

Тип колектора	Пружні постійні породи									Компоненти акустичного тензора			A _n (%)
	C ₁₁	C ₂₂	C ₃₃	C ₄₄	C ₅₅	C ₆₆	C ₁₂	C ₁₃	C ₂₃	μ ₁₁	μ ₂₂	μ ₃₃	
Гранулярно-кавернозно-тріщинний	72,07	77,25	76,1	17,08	17,5	17,1	36,01	36,83	37,48	42,58	44,5	43,22	1,77
Тріщинно-гранулярно-кавернозний	82,31	88,14	86,98	21,95	22,31	22,11	35,85	37,35	37,85	49,38	51,49	49,53	1,71
Тріщинно-кавернозно-гранулярний	84,48	90,47	89,28	22,54	22,87	22,73	36,84	38,38	38,93	51,55	53,77	52,81	1,72
Кавернозно-тріщинно-гранулярний	79,56	82,25	84,03	20,96	21,31	21,01	35,25	36,6	37,11	48,57	50,67	49,63	1,73
Кавернозно-гранулярно-тріщинний	78,15	83,8	82,54	20,58	20,91	20,93	34,73	36,01	36,59	47,72	49,82	49,84	1,76

Таким чином, досліджені моделі складнопобудованих карбонатних порід-колекторів із різною структурою пустотного простору: отримані по всім типам карбонатних порід-колекторів їх пружні постійні, вивчені орієнтація та пружна симетрія швидкостей розповсюдження пружних хвиль та інтегральної анізотропії, побудовані стереопроекції вказівних поверхонь параметрів анізотропії для вказаних моделей колекторів.

Надбана інформація може бути використана як попереднє наближення при вивченні структури пустотного простору та фільтраційно-ємнісних властивостей реальних складнопобудованих карбонатних порід-колекторів за акустичними даними геофізичних досліджень свердловин та при петроакустичних дослідженнях [7, 8].

1. Маслов Б.П., Продайвода Г.Т., Выжва С.А. Математическое моделирование влияния давления и температуры на скорость распределе-

ния упругих волн в трещиноватых горных породах // Геофиз. журн. – 2000. – Т. 22, №3. – С. 113-118. 2. Продайвода Г.Т. Основы сейсмоакустики. Навчальний посібник. – Київ: ВПЦ "Київський університет", 2001. – 296 с. 3. Продайвода Г.Т., Выжва С.А. Математичне моделювання геофізичних параметрів. К.: ВПЦ "Київський університет", 1999. – 112 с. 4. Лукин А.Е., Парин С.Б. Генетические типы трещиноватости пород глубоководных нефтеразносных комплексов // Геол. журн. – 2003. – Т. 3. – С. 9-25. 5. Saito Tokumi, Abe Mamoru. "Буцури танко. Butsuri tanko, Geophys. Explor.", 1984, 37, №1, 15-26. 6. Sellier E. Bousquet Ph., Boichard R., Brun R. Estimation of the effective porosity of the Dogger oolitic limestone in the Villeperdue oil-field, 1991, Paris basin France. – С. 241-248. 7. Выжва С.А., Безродна І.М. Прогноз фільтраційно-ємнісних властивостей порід-колекторів на основі визначення структури пустотного простору за даними комплексу методів ГДС // Геоінформатика. – 2005. – м. Київ, № 1, С. 67-70. 8. Выжва С.А., Безродна І.М. Оцінка структури пустотного простору порід-колекторів кори вивітрювання та поверхні кристалічного фундаменту за даними акустичних методів // Мінеральні ресурси України. – 2004. – Київ, С. 38-42.

Надійшла до редколегії 09.02.07

УДК 551.31+634.12

К.М. Бондар, канд. геол. наук, Ю.М. Дмитрук, канд. с.-г. наук, І.В. Віршило, канд. геол. наук, Ж.М. Матавішина, д-р геогр. наук

МАГНІТНА СПРИЙНЯТЛИВІСТЬ ТА ВМІСТ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ЧИСТИХ І ПРОМИСЛОВО ЗАБРУДНЕНИХ ҐРУНТАХ ПІВНІЧНОЇ АСТУРІЇ (ІСПАНІЯ)

У статті розглянутий розподіл магнітної сприйнятливості і вмісту важких металів у фонових і забруднених ґрунтах Північної Астурії (Іспанія).

