УДК 550.382.551.21(477) DOI: https://doi.org/10.24028/gj.v45i2.278322

Локальні магнітні аномалії Українського щита як індикатори прояву різновікових етапів осередково-канального магматизму

В.А. Єнтін[1], О.Б. Гінтов[2], М.І. Орлюк[2], А.В. Марченко[2], 2023

[1]Державне підприємство «Українська геологічна компанія», Київ, Україна
[2]Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, Київ, Україна
Надійшла 17 лютого 2023 р.

Розглянуто особливий клас локальних невеликого розміру субізометричних аномалій магнітного поля (АМП) Українського щита. Подібні АМП об'єднує вулканогенно-інтрузивно-трубкове походження джерел, пов'язане з уявними осередково-канальними проявами імпульсних плутоно-дегазаційних процесів Землі. Геологічне вивчення таких аномалій вказує на збагаченість їх джерел мінералізацією чорних, благородних, кольорових і рідкісних металів. Частина таких АМП (Жданівська група, Рівненська) в загальних контурах збігається з локальними гравітаційними мінімумами через розущільнення і подрібнення порід, що їх обумовлюють, не зважаючи на їх основний—ультраосновний склад. Інші аномалії, навпаки, повністю відповідають максимумам сили тяжіння внаслідок збагачення порід магнетитом (Піщанська АМП) або ільменітом (Стремигородська АМП) у промислових масштабах. У розрізі всі вивчені джерела аномалій мають лійкоподібну (іноді грибоподібну) або штокоподібну форму, що говорить про осередково-канальний тип їх генезису.

Характерною ознакою частини вивчених АМП є особливості вектора намагніченості їхніх джерел, котрий має змінні напрямки у розрізі і часто виявляється субгоризонтальним (Калинівська група аномалій, Рівненська та Стремигородська АМП), що є незвичним для широт Українського щита. Це вказує на багатофазність і відокремленість у часі формування джерел цих аномалій від архей-протерозойського часу утворення порід УЩ, що їх оточують. Цей час може бути і протерозойським (Стремигородська АМП), і фанерозойським (Рівненська АМП — ранній палеозой). Подібні за розміром і концентрично-зональною формою кайнозойські АМП встановлено, наприклад, у межах зони Закарпатського розлому.

Згідно з отриманими результатами, у межах Українського щита існують незначні за розмірами структури, пов'язані з різновіковими осередково-канальними проявами імпульсних інтрузивних і плутоно-дегазаційних процесів Землі. Ці структури поширені значно більше, ніж передбачалось. Отже, це не тільки розширює пошукові перспективи на нові види корисних копалин, пов'язаних з процесами магматизму та дегазації Землі, а й містить нову додаткову інформацію в контексті загальної історії становлення УЩ та його рудного потенціалу.

Ключові слова: Український щит, ізометричні аномалії магнітного поля, джерела аномалій,різновіковий осередково-канальний магматизм, намагніченість.

Загальновідомо, що магнітне поле Українського щита (УЩ) характеризується значною диференціацією інтенсивності і великою різноманітністю форм спостережених локальних аномалій або їх конгломерацій (локальних ансамблів). Серед цих

Citation: *Yentin, V.A., Gintov, O.B., Orlyuk, M.I., & Marchenko, A.V.* (2023). Local magnetic anomalies of the Ukrainian Shield as indicators of the manifestation of different-age stages of focal-channel magmatism. *Geofizicheskiy Zhurnal*, *45*(2), 44—62. https://doi.org/10.24028/gj.v45i2.278322.

Publisher Subbotin Institute of Geophysics of the NAS of Ukraine, 2023. This is an open access article under the CC BY-NC-SA license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

аномалій магнітного поля (АМП), природа яких досить виразно зумовлена петрофізичними властивостями порід кристалічного фундаменту, є відносно невеликий кластер аномалій субізометричної форми та невеликих розмірів (перші десятки-сотні метрів у діаметрі). Деякі з них містять інформацію, що часто не вкладається в традиційні уявлення про генезис і місце геологічних об'єктів, що їх утворюють, у загальній схемі становлення верхньої частини розрізу кори УЩ. Саме ці обставини дали змогу віднести деякі з найяскравіших АМП цього класу до природних геофізичних феноменів України [Ентин, 2012].

Нижче на кількох прикладах АМП подібного роду, встановлених у межах західної та центральної частин УЩ (рис. 1), докладніше зупинимося на деяких геолого-геофізичних особливостях, які, на нашу думку, не знаходять свого повного чи часткового пояснення у прийнятих уявленнях.

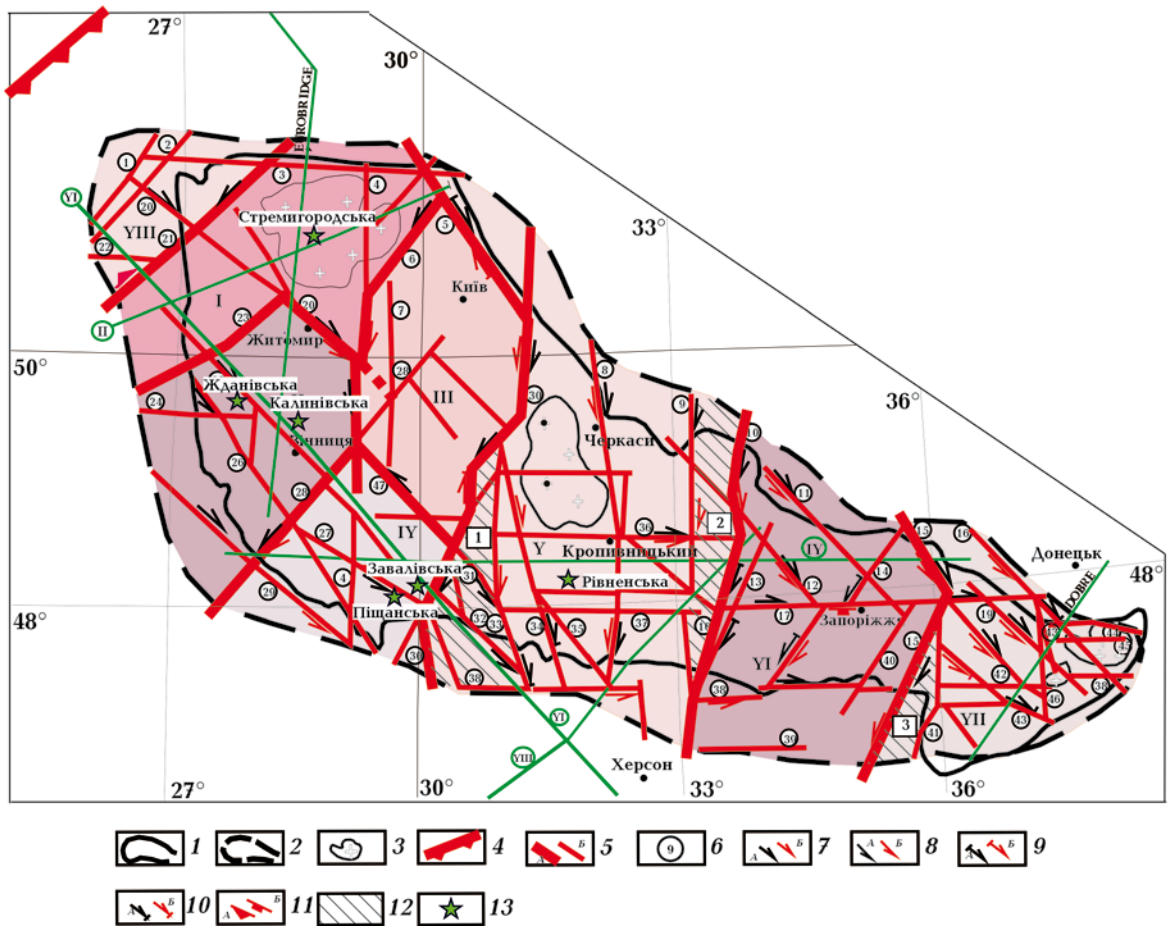

Рис. 1. Схема мегаблоків і зон розломів УЩ та його схилів [Єнтін та ін., 2002; Гинтов, 2004, 2015; Гинтов, Пашкевич, 2010; Старостенко и др., 2011]: *1* — контур відслоненої частини щита; *2* — контур схилів щита, в межах яких простежуються складчасті і розривні структури докембрійського фундаменту за геофізичними даними; *3* — плутони і великі інтрузивні масиви гранітоїдів; *4* — межа між Сарматією і Фенноскандією; *5* — зони розломів (*а* — міжмегаблокові, *б* — внутрішньомегаблокові); *6* — номери зон розломів; *7*—*11* — кінематичні знаки (*7* — правий зсув (*а* — під час закладання, *б* — під час головної фази активізації), *8* — лівий зсув (*а* і *б* — те саме, що і в *7*), *9* — підкидо-зсув (*а* і *б* — те саме, що і в *7*), *10* — скидо-зсув (*а* і *б* — те саме, що і в *7*), *11* — підкид (*а*) і скид (*б*)); *12* — шовні зони (цифри в квадратиках): 1 — Голованівська, 2 — Інгулецько-Криворізька, 3 — Оріхів-Павлоградська; 13 — місця розташування магнітних аномалій та їх груп в межах західної та центральної частин УЩ. Мегаблоки: I — Волинський, II — Подільський, III — Росинський, IV — Бузький, V — Інгульський, VI — Середньопридніпровський, VII — Приазовський, VIII — Волино-Поліський вулкано-плутонічний пояс. Зони розломів (арабські цифри в кружках): 1 — Горинська, 2 — Луцька, 3 — Поліська, 4 — Звіздаль-Заліська, 5 — Ядлів-Трахтемирівська, 6 — Чорнобильська, 7 — Брусилівська, 8 — Кіровоградська, 9 — Західноінгулецька, 10 — Криворізько-Кременчуцька, 11 — Дні-

продзержинська, 12 — Світловодська, 13 — Саксаганська, 14 — Дерезуватська, 15 — Оріхів-Павлоградська, 16 — Центральноволноваська, 17 — Девладівська, 18 — Малоянисольська, 19 — Краснополянська, 20 — Сарненсько-Варварівська, 21 — Сущано-Пержанська, 22 — Володимир-Волинська, 23 — Тетерівська, 24 — Хмельницька, 25 — Хмільницька, 26 — Летичівська, 27 — Ободівська, 28 — Немирівська, 29 — Подільська, 30 — Тальнівська, 31 — Ємилівська, 32 — Врадіївська, 33 — Первомайська, 34 — Звенигородсько-Братська, 35 — Новоукраїнська, 36 — Суботсько-Мошоринська, 37 — Бобринецька, 38 — Конкська, 39 — Горностаївська, 40 — Малокатеринівська, 41 — Азовсько-Павлівська, 42 — Куйбишівська, 43 — Сорокинська, 44 — Південнодонбаська, 45 — Верхньокомишуваська, 46 — Центральноприазовська, 47 — Дашівська.

