

УДК 550 (093)

М. Решетник, наук. співроб.,
Національний науково-природничий музей НАН України, Київ

МАЛОГЛИБИННА МАГНІТОМЕТРІЯ У ПОЛЬОВИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ ГЕОЛОГІЧНОЇ СТРУКТУРИ ДОКЕМБРІЙСЬКОГО ФУНДАМЕНТУ

(Рекомендовано членом редакційної колегії, канд. геол. наук О.І. Меньшовим)

Обґрунтовано необхідність застосування комплексу детальних магнітометричних робіт для обстеження відслонених частин докембрійського фундаменту. Запропоновано застосувати нову методологію – малоглибинної магнітометрії, суть якої в поєднанні детальності, комплексності та інноваційної оновленості досліджень. Для вивчення відслонень докембрію розроблено метод магнітного сканування, для аналізу отриманих даних запропоновано порівняльний магнітний аналіз. Їх впровадження, продемонстроване на прикладі відслонень вздовж р. Південний Буг у Гайворонському районі, дозволило доповнити та уточнити геологічну карту докембрійського фундаменту.

Вступ. Стрімкий науково-технічний прогрес останніх десятиріч змінив методологічну основу геофізики. Основним методологічним принципом геофізики стає системний підхід як під час виконання геофізичних досліджень (комплексування методів), так і під час інтерпретації одержаних результатів (у системі з даними попередніх досліджень) [6].

Ознакою геологічного сьогодення є постійний бурхливий розвиток техніки, наприклад, сучасні магнітометри і каппаметри GSM-19, POS2, KT-10 [9] мають надвисоку чутливість, багатофункціональність, оснащеність GPS-навігаторами, рідкокристалічний дисплеями і т.ін. Це дозволяє швидко, економно, колективом у кілька чоловік отримувати високодетальні та високоточні дані і обробляти результати безпосередньо під час польових зйомок, створювати комплексні бази даних, багатопрофільні об'єкти ГІС (геоінформаційних систем) та ін. Все це є наслідком стану неперервного оновлення технічних засобів, інженерних і комп'ютерних технологій. На нашу думку, склався третій принцип нової методології геофізики, так званий "принцип оновлення". Цей принцип вимагає постійного осучаснення технічних, методичних засобів та методології геофізики.

Впровадження "принципу оновлення" нової методології геофізики у магнітометрію дає можливість використовувати її в тих напрямках, де раніше вона не застосовувалась. Стає можливим швидко і на великих площах виконувати детальну зйомку магнітного поля, таким чином використовувати її не лише для дорозвідки чи на стадії експлуатації родовищ, а і для цілей геологічного картування.

У польовій наземній магнітометрії нові методологічні принципи геофізики ще не ввійшли у звичну практику. Польові геологічні і геофізичні роботи, польові магнітометричні роботи і лабораторні дослідження часто виконуються відокремлено і сприймаються як окремі операції, результати яких потім штучно поєднуються. Комплексність спостережень і аналізів у наземній магнітометрії, збереження просторового зв'язку точок спостереження магнітного поля і місць розташування порід, для яких визначаються петрофізичні властивості, набувають сьогодні особливого значення. Тому в останнє десятиліття виконується програма з довивчення раніше закартованих площ 1:200000 ГДП-200, для створення карт нового покоління потрібні нові детальні і комплексні дані [4]. Особливо потрібні системність і деталізація при вивченні складної структури докембрійського фундаменту, наприклад, у роботі вивчалися Гайворонський і Гайсинський блоки Українського щита (УЩ). Тут докембрійський фундамент характеризується "битим" знакозмінним аномальним магнітним полем. Строкатість магнітного поля відображає високу диференціацію за магнітними властивостями гірських порід, їх петрографічний склад практично не має кореляції з розподілом магнітних властивостей за існуючими середньомасштабними картами аномального магнітного поля ΔT .

Пошук реального зв'язку аномального магнітного поля з геологічною будовою докембрійського фундаменту сьогодні ускладнюється низкою причин. Над відслоненнями по берегах річок практично повсюдно не виконувалися магнітні спостереження ("білі плями" на картах ΔT , взагалі відсутні дані польової зйомки магнітної сприйнятливості, каппаметрії). Навіть у місцях, де профілі вимірів проходять вздовж відслонень, мережа спостережень 250×50 м порівняно з розмірами закартованих тіл дуже розріджена. Сьогодні виникає проблема покриття детальною первісною магнітною зйомкою відслонень і інших територій по берегах річок. Важливою проблемою сьогодення є стан існуючої бази даних внаслідок низки причин. Втрачено частину документації і "кам'яного матеріалу" через руйнацію керносовищ і бібліотек у геологічних підприємствах. Ускладненой або неможливій аналіз зв'язку координат місця відбору зразків з даними зйомки магнітного поля через їх шифрування (карти фізичних полів наводяться у звітах без гідромереж, тоді як відбір зразків здебільшого виконаний за окомірними прив'язками геологів за місцевими ознаками, і т.ін.). Слід зауважити також, що відсутність фінансування геологічної галузі не дозволяє виконувати нове буріння і тому сучасні геологічні дані можуть отримуватися в основному на відслоненнях.