The lateral and vertical distribution of magnetic susceptibility and heavy metals content in non-polluted and polluted soils from Northern Asturias is considered.

Вступ. Актуальна проблема північної частини провінції Астурія (Іспанія) – необхідність діагностики та контролю забрудненості ґрунтового покриву пилогазовими викидами металургійних, цементних заводів і теплових електростанцій. Ґрунти, зберігаючи сліди всіх процесів в екосистемах, вважаються маркерами якісного стану останніх. Оптимальними при цьому є системні дослідження з використанням магнітних методів, ефективних та експресних при оцінці антропогенної динаміки ґрунтового покриву [1-20]. В основі екомагнітної технології лежить явище підвищення або пониження магнітної сприйнятливості та інших магнітних характеристик ґрунтів, внаслідок випадання на їх поверхню і подальшої радіальної міграції дрібнодисперсного техногенного пилу.

Магнітні властивості ґрунтів змінюються у залежності від присутності у них феромагнітних мінералів серед яких найважливішими є магнетит, титаномагнетит, магнетит, гематит, гетит, піротин та грейгіт. Власне оксиди й гідроксиди заліза нетоксичні, однак вони мають здатність сорбувати важкі метали [6]. Діяльність людини супроводжується накопиченням у ґрунті техногенних феромагнетиків, або антропогенною трансформацією властивостей ґрунтів, що призводить до перетворення первинних магнітних мінералів. Показано, що техногенний магнетит може бути джерелом важких металів, ге-

незис яких пов'язаний з ізоморфними замінами у ґрунтах при руйнуванні мінералу.

Постановка завдання. Стратегія роботи передбачає комплексний аналіз із інтерпретацією результатів вимірювань магнітно забруднених ґрунтів і їх чистих аналогів з місць локалізації теплових електростанцій, цементних заводів, а також підприємств чорної металургії в провінції Астурія (Іспанія).

Еколого-геохімічна характеристика території забезпечується на основі системного ґрунтоцентричного підходу. Атмосферне забруднення феромагнітними мінералами і важкими металами спостерігається, насамперед, у поверхневих горизонтах, що пояснюється утворенням металоорганічних комплексів з органічною речовиною. Радіальні потоки переносять поліюантани на деяку глибину. Тому дослідження змін якісного стану ґрунтів обов'язково включає аналіз всіх генетичних горизонтів профілю. Крім того, техногенний магнетизм необхідно відокремити від природного, зумовленого наявністю педогенних та літогенних магнітних мінералів у ґрунті [7].

Сучасний стан проблеми. Різке зростання величини магнітної сприйнятливості (k_x) у поверхневих горизонтах забруднених ґрунтів встановлено багатьма дослідниками [1-5 та ін.]. Оцінка забруднення ґрунтів на основі магнітної сприйнятливості успішно проводилась

у Польщі (провінція Катовіце, де зосереджено 16 електростанцій, 17 металургійних підприємств та 56 вугільних копалень [5,8]), у Північній і Західній Австрії [4,9], Естонії [10]. При проведенні капаметрії всієї території Великобританії зафіксовані підвищені, порівняно з фоновими, величини магнітної сприйнятливості. Ареали підвищених значень були приурочені до великих індустріальних міст (Лондон, Манчестер, Ліверпуль та ін. [11]). Атмосферна емісія з теплових електростанцій приводила до збільшення к ґрунтів [12,13]. Викиди металургійних і гірничо-збагачувальних підприємств України та Росії спричинили пертурбації магнітних властивостей ґрунтового покриву в радіусі десятки кілометрів [14-20]. Позитивна кореляція між вмістом важких металів у ґрунті і їх к встановлене багатьма авторами [6,15,18 та ін.]. Глибина проникнення поллютантів (2 см [19], 6 см [18], 20 см [20], 30-40 см [16,17]) залежить від типу ґрунту, інтенсивності аграрного обробітку, характеру забруднення. Проводився і магніто-мінералогічний аналіз феромагнетиків-забруднювачів ґрунтів [19,17].

Методи дослідження. Зразки ґрунтів, відібраних як з поверхні так і з глибоких генетичних горизонтів вивчалися на капаметрі MS-2 з лабораторним датчиком MS-2B (Bartington Instruments, Великобританія). При цьому визначалася мас-специфічна магнітна сприйнятливості (χ) і її частотна залежність k_{нд} [21]. У польових умовах вимірювалася об'ємна магнітна сприйнятливості (k) капаметром ПИМВ (НПП "Геологоразведка", Росія). Вміст важких металів визначався в азотнокислій витяжці при наступному випаровуванні пероксиду водню. Атомно-абсорбційний аналіз проводився в полум'ї ацителен-повітря на спектрофотометрі КАС 120 М1.

