

УДК 550.831 +550.838

ДОСЛІДЖЕННЯ ГЕОФІЗИЧНИХ АНОМАЛІЙ СТРУКТУР ДНА УЛОГОВИНИ ПОУЕЛЛ (ЗАХІДНА АНТАРКТИКА)

В.Д. Соловйов¹, І.М. Корчагін¹, В.М. Ващенко²

¹Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАНУ, Україна, Київ, valera@igph.kiev.ua

²Національний антарктичний науковий центр МОНУ, daniilko@mail.ru

Реферат. Аналіз матеріалів магнітних зйомок, одержаних під час проведення морських геофізичних експедицій на НДС «Ернст Кренкель», дозволив уточнити просторове положення гілок регіональної Тихоокеанської окраїнної магнітної аномалії (ТОМА) від Антарктичного півострова далі на північний схід, до улоговини Поуелл. Магнітне моделювання ТОМА показало, що її джерелом може бути батолит основного складу, розташований в континентальній корі Південного хребта Скоша. Вперше за даними ВЕРЗ побудовано глибинний (до 32 км) розріз ділянок земної кори, над якими спостерігається зона інтенсивних магнітних аномалій. Аномальні горизонти на глибині 3–18 км можуть мати відношення до формування магнітозбурюючих джерел цих ділянок ТОМА. Дані магнітних зйомок дають підставу припускати, що проникнення батолиту основного складу в континентальну кору хребта відбулося в крейді, в період тривалого існування прямої полярності магнітного поля.

Исследование геофизических аномалий структур дна котловины Поуэлл (Западная Антарктика). В.Д. Соловьёв, И.Н. Корчагин, В.Н. Ващенко

Реферат. Анализ материалов магнитных съёмки, полученных во время проведения морских геофизических экспедиций на НИС «Эрнст Кренкель», позволил уточнить пространственное положение ветвей региональной Тихоокеанской окраинной магнитной аномалии (ТОМА) от Антарктического полуострова до котловины Поуэлл. Магнитное моделирование ТОМА показало, что её источником может быть батолит основного состава, расположенный в континентальной коре Южного хребта Скоша. Впервые по данным ВЭРЗ построен глубинный (до 32 км) разрез участков земной коры, над которыми наблюдается зона интенсивных магнитных аномалий. Аномальные горизонты на глубине 3–18 км могут иметь отношение к формированию магнитовозмущающих источников этих участков ТОМА. Данные магнитных съёмки дают основание допускать, что внедрение батолита основного состава в континентальную кору хребта произошло в мелу, в период длительного существования прямой полярности магнитного поля.

Geophysical investigations of the Powell Basin bottom structures (West Antarctica). V.D. Solovyov, I.N. Korchagin, V.M. Vashchenko

Abstract. Magnetic anomalies obtained during Ukrainian Antarctic expeditions show large amplitude in the northern margin of the Powell Basin. These anomalies are attributed to the continuation of the branches of the Antarctic Peninsula Pacific Margin Anomaly. Different variants of connection between this anomaly and the anomalies in the Powell Basin are discussed. It may be the variant with the occurrence of two branches. One of them lies along the South Scotia Ridge whereas the second, more southern branch, may be located in the eastern and western passive margins of the Powell Basin. The upper surface of magnetic bodies is consistent with anomaly horizon at depth of 3-18km that was obtained from the modelling of deep crust structure by VERS method.

Key words: geophysical data, crustal inhomogeneities, West Antarctica structures

1. Вступ

Узагальнення матеріалів геофізичних досліджень в районі Антарктичного півострова, виконаних за останні десять років, дозволяє отримати нові дані для визначення особливостей його глибинної будови, еволюції та геодинаміки, що є важливим для вивчення етапів формування і еволюції тектонічних елементів усього регіону Західної Антарктики.

Розглянемо нові геофізичні дані про розподіл магнітних неоднорідностей у структурах дна, розташованих на північний схід від Антарктичного півострова, де важливими тектонічними елементами північної межі Антарктичної плити є протока Брансфілда, улоговина Поуелл і блок Південних Оркнейських островів (рис. 1).