Малоглибинна магнітометрія. Зв'язок морфології магнітного поля з реальною геологічною структурою порід кристалічного фундаменту природно вивчати на відслоненнях. А відтак це стає задачею малоглибинної геофізики. За визначенням А.К. Манштейна [2], малоглибинна геофізика це одне з нових науково-практичних напрямів геофізики, що займається вивченням приповерхневої частини земної кори (від одиниць до десятків метрів). Вона реалізується в основному у напрямках забезпечення інженерно-гідрологічних, екологічних, агрономічних робіт та при археологічних дослідженнях. Малоглибинна магнітометрія (МГМ) розширює діапазон застосування малоглибинної геофізики і може бути задіяна для вивчення геологічного структурування докембрійського фундаменту під час геологічного картування.

Методи, що за змістом відповідають МГМ, уже використовуються в археології, педомагнітних дослідженнях, інженерній геології. Наземні магнітні зйомки, наприклад, в археології ведуться сучасними каппаметрами і магнітометрами майже в неперервному режимі (2-5 вим/с в русі). У роботі [3] показано, що нестача детальності веде до зниження інформативності одержаних даних (рис. 1).

У роботі [3] (рис. 1) наочно показано, що неперервна зйомка значно підвищує інформативність магнітного поля порівняно зі зйомкою масштабу 1:5000. Вона дозволяє отримати додаткову інформацію і точніше виявляти геологічні структури. Якщо 50-ти метровий крок мережі зйомки зсунути на 25 м, то така зміна суттєво вплине на інтерпретацію результатів великомасштабної зйомки (рис. 1). Сказане обґрунтовує актуальність розбудови МГМ як підрозділу малоглибинної геофізики на

базі методологічних принципів комплексування методів, деталізації, потокового оновлення.

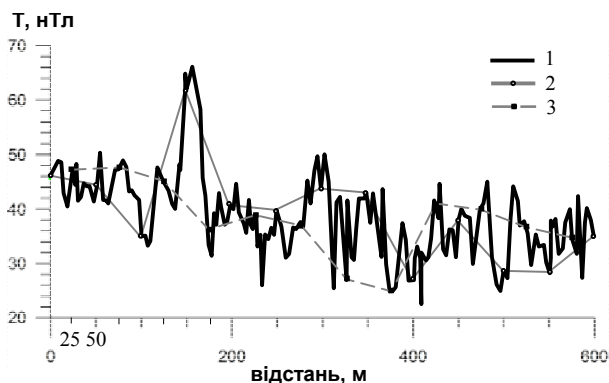


Рис. 1. Вимірювання магнітного поля на профілі:
1 – вимірювання в русі, 2 – вимірювання на пікеті,
3 – вимірювання на пікетах, що зсунуті на 25 м, за [5]

Роботи з детального комплексного магнітометричного і геологічного вивчення відслонень гірських порід докембрію були розпочаті у планових дослідженнях науковцями геологічного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка (роботи А.В. Сухоради, М.І. Гузія, С.А. Попова, М.М. Решетник та ін.). У цих дослідженнях визріла необхідність введення методології малоглибинної магнітометрії та розробки методів МГМ, які були б пристосовані до вивчення структури докембрійських утворень, що близько підходять до денної поверхні або відслонюються.

Метод МС і ПМА. За методологією МГМ нижче побудовано метод магнітного сканування (метод МС). Термін "магнітне сканування" запозичений з англословенської літератури [8] і означає послідовне зчитування магнітної інформації (магнітного поля T і магнітної сприйнятливості χ) шляхом ультрадетальних зйомок. Загальний опис методу МС наведений у роботі [5]. До новаций методу МС відноситься:

а) Використання міжметодної і внутрішньометодної комплексності і системності як при виконанні польових та лабораторних робіт, так і при геологічній інтерпретації одержаних даних;

б) Використання системи GPS і створення бази даних згідно з вимогами ГІС;

в) Введення в практику польових робіт сканування χ у комплексі з T на відслоненнях (відкритих або з примітивним покривом);

г) Деталізація польових магнітних зйомок здійснюється аж до неперервності зйомок (сканування).