Об'єкти дослідження. У районі робіт розповсюджені два основних типи ґрунтів: інсептисолі (inseptisol) та ентисолі (entisol) [22]. Згідно класифікаційної системи WRB це Cambisols та Regosols, відповідно. Перші характеризуються незначним віком ґрунтогенезу, коричневими тонами у забарвленні і утворенні текстурного горизонту під поверхневим. Регосолі – дуже слабо розвинуті мінеральні ґрунти на будь-яких породах, без флювіальних властивостей. Їх також визначають як ґрунти, які не мають ніяких інших діагностичних ознак, крім ochpik. У сучасному тлумаченні до Regosols належать усі ґрунти, які не можуть бути віднесені до жодної іншої групи.

Морфологічні ознаки регосолі (на прикладі ґрунту A002): Ah – 0,0-0,15 м – дернина з гумусовим матеріалом, пухкий, темно-сірий до чорного, інтенсивно пронизаний корінням рослин, структура зерниста, піщано-пилувато-легкосуглинковий, перехід поступовий; A₁ – 0,15-0,25 м – сірий, у верхній частині темніший, донизу

світлішає, пилувато-піщано-легкосуглинковий, пухкий, грудкувато-розсипчастий, перехід різкий за кольором і гранулометричним складом; C – 0,25-0,52 м – світло-сірі піски з гострокутними уламками (10-20 см) пісковіку.

Морфологічні ознаки камбісолі представимо на прикладі ґрунтового розрізу A041: A₀ – 0,0-0,07 м – бурувато-світлокоричневий, сіруватий, пилувато-піщаний, легкосуглинковий, інтенсивно пронизаний корінням рослин, пухкий, зустрічаються залишки моху, переважає гумус типу модер. Перехід і границя добре помітні за зменшенням кількості коріння. Частково цей горизонт має ознаки акумуляції матеріалу після активних дощів; A_h – 0,07-0,18 м – бурувато-коричнювато-сірий, пухкий, з коріннями дерев і трав'янистих рослин, грудкувато-розсипчастий, супіщано-легкосуглинковий, перехід і границя з дрібними (1-2 см) патьоками, багато світло-сірих плям, ймовірно марганцю, виявляються ознаки слабого оглеєння; A (Bh) – 0,18-0,35 м – бурувато-сірий, ущільнений, з сизими плямами, слабо гумусований, горіхувато-призматичний, з неміцними структурними відокремленнями, оглеєний, з тонкими коріннями дерев і трав, супіщано-легкосуглинковий, перехід різкий за кольором і щільністю, границя дрібноязикувата (пательоки проникають на 1-2 см); B_{1te} – 0,35-0,55 м – бурий, з горизонтальними прошарками шириною до 5 см, дуже щільними, стягнення марганцю (нагадують ортзанди), неоднорідний за густиною, з ділянками відносно рихлими, супіщаними. Структура в ущільнених шарах міцна, горіхувато-призматична, на менш щільних ділянках – розсипчаста, з ознаками опідзолення. Перехід поступовий за певним ущільненням матеріалу, границя поступова; B_{2s} – 0,55-0,70 м – найбільш щільний, однорідний за кольором, бурий, з легким червонястим відтінком, горіхувато-призматичний з гострогранними відокремленнями, профарбований охристими оксидами Fe₂O₃, які формують світлі залізисті півки по граням відокремлень, донизу освітлюється і збільшується кількість марганцевих плям, перехід поступовий за кольором; B₃ – 0,7-1,0 м – сірувато-охристий, менш щільний, ніж попередній горизонт, містить чорні півки оксиду марганцю, супіщаний, поступовий перехід до нижнього горизонту; CB > 1,0 м – жовто-охристий, дрібно- та середньозернистий однорідний пісок.

Результати. Об'ємна магнітна сприйнятливості ґрунтового покриву Північної Астурії, вимірювалася у польових умовах (табл. 1.). Окрім забруднення, на величину k значно впливає тип рослинності. Лісова рослинність сприяє зростанню k ґрунту на 1*10⁻³ од. C_l, однак поблизу індустріальних підприємств ця різниця нівелюється за рахунок техногенного впливу.