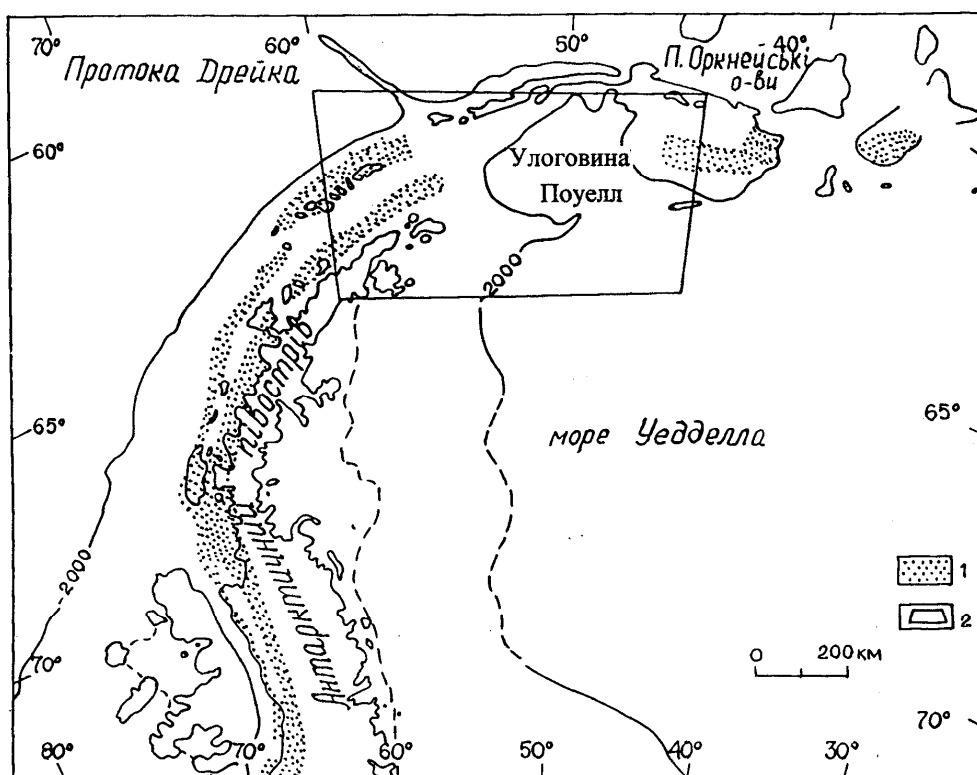


Рис. 1. Положення улоговини Поуелл на схематичній карті північно-східного сектора Антарктичного півострова. Умовні позначення: 1 – положення Тихоокеанської крайньої магнітної аномалії (ТОМА) [1]; 2 – район досліджень.

Улоговина Поуелл розташована між північно-східним закінченням Антарктичного півострова і Південно-Оркнейським мікроконтинентом. З півночі вона обмежена Південним хребтом Скоша, а на півдні – структурами моря Уедделла (Антарктичною плитою). Дослідження улоговини має особливе значення, оскільки вона межує з континентальним блоком Південних Оркнейських островів, а її північна частина є прикордонною областю між Антарктичною плитою і плитою Скоша (рис. 1).

Структурний план і розподіл геофізичних аномалій в цьому районі у значній мірі визначається тим, що Південний хребет Скоша та улоговина Поуелл є основними тектонічними структурами, які формують межу між плитою Скоша і Антарктичною плитою в цьому районі.

Південний хребет Скоша і суміжні структури дна складаються із серії ешелонованих локальних горстів і грабенів з мозаїчною, від континентальної до океанічної, корою.

Розподіл датованих лінійних аномалій протоки Дрейка свідчить про тривалі процеси субдукції, які мали місце вздовж Тихоокеанського узбережжя Антарктичного півострова в кайнозой. Вважається, що в даний час процеси поглинання старої океанічної кори Тихого океану відбуваються лише в Південно