Поєднання зйомок T і χ у єдиному комплексі підвищує інформативність МГМ оскільки:

- Оцифровані графіки і карти χ дозволяють побачити структуру розподілу магнітних мінералів та області їх високої концентрації у приповерхневому шарі на відслоненнях незалежно від фізιοграфії порід;

- Польова зйомка χ (каппаметрія) у комплексі з різновисотною зйомкою T дає можливість диференціювати породи за характером зміни χ і T , відокремлювати глибинні і приповерхневі джерела аномального магнітного поля;

- За значеннями χ можливий простий обрахунок індуктивної намагніченості I_i , що необхідно для швидкої оцінки аномального магнітного поля;

- Результати маршрутної зйомки χ і T є підґрунтям для обрання місць площадних обстежень та свідомого відбору зразків на магнітометричні обстеження. Лабораторні дослідження відібраних таким чином зразків дозволяють поєднати у цілісний комплекс вивчення магнітних властивостей породи на різних рівнях (геоло-

гічного тіла, відслонення, зразка, мінералу) та розкрити зв'язок польової зйомки T і χ з речовинним складом і мікроструктурними особливостями породи.

Магнітні мінерали в даному обсязі геологічного середовища формують джерело, яке вирізняє (маркує) цей обсяг через надані йому (цим джерелом) магнітні властивості. Надалі таку частину геологічного середовища, що вирізняється за специфікою своїх магнітних властивостей, називатимемо магнітним маркером ММ (цей термін без визначення введений у роботі [7]). Таким чином, ММ визначається розподілом магнітних мінералів та особливостями магнітних властивостей гірської породи, що безпосередньо пов'язані із вміщуючим їх геологічним середовищем.

Під час обробки даних магнітного сканування необхідно враховувати, що можуть існувати певні розбіжності між результатами каппаметрії та лабораторними вимірюваннями χ . Вони природно виникають за умов неоднорідного розподілу магнітних мінералів, про що свідчить полімодальність розподілу χ .

Крива ультрадетальної зйомки T відображає як глибинні, так і приповерхневі магнітні маркери (ММ). При деталізації магнітної зйомки приповерхневі джерела, на відміну від глибинних джерел, породжують "зубчасту" будову кривої T , що характеризується підвищеною частотою коливань $T_{\max}$, $T_{\min}$ і високим градієнтом. Внаслідок безпосередньої близькості скануючого магнітометра до приповерхневих джерел магнітного поля, "сплеск" неоднорідності магнітних властивостей середовища по маршруту зйомки T провокує відповідний "сплеск" у вигляді зубця на кривій T . При неоднорідному розподілі магнітних властивостей при достатній деталізації зйомки T виникає адекватна цьому розподілу "зубчаста" форма кривої T . Вона характеризується частою зміною $\max$ та $\min$, великими градієнтами, перебігом амплітуд $\Delta T = T_{\max} - T_{\min}$.

У випадку неоднорідного приповерхневого магнітного маркера (ММ_{пр}) "зубчастий" вигляд кривої T створюється диференційованістю магнітних властивостей ММ_{пр} з різних причин, наприклад:

- диференційований розподіл магнітних мінералів у кристалічних породах. Він добре діагностується за допомогою площадної деталізаційної зйомки χ ,

- різна величина та хаотичний характер напрямку вектора залишкової намагніченості I_n .

Ці причини можуть діяти разом, підсилюючи або послаблюючи одна одну.

Зубчасту криву T можна представити сумою двох складових: $T = T_{\text{ср}} + T_{\text{пр}}$, де осереднена крива $T_{\text{ср}}$ відображає дію глибинних ММ та однорідних приповерхневих джерел. Саме для згладжених, плавних графіків T розроблені і працюють стандартні алгоритми і прийоми інтерпретації аномалій магнітного поля. В роботі пропонується спрощена побудова $T_{\text{ср}}$ по середніх точках сторін зубців між $T_{\max}$ і $T_{\min}$ (рис. 2).