Таблиця 1. Магнітна сприйнятливості ґрунтів під лісовою і трав'янистою рослинністю

Точка відбору	k незабруднених ґрунтів (10 ⁻³ од. C _l)		Точка відбору	k забруднених ґрунтів (10 ⁻³ од. C _l)	
	трава	ліс		трава	ліс
A029	0.2	0.9	A005/A004	1.3	1.1
A030	0.3	1.3	A010 /A012	3.5	3.8
A032/A033	0.4	1.5	A013/A014	6.1	6.3
A036/A038	0.6	1.4	A016/A018	2.8	2.4
-	-	-	A026	0.8	1.6
-	-	-	A044/A043	1.1	1.2
-	-	-	A049	2.2	1.9
-	-	-	A064/A065	1	1.3

Існує значна варіабельність питомої магнітної сприйнятливості (χ) в межах кількох перших сантиметрів горизонту A. χ характеризується бімодальним розподілом з модами 50...100 та 350...400*10⁻⁸ м³/кг, які

відповідають незабрудненим і забрудненим ґрунтам. χ може перевищувати 200*10⁻⁸ м³/кг через можливий значний внесок літогенної компоненти (рис. 1. а).

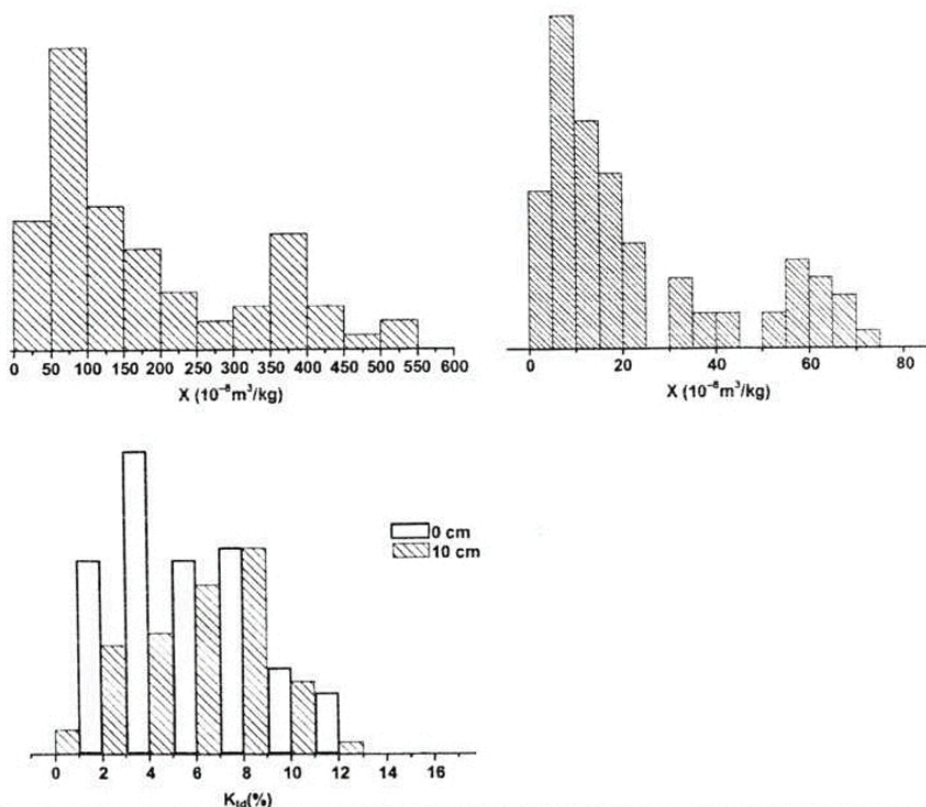


Рис. 1. Гістограми розподілу χ поверхневих горизонтів ґрунтів (а), ґрунтоутворюючих порід (б), а також K_{fd} (в) зразків з поверхні і глибини 10 см

ґрунтоутворюючі породи регіону представлені червоно-коричневими силікатними суглинками, іноді з уламками пісковиків різних розмірів. Магнітна сприйнятливість ґрунтоутворюючих порід теж має бімодальний розподіл. Це означає, що літогенна компонента може становити значну частину загальної величини k . Підвищення магнітної сприйнятливості, зумовлене літогенною основою повинно детально вивчатись, щоб виокремити техногенну чи ґрунтогенну компоненту.