Кольори на рисунку не мають геологічного змісту, а лише слугують для виділення мегаблоків.

Fig. 1. Scheme of megablocks and fault zones of the Ukrainian shield and its slopes [Yentin et al., 2002; Gintov, 2004, 2015; Gintov, Pashkevich, 2010; Starostenko et al., 2011]: *1* — contour of the exposed part of the shield; *2* — contour of the shield slopes, within which folded and fractured structures of the Precambrian foundation are traced according to geophysical data; *3* — plutons and large intrusive massifs of granitoids; *4* — boundary between Sarmatia and Fennoscandia; *5* — fault zones (*a*, *b* — inter- and intra-megablock respectively); *6* — numbers of fault zones; *7*—*11* — kinematic signs (*7* — right shear (*а* — during the layup, *б* — during the main activation phase); *8* — left shear (*а* and *б* — the same as in *7*); *9* — undershift (*а* and *б* — the same as in *7*); *10* — discharge-shift (*а* and *б* — the same as in *7*); *11* — undershift (*а*) and discharge (*б*)); *12* — suture zones (numbers in squares): 1 — Golovanivsk, 2 — Ingulets-Kriviy Rig, 3 — Orikhiv-Pavlograd; *13* — locations and names of magnetic anomalies and their groups which are considered in the article within the western and central part of the USh. Megablocks: I — Volyn; II — Podillya; III — Ros; IV — Bug; V — Ingul; VI — Middle Dnieper area; VII — Azov area; VIII — Volyn-Polissya volcanic-plutonic belt. Fault zones (Arabic numbers in circles): 1 — Horyn, 2 — Lutsk, 3 — Polissya, 4 — Zvizdal-Zaliska, 5 — Yadliv-Trakhtemyriv, 6 — Chornobyl, 7 — Brusyliv, 8 — Kirovograd, 9 — Western-Ingulets, 10 — Kryviy Rig-Kremenchuk, 11 — Dniprodzerzhynsk, 12 — Svitlovodsk, 13 — Saksagansk, 14 — Derezuvat, 15 — Orikhiv-Pavlograd, 16 — Central Volnovaha, 17 — Devladiv, 18 — Maloyanisol, 19 — Krasnopolyana, 20 — Sarnensk-Varvarivka, 21 — Sushchano-Perga, 22 — Volodymyr-Volyn, 23 — Teteriv, 24 — Khmelnytsk, 25 — Khmilnytsk, 26 — Letychiv, 27 — Obodivka, 28 — Nemyriv, 29 — Podillya, 30 — Talnivka, 31 — Yemiliv, 32 — Vradiivka, 33 — Pervomaisk, 34 — Zvenigorod-Bratsk, 35 — Novoukrainian, 36 — Subotsko-Moshorynska, 37 — Bobrynetska, 38 — Konkska, 39 — Gornostaivka, 40 — Malokaterynivka, 41 — Azov-Pavlivka, 42 — Kuibyshiv, 43 — Sorokino, 44 — Southern Donbas, 45 — Verkhnyokomyshuvakha, 46 — Central Azov area, 47 — Dashivka.

The colors in the figure have no geological meaning, but only serve to highlight mega-blocks.

Яскравими представниками цього класу АМП у північній палеотектонічно активній частині Подільського мегаблока УЩ можуть слугувати три локальні максимуми субізометричної форми амплітудою 300—400 нТл, які виділяються на загальному негативному фоні ΔZ_a (рис. 2) та збігаються з мінімумами поля гравітаційних аномалій. За назвою прилеглих населених пунктів Вінницької області вони відомі як Жданівська, Малі Кутищі та Малий Острожок. У регіональному структурно-тектонічному відношенні ця група аномалій приурочена до північної частини Подільського мегаблока УЩ, відомого наявністю на своїй території, крім названих вище, і таких вельми неоднозначних за своєю природою геологічних структур, як Іллінецька та Білилівська, численних уран-радонових аномалій [Ентин и др., 2020; Орлюк та ін., 2018]. Жданівську групу АМП поєднує їх геологічна природа, зумовлена невеликими (200—300 м у діаметрі) інтрузіями ультрабазитів (амфіболізовані піроксеніти та перидотити з поодинокими тілами дунітів) з розвиненою корою вивітрювання. За даними буріння ці інтрузії у верхній частині можуть бути представлені структурами неправильної грибоподібної форми. Їхні ніжки, що тяжіють до центру капелюшка, з глибиною поступово звужуються, і з позначок понад 200 м вже не фіксуються в керновому матеріалі. Їм притаманна рудна мінералізація, представлена міддю, благородними та іншими кольоровими металами.

Найбільш вивченою бурінням є Жданівська структура, виявлена в 2000 р. під час проведення пошуків корінних джерел алмазів (1998—2008 рр.) у північно-західній частині Бердичевського блока [Довгань та ін., 2008]. За даними детальних геофізичних досліджень (магніторозвідка 25×25 м, гравірозвідка 50×50 м) вона визначається у вигляді магнітного максимуму овалоподібної форми амплітудою близько 400 нТл та розмірами 300×200 м, довга вісь якого зорієнтована в північно-західному напрям-

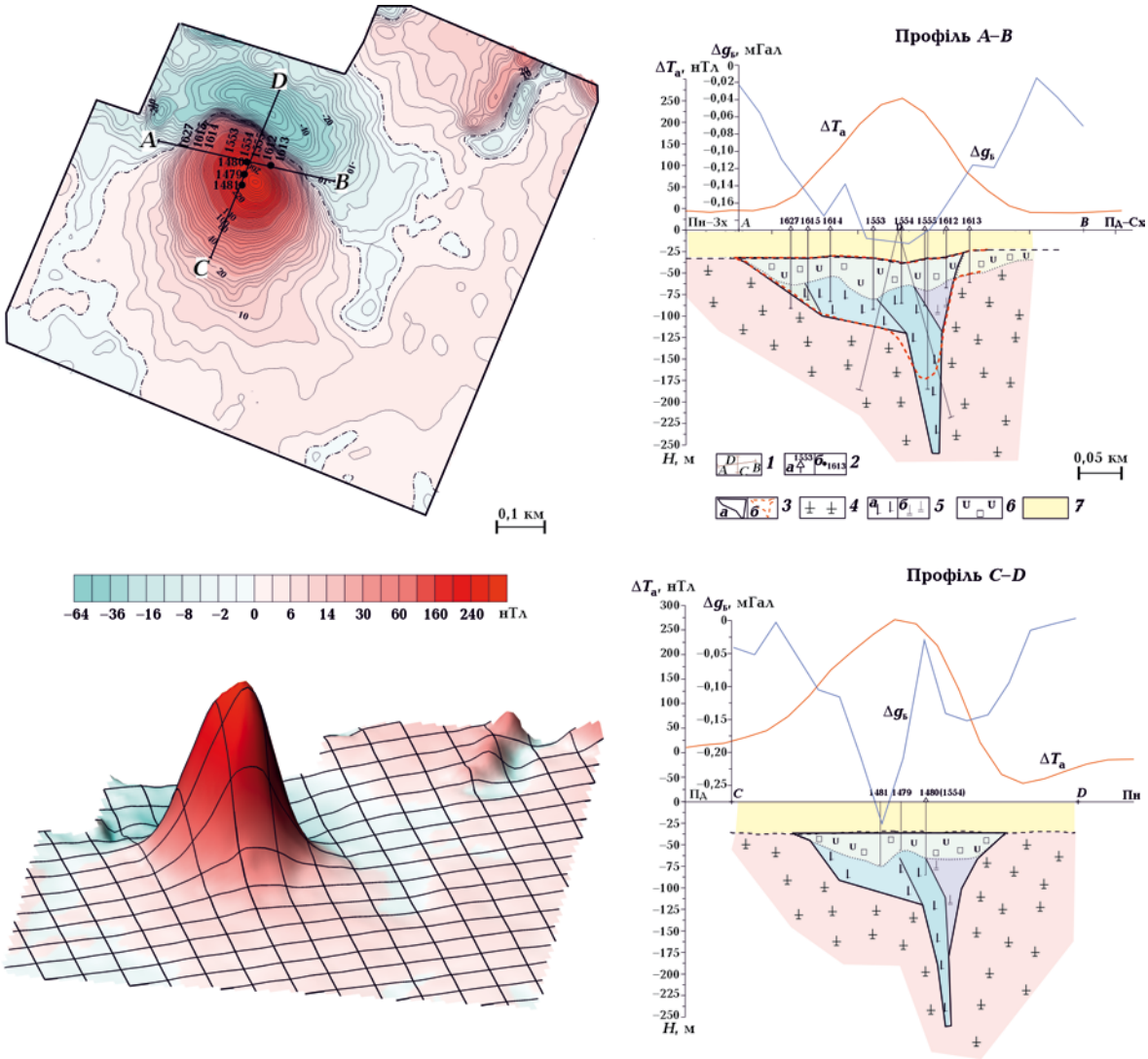

Рис. 2. Жданівська АМП: ліворуч — поле ізодинам ΔT_a в нТл (зверху) та її 3D зображення (знизу); праворуч — геолого-геофізичні розрізи AB і CD: *1* — геолого-геофізичні профілі; *2* — свердловини та їх номери (*а* — на розрізі, *б* — на картах); *3* — зовнішній контур вертикального перетину узагальненого аномального об'єкту за даними гравімагнітного моделювання (*а*), за даними буріння (*б*); *4* — вміщуючі бердичівські гранітоїди; *5* — ультраосновні породи (*а* — піроксеніти, *б* — перидотити); *6* — кора вивітрювання ультраосновних порід; *7* — осадові утворення.

Fig. 2. Zhdaniv AMF: on the left there is the ΔT_a isodynam field in nTl (top) and its 3D image (bottom); on the right — geological and geophysical sections AB and CD: *1* — geological and geophysical profiles; *2* — wells and their numbers (*а* — on the section, *б* — on the maps); *3* — external contour of the vertical section of the generalized anomalous object according to the data of gravimagnetic modeling (*а*) and according to drilling data (*б*); *4* — containing Berdychiv granitoids; *5* — ultrabasic rocks (*а* — pyroxenites, *б* — peridotites); *6* — crust of weathering of ultramafic rocks; *7* — sedimentary informations.