Порівняльний магнітний аналіз. Нові можливості методу магнітного сканування породжують нові засоби, прийоми обробки та структурно-геологічної інтерпретації магнітних властивостей. Зубчаста складова $T_{\text{пр}}$ вказується на кривій T зубчастим коливанням навколо графіка $T_{\text{ср}}$ або графіком $T_{\text{пр}} = T - T_{\text{ср}}$, що зносить це коливання на горизонтальну вісь. Зубчаста деталізаційна крива T характерна для високометаморфізованих порід докембрію і може стати засобом структурно-геологічного вивчення приповерхневого шару докембрійського фундаменту. Зубчастість кривої T схематично пов'язується з приповерхневою частиною її профільного геологічного розрізу. Але насправді крива $T_{\text{пр}}$ визначається певним геологічним колом навколо цього розрізу. Цей окіл назвемо профільним приповерхневим магнітним маркером (профільний ММ_{пр}). Крива $T_{\text{пр}}$ при-

родно пов'язана як із структуруванням магнітних мінералів, так і з вміщуючим їх геологічним середовищем даного профільного $MM_{пр}$. Цей зв'язок дозволяє використати зубчасту криву T та її складову $T_{пр}$ для аналізу геологічного середовища. На основі вивчення деталей кривих T нами побудовано дієвий методичний засіб структурування докембрійського фундаменту – порівняльний магнітний аналіз (ПМА).

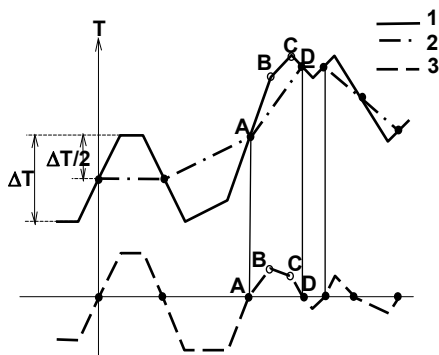


Рис. 2. Зміна форм зубців при переході від T до $T_{пр}$: 1 – крива T ; 2 – усереднена крива $T_{ср}$; 3 – крива $T_{пр} = T - T_{ср}$

В історичному процесі творення та переробки гірських порід докембрію магнітні мінерали та вміщуючі їх породи утворювалися та перетворювалися неповторним чином. Здається очевидним, що детальна крива T при достатній протяжності маршруту зйомки і достатньо розвиненій зубчастості здатна відобразити індивідуальну неповторність магнітної і геологічної структури свого профільного $MM_{пр}$. Відомо, що будь-який об'єкт реального світу є індивідуальним і кожна його властивість має в деталях свої неповторні індивідуальні особливості, які вирізняються при детальному дослідженні. В багатьох випадках виявляється, що при достатньому рівні детальності навіть одна характерна властивість здатна створити "портрет" свого об'єкта настільки індивідуалізований, що за ним стає можливим ідентифікувати цей об'єкт. Таким ідентифікатором може стати деталізована крива, що виражає характерну ознаку об'єкта. Якщо крива T відображає цю неповторність, то вона стає ідентифікатором свого профільного $MM_{пр}$. Звідси випливає, що схожість кривих T пов'язана зі схожістю відповідної геологічної ділянки. В роботі приймається істинним положення: достатньо протяжна та виразно зубчаста деталізаційна крива T може бути ідентифікатором свого профільного $MM_{пр}$. Істинність цього твердження підтверджується конкретними прикладами структурно-геологічних досліджень (див. нижче). Зі сказаного випливає висновок, який становить зміст евристичного методичного засобу – порівняльного магнітного аналізу (ПМА): *подібним зубчастим деталізаційним кривим T відповідають подібні профільні $MM_{пр}$* . Це спрощений висновок з експериментального досвіду схожих ситуацій при структурно-геологічних дослідженнях. У ПМА розглядаються достатньо протяжні і виразно зубчасті деталізаційні криві T_1 і T_2 та відповідні ним профільні маркери $MM_{пр1}$ і $MM_{пр2}$. Стверджується: чим більша подібність кривих T_1 і T_2 , тим вища ймовірність подібності профільних маркерів $MM_{пр1}$ і $MM_{пр2}$ за їх геологічною структурою. Очевидною є подібність кривих T для паралельно рознесених на малу відстань l маршрутів зйомки T , оскільки при малому l крива T та її профільний маркер не встигають сильно змінитися. Однак перевагою деталізаційної зйомки T є те, що вона дозволяє виділити певне геологічне утворення з посеред інших за його індивідуальними рисами, тобто ідентифікувати

його. Якщо деталізаційна зубчаста крива T ідентифікує свій профільний маркер, то виникає можливість дослідити конкретно його простягання шляхом рознесення маршрутів зйомки T або послідовним підбором маршрутів, на яких криві T лишаються подібними. Можна знаходити виходи на поверхню U - та S -подібної складки за подібністю детальних "перерізів" аномалій магнітного поля (кривих T вхрест простягання).