Частотно-залежна магнітна сприйнятливість K_{fd} ґрунтового покриву Північної Астурії лежить в межах 0-13%. Незабруднені ґрунти демонструють підвищену частотну залежність магнітної сприйнятливості через відносно високий вміст суперпарамагнітного матеріалу, утвореного при ґрунтогенезі. На гістограмі для зразків з глибини 0 см з'являється додаткова мода в діапазоні 2...4%, пов'язана з наявністю індустріального забруднення, адже техногенний пил містить більші за розміром зерна магнітних мінералів.

На території містечка Абнонь, де розташовані потужна вугільна електростанція та цементний завод, пил з дороги має $k=1,4 \cdot 10^{-3}$ од. СІ, k ґрунтів досягає $2,2 \cdot 10^{-3}$ од. СІ, ґрунтів з дренажних кюветів $5,3 \cdot 10^{-3}$ од. СІ. Ці величини свідчать про значну забрудненість урбоекосистеми. Магнітна сприйнятливість золи із звалища поблизу Абнонь складала $690 \dots 719 \cdot 10^{-8}$ од. СІ, $K_{fd} - 1,2\%$.

У розрізах забруднених та фонових ґрунтів вивчався вертикальний розподіл χ (рис. 2). Розрізи А033 та А032 знаходяться на значній відстані від джерел поліюантів на залісненій і лучній ділянках, відповідно. Відстань між точками 50 м. підтверджує значне зростання магнітної сприйнятливості ґрунту до глибини 15 см (рис. 2) зумовлене лісовою рослинністю. Розрізи А021, А016 закладені біля потужного металургійного заводу. Під трав'янистими фітоценозами техногенно обумовлене підвищення χ (роз-

різ А016), порівняно з фоновим (А032) складало $190 \cdot 10^{-8}$ м³/кг (рис. 2.а). Під лісом підвищення χ на забрудненому екоотолі (А021), порівняно з чистим (А033) становило $230 \cdot 10^{-8}$ м³/кг. Крім того, у процесі дослідження профільного розподілу χ спостерігається зростання у нижній частині горизонту А або у горизонті Вt. Тобто окрім поверхневої акумуляції, можливе проникнення дрібнодисперсних феромагнітних поліюантів у глибокі горизонти ґрунту.

Параметр K_{fd} для поверхневих зразків ґрунтів змінюється в широких межах (0–12%). Для ґрунтів на околицях промислових підприємств (розрізи А016, А021, А081 рис. 2) K_{fd} не перевищує 4%. ґрунтоутворюючі породи характеризуються значеннями K_{fd} від 3 до 16%, фонові ґрунти мають понад 6%. Ознака забрудненості – падіння K_{fd} у верхніх кількох см ґрунту внаслідок привнесення відносно крупних зерен техногенного магнетиту. Магнетит діагностований за k на кривих низькотемпературного аналізу, на яких чітко виявлений перехід Вервея в околі 150° С.

ґрунти території дослідження за вмістом важких металів поділяються на дві групи: фонові кількості і підвищеного вмісту. Розподіл вмісту важких металів у ґрунтах, насамперед Pb, Cr, Zn та Fe істотно відрізняється від нормального. Тому для характеристики вибірки доцільно використовувати середнє геометричне, а не арифметичне чи модальне значення.

Звертає на себе увагу підвищена мінливість валового вмісту металів, що також підтверджує антропогенний вплив. Варіабельність вмісту важких металів зменшується у ряду: Zn > Fe > Mn > Pb > Cu > Cd > Ni > Cr (табл. 2). Розподіл елементів по профілю ґрунтів має, переважно, елювіальний характер. Накопичення металів превалює у верхньому горизонті. Загалом на території дослідження спостерігається підвищена, порівняно з фовою, кількість Pb, Zn і Cd. Проте валовий вміст хрому, нікелю та марганцю менший, ніж прийняті середні величини.