ку (див. рис. 2). За даними буріння масив має еліпсоподібно-трубчасту форму розміром (за немагнітною корою вивітрювання) 400×250 м. З огляду на результати об'ємного моделювання магнітного і гравітаційного полів та особливості геологічної будови верхньої частини геологічного розрізу Жданівська структура має форму перевернутого конуса з «нескінченним», у геофізичному розумінні, проникненням на глибину. Західний і південно-західний екзоконтакти утворюють грибоподібні форми, чим і пояснюється розбіжність лінійних розмірів структури за геофізичним та

геологічним визначенням. Структура складена диференційованим масивом ультрабазитів, центральна і західна частини якого представлені амфіболізованими перидотитами типу гарцбургітів з поодинокими тілами дунітів, а північно-східна — діафторованими (амфіболізованими, біотитизованими) піроксенітами, горнблендитами, які нерідко ускладнені тектонічними та гідротермально-метасоматичними процесами [Цимбал, 2004]. Металогенія ультрабазитів і пов'язаних з ними метасоматитів та гідротермалітів Жданівського масиву різноманітна і багата. За даними хімічного аналізу ультраосновні породи характеризуються підвищеним вмістом хрому (до 0,5 %), нікелю (до 0,7 %), кобальту (до 0,01 %), міді (до 1 %), цинку (до 0,02 %), платиноїдів, золота і срібла. З метасоматитами пов'язаний рудопрояв урану високого вмісту, що є випадком, не характерним для порід ультраосновного складу. Головними рудними елементами Жданівського рудопрояву, безперечно, є платиноїди, як найбільш стабільні та перспективні. Всі інші рудні компоненти є складовими комплексного рудопрояву. Згідно з публікацією [Довгань та ін., 2004], прогнозні ресурси рудних елементів кори вивітрювання потужністю 35 м і невивітрілих ультрабазитів (240 м) в сумі складають: платиноїдів 27,5 т, золота 5,2 т, срібла 73,5 т, міді 59,4 тис. т, урану 580 т.

Досі переважає думка, що зазначені геологічні об'єкти Жданівської групи магнітних аномалій — не що інше, як дрібні залишки більших первинних вогнищ ультраосновного магматизму, що збереглися від асиміляційних та ерозійних процесів. Такий висновок не узгоджується з умовами їх збереження на сучасному рівні ерозійного зрізу кристалічного фундаменту у вигляді ізометрично-грибоподібних форм. На нашу думку, було б більш обґрунтовано їх уявити приповерхневими вулканоплутонічними діатремами невеликих розмірів з вузькими каналами (можливо, вже закритими), заповненими продуктами ультраосновного магматизму із супутньою рудною мінералізацією.

У цій же частині Подільського мегаблока, ближче до зони Хмільницького розлому, у межах невеликої області між селами Гущинці, Байківка, Павлівка, на тлі спокійного магнітного поля низької напруженості спостерігається група (так звана Калинівська) локальних АМП незвичайної форми у вигляді сполучених екстремумів протилежного знака діаметром 75—125 м (рис. 3). Амплітуда максимумів, розташованих на північний схід від мінімумів магнітного поля, становить 1—6 тис. нТл, що в 2—3 рази менше амплітуди останніх.

На вигляд характерну природу цієї групи аномалій можна було б пов'язувати зі штучними (техногенними) магнітними масами неглибокого поховання. При проведенні на цій території глибинного геологічного картування масштабу 1:200 000 [Забияка и др., 1974] у похилій свердловині № 1632, заданій на одній з таких аномалій з епіцентру мінімуму в напрямку максимуму, у перехідній зоні градієнта магнітного поля, у прошарках чарнокіта на глибині 200 м було встановлено поліметалічну мінералізацію, представлену халькопіритом, ковеліном, кубанітом, сфалеритом, пентландитом, галенітом, борнітом, магнетитом та іншими мінералами. По керну свердловин ознак розривної тектоніки не встановлено, хоча в 120 м на південний схід іншою свердловиною перебурено добре виражену зону розлому, але в її межах збагачення сульфідами не виявлено. У процесі проведення наступних оціночних робіт на Калинівському прояві міді було пробурено кілька похилих і вертикальних свердловин, внаслідок чого встановлено, що чільне місце у розрізі порід цієї ділянки займають піроксенові кристалосланці, кальцифіри, мармури. Не вдалося підсікти зону зруденіння похилою свердловиною № 3902 (рис. 3, *в*) зустрічного напрямку, на підставі чого було зроблено висновок про локальний спорадичний характер встановленої мінералізації та безперспективність її подальшого вивчення [Забияка, 1975б].

До вивчення природи магнітної аномалії за зразками, відібраними з керну пробурених тут свердловин, було залучено групу

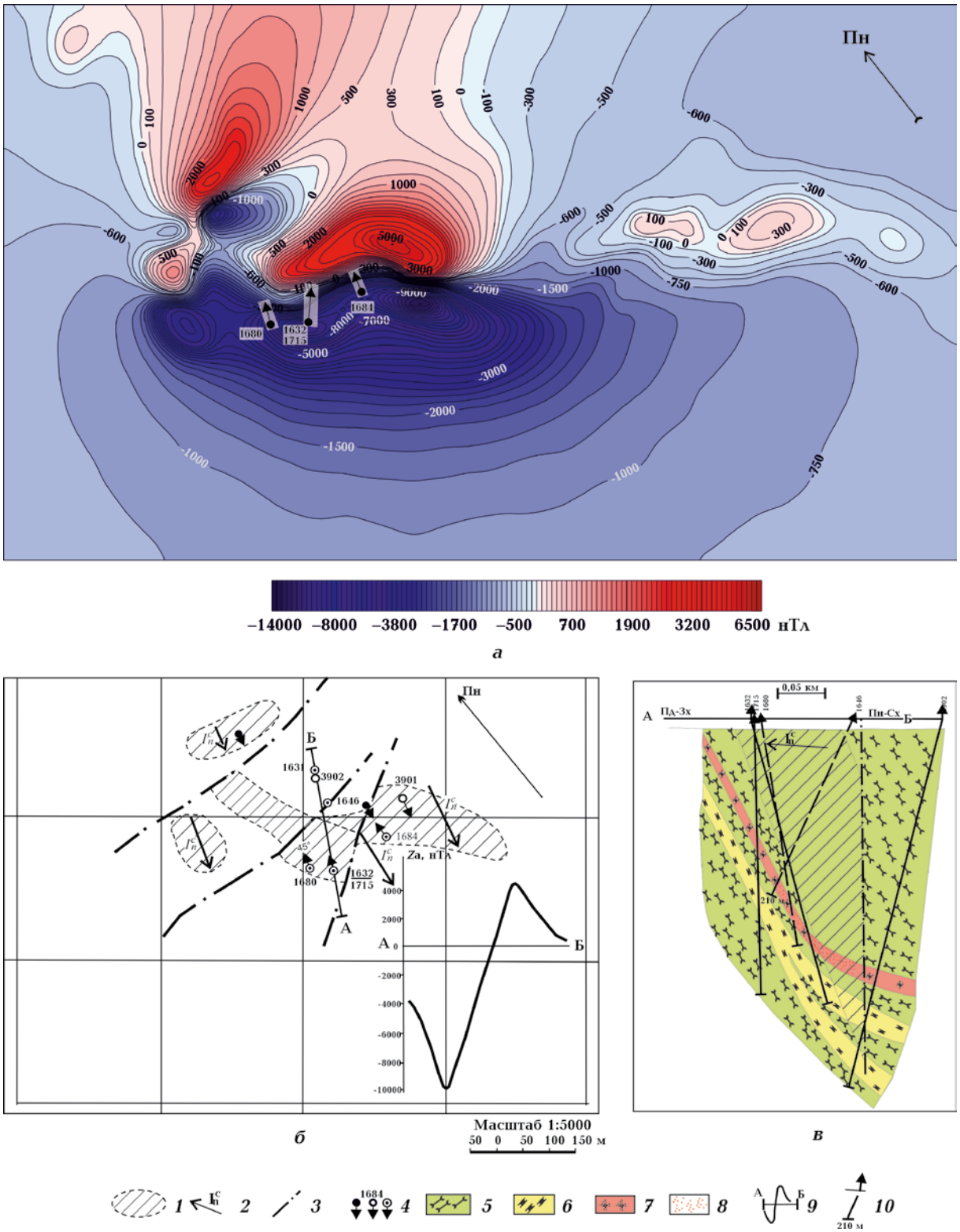

Рис. 3. Карта ізодинам Z_a (нТл) Калинівської магнітної аномалії (за [Забияка,1975б]) (*а*), схема поширення магнітних джерел (*б*), схематичний геологічний розріз по лінії АБ (*в*): *1* — породи з підвищеною намагніченістю; *2* — середній напрямок вектора залишкової намагніченості; *3* — розривні порушення різних рангів; *4* — номери свердловин та їх горизонтальні проєкції; *5* — кристалосланці; *6* — мармури, кальцифіри; *7* — чарнокіти; *8* — мідна мінералізація; *9* — графік аномального магнітного поля вздовж профілю АБ; *10* — проєктна свердловина.

Fig. 3. Isodynamic map Z_a (nTl) of the Kaliniv magnetic anomaly (according to [Zabiyaka, 1975б]) (*а*), distribution diagram of magnetic sources (*б*) and a schematic geological section along the AB line (*в*): *1* — rocks with increased magnetization; *2* — average direction of the residual magnetization vector; *3* — discontinuous violations of various ranks; *4* — well numbers and their horizontal projections; *5* — crystal shales; *6* — marbles, calciphyres; *7* — charnockites; *8* — copper mineralization; *9* — anomalous magnetic field graph along the AB profile; *10* — project well.

співробітників Інституту геофізики НАН України, результати досліджень яких були пізніше детально висвітлені у наукових публікаціях [Забияка, 1975а; Завойский и др., 1978; Крутиховская и др., 1985]. Проведені дослідження показали, що джерелом магнітних аномалій є піроксенові кристалосланці, сумарний вектор намагніченості яких спрямований на південь і близький до горизонтального (рис. 3, *б*). Він у 25 разів перевищує намагніченість порід вміщуючого середовища. Зроблено висновок про термозалишкову природу намагніченості цієї групи кристалосланців, які, як і у випадку інтрузій ультраосновного складу аномалій Жданівської групи, представлені залишками продуктів метаморфізму магматичних порід, але лише основного складу. І хоча геофізичну природу настільки дивної намагніченості кристалосланців було встановлено, залишилися без пояснення причини її локального спорадичного характеру, який торкнувся лише невеликої ділянки кристалічного фундаменту, де щільні різновиди піроксенових кристалосланців, порівняно із сумарною площею сполучених магнітних аномалій, мають значно більше поширення.

За результатами детальних мінералогічних і геохімічних досліджень, проведених в Інституті геохімії та фізики мінералів НАН України (С.Я. Рябоконь, Б.А. Горлицький, Ф.І. Жуков та ін.), було встановлено, що рудні мінерали кристалослаців (магнетит, гематит, титаномагнетит) сингенетичні з утворенням самих кристалосланців, а основна маса сульфідних мінералів у них (халькопірит, борніт, ковелін) становлять окрему парагенетичну асоціацію, пов'язану з пізнішими метасоматичними процесами. Це підтверджується відсутністю кореляційних зв'язків між сульфідами та іншими проаналізованими спектральним аналізом елементами [Забияка, 1975а].

Вивчення виявленого в халькопіриті рудного інтервалу ізотопу сірки S^{32} дало підставу говорити про неглибоке розташування тут осередку гранітної магми, що, як буде показано далі, може бути додатковим аргументом на користь плутоно-дегазаційних процесів становлення Калинівської групи структур.