У зв'язку з використанням подібності детальних кривих T у роботі застосовувався "інтуїтивно-візуальний" спосіб порівняння двох кривих T_1 , T_2 . Для перевірки подібності кривих T_1 і T_2 у цій роботі запропонована така технологія: 1) виділити значущі деталі обох кривих; 2) побудувати графіки T в однаковому форматі і сумістити їх, максимально зближуючи подібні елементи (зубці, T_{max} , T_{min}) та ін.; 3) оцінити візуально подібність індивідуальних властивостей, уявляючи поступовий перехід від однієї кривої до іншої; 4) оцінити загальні властивості – протяжність, максимальну амплітуду, загальний тренд і ін.; 5) оцінити візуальну подібність кривих $T_{пр} = T - T_{ср}$. Порівняння індивідуальних особливостей T_1 і T_2 зручно виконувати накладанням одного графіку на другий при їх максимальному зближенні і порівнювати деталі форми і площу між контурами кривих. Частково на певних проміжках крива T_2 відносно T_1 буде видозмінена, зсунута, з невеличкими зазубринками, але в цілому має бути подібна. Якщо при цьому одна з двох подібних ділянок кривої T буде нижча і більш розмита, то відповідний її MM може вважатися більш заглибленим (як це видно на рис. 3).

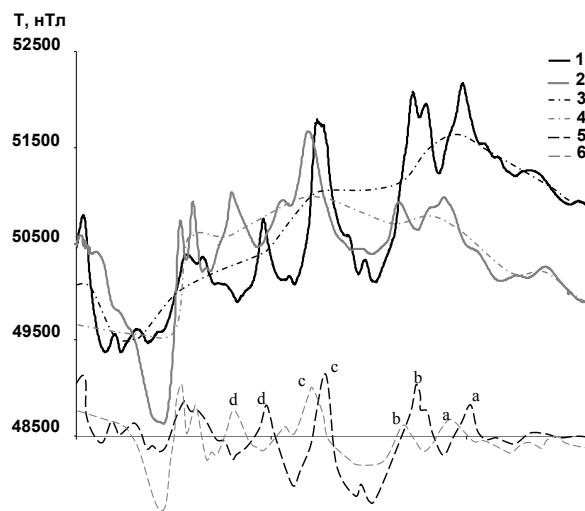


Рис. 3. Подібність детальних кривих T , знятих по профілях на проміжках аБ та вГ (див. рис. 4);

1 – крива T_1 на проміжку вГ, 2 – крива T_2 на проміжку аБ, 3 – $T_{ср}$ для T_1 , 4 – $T_{ср}$ для T_2 , 5 – $T_{пр}$ для T_1 , 6 – $T_{пр}$ для T_2

Результати досліджень. Методами МГМ авторами вивчалися частини Гайворонського і Гайсинського блоків УЩ, репрезентовані відслоненнями вздовж р. Південний Буг. Обраним ділянкам притаманна відсутність точок спостереження магнітного поля. Це, зауважимо ще раз, не дозволяє безпосередньо пов'язати поведінку магнітного поля, відображену на існуючих картах, зі структурно-геологічними особливостями відслоненої частини кристалічного фундаменту. До сказаного слід додати ще звичну ситуацію, коли відслонення гірських порід вивчаються геологічними методами, магнітні властивості вивчаються за зразками, а такі могутні засоби, як зйомка магнітного поля та зйомка χ на відслоненнях (каппаметрія), залишаються незадіяними. Детальне картування магнітних характеристик для обраних територій важливе тому, що дозволяє встановлювати місце і положення реальних джерел аномалій магнітного поля і

вивчати їх у природному заляганні. Це, на сучасному етапі розвитку геологічного картування, є одним із завдань, поставлених перед ГДП-200 [4].

Для демонстрування можливостей методичних засобів МГМ покажемо результати досліджень, проведених по берегах р. Південний Буг між сс. Хащувате, Казавчин, Сальково. Сучасна геофізика вважає, що аномалії магні-

тного поля викликані ксенолітами гнейсів і кристалосланців (рис. 4). Дослідження геологів Львівського національного університету імені Івана Франка під керівництвом Е.М. Лазько (А.А. Сиворонов, В.П. Кирилюк) у 70-і роки минулого століття описали існування прошарків магнетитовміщуючих порід, що є маркерами ритмів.

