

стосування трансформацій гравімагнітного поля способом осереднення при виділенні та інтерпретації малоамплітудних аномалій // Вісник КНУ. Серія Геологія. – К., 2006. – № 38–39. – С. 34–39. 3. Гура К.А. Таблично-аналитическая интерпретация магнитных аномалий: Учебное пособие. – К., 1990. 4. Гура К.О., Гришук П.І. Інтерпретація магнітних аномалій в автоматизованому режимі: Навчальний посібник. – К., 2000. 5. Bhaskara Rao D., Ramesh Babu N. A Fortran-77 computer program for three-dimensional inversion of magnetic anomalies resulting from multiple prismatic bodies // Computers & Geosciences. – 1993. – V. 19, No 6. –

P. 781–801. 6. Bhaskara Rao D., Ramesh Babu N. A rapid method for three-dimensional modeling of magnetic anomalies // Geophysics. – 1991. – V. 56, No 11. – P. 1729–1737. 7. Darracott B+W. On the choice of a "2D" or "3D" model in gravity interpretation // Geoexploration. – 14. – P. 143–146. 8. Li Y., Oldenburg D. W. 3-D inversion magnetic data // Geophysics. – 1996. – V. 61, No. 2. – P. 394–408. 9. Marquardt D.W. An algorithm for least squares estimation of nonlinear parameters // Jour. Soc. Indust. Appl. Math. – 1963. – V. 11, No 2. – P. 431–441.

Надійшла до редколегії 27.09.07

УДК 550.83-1029.12

О. Меньшов, асп.,
Р. Хоменко, асп.,

А. Сухорада, канд. геол.-мінералог. наук, доц.

МОЖЛИВОСТІ ПЕДОМАГНІТНОЇ ІНТЕРПРЕТАЦІЇ ТА МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МАГНІТОМЕТРИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Розглянуто особливості застосування інформації про магнетизм ґрунтового покриття при детальних магнітометричних дослідженнях та педомагнітному моделюванні. Наведено приклади розподілів досліджених магнітних та магнітометричних параметрів у ґрунтовому покритті, перші результати педомагнітного моделювання.

The peculiarity of using the information about soil magnetism under detailed magnetometry investigations and pedomagnetic modeling is considered. The examples of the distributions of the investigated magnetic and magnetometric parameters in soils, the first results of the pedomagnetic modeling are described.

Вступ. З точки зору свого розвитку та еволюції, дослідження магнетизму ґрунтового покриття (педомагнетизму), які проводяться авторами даної статті, пройшли декілька етапів. Проте, одним із лейтмотивів (про що йшлося у відповідних публікаціях [6, 7]) завжди була теза про можливість та необхідність використання педомагнітної інформації для розв'язання саме геологічних задач. Загальна концепція формування та становлення, а також перспективи швидкого розвитку геофізики педосфери, аналізуються в роботі А. Сухоради [2]. Повертаючись до геолого-геофізичного значення вивчення педомагнетизму, перш за все, слід сказати про значимість магнетизму ґрунтового покриття в ряді ґрунтово-ландшафтних та геологічних ситуацій на території України, а отже і про доцільність його врахування при ультраточних магнітних зйомках. Зокрема, в цілому ряді випадків локальне аномальне магнітне поле може більшою мірою формуватися ландшафтом, який адекватно ілюструється відповідним ґрунтовым покритвом.

Зауважимо також і домінуюче місце фахівців геофізиків у створенні нового наукового напрямку – геофізики педосфери у формі синтезу власне геофізичної науки з іншими науками (екологія, географія, ґрунтознавство, біологія і т.д.). Відомий факт, що основною задачею геології є виконання розвідувальних, пошукових, картувальних та інших робіт. Таким чином, у даній публікації представлено спробу вперше системно розглянути магнітні властивості ґрунтового покриття на прикладі обраної дослідної ділянки, охарактеризувати вертикальні та латеральні розподіли досліджуваних магнітних параметрів та інтегрувати отриману педомагнітну інформацію в результати дослідження локального аномального магнітного поля даної території, а відтак провести педомагнітне моделювання та виконати педомагнітну інтерпретацію отриманих результатів. Така робота є новою, адже навіть зі світової практики нам відомі лише роботи з вивчення педомагнітних властивостей [4], окремо з магнітометрії ґрунтового покриття [5], проте поставлена в даній статті інтегральна задача ніколи не розв'язувалася.