Як бачимо, отримані результати комплексного аналізу геолого-геофізичних даних з великою ймовірністю свідчать про значну тривалість та поліциклічність процесів формування спостережуваного різноманіття кристалічних порід та супутньої їм рудної мінералізації на цій ділянці УЩ.

Ще одну магнітну аномалію, за своїм планом-візерунком магнітного поля подібну до аномалій Калинівської групи, було встановлено в центральній частині Інгульського мегаблока УЩ, на околиці с. Рівне Новоукраїнського району Кіровоградської області [Нудельман и др., 1973]. За даними магніторозвідки масштабу 1:10 000 вона має вигляд поєднаних полярно різноспрямованих магнітних екстремумів, що властиво лише для геологічних об'єктів, намагнічених в умовах субгоризонтальної спрямованості вектора зовнішнього магнітного поля (рис. 4). При цьому амплітуда роздвоєного південного мінімуму становить 600 нТл, що дещо перевищує амплітуду північного. Також варто звернути увагу, що роздвоєний мінімум має північно-східне простягання, що проявляється слабкою аномалією такого ж простягання в гравітаційному полі, тобто можна прогнозувати, що в сучасних магнітному та гравітаційному полях відображається два структурні елементи, імовірно, сформовані на різних етапах розвитку. При цьому локальний мінімум сили тяжіння амплітудою 0,8 мГал своїм епіцентром припадає

на зону градієнта, яка розділяє магнітні екстремуми.

Це підкреслює спільність геологічної природи наявних магнітної та гравітаційної аномалій, яка, за результатами всебічного вивчення керна пробурених у межах Рівненської аномалії свердловин, зумовлена штокоподібною багатофазною інтрузією лампрофірів із зразковими розмірами в діаметрі 350 м. Вважається, що для всієї території України це єдиний випадок об'ємно проявленого сублужного магматизму, який відноситься до пізньогерцинського (ранньопалеозойського) тектономагматичного циклу. На тривалість і багатофазність вкорінення магматичної речовини вказує також велика варіабельність величини та напрямку вектора залишкової намагніченості порід цієї інтрузії. Зважаючи на характер магнітного та гравітаційного полів можна припустити, як і у випадку з Калинівською аномалією, що Рівненську інтрузію супроводжує мідна мінералізація, представлена халькопіритом, рідше халькозином. Було встановлено, що вона має спорадичний характер, її найбіль-

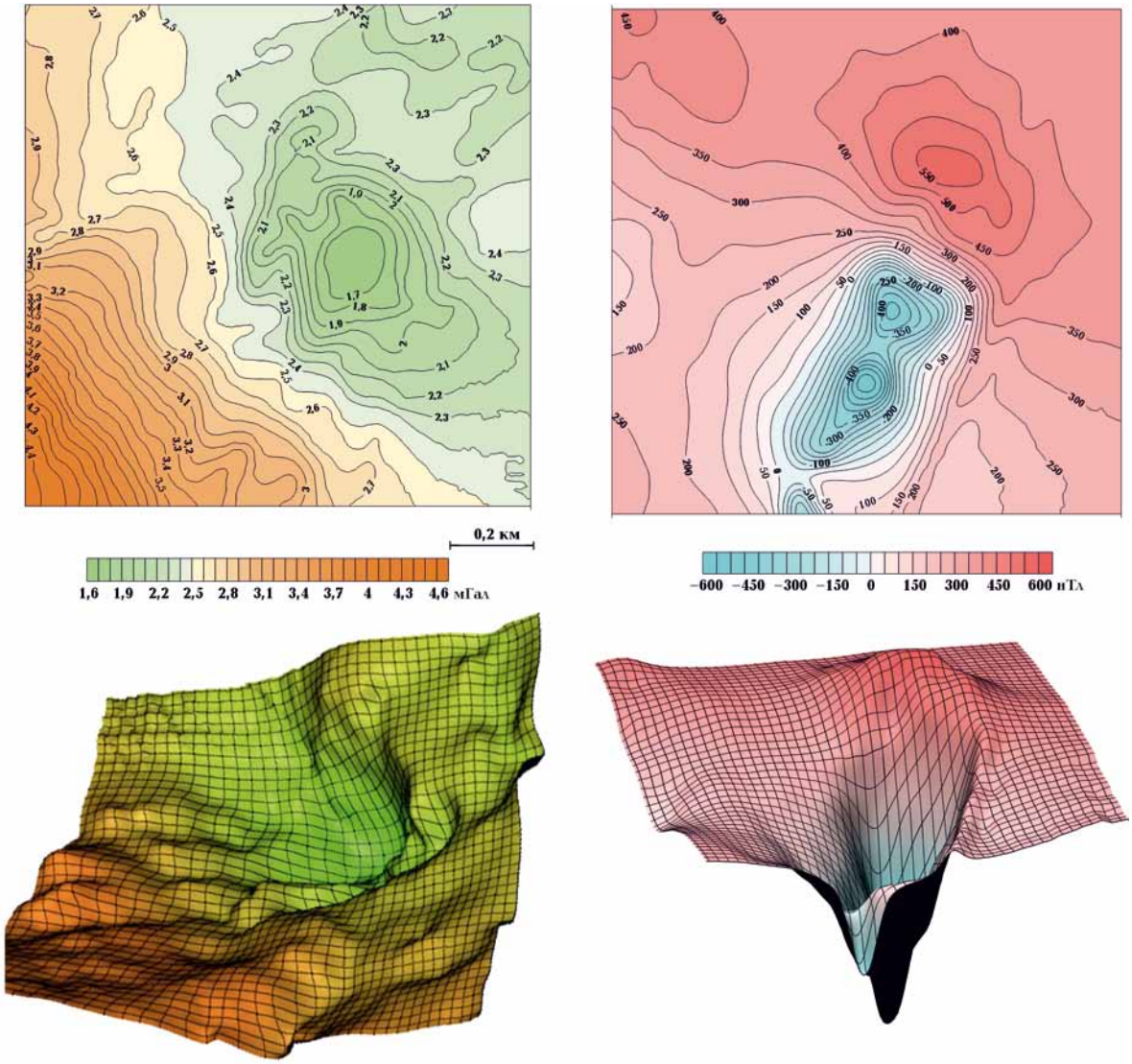

Рис. 4. Рівненська АМП: праворуч — магнітне поле ізодинам T_a в нТл (зверху) та його 3D зображення (знизу); ліворуч — поле аномалій Буге в 3D зображенні.

Fig. 4. Rivne AMF: on the right — the magnetic field of isodynam T_a in nTl (top) and its 3D image (bottom); on the left — the field of Bouguе anomalies in mGal (top) and its 3D image (bottom).

ша концентрація до 0,2 г/т спостерігається в приконтактних зонах еруптивних брекчій і має тенденцію зменшуватися з глибиною. Унаслідок цього зроблено висновок, що Рівненський рудопрояв Cu є лише кореневою частиною міднорудного процесу і тому безперспективний на подальші пошукові роботи [Нудельман и др., 1976].

До АМП типу Калинівської та Рівненської можливо також віднести дещо більшу в діаметрі (0,8—1,0 км) відому Стремигородську сумісну гравітаційну та магнітну аномалію (рис. 5), приурочену до Чеповичського габро-анортозитового масиву Волинського мегаблока УЩ. Її внутрішня структура сформована кількома близькими за амплітудою (10—15 тис. нТл) екстремумами з полярно протилежними знаками, які у сукупності утворюють субізометричну область складної будови діаметром 0,8—1,0 км. У полі аномалій сили тяжіння цьому контуру відповідає об'єднаний максимум, що свідчить про густинну однорідність Стремигородської структури. За даними проведеного тут пошуково-розвідувального буріння, природа Стремигородської аномалії зумовлена штокоподібним інтрузивом однорідного

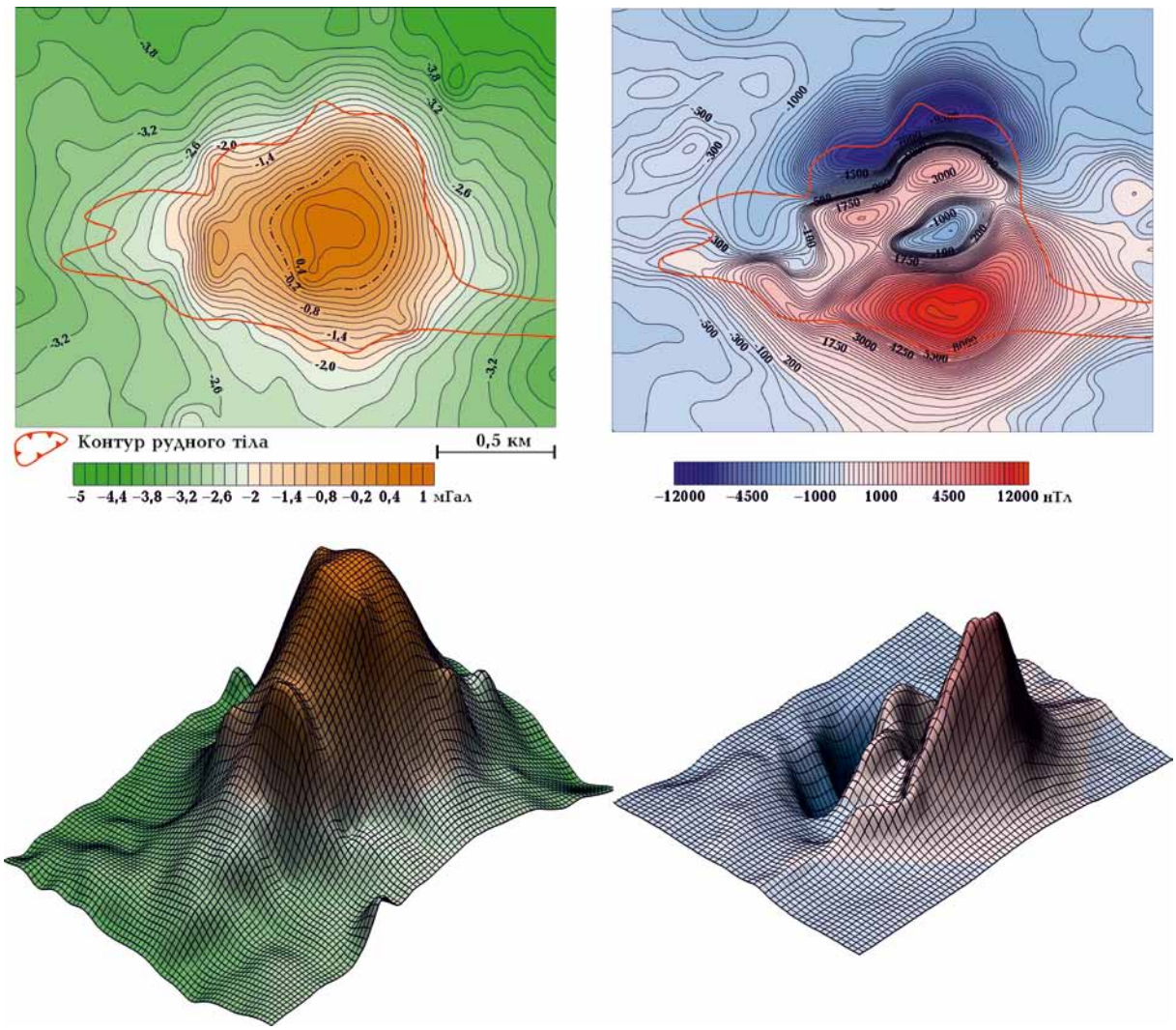

Рис. 5. Стремигородська АМП: праворуч — магнітне поле ізодинам T_a в нТл (зверху) та його 3D зображення (знизу); ліворуч — поле аномалій Буге в мГал (зверху) та його 3D зображення (знизу).