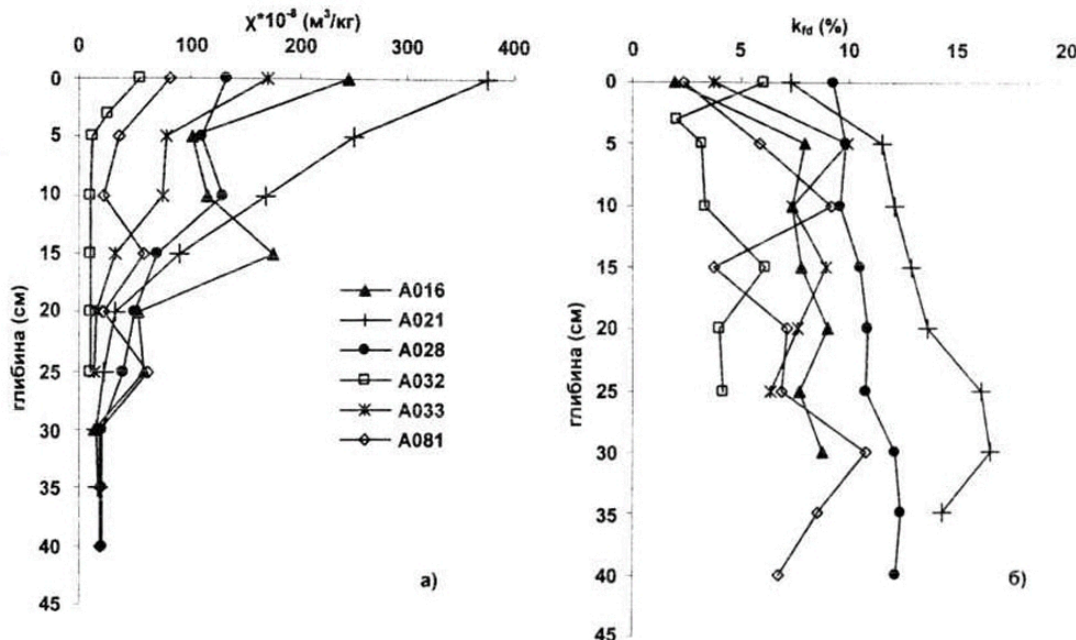


Рис. 2. Магнітна сприйнятливість (а) і її частотна залежність (б) деяких ґрунтових профілів

Таблиця 2. Середній валовий вміст важких металів, мг·кг⁻¹

	Pb	Cd	Cu	Ni	Cr	Zn	Mn	Fe (·10 ³)
M	33.2	1.23	10.0	10.1	7.93	103	269	12.1
±m	25.4	0.92	8.92	7.10	5.25	178	260	14.2

Висновки. Ґрунти Північної Астурії мають істотну природну магнітність, проте в екосистемах поблизу промислових підприємств зафіксовано значне зростання магнітної сприйнятливості, найперше у верхньому горизонті. Це – результат його збагачення техногенним магнетитом. Для оцінки екологічного стану ґрунтового покриву території дослідження рекомендується застосовувати магнітний метод. Підвищений вміст свинцю, кадмію і цинку та особливості їх розподілу свідчать про вплив металургійних підприємств. Характерно, що техногенне надходження заліза до ґрунтового покриву спричиняє розсіювання нікелю і хрому. Цей факт потребує детального вивчення еколого-геохімічного статусу ґрунтів.

1. Petrovsky, E., Ellwood, B.B., 1999. Magnetic monitoring of pollution of air, land and waters. In: Maher, B.A., Thompson, R. (Eds.), Quaternary Climates, Environments and Magnetism. Cambridge Univ. Press, UK, P. 279-322. 2. Evans M.E., Heller F. Environmental magnetism. Principles and Applications of Enviromagnetics. – International Geophysics series, v. 86, Elsevier science (USA), 2003. – 299 p. 3. Flanders, P.J. Collection, measurement and analysis of airborne magnetic particulates from pollution in the environment. Journal of Applied Physics 75, 5931-5936, 1994. 4. Hanesch, M., Scholger, R., 2002. Mapping of heavy metal loadings in soils by means of magnetic susceptibility measurements. Environ. Geol. 42, P. 857-870. 5. Heller, F., Strzyszc, Z., Magiera, T., 1998. Magnetic record of industrial pollution in forest soils of Upper Silesia, Poland. J. Geophys. Res. 103/B8, P. 767-774. 6. Водяницький Ю.Н., Добровольський В.В. Железистые минералы и тяжелые металлы в почвах. – М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева РАСХН, 1998. – 216 с. 7. Hanesch, M., Scholger, R., 2005. The influence of soil type on the magnetic susceptibility measured throughout soil profiles. Geophys. J. Int. 161, P. 50-56. 8. Strzyszc, Z., T. Magiera and F. Heller, 1996. The influence of industrial immissions on the magnetic susceptibility of soils in Upper Silesia. Studia Geophys. et Geodaetica, 40, P. 272-286. 9. Boyka T., Scholger R., Sta-

