщелоченный Полесья – серые лесные и черноземы типичные Лесостепи, а также каштановые почвы Степи – черноземы обычные Степи – черноземы южные Сухой Степи. Наблюдается монотонная и немонотонная закономерности изменения  $J_s$  в вертикальном направлении при переходе между генетическими горизонтами почвенного профиля. Наивысшие значения фиксируются в верхних гумусных горизонтах всех типов почв, а также в илювиальных горизонтах.  $J_s$  растет при переходе от низменных участков, особенно заболоченных, к возвышенностям, главным образом водоразделам. Наивысшие значения  $J_{ef}$  зафиксированы для черноземов и каштановых почв Степи и Сухой Степи, а также для серых лесных почв Лесостепи. Такие почвы могут создавать магнитные аномалии 2–4 нТл. Магнитная восприимчивость почв как правило возрастает при антропогенном и техногенном их загрязнении, наблюдается позитивная корреляция между  $\chi$  и концентрацией тяжелых металлов в почвах. Деструкция и мелиорация почв влияет на изменения педомагнитных величин, что необходимо использовать в агрономической и почвоведческой практике, а также при картировании почв.

1. Лукин А.А. Изменение удельной магнитной восприимчивости по почвенному разрезу / А. А. Лукин, Т. И. Румянцев // Труды Ижевского сельскохозяйственного ин-та. – 1964. – № 10. – С. 126–127.
2. Вадюнина А.Ф. Магнитная восприимчивость фракций некоторых почв / А. Ф. Вадюнина, В. Ф. Бабанин, В. Я. Ковжун // Почвоведение. – 1974. – № 1. – С. 116–120.

3. *Le Borgne E.* Influence du sur les propriétés magnétiques du sol et sur celles du schiste et du granite / *E. Le Borgne* // *Ann. Geophys.* – 1960. – № 16. – P. 159–195.
4. *Maher B.* Characterisation of soils by mineral magnetic measurements / *B. Maher* // *Phys. Earth Planet. Inter.* – 1986. – № 42. – P. 76–92.
5. *Сухорада А.В.* Системні дослідження магнітних властивостей орного шару деяких ґрунтів Лівобережжя України / *А. В. Сухорада, О.В. Круглов, О. І. Меньшов* // *Вісник КНУ імені Тараса Шевченка, Геологія.* – 2005. – № 34. – С. 45–49.
6. *Коснырева М.В.* Разработка комплекса геофизических методов для решения прикладных задач почвенного картирования: автореф. на соиск. уч. ст. канд. геол.-мин. наук: спец. 25.00.10 “Геофизика, геофизические методы поиска полезных ископаемых” / *М. В. Коснырева* – М., 2007. – 21 с.
7. *Бусоргина Н.А.* Магнитная восприимчивость почв Среднего Предуралья как генетический и диагностический их показатель: автореферат на соиск. уч. ст. канд. с.-х. наук: спец. 06.01.03 “Агропочвоведение, агрофизика” / *Н. А. Бусоргина.* – Уфа, 2002 – 23 с.
8. *Вадюнина А.Ф.* Естественная остаточная намагниченность некоторых почв / *А. Ф. Вадюнина, Ю. А. Смирнов* // *Почвоведение.* – 1976. – № 7. – С. 120–127.
9. *Бондарь К.М.* Естественная остаточная намагниченность почвенного покрова / *К. М. Бондарь, А. В. Сухорада* // *Научный вестник ИГАУ.* – 2003. – № 8. – С. 77–80.
10. *Heller F.* Magnetic record of industrial pollution in forest soils of Upper Silesia, Poland / *F. Heller, Z. Strzyszczyk, T. Magiera* // *J. Geophys. Res.* – 1998. – № 103, B8, 17. – P. 767–774.
11. *Нульман А.* Магнитная восприимчивость серых лесных почв в зоне влияния медеплавильного завода / *А. Нульман, Р. Коптева, П. Мещеряков* // *Палеомагнетизм и магнетизм горных пород: теория, практика, эксперимент.* – 2001. – С. 63–65.
12. *Maher B.A.* Spatial variation in vehicle-derived metal pollution identified by magnetic and elemental analysis of roadside tree leaves / *B. A. Maher, C. Moore, J. Matzka* // *Atmospheric Environment.* – 2008. – № 42, issue 2. – P. 364–373.
13. *Shu J.* Determining the sources of atmospheric particles in Shanghai, China, from magnetic and geochemical properties / *J. Shu, J. Dearing, A. Morse, L. Yu, N. Yuan* // *Atmospheric Environment.* – 2001. – № 35, issue 15. – P. 2615–2625.
14. *Liu T.* Comprehensive evaluation of mechanism of “chimney-effect” using principles of magnetism, geochemistry and mineralogy / *T. Liu, T. Cheng* // *Chinese Science Bull.* – 1998. – № 43, 9. – P. 743–748.
15. *Rijal M.* Magnetic properties of hydrocarbon contaminated soils: first data laboratory and field studies / *M. Rijal, E. Appel, M. Bayer, B. Binder, U. Blaha, A. Kappler, K. Porsch, W. Rosler, K. Straub, F. Wehland* // *Travaux Geophysiques.* – 2006. – № XXVII. – P. 98.
16. *Почва, город, экология* / [под общей ред. акад. РАН Г. В. Добровольского]. – М.: Фонд “За экономическую грамотность”, 1997. – 320 с.
17. *Kapicka A.* High resolution mapping of antropogenic pollution in the Giant Mountains National Park using soil magnetometry / *A. Kapicka, E. Petrovsky, H. Fialova, V. Podrazsky, I. Dvorak* // *Studia geophysica et geodaetica.* – 2008. – № 52. – С. 271–284.

## НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ $\alpha$ -ПАМЯТИ МАГНЕТИТСОДЕРЖАЩИХ ГОРНЫХ ПОРОД ИЗ ЗОНЫ ГИПЕРГЕНЕЗА

И.Е. Муратова, И. Н. Петров, Е.С. Сергиенко, Р.В. Смирнова

ФГОУ ВПО «Санкт-Петербургский Государственный Университет», физический факультет

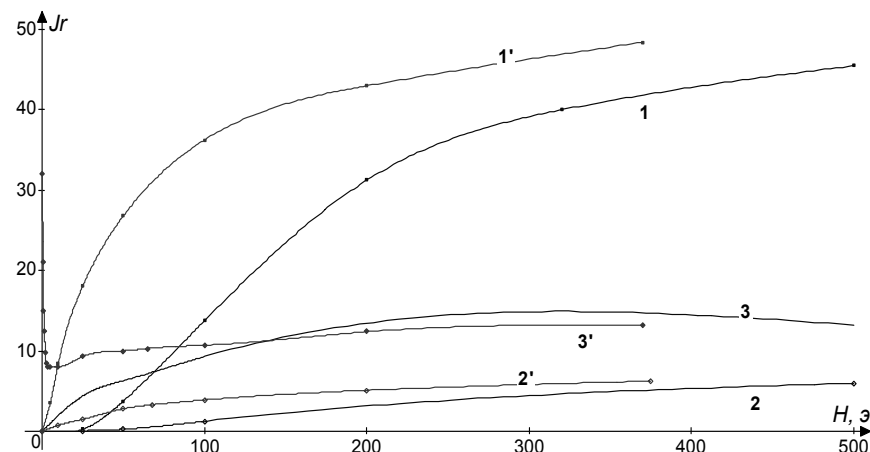
**Гистерезисные особенности** Основная задача: изучение зависимостей термоостаточной намагниченности и её  $\alpha$ -памяти (в процентах и единицах намагниченности) от величины магнитного поля  $H$ . Для палеомагнитологии основной интерес представляют зависимости  $J_r(H)$  и  $\alpha J_r(H)$  в области малых магнитных полей  $H$ , так как, именно  $\alpha J_r$ , представляет серьёзную «угрозу» достоверности палеомагнитных определений. Известно, что зависимость  $J_r(H)$  при малых значениях магнитного поля имеет линейный вид. Поведение же её  $\alpha$ -памяти ( $J_r$ ) с изменением поля  $H$  ранее не изучалось.

Для проведения исследований были выбраны образцы Ангара-Илимского магнетитового месторождения, которым свойственно явление  $\alpha$ -памяти. Из этой коллекции были отобраны 3 образца с разной величиной  $\alpha(J_{rs})$ : образец №113 – с малой  $\alpha$ -памятью, условно названный «мягким», №352 – «средний» и № Ш-62 – с максимальным значением  $\alpha(J_{rs})$  – «жесткий».

Таблица 1.

№обр.	$H_c^0$ , Э	$J_{rs}^0$ , ед. СГС	$H_c^1$ , Э	$J_{rs}^1$ , ед. СГС	$\alpha^2 J_{rs}$ , ед. СГС	$\alpha^2 J_{rs}$ , %
Ш-62	280.5	30.9	136.7	17.3	4.10	23.7
352	69.3	49.5	54.0	40.5	7.40	18.3
113	30.1	27.6	30.5	26.9	0.97	3.6

Изучение зависимостей термоостаточной намагниченности и её  $\alpha$ -памяти от магнитного поля образования  $H$  первоначально осуществлялось для «среднего» образца – № 352.



**Рис. 1.** Зависимость остаточных намагниченностей разного вида от величины магнитного поля их образования для образца № 352: 1 – нормальной остаточной  $J_r(H)$ ; 2 –  $\alpha$ -памяти нормальной остаточной  $\alpha J_r(H)$ ; 3 –  $\alpha$ -памяти нормальной остаточной  $\alpha(J_r)$ , %; 1' – термоостаточной  $J_r(H)$ ; 2' –  $\alpha$ -памяти термоостаточной  $\alpha J_r(H)$ ; 3' –  $\alpha$ -памяти термоостаточной  $\alpha(J_r)$ , %.