Методика робіт. Основними магнітними параметрами, що використовувалися нами, є: магнітна сприйнятливість χ (або індуктивна намагніченість J_i), природна залишкова намагніченість J_n , фактор Q , сумарна намагніченість J_Σ та ефективна намагніченість J_{ef} . Останні два види намагніченості ґрунтового покриття частково описані нами в роботах [3, 8]. Зазначені параметри ви-

мірювалися в лабораторних та польових умовах за допомогою лабораторного астатичного магнітометра LAM-24, лабораторного капамістка KLY-2, двочастотного вимірювача магнітної сприйнятливості MS-2, польових капаметрів ПИМВ-2 та КТ-5. Для вимірювання магнітної індукції використано оригінальну установку (розробка СКДБ КНУТШ) на базі магнітометра М-33 (базова конфігурація представлена реєструючим датчиком та перетворювачем магнітне поле-частота), при одночасній реєстрації двома датчиками із використанням двоканального частотомира та записом на переносний персональний комп'ютер. Точність одиничного виміру приладу становить $\pm 0,02$ нТл, середня квадратична похибка зйомки $\pm 0,4$ нТл. Дискретність вимірювань – 5 вимірів за 1 секунду. Профільна зйомка виконувалась при постійному переміщенні датчиків у просторі (динамічна реєстрація), де одиничний вимір є інтегральним представленням значень магнітного поля за час реєстрації. При дискретності порядку 5 вимірів за 1 секунду та швидкості переміщення оператора з блоком реєструючих датчиків порядку 3,5 км/год, відстань між центрами зон реєстрації становить близько 0,2 м. Вихідними даними є три значення: значення повного вектора магнітного поля B на висотах 0,25 та 0,75 м при базі 0,5 м та різниця вимірів G_v , розрахована математично шляхом перерахунку на одиницю відстані між датчиками нТл/м. Як магнітоваріаційну станцію (МВС) використано магнітометр М-33 з дискретністю вимірів 1 вимір за 15 с та точністю 0,1 нТл. МВС розміщувалась на відстані близько 200 м від центру профілю.

Об'єкт дослідження. Дослідна ділянка "Горобії" є частиною Східного лісостепового агрогеофізичного станіонару [1]. Вона характеризується переважно сірим лісовим типом ґрунтового покриття, розташовується на околиці лісового масиву. Було досліджено розподіл магнітних параметрів та проведено магнітометричні дослідження вздовж ґрунтової катени (гіпсометрію наведено на рис. 1), що бере свій початок у лісі, проходить через схил, який представлений необроблюваним сільськогосподарським угіддям, перетинає балку і через сільськогосподарські поля (оброблювані та необроблювані впродовж кількох років) виходить на вододільну ділянку ландшафту. Така будова перетину дає можливість прослідкувати зміну педомагнетизму в усіх фаціях ландшафту, характерних їм типів ґрунтового покриття, прослідкувати характерні зміни досліджуваних величин при переходах між різними фаціями ґрунтової катени.