Fig. 5. Stremyhorodsk AMF: on the right — the magnetic field of isodynam T_a in nTl (top) and its 3D image (bottom); on the left — the field of Bouguet anomalies in mGal (top) and its 3D image (bottom).

габроїдного складу, який супроводжується апатит-ільменитовою мінералізацією промислового масштабу. Гомогенність речовинного складу структури узгоджується з єдиним контуром гравітаційної аномалії, але входить у протиріччя зі складним характером аномального магнітного поля, що спостерігається над нею. Пояснення цьому отримано внаслідок вивчення магнітних властивостей зразків розвинених тут габроїдів і магнітного моделювання, які показали, що, незважаючи на однорідність їх мінералогічного складу, серед них є зразки та джерела з різною спрямованістю вектора залишкової намагніченості [Зейгельман, 1995; Зейгельман и др., 2011]. Таким чином, як і у випадку становлення Калинівської та Рівненської структур, можна стверджувати про тривалий магматогенно-імпульсний режим формування Стремигородської структури.

Зважаючи на приуроченість Жданівських, Калинівських, Рівненської та Стремигородської структур до тектонічно активних частин Подільського, Інгульського та Волинського мегаблоків УЩ, неординарний характер їх прояву в магнітному полі, багатофазність процесу становлення, як і супутньої їм рудної мінералізації, можна припустити певну спільність їхнього генезису, переважно пов'язаного з осередково-канальними проявами імпульсних плутоно-дегазаційних процесів Землі [Шестопалов и др., 2018]. З цієї позиції можна логічно пояснити приповерхневий діатремний вигляд Жданівської групи морфоструктур з їх вузькими або вже закритими підвідними каналами, а також імпульсну циклічність формування джерел Калинівських, Рівненської та Стремиргородської структур, яка проявляється зокрема у неоднорідності процесів намагнічення розвинених у них кристалічних утворень, що відбуваються протягом різнополярних періодів зовнішнього магнітного поля Землі. Початковим тригером цих процесів для структур Калинівської групи міг стати передбачуваний за наявністю ізотопу сірки S^{32} у халькопіриті підйом локального осередку гранітної магми в зоні Хмільницького розлому, апікальні виступи якого зумовили струменеві висхідні теплові потоки, під дією яких вихідні породи були перемагнічені під впливом існуючого на той період вектора магнітного поля Землі субгоризонтального напрямку. При цьому плутоно-магматичні процеси супроводжувалися імпульсним виносом флюїдних продуктів рудної мінералізації різного складу.

Як приклад отримання альтернативних панівним уявленням про метаморфогенно-осадовий генезис магнетитвмісних руд України можуть також слугувати результати вивчення геологічної природи магнітної аномалії представленого кластера, виявленої при проведенні робіт з підготовки геофізичної основи для геологічного довивчення території аркуша M-35-XXXVI масштабу 200 000 [Ентин, Лукаш, 1998] у південно-східній частині Бузького мегаблока УЩ, на півночі Одеської області, біля с. Піщана. За своїх відносно невеликих розмірів (400×250 м) вона характеризується абсолютно не властивою для України великою амплітудою напруженості аномального магнітного поля понад 60 тис. нТл (рис. 6). Було зрозуміло, що її природа зумовлена магнетитвмісними залізистими утвореннями, які при невеликих розмірах потенційно рудного об'єкта, порівнюючи з Криворіжжям, не викликали промислового інтересу. Проте, отримані неординарні результати геофізичної інтерпретації цієї магнітної аномалії, за якою вона мала вигляд високомагнітного штокоподібного тіла «нескінченного» розповсюдження на глибину, не вкладалися у характерні лінійні форми залягання високомагнітних залізних руд Криворіжжя та Середнього Побужжя [Єнтін та ін., 2021]. Привертала увагу відсутність у Піщанської магнітної аномалії S-підворотів, що характерно для багатьох інших відомих в районі Побужжя магнетитових рудопроявів. Велика потужність рудного тіла при відносно невеликій його протяжності також є суттєвою відмінністю Піщанського рудопрояву на відміну від відомих на Побужжі.

Проведене в межах цієї аномалії буріння двох картувальних та однієї струк-

турної свердловин повністю підтвердило її обумовленість штокоподібним тілом піроксен-магнетитових руд із глибиною нижньої кромки принаймні понад 500 м (за геофізичними даними — понад 1 км).

Залізна руда представлена щільною (3,50—4,0 г/см^3) темно-сірою середньозернистою породою, на окремих ділянках з неясною вираженою смугастою текстурою. Мінеральний склад: ромбічний ортопіроксен (гіперстен) — 35—40 %, кварц — до 30—35 %, магнетит — 28—45 %. Крім включень магнетиту в зерна піроксену, крупні зерна магнетиту утворюють сидеронітову структуру, що цементує зерна піроксену. За виявленими геолого-геофізичними ознаками Піщанський рудопрояв, найімовірніше, є штокоподібною вулкано-інтрузивною структурою піроксен (гіперстен)-магнетитового складу. Такі рудні піроксеніти сидеронітової структури магматогенної природи відомі під назвою косьвіт на Уралі і в межах структури Кондер, де з ними пов'язана промислова Pt-Pd мінералізация [Гуревич, Полонянкин, 2016]. Але на відміну від порід Піщанської структури для типового косьвіта головним породоутворюючим мінералом є моноклінний клінопіроксен.

Морфологія рудного тіла, його внутрішня структура, мінеральний склад, результати всебічного лабораторного вивчення кам'яного матеріалу (магнетит і піроксен надходили одночасно) дають безперечні підстави стверджувати про наявність на УЩ нового магматогенно-канального типу

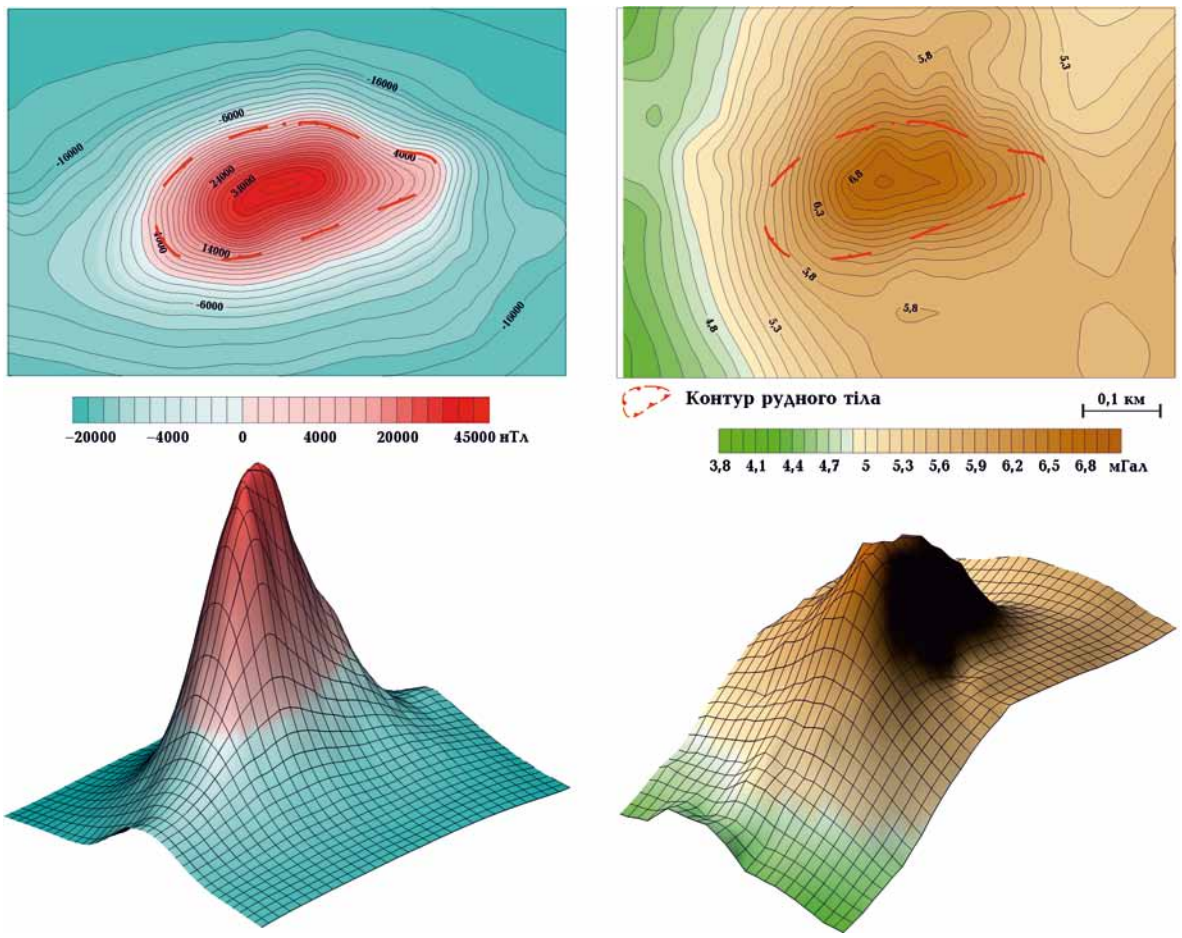

Рис. 6. Піщанська АМП: ліворуч — магнітне поле ізодинам T_a в нТл (зверху) та його 3D зображення (знизу); праворуч — поле аномалій Буге в мГал (зверху) та його 3D зображення (знизу).

Fig. 6. Pishchansk AMF: on the left — the magnetic field of T_a isodynam in nTl (top) and its 3D image (bottom); on the right — the field of Bouguet anomalies in mGal (top) and its 3D image (bottom).

магнетитовмісних руд, які за сприятливої економічної кон'юнктури можуть мати промислове значення.