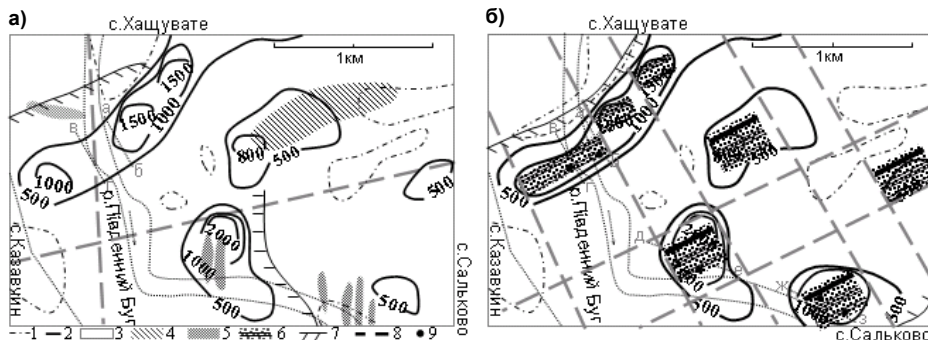


Рис. 4. Фрагмент геологічної карти (за Р.Н. Довганем [1]) та карти ΔТ:

а) до, б) після проведення МС. 1, 2 – ізолінії нульового та позитивного ΔТ в нТл, 3 – ендербіти, 4 – кристалосланці, 5 – гнейси, 6 – залізисті породи, 7 – границі товщ із залізистими породами (за Е.М. Лазько), 8 – розломи, що проведені за геофізичними даними, 9 – відслонення з високим значенням χ

Саме завдяки їх присутності виділяють залізородогнеисову формацію Побузького комплексу. Хоча ці породи, котрі будемо надалі умовно називати залізисті (варіюють за складом від магнетит-кварцового до магнетит-саліт-гіперстен-гранат-кварцового), є знаковими, однак вони залягають у прошарках незначної потужності і тому на існуючих картах масштабу 1:50000 відсутні ("провальються у мережу" карти). Окрім того, існують проблеми неузгодженості у польових описах і прив'язках, котрі можна продемонструвати на прикладі відслонень у межах проміжків *аб* та *вг*, зображених на рис. 4б. Тут у польових щоденниках описано різні магнетитовміщуючі породи, на правому березі магнетитові кристалосланці, на лівому – залізисті кварцити (А.А. Сиворовим та Л.П. Барановою (під час картування у 80-і рр минулого століття) описано відслонення на лівому березі, В.П. Кирилюком – відслонення на правому березі). На карті фактматеріалів відслонення, що за описом у польових щоденниках відповідають вивченим методом МС відслоненням, вказані остроні, так, що їх місце розташування не співпадає з місцем розташування аномалій Т. Все це раніше не дозволяло прив'язати аномалії магнітного поля до задокументованих у польових щоденниках залізистих порід.

На ділянці між сс. Хащувате та Сальково була виконана маршрутна капаметрія, що визначила місця "сплеску" значень χ , позначених на рис. 4 цятками. Зйомка Т дозволила виявити місця "сплесків" магнітного поля над відслоненнями, що доповнило існуючу карту аномального магнітного поля, адже раніше тут по берегах р. Південний Буг точок зйомки Т не було (зйомка виконана сумісно з Р.В. Хоменком). Виявлений маршрутною зйомкою Т і χ факт, що над відслоненнями з високою χ виникають високоамплітудні позитивні аномалії Т, був якісно доведений площадною зйомкою на відслоненнях у межах проміжків *аб* та *вг*. Виконана площадна зйомка показала значну відповідність контурів мікромагнітних аномалій Т контурам аномалій χ . Виявилось, що градієнт Т по латералі над високомагнітною зоною сягає 800 нТл/м. Після виконання зйомки Т на трьох висотах 0 м, 1 м, 1,5 м, було виявлено малу зміну Т по вертикалі (невеликий вертикальний градієнт). Слабка реакція на висоту зйомки Т свідчить про значну вертикальну потужність джерела. Поєднання цих фактів приводить до висновку, що виявлені на від-

слоненнях властивості можуть бути однорідно подовжені вглиб. Фізичні властивості залізистих порід і оточуючого середовища, вивчені на відібраних тут зразках, значно відрізняються: $\chi \cdot 10^{-3}$ од. $CI > 100 \chi \cdot 10^{-3}$ од. CI , $ln > 10$ А/м, $1,5 < \text{фактор Кениксбергера} < 6,5$ одиниць. Маршрутна зйомка Т показала візуальну подібність фрагментів кривої Т на проміжках *аб* та *вг* (рис. 4).