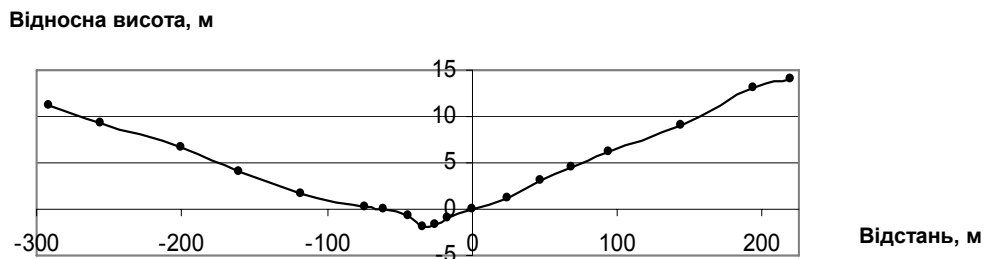


Рис. 1. Гіпсометричний профіль дослідної ділянки "Горобії"

Отримані результати. Спершу зупинимося на аналізі отриманої *педомагнітної інформації*. На рис. 2 представлено відповідні розподіли магнітних параметрів (об'ємної магнітної сприйнятливості, яка вимірювалася в польових умовах, та сумарної намагніченості) вздовж зазначеної катени. Як видно з даного рисунку, на обох кривих чітко спостерігається кореляційний зв'язок між магнітними властивостями та ландшафтною будовою території. При виході з лісу на прилісову сільськогосподарську територію обидва магнітні параметри ростуть. Далі йде відносно поступовий спад величин з фіксацією мінімумів у балці ($\chi=0,15\text{--}0,18\cdot 10^{-3}$ од. СІ, $J_{\Sigma}=2\text{--}4\cdot 10^{-3}$ А/м), де ґрунтовий покрив змінюється на лучний та лучно-болотний. Далі спостерігається зворотна картина, а максимальні значення відмічаються на вододільній ділянці території ($\chi=0,50\cdot 10^{-3}$ од. СІ, $J_{\Sigma}=12\cdot 10^{-3}$ А/м). Локальні максимуми та мінімуми обох кривих також пов'язані з переходами між різними фаціями катени, наприклад, оброблюване-необроблюване сільськогосподарське угіддя. Крім того, існує й ряд розбіжностей у поведінці магнітної сприйнятливості та сумарної намагніченості. Ця обставина пояснюється в першу чергу внеском до сумарної намагніченості природної залишкової компоненти. При цьому для фактору Q, хоча він і знаходиться в околі 1, проте відмічаються значення як нижче, так і вище 1.

Крім того, отримано результати вертикальних розподілів сумарної намагніченості для ґрунтів вздовж однієї ґрунтової катени. В усіх випадках найвищі значення сумарної намагніченості притаманні наявному в даних ґрунтових профілях ілювіальному горизонту I (J_{Σ} досягає $15\text{--}20\cdot 10^{-3}$ А/м), що пояснюється процесом вмивання носія магнетизму в даних ґрунтах у структуру даного генетичного горизонту. Сумарна намагніченість підстилаючої породи фактично є незначна, близько $4\text{--}6\cdot 10^{-3}$ А/м. Верхні гумусні горизонти типу Н не є найбільш магнітними (як у багатьох інших випадках для ґрунтових покривів України), а їх сумарна намагніченість лежить в околі $10\text{--}15\cdot 10^{-3}$ А/м для ґрунтів, що розповсюджені на плакорних та схилових частинах досліджуваної території.

Таким чином, основна для проведення педомагнітного моделювання величина ефективної намагніченості ґрунтового покриву даної ділянки, яка була обрахована нами на основі фактичного матеріалу, що викладений вище, складає: $J_{\text{ef}}=5\cdot 10^{-3}$ А/м для низовини, $J_{\text{ef}}=6\cdot 10^{-3}$ А/м для схилу, $J_{\text{ef}}=7\cdot 10^{-3}$ А/м для вододілу. Зауважимо, що це досить значимі показники для ґрунтових покривів досліджуваного типу та Лісостепової ґрунтово-кліматичної зони України.