njek H. and MAGPROX Team. Topsoil magnetic susceptibility mapping as a tool for pollution monitoring: repeatability of in situ measurements. J. Applied Geophys., 55/3-4, P. 249-259. 10. Bityukova L., R. Scholger, and M. Birke. Magnetic susceptibility as indicator of environmental pollution of soils in Tallinn. Physics and Chemistry of the Earth 24, 1999, P. 829-835. 11. Dearing, J.A., K.L. Hay, S.M.J. Baban, A.S. Huddleston, E.M.H. Wellington and P.J. Loveland. Magnetic susceptibility of soil: An evaluation of conflicting theories using a national data set. Geophysical Journal International 127, 1996, P. 728-734. 12. Kapicka, A., E. Petrovsky, S. Ustjak, and K. Machackova. Proxy mapping of fly-ash pollution of soils around a coal-burning power plant: A case study in the Czech Republic. Journal of Geochemical Exploration 66, 1999, P. 291-297. 13. Veneva L. Magnetic susceptibility mapping around Bulgarian Power plant. Contributions to Geophysics & Geodesy, vol.34, 2004, P. 162. 14. Sukhorada A., Bondar K., Jeleńska M., Hasso-Agopsowicz A., Kądziałko-Hofmokl M., Matviishina Zh. Spatial distribution of ferrimagnetic pollution from iron-ore open-cast mines and metallurgical enterprises of Kryvyi Rig and Mariupol. Contributions to Geophysics & Geodesy, vol.34, 2004, P. 145-146; Contributions to Geophysics & Geodesy, vol.34, 2004, P. 145-146. 15. Сухорада А.В., Дмитрук Ю.М., Бондар К.М., Елєньска М., Хассо-Агосович А., Каджалко-Хофмокл М., Матвіїшина Ж.М. Магнітогеохімічні ознаки забруднення ґрунтового покриву в околиці Маріуполя, 2005. Вісник ЧНУ – Біологія 16. Jeleńska M., Hasso-Agopsowicz A., Korpecwicz B., Sukhorada A., Bondar (Tyamina) K., Kądziałko-Hofmokl M., Matviishina Zh. Magnetic properties of the profiles of polluted and non-polluted soils. A case study from Ukraine. Geophys. J. Int. 2004, 158, 1-13. 17. Матасова Г.Г., Казанский А.Ю., Бортникова С.Б., Айрияц А.А. Петромагнитные исследования окружающей среды, загрязненной отходами горнорудного предприятия (г. Салаир, Западная Сибирь). В сб.: Палеомагнетизм и магнетизм горных пород: теория, практика, эксперимент. М.: ГЕОС, 2001. – С.56-58. 18. Нульман А., Колтеев Р., Мещеряков П. Магнитная восприимчивость серых лесных почв в зоне влияния медеплавильного завода. В сб.: Палеомагнетизм и магнетизм горных пород: теория, практика, эксперимент. М.: ГЕОС, 2001. – С.63-65. 19. Maher, B., 1986. Characterisation of soils by mineral magnetic measurements. Phys Earth Planet Inter., 42, P. 76-92. 20. Галеев А.К., Гендлер Т.С., Диденко А.Н. Петромагнитный экспресс-мониторинг промышленных загрязнений грунта на основе измерений магнитной восприимчивости. В сб.: Палеомагнетизм и магнетизм горных пород: теория, практика, эксперимент. М.: ГЕОС, 2001. – С.22-23. 21. Dearing J. A., Dann R.J.L., Hay K., Lees J.A., Loveland P.J., Maher B.A., O'Grady K. Frequency-dependent susceptibility measurements of environmental materials. Geophys. J. Int. 124, 1996, P. 228-240. 22. Mapa de suelos digitalizado a partir del mapa 1:2000000 del Atlas Nacional de Espana (Edafología) publicado por el IGN (1992). Classification "Soil Taxonomy" (USDA, 1987). CSI/IRNAS. Sevilla, 2000.

Надійшла до редколегії 26.02.07