Звідси (за ПМА) випливає існування суцільного високомагнітного тіла, котре перетинає русло і породжує єдину високоамплітудну аномалію магнітного поля (рис. 4). Доведемо це: на рис. 3 демонструється подібність кривих Т і безпосередньо (візуальна подібність кривих T_1 і T_2), і через $T_{пр} = T - T_{ср}$ (криві $T_{пр1}$, $T_{пр2}$). За поведінкою $T_{ср}$ можна бачити також картину заглиблення подібних магнітних маркерів один відносно одного. Наприклад, видно, що частина ММ на проміжку від літери *а* до *б* заглиблена на лівому березі (більше, ніж відповідна частина ММ на правому березі). На обох відслоненнях магнітні маркери мають неоднорідну структуру, магнітний матеріал розподілений нерівномірно і високомагнітні породи на поверхні відслонення виділяються у формі смуг і просмужок, інколи розбудинуваних. Магнітні аномалії χ мають здебільшого чітку межу переходу в оточуюче низькомагнітне середовище. В цілому, за ПМА випливає існування суцільного високомагнітного тіла, котре перетинає русло р. Південний Буг. Воно частково відслонюється на лівому та правому берегах і породжує єдину високоамплітудну аномалію Т (рис. 4). Цей висновок за ПМА підтверджується перевіркою складу порід.

Мінералогічні дослідження (виконані Г.Г. Павловим, Ю.Л. Гасановим, співробітники геологічного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка) зразків, відібраних на відслоненнях у межах проміжків *аб* та *вг* показали, що і тут, і там залягають однотипні гранат-кварц-магнетитові породи (до 50 % гранату, 30-40 % кварцу і до 10 % магнетиту). Породи, навколо ММ, майже всі містять понад 40 % кварцу, плагіоклазу 25-40 %, буває присутнім ортопіроксен до 20 %. У деяких зразках добре діагностується лінійна орієнтація зерен як кварцу, так і магнетиту. За термомагнітним аналізом і рудною мікроскопією встановлено, що основним магнітним мінералом є магнетит. Наведені дані доводять, що дійсно існує єдиний ММ, який переходить з одного берега на інший і породжує єдину протяжну аномалію Т.

Звичайно, існують і деякі відмінності (несуттєві для даного висновку) між породами, що складають ММ та відслонюються на протилежних берегах р. Південний Буг у межах проміжків аб та вг. Наприклад, для зразків з лівого берега чітко діагностується термомагнітним аналізом присутність піротину з температурою Кюрі $T_q=300^\circ\text{C}$. Піротин часто зустрічається в зернах дрібної ізометричної форми або в окислених зернах середнього розміру і кутастої форми.

Площадна зйомка Т підтвердила той факт, що аномалії магнітного поля тягнуться за межі відслонень. Аномалії Т мають невеликі розміри (кілька метрів) і складаються у низку, що простягається на північ. Це узгоджується із поведінкою аномального магнітного поля на існуючих картах і може свідчити про розбудинану форму залягання їх джерел.

Магнітне сканування вздовж лівого берега р. Південний Буг між сс. Казавчин та Сальково, де русло має субширотну орієнтацію, дало нові дані. Виявилось, що зафіксовані на карті ΔT дві аномалії на проміжках де та жз за своєю "тонкою" будовою є подібними (рис. 5).

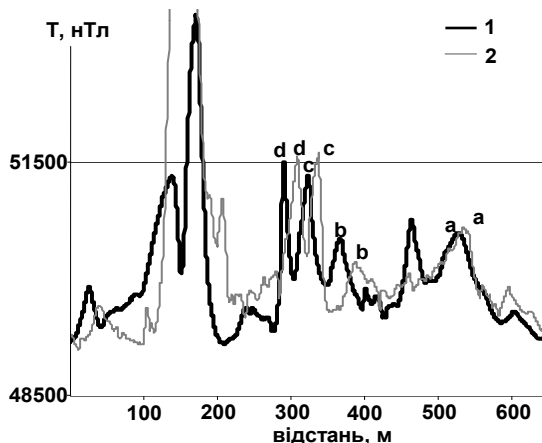


Рис. 5. Подібність детальних кривих Т, знятих по профілях на проміжках де та жз (див. рис. 4): 1 – крива T_1 на проміжку жз, 2 – крива T_2 на проміжку де

А.А. Сівороновим у польових описах тут вказано присутність перешарувань залізистих порід, точне місце їх відслонення було легко виявлене за результатами капаметрії (де $\chi > 40 \cdot 10^{-3}$ од.СІ). Оскільки ці проміжки кривої Т подібні, за ПМА можуть бути подібними профілі ММ. У північно-західному напрямку від проміжків де і жз простягаються ланцюжки аномалій, що очевидно створені продовженням профільних ММ. Вимірювання Т по паралельному профілю через 300 м від проміжку де підтвердило це припущення, оскільки криві Т вияви-

лись подібними. Висока подібність отриманих детальних кривих Т на проміжках де та жз дозволяє припустити, що вони створені двома частинами одного тіла. Оскільки на геологічній карті на вивченому проміжку зображений розлом північно-західного простягання, то очевидно, що дві частини одного тіла були у цьому напрямку зміщені один відносно одного.