Можливість існування на УЩ невеликих поліхронно-магматогенних магнетитовмісних структур ізометричної форми докембрійського та фанерозойського часу формування, як одного із процесів безперервного еволюційного становлення земної кори, підтверджується наявністю їхніх аналогів і на кайнозойському етапі її розвитку. Низка таких структур розташована в межах Закарпатського прогину, зокрема в зоні Закарпатського розлому. Найбільш типовими можна вважати структури Хотар, Синяк, Дехманів, Квасово, Мал. Шиянська, які вирізняються наявністю додатних та від'ємних магнітних аномалій ±(50—600 нТл), які чітко підкреслюють їх концентрично-зональну будову. При цьому наявність від'ємних аномалій, які не пов'язані з додатніми, засвідчує самостійну природу їхніх джерел [Єнтін, 2012; Orlyuk et al., 2022].

Варто також зазначити, що регіонально більшість розглянутих на УЩ локальних інтенсивних аномалій, джерела яких формувалися за рахунок полігенно-поліхронних, осередково-канальних процесів, належать до великої магнітної неоднорідності регіонального класу, яка охоплює Вінницьку, Гайсинську, Ананіївську та Одеську регіональні магнітні аномалії [Гінтов та ін., 2018] (рис. 7). При цьому вони розташовані або в їх крайових частинах, або в місцях своєрідних «пережимів», які зазвичай обумовлені глибинними розломами субширотного та діагонального простягання.

Слід зауважити, що область прояву цих структур була активною на фанерозой-

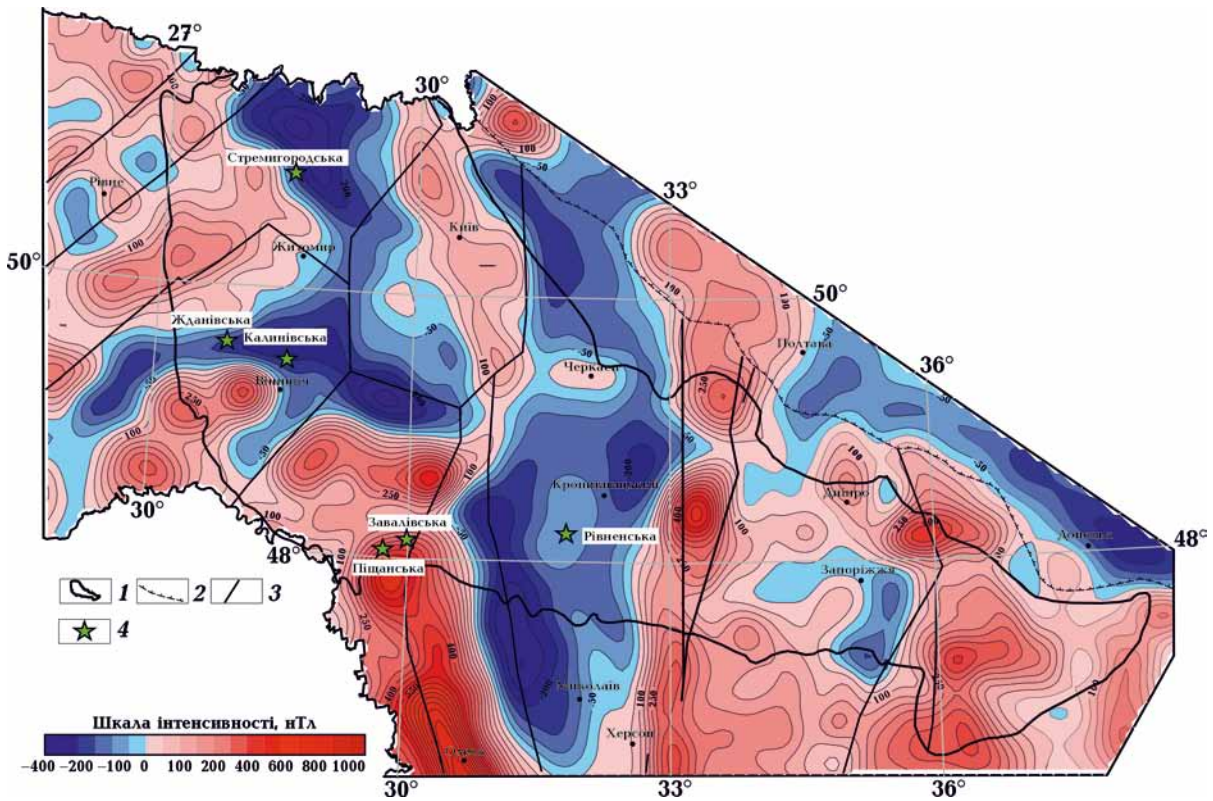

Рис. 7. Карта регіональної компоненти аномального магнітного поля $\Delta T_{a.per.}$ Українського щита: *1* — границя УЩ, *2* — границя Дніпровсько-Донецької зони, *3* — міжмегаблокові зони розломів, *4* — місця розташування магнітних аномалій та їхніх груп в межах західної та центральної частин УЩ.

Fig. 7. Map of the regional component of the anomalous magnetic field $\Delta T_{a.reg.}$ of the Ukrainian Shield: *1* — border of the USh, *2* — border of the DDD, *3* — inter-megablock fault zones and names, *4* — locations of magnetic anomalies and their groups which are discussed in the article within the western and central parts of the USh.

ському етапі розвитку земної кори, про що свідчать новітні та сучасні тектонічні рухи. Згідно з публікацією [Орлюк, Ищенко, 2019], цей «сучасний» мегаблок земної кори відноситься переважно до Волино-Подільської височини і характеризується в гравітаційному полі додатною аномалією регіонального геоїду, новітньою активізацією та сучасним розширенням і обертанням земної поверхні проти годинникової стрілки.

На жаль, картування розглянутого вище кластера невеликих субізометричних магнітних аномалій можливе лише за результатами наземного магнітного знімання масштабом не дрібнішним за 1:10 000, які забезпечують попадання в контур аномалії 3—5 точок спостережень. На сучасному етапі геолого-геофізичного вивчення УЩ виявлення подібного кластера аномалій можливе лише у процесі спеціального ревізійного аналізу карт фактичних даних детальних магнітних знімань. Саме так було встановлено і потім завірено бурінням Жданівську магнітну аномалію і ще кілька подібних до неї, які ще чекають свого геологічного вивчення. Серед останніх особливу увагу необхідно звернути на магнітну аномалію, виявлену за 0,5 км на південь від с. Завалля Кіровоградської області в межах південно-східної периферійної частини Бандурівської палеовулканічної структури Бузького мегаблока УЩ [Довгань и др., 2006] (рис. 8). Пізніше її деталізовано співробітниками відділу геомагнетизму Інституту геофізики НАН України. Аномалія проявляється на тлі абсолютно спокійного негативного магнітного поля T_a, у вигляді максимуму трикутної форми амплітудою до 3 тис. нТл та розмірами 75×50 м включно з мінімумом на півночі інтенсивністю до 700 нТл. Зважаючи на відсутність апріорних даних стосовно магнітних властивостей порід, було виконано розрахунки модельного джерела аномалії за характером аномального магнітного поля. Згідно з інтерпретацією, верхня кромка джерела штокоподібної форми поперечником 50 м розташовується на глибині 25 м. Магнітна модель може бути представлена різними її варіантами залежно від глибини нижнього обмеження. Розраховане поле близьке до спостереженого у випадку намагніченості джерела за сучасним полем, а його намагніченість змінюється від 3,5 до 2,5 А/м залежно від глибини нижньої кромки (200 та 600 м відповідно). По всьому периметру аномалії спостерігається витримана зона підвищених значень градієнта магнітного поля та відсутність сполучених мінімумів. Відомо, що такі ознаки більш властиві магматичним структурам трубкового типу, що характеризуються наявністю субвертикальних контактів з вміщуючими утвореннями та великим, порівняно з глибиною залягання верхньої кромки, поширенням на глибину. Якщо додатково до цього врахувати приуроченість виявленої Завалліської магнітної аномалії до зони обрамлення Бандурівської палеоструктури, відомої зосередженням численних проявів і родовищ графітових і залізних руд, марганцю, рідкісноземельних металів, специфічних геологічних утворень типу коматиїтів, еклогітів, дайок основних та ультраосновних порід, зокрема лужних (лампрофіри, лампрофіро- та лампроїтоподібні породи), і де можна очікувати відкриття структур, що мають пряме відношення до проблеми алмазоносності цієї території [Довгань и др., 2006], стає очевидною актуальність її подальшого геолого-геофізичного довивчення[1].

З цього погляду цікавим прикладом може стати історія багаторічного вивчення структури полімінерального Cu-Pt-Pd зруденіння Кондер [Гуревич, Полонянкин, 2016], дунітове ядро якого по всьому периметру знаходиться в кільцевому оточенні титаномагнетитових клінопіроксенітів (косьвітів) з підвищеними значеннями магнітної сприйнятливості та густини.

«Косьвіти кільця» є локальними магма-

[1] Через відсутність найближчим часом перспектив бюджетного фінансування геологічних пошуків подібної спрямованості для можливого вивчення бурінням природи Завалліської АМП запрошуємо взяти участь спонсорів — ентузіастів вивчення незвичайних явищ у навколишньому природному середовищі.

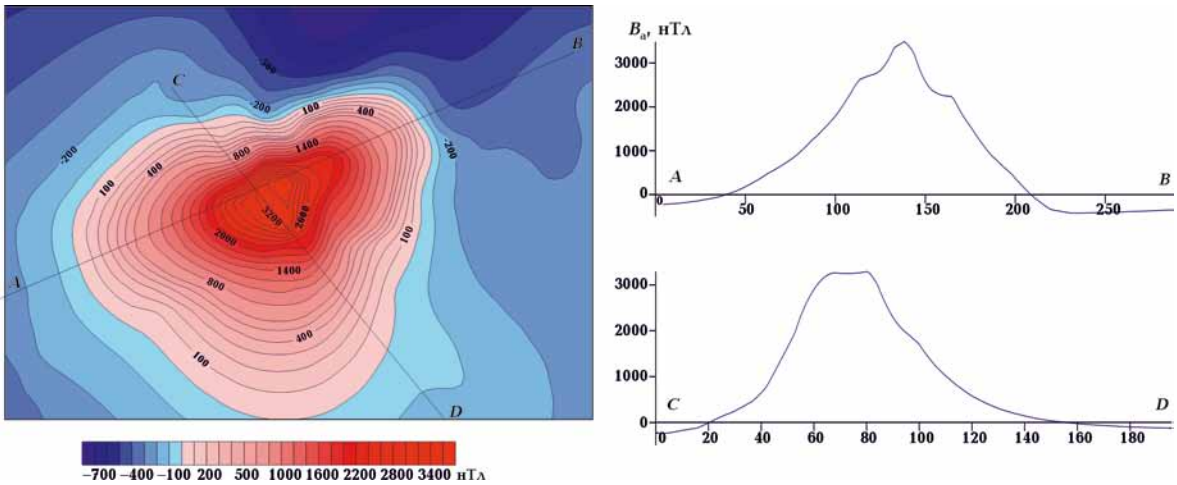

Рис. 8. Заваллівська АМП: магнітне поле ΔT_a в нТл та схема розташування профілів спостереження, а також графіки значень поля ΔT_a.