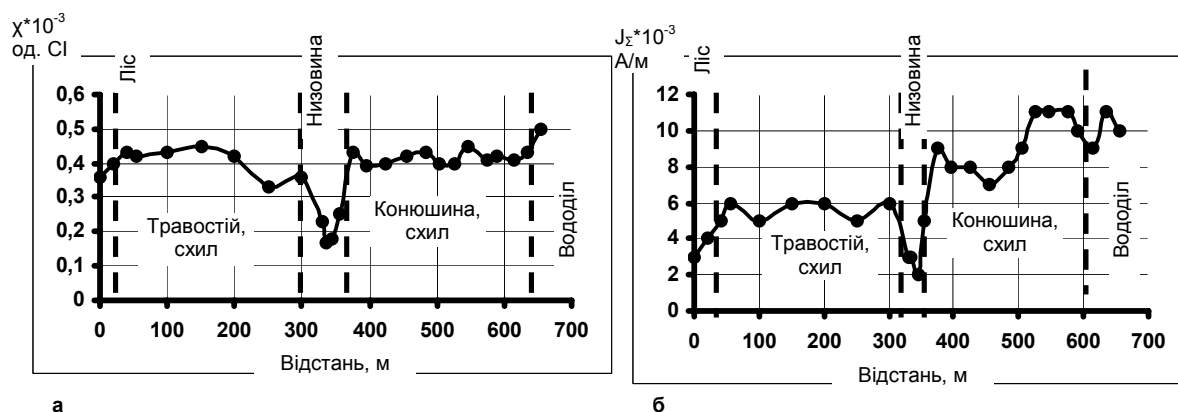


Рис. 2. Розподіл польової магнітної сприйнятливості (а) та сумарної намагніченості (б) при перетині основних форм рельєфу вздовж ґрунтознавчої катени на території дослідної ділянки "Горобії"

Результати магнітометричних досліджень. Первинна обробка включає видалення по профілю одиничних високоградієнтних відхилень для виключення впливу техногенного забруднення, врахування варіаційного впливу та перерахунок точок вимірювань у їх координати. Результати магнітометричних досліджень представлені на рис. 3. Аналіз даних дозволяє стверджувати наступне:

– Відмічається зниження значень магнітного поля при переході від вододільної частини катени до низови-

ни, що становить величини 20–25 нТл для верхнього та нижнього датчиків.

– Амплітуда зміни градієнта магнітного поля становить для верхнього датчика 10–12 нТл, для нижнього 15–18 нТл.

– Графіки ускладнені ефектом впливу (2–3 нТл для нижнього та 1–2 нТл для верхнього датчиків) слабкопротяжених приповерхневих магнітних неоднорідностей.

– Від'ємна аномалія на відстані 90–95 м від початку профілю фіксується разом зі зміною біоценозу: перехід від лісової частини на лугову з відповідною зміною ґрунтового покритву.

– За різницею відліків G_v фіксується позитивний тренд, що становить на всій протяжності профілю величину порядку 8 нТл.



Рис. 3. Графіки магнітного поля В дослідної ділянки "Горобії"

Педомагнітне моделювання. Визначення характеру впливу морфологічних особливостей території досліджень на розподіл магнітного поля неможливий без урахування окрім морфології поверхні також змін магнітних властивостей гірських порід або ґрунтового покритву вздовж латерального та вертикального напрямку. За результатами вимірювання магнітних властивостей ґрунтового покритву проведено розрахунок ефекту вер-

хньої кромки земної поверхні – верхніх гумусних генетичних горизонтів ґрунтового профілю. Як вхідні дані використано значення сумарної та ефективної намагніченості та рельєфу (нижня грань горизонтальна і має положення на рівні мінімальної висотної відмітки рельєфу). Кут намагніченості ϕ вибрано рівним 90° . Результати розрахунку ефекту наведено на рис. 4.