Висновки. Започатковано введення малоглибинної магнітометрії (МГМ), яка базується на таких методологічних принципах, як детальність, системність, внутрішньо- та міжметодне комплексування і оновлюваність (модернізація) способів досліджень. На методологічних засадах МГМ розроблений інформативний метод магнітного сканування (метод МС). Запропонований порівняльний магнітний аналіз (ПМА), який базується на положенні: при достатній детальності зйомок подібним кривим Т відповідають подібні за структурою геологічні розрізи. На прикладах (досліджені ділянки УЦ) доведено, що методи МС та ПМА здатні значно підвищувати рівень структурно-геологічної інформативності магнітних властивостей гірських порід, знаходити і виправляти неузгодженості та неточності в існуючих картах магнітного поля і геологічних картах.

Список використаних джерел

1. Довгань Р. Н. Бандуровская палеовулканическая структура и связанные с ней перспективы алмазности / Р. Н. Довгань, В. А. Ентин, В. Н. Павлюк // Мінеральні ресурси України. – 2006. – № 10. – С. 22–28.
2. Манштейн А. К. Малоглибинная геофизика: пособие по спецкурсу / Манштейн А. К. – Новосибирск, 2002. – 136 с. – Режим доступу до книги: <http://www.ggd.nsu.ru/geophys/Miniguide/POSOB/MaloglGF.pdf>
3. Муравьев Л. А. Возможности высокочувствительных магнитометров POS при проведении геомагнитных схемок / Муравьев Л. А. // Уральский Геофизический вестник. – 2007. – № 10. – С. 23–26. – Режим доступу до статті: <http://geo.web.ru/db/msg.html?mid=1178037>
4. Організація та проведення геологічного довивчення раніше закартованих площ масштабу 1:200000, складання та підготовка до видання державної геологічної карти України масштабу 1:200000 / Інструкція. – К., 1999. – 296 с.
5. Решетник М. М. Новый способ підвищення структурно-геологічної інформативності магнітних властивостей метаморфізованих порід / Решетник М. М. // Наукові праці інституту фундаментальних досліджень. – 2009. – Вип. 15. – С. 47–53.
6. Страхов В. Н. Новая парадигма в теории линейных некорректных задач, адекватная потребностям геофизической практики. I. Общие положения / Страхов В. Н. // Геофизический журнал. – 2004. – Вип. 26. №1. – С. 36–41.
7. Сухорада А. В. Магнітні маркери структури кристалічного фундаменту Середнього Побужжя (на прикладі району Гайворон-Завалля) / А. В. Сухорада, М. М. Решетник, Р. В. Хоменко // Вісн. Київ. ун-ту. Сер. Геологія. – 2008. – Вип. 44. – С. 17–20.
8. Товариство "Археологічні спостереження" [Електронний ресурс]: Режим доступу до сайту: <http://www.archaeological-surveys.co.uk>
9. Eccles D.R. Magnetic susceptibility measurements on kimberlite and sedimentary rocks in Alberta / D. R. Eccles, R. Sutton // Alberta Energy and Utilities Board, EUB/AGS Geo-Note. 2003. – P.109. – Режим доступу до книги: http://www.ags.gov.ab.ca/publications/GEO/PDF/GEO_2003_41.PDF.

Надійшла до редколегії 21.12.12

М. Решетник, науч. сотруд.,
Национальный научно-природоведческий музей НАН Украины, Киев

МАЛОГЛУБИННАЯ МАГНИТОМЕТРИЯ В ПОЛЕВЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ДОКЕМБРИЙСКОГО ФУНДАМЕНТА

В этой работе обоснована необходимость применения комплекса детальнейших магнитометрических работ для обследования обнаженных частей докембрийского фундамента. Предлагается применить новую методологию – малоглибинной магнитометрии, суть которой в сочетании детальности, комплексности и обновляемости исследований. Для изучения отложений вдоль реки Южный Буг в Гайворонском районе (Украина) позволило дополнить и уточнить геологическую карту докембрийского фундамента.

Reshetnyk M. Research Associate
The National Museum of Natural History at the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv

SMALL DEEP MAGNETOMETRIC ON FIELD INVESTIGATION OF GEOLOGICAL STRUCTURE OF PRECAMBRIAN BASEMENT

In this work the need for complex detailed magnetic survey work for part of the Precambrian basement outcrops. It is proposed to apply the new methodology – Small deep magnetometric, the essence of which is combined detail, complexity and innovation research. To study the outcrops of Precambrian magnetic scanning method developed for the analysis of the data suggested a comparative magnetic analysis. Their implementation demonstrated by outcrops along r. Southern Bug Haivoron region (Ukraine) allowed to amend and clarify the geological map of the Precambrian basement.