Fig. 8. Zavalliv AMF: on the left — the magnetic field ΔT_a in nTl and the scheme of layout of observation profiles, on the right — graphs of the ΔT_a field values.

тичними магнітними утвореннями єдиної флюїдонасиченої системи, рудоносність якої пов'язана з кількома етапами її становлення і метаморфізму в часовому інтервалі 112—132 млн років.

Вміщуючи в себе основну частину корисної полімінералізації, вони утворюють дайки та лінзоподібні дайкоподібні тіла потужністю від десятків сантиметрів до 20 м, що падають до центру масиву під кутами 40—50° до глибин близько 1,7 км, утворюючи складну лійкоподібну структуру. Нижче падіння стає крутішим і, можливо, перетворюється на вертикальне, формуючи «трубку» діаметром 3—3,5 км. І за цими параметрами вона в загальних ознаках своєї будови дуже схожа на згадану вище Бандурівську палеоструктуру, ядро якої складене основними породами, а периферійне обрамлення (де і знаходиться локальна Заваллівська магнітна аномалія невизначеної, а можливо і рудної, природи) насичене різноманітними рудопроявими.

Наведені приклади поглибленого геолого-геофізичного вивчення магнітних аномалій розглянутого кластера показують необхідність підвищеної до них уваги при всіх видах і етапах проведення геолого-геофізичних робіт на УЩ. Отримані результати досліджень можуть не тільки розширити пошукові перспективи на нові види корисних копалин, пов'язаних з процесами магматизму та дегазації Землі, а й містити нову додаткову інформацію в контексті загальної історії становлення УЩ та його рудного потенціалу.

Висновки. 1. Описаний клас невеликих субізометричних магнітних аномалій УЩ становить значний інтерес як з генетичної, так і з металогенічної точки зору.

1.1. Він показує, що в межах УЩ незначні за розмірами структури, пов'язані з осередково-канальними проявами імпульсних інтрузивних і плутоно-дегазаційних процесів Землі, значніше поширилися, ніж передбачалося, і вони не можуть розглядатися як другорядні порівняно зі структурами метаморфогенно-вулканогенно-осадового генезису.

1.2. Особливу увагу слід звернути на незвичайні для широт УЩ АМП, виявлених у вигляді пов'язаних різнополярних екстремумів високої амплітуди, які можуть слугувати індикаторами фанерозойських процесів канального магматизму.

1.3. Металогенічно описаний клас структур перспективний на відкриття невеликих і середніх, але важливих родовищ чорних, благородних, кольорових і рідкісних металів.

2. Для виявлення та вивчення структур подібного класу необхідне виконання магнітного знімання масштабу 1:10 000 і більше, а також гравіметричних не дрібніше за масштаб 1:50 000 і, головне, потрібно переглянути та довивчити первинні результати вже виконаних знімань такого масштабу, оскільки при побудові карт аномалії, зафіксовані в одній—двох точках, часто пропускалися.

Список літератури

Гинтов О.Б. Зоны разломов Украинского щита. Влияние процессов разломообразования на формирование структуры земной коры. *Геофиз. журн.* 2004. Т. 26. № 3. С. 3—24.

Гинтов О.Б. Проблемы геодинамики Украинского щита в докембрии. *Геофиз. журн.* 2015. Т. 37. № 5. С. 3—22. https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v37i5.2015.111142.

Гінтов О.Б., Орлюк М.І., Єнтін В.А., Мичак С.В., Бакаржієва М.І., Шимків Л.М., Марченко А.В. Структура західної і центральної частини Українського щита. Спірні питання. *Геофиз. журн.* 2018. Т. 40. № 6. С. 3—29. https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v40i6.2018.151000.

Гуревич Д.В., Полонянкин А.А. Сульфидные полиминеральные Pt-Pd руды массива Кондер, Хабаровский край: геологическая позиция. *Материалы конф. «Проблемы геологии и эксплуатации месторождений платиновых металлов»*. СПб: Изд-во СПГУ, 2016. С. 27—46.

Довгань Р.Н., Ентин В.А., Павлюк В.Н. Бандуровская палеовулканическая структура и связанные с нею перспективы алмазоносности. *Минеральные ресурсы*. 2006. № 4. С. 22—28.

Довгань Р.М., Павлюк В.М., Єнтін В.А. Ждановський рудопрояв благородних металів, міді та урану і його перспективи. *Матеріали наук.-техн. наради 27—29 квітня 2004 р., м. Київ*. С. 132—134.

Довгань Р.Н., Павлюк В.Н., Єнтін В.А. *Пошуки корінних родовищ алмазів в межах Бердичівського підняття*. Київ: Геоінформ, 2008. 170 с.

Ентин В.А. *Природные геофизические феномены Украины*. Киев. Изд. УкрНИГРИ, 2012. 76 с.

Ентин В.А., Гуськов С.И., Дзюба Б.М., Гинтов О.Б., Орлюк М.И., Мычак С.В. К вопросу о возможной дегазационной природе некоторых локальных структур зонально-концентрического строения на территории Волыно-Подольской плиты и западной части Украинского щита. *Геофиз. журн.* 2020. Т. 42. № 6. С. 36—58. https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v42i6.2020.222282.

Ентин В.А., Лукаш В.В. *Результаты работ по подготовке геофизической и геохимической основы для ГДП-200 платформенного чехла и ГГК-200 кристаллического основания на площади листа М-35-XXXVI (Гайворон). Отчет Правобережной геофизической партии за 1991—1998 гг*. Киев: Фонды ПДРГП «Північгеологія», 1998.

Єнтин В.А., Орлюк М.І., Білоус О.І., Гінтов О.Б., Малахов В.Г., Бахмутов В.Г., Качан І.О., Бакаржієва М.І., Макаренко І.Б., Савченко О.С., Самойленко Т.М., Марченко А.В., Друкаренко В.В., Поляченко Е.Б., Мичак С.В., Роменец А.А., Брайко О.В. Глибинна будова Горішнє-Плавнинської структури та загальні принципи геолого-геофізичного вивчення Криворізько-Кременчуцької залізорудної смуги. *Геофиз. журн.* 2021. Т. 43. № 6. С. 42—69. https://doi.org/10.24028/gzh.v43i6.251552.

Єнтін В.А., Шимків Л.М., Нечаєва Т.С., Дзюба Б.М., Гінтов О.Б., Пашкевич І.К., Красовський С.С. *Підготовка геофізичної основи тектонічної карти України масштабу 1:1 000 000*. Київ: Геоінформ України, 2002. 55 с.

Забияка Л.И. Новое рудопроявление меди в Винницкой области. *Геол. журн*. 1975а. Т. 36. С. 109—163.

Забияка Л.И. *Результаты оценочных работ на Калиновском проявлении меди в 1975 году. с. Фурсы*. Фонды Правобережной геологоразведочной экспедиции, 1975б. 20 с.

Забияка Л.И., Германов Б.С., Василенко Н.С. Отчет о результатах комплексных геолого-

геофизических работ по глубинному геологическому картированию листа М-35-XXIII (Бердичев) масштаба 1:200 000. Киев: Фонды «Північгеології», 1974.

Завойский В.Н., Забияка Л.И., Злобенко И.Ф., Крутиховская З.А., Мельничук Є.В., Марковский В.С. Опыт использования остаточной намагниченности пород при решении геологических задач (на примере Калиновской магнитной аномалии). *Геол. журн*. 1978. Т. 38. № 3. С. 54—61.

Зейгельман М.С. *Методика и результаты истолкования магнитных и гравитационных аномалий над штокообразными телами рудных габброидов Коростенского плутона*. Киев: Изд. Ин-та геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины, 1995. 50 с. Деп. в ГНТБ Украины 13.06.95, № 1490-Ук95.

Зейгельман М.С., Михеева Т.Л., Панченко Н.В. О природе магнитных аномалий над телами рудных габброидов Коростенксого плутона (Украинский щит). *Геофиз. журн.* 2011. Т. 33. № 1. С. 114—127. https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v33i1.2011.117420.

Крутиховская З.А., Марковский В.С., Слипченко В.В., Хатунцева А.Я. О намагниченности пироксенсодержащих кристаллических сланцев и гнейсов северной части Подольского блока Украинского щита. *Геол. журн*. 1985. Т. 45. № 4. С. 50—58.

Мацьків Б.В., Зобков О.В., Ковальов Ю.В. та ін. Звіт про геологічне довивчення масштабу 1:200 000 території планшетів М-34-XXIX, М-34-XXXV, L-34-V (Ужгородська група аркушів), проведених у 1991—1996 рр., Берегове. Геоінформ, 1996. 413 с.

Нудельман Г.А., Белогуб В.И., Олейник А.А. *Геологическая карта масштаба 1:50 000 территории планшетов М-36-136-А, Б*. Киев: Геоинформ, 1973.

Нудельман Г.А., Олейник А.А., Оксенчук Г.К., Воробей А.И. *Отчет по изучению глубинного строения и металлогении Ровненского проявления меди на Кировоградском блоке*. Киев: Геоинформ, 1976.

Орлюк М.І., Марченко А.В., Яцевський П.І. Зв'язок радонових і магнітних аномалій на території Українського щита та міста Києва. *Геодинаміка*. 2018. № 1(24). С. 80—90. doi.org/10.23939/jgd2018.01.080.

Орлюк М.И., Ищенко М.В. Сравнительный анализ современной деформации и новейших движений земной поверхности на территории Украины. *Геофиз. журн.* 2019. Т. 41. № 4. С. 161—181. https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v41i4.2019.177381.

Старостенко В.И., Гинтов О.Б., Кутас Р.И. Геодинамическое развитие литосферы Украины и его роль в формировании и размещении месторождений полезных ископаемых. *Геофиз. журн.* 2011. Т. 33. № 3. С. 3—22.

Цымбал С.Н., Кривдик С.Г., Довгань Р.Н., Павлюк В.Н., Ентин В.А. Минералогопетрографические и геохимические особенности ультрабазитов Ждановской интрузии. *Матеріали науково-технічної наради (тези) 27—29 квітня 2004 р., м. Київ*. С. 134—137.

Шестопалов В.М., Лукин Л.Е., Згонник В.А. *Очерки дегазации Земли*. Киев, 2018. 631 с.

Orlyuk, M., Bakarjieva, M., & Marchenko, A. (2022). Magnetic model along the PANCAKE geotransect in relation to hydrocarbon and metallic mineral deposits and occurrences. *XVIth International Scientific Conference «Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment». November 2022, Kyiv, Ukraine*. Retrieved from https://eage.in.ua/wp-content/uploads/2022/11/Mon-22-197.pdf.