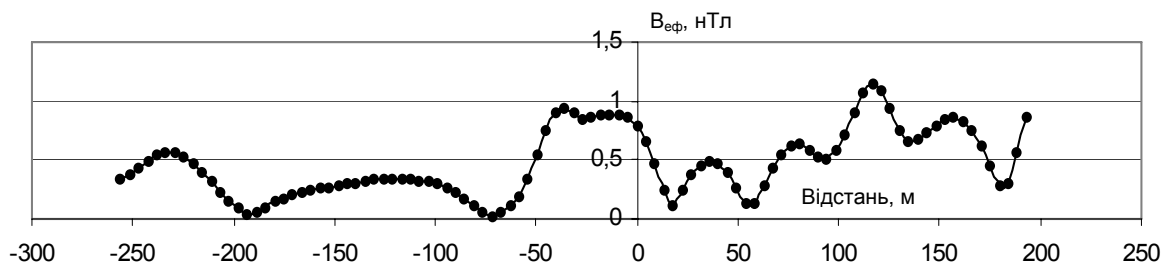


Рис. 4. Результати моделювання внеску ґрунтового покритву у формування локального аномального магнітного поля

Таким чином, за результатами моделювання можна стверджувати наступне:

– неоднорідності магнітного поля ділянки досліджень обумовлені разом з іншими факторами впливом рельєфу та власне магнітною диференціацією ґрунтового покритву;

– ефект впливу вище названих факторів становить величину 1–1,2 нТл, тому потребує врахування при проведенні інтерпретації для високочотних магнітометричних досліджень;

– ефективність урахування впливу вище названих факторів контролюється рівнем дискретності визначення вхідних параметрів при моделюванні і прямо пропорційно залежить від них.

Висновки. За результатами педомагнітного моделювання на прикладі дослідної ділянки "Горобії" доводиться загальна необхідність проведення педомагнітних досліджень для врахування внеску ґрунтового покритву у формування локального аномального магнітного поля. Для сірого лісового ґрунтового покритву такий внесок може досягати 1,5 нТл, що є значимою величиною при ультрадетальних та детальних магнітних зйомках, зок-

рема, для пошуків алмазів, вуглеводнів та інших геолого-розвідувальних робіт.

1. Меньшов О.І., Сухорада А.В. Дослідження магнітних властивостей ґрунтового покритву східного лісостепового агрогеофізичного стаціонару // Вісник КНУ Тараса Шевченка. Геологія. – К., 2006. – Вип. 38. – С. 39–42.
2. Сухорада А.В. Геофізика педосфери 2007. Бажані напрямки розвитку // Моніторинг небезпечних геологічних процесів та екологічного стану середовища: Матер. VIII Міжнар. наук. конф. – К., 2007. – С. 168–170.
3. Сухорада А.В., Меньшов А.И. Суммарная и эффективная намагненность почвенного покрова Украины и ее роль в магнитных съемках будущего // Теоретичні та прикладні аспекти геоінформатики. – К., 2005. – С. 278–280.
4. Maher B. Characterisation of soils by mineral magnetic measurements // Phys Earth Planet Inter. – 1986. – 42. – P. 76–92.
5. Mathe V., Leveque F. High resolution magnetic survey for soil monitoring: detection of drainage and soil tillage effects // Earth Planet. Sci. Lett. – 2003. V. 212. – P. 241–251.
6. Menshov A., Sukhorada A. The magnetism of typomorphic Ukraine soils in connection with the increase the efficiency of the magnetometry investigations // Travaux Geophysiques: Abstracts of the 10th "Castle Meeting" New Trends in Geomagnetism Paleo, Rock and Environmental Magnetism. – 2006. V. XXVII. – P. 83.
7. Sukhorada A., Menshov A. Magnetic properties of the typical Ukraine soils. Results of the investigations // Journal of the Balkan Geophysical Society. – 2005. – V. 8. – P. 533–537.
8. Sukhorada A., Menshov A. Summary magnetization of the typical Ukraine soils // Contributions to Geophysics and Geodesy "Paleo, Rock and Environmental Magnetism 9th Castle Meeting. – 2004. – V. 34. – P. 147.

Надійшла до редколегії 04.10.07