Local magnetic anomalies of the Ukrainian Shield as indicators of the manifestation of different-age stages of focal-channel magmatism

V.A. Yentin, O.B. Gintov, M.I. Orlyuk, A.V. Marchenko, 2023

[1]State Enterprise «Ukrainian Geological Company», Kyiv, Ukraine
[2]S.I. Subbotin Institute of Geophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

A special class of local small sizes of subisometric magnetic field anomalies (AMF) of the Ukrainian Shield (USh) is considered here. Such AMF are united by the volcanogenic-intrusive-tubular origin of the sources associated with the assumed source-channel manifestations of pulsed plutonic-degassing processes of the Earth. The geological study of such anomalies indicates the enrichment of their sources with mineralization of dark, noble, non-ferrous and rare metals. Some of these AMF (Zhdanivska group, Rivnenska) in general contours coincide with local gravitational minima due to decompaction and grinding of the rocks that cause them, despite the basic-ultrabasic composition. Other anomalies, on the contrary, fully correspond to the maxima of gravity due to the enrichment of rocks with magnetite (Pischansk AMF) or ilmenite (Stremigorodsk AMF) on an industrial scale. In the section, all the studied sources of anomalies have a funnel-shaped (sometimes fungal-shaped) or stock-like shape, which indicates the focal-channel type of their genesis.

A characteristic feature of some of the studied AMF are peculiarities of the magnetization vector of their sources, which has variable directions in the section and is often subhorizontal (Kalyniv group of anomalies, Rivne and Stremigorod AMF), which is unusual for the USh latitudes. This indicates a multiphase and separation in time formation of the sources of these anomalies from the Archean-Proterozoic time of formation of the surrounding USh rocks. This time may be either Proterozoic (Stremigorod AMF), or Phanerozoic (Rivnenska AMP — early Paleozoic). A number of similar in size and concentrically-zonal shape of Cenozoic AMF has been established, for example, within the TransCarpathian fault zone.

The obtained results show that within the Ukrshield there is a certain number of small-sized structures associated with different-age focal-channel manifestations of pulsed intrusive and plutonic-degassing processes of the Earth, which are much more widespread than it has been supposed. This does not only extend the prospecting possibilities for new types of minerals associated with the processes of magmatism and degassing of the Earth, but also contains a new additional information in the context of the universal history of the Ukrshield formation and its ore potential.

Key words: Ukrainian Shield, isometric magnetic field anomalies, anomaly sources, different-age focal-channel magmatism, magnetization.

References

Gintov, O.B. (2004). Fault zones of the Ukrainian shield. Influence of fault formation processes on the formation of the structure of the earth's crust. *Geofizicheskiy Zhurnal*, *26*(3), 3—24 (in Russian).

Gintov, O.B. (2015). Problems of geodynamics of the Ukrainian shield in Precambrian. *Geofizicheskiy Zhurnal*, *37*(5), 3—22. https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v37i5.2015.111142 (in Russian).

Gintov, O.B., Orlyuk, M.I., Entin, V.A., Pashkevich, I.K., Mychak, S.V., Bakarzhieva, M.I., Shimkiv, L.M., & Marchenko, A.V. (2018). The structure of the Western and Central parts of the

Ukrainian schield. Controversial issues. *Geofizicheskiy Zhurnal*, *40*(6), 3—29. https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v40i6.2018.151000 (in Ukrainian).

Gurevich, D.V., & Polonyankin, A.A. (2016). Sulfide polymineral Pt-Pd ores of the Konder massif, Khabarovsk Territory: geological position. *Proc. of the conference «Problems of Geology and Exploitation of Platinum Metal Deposits»* (pp. 27—46). St. Petersburg: Publishing House of St. Petersburg State University (in Russian).

Dovgan, R.N., Entin, V.A., & Pavlyuk, V.N. (2006). Bandurovskaya paleovolcanic structure and associated prospects for diamond potential. *Mineral resources,* (4), 22—28 (in Russian).

Dovgan, R.M., Pavlyuk, V.M., & Entin, V.A. (2004). Zhdaniv ore deposit of precious metals, copper and uranium and its prospects. *Materials of the scientific and technical meeting April 27—29, 2004, Kyiv* (pp. 132—134) (in Ukrainian).

Dovgan, R.N., Pavlyuk, V.N., & Entin, V.A. (2008). *Searches for native diamond deposits within the Berdychiv uplift*. Kyiv: Geoinform, 170 p. (in Ukrainian).

Entin, V.A. (2012). *Natural geophysical phenomena of Ukraine*. Kyiv: Edition UkrNIGRI, 76 p. (in Russian).

Entin, V.A., Guskov, S.I., Dziuba, B.M., Gintov, O.B., Orlyuk, M.I., & Mychak, S.V. (2020). The possible degassing nature of some local structures of concentric and zonal structure on the territory of the Volyn-Podolye plate and the Western part of the Ukrainian Shield and the way of their subsequent study. *Geofizicheskiy Zhurnal*, *42*(6), 36—58. https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v42i6.2020.222282 (in Russian).

Entin, V.A., & Lukash, V.V. (1998). *The results of work on the preparation of the geophysical and geochemical base for the GDP-200 platform cover and the GGK-200 crystalline base on the area of sheet M-35-XXXVI (Gayvoron). Report of the Right-Bank Geophysical Party for 1991—1998*. Kyiv: Funds of PDRGP «Pivnichgeologiya» (in Russian).

Entin, V.A., Orlyuk, M.I., Belous, O.I., Gintov, O.B., Malakhov, V.G., Bakhmutov, V.G., Kachan, I.O., Bakarzhieva, M.I., Makarenko, I.B., Savchenko, O.S., Samoilenko, T.M., Marchenko, A.V., Drukarenko, V.V., Poliachenko, I.B., Mychak, S.V., Romenets, A.A., & Braiko, O.V. (2022). Depth structure of the Gorishne-Plavninsk structure and general principles of geological and geophysical study of the Krivoy Rog-Kremenchug iron-ore strip. *Geofizicheskiy Zhurnal*, *43*(6), 42—69. https://doi.org/10.24028/gzh.v43i6.251552 (in Ukrainian).

Entin, V.A., Shimkiv, L.M., Nechaeva, T.S., Dzyuba, B.M., Gintov, O.B., Pashkevich, I.K., & Krasovskyi, S.S. (2002). *Preparation of the geophysical basis of the tectonic map of Ukraine on a scale of 1:1,000,000*. Kyiv: Geoinform of Ukraine, 55 p. (in Ukrainian).

Zabiyaka, L.I. (1975a). New occurrence of copper in the Vinnitsa region. *Geologicheskiy Zhurnal, 36*, 109—163 (in Russian).

Zabiyaka, L.I. (1975 б). *Results of appraisal work at the Kalinovsky copper occurrence in 1975. With. Fursy*. Funds of the Right-Bank Geological Exploration Expedition, 20 p. (in Russian).

Zabiyaka, L.I., Germanov, B.S., & Vasilenko, N.S. (1974). *Report on the results of complex geological and geophysical work on deep geological mapping of sheet M-35-XXIII (Berdichev) at a scale of 1:200000*. Kyiv: Funds «Pivnichgeologiya» (in Russian).

Zavoiskiy, V.N., Zabiyaka, L.I., Zlobenko, I.F., Krutikhovskaya, Z.A., Melnichuk, E.V., & Markovskiy, V.S. (1978). Experience in using the residual magnetization of rocks in solving geological problems (on the example of the Kalinovskaya magnetic anomaly). *Geologicheskiy Zhurnal, 38*(3), 54—61 (in Russian).

Zeygelman, M.S. (1995). *Methodology and results of interpretation of magnetic and gravitational anomalies over stock-like bodies of ore gabbroids of the Korosten pluton*. Kyiv: Edition of the Institute of Geophysics. S.I. Subbotina NAS of Ukraine, 50 p. Depositor in the State Scientific and Technical Library of Ukraine 13.06.95, No. 1490-Uk95 (in Russian).

Zeygelman, M.S., Mikheeva, T.L., & Panchenko, N.V. (2011). On the nature of magnetic anomalies over the bodies of ore gabbroides of the Korosten pluton (Ukrainian Shield). *Geofizicheskiy Zhurnal*, *33*(1), 114—128. https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v33i1.2011.117420 (in Russian).

Krutikhovskaya, Z.A., Markovskiy, V.S., Slipchenko, V.V., & Khatuntseva, A.Ya. (1985). On the magnetization of pyroxene-containing crystalline schists and gneisses in the northern part of the Podolsk block of the Ukrainian shield. *Geologicheskiy Zhurnal, 45*(4), 50—58 (in Russian).

Matskiv, B.V., Zobkov, O.V., Kovalev, Yu.V. etc. (1996). *Report on the 1:200,000-scale geological survey of the territory of tablets M-34-XXIX, M-34-XXXV, L-34-V (Uzhgorod group of sheets), carried out in 1991—1996, Berehove*. Geoinform, 413 p. (in Ukrainian).

Nudelman, G.A., Belogub, V.I., Oleynik, A.A. (1973). *Geological map on a scale of 1:50000 of the area of tablets M-36-136-A, Б*. Kyiv: Geoinform (in Russian).

Nudelman, G.A., Oleynik, A.A., Oksenchuk, G.K., & Vorobey, A.I. (1976). *Report on the study of the deep structure and metallogeny of the Rovno occurrence of copper in the Kirovograd block*. Kyiv: Geoinform (in Russian).

Orlyuk, M.I., Marchenko, A.V., & Yatsevsky, P.I. (2018). The link of radon and magnetic anomalies on the territory of Ukrainian Shield and Kyiv. *Geodynamika,* (1), 80—90. https://doi.org/10.23939/jgd2018.01.080 (in Ukrainian).

Orlyuk, M.I., & Ishchenko, M.V. (2019). Comparative analysis of modern deformation and the newest motions of the Earth surface in the territory of Ukraine. *Geofizicheskiy Zhurnal*, *41*(4), 161—181. https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v41i4.2019.177381 (in Russian).

Starostenko, V.I., Gintov, O.B., & Kutas, R.I. (2011). Geodynamic development of the lithosphere of Ukraine and its role in the formation and location of mineral deposits. *Geofizicheskiy Zhurnal*, *33*(3), 3—22. https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v33i3.2011.116919 (in Russian).

Tsymbal, S.N., Krivdik, S.G., Dovgan, R.N., Pavlyuk, V.N., & Entin, V.A. (2004). Mineralogical, petrographic and geochemical features of the ultramafic rocks of the Zhdanovskaya intrusion. *Materials of the scientific and technical meeting (theses) April 27—29, Kyiv* (pp. 134—137) (in Russian).

Shestopalov, V.M., Lukin, L.E., & Zgonnik, V.A. (2018). *Essays on the degassing of the Earth*. Kyiv, 631 p. (in Russian).

Orlyuk, M., Bakarjieva, M., & Marchenko, A. (2022). Magnetic model along the PANCAKE geotransect in relation to hydrocarbon and metallic mineral deposits and occurrences. *XVIth International Scientific Conference «Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment». November 2022, Kyiv, Ukraine*. Retrieved from https://eage.in.ua/wp-content/uploads/2022/11/Mon-22-197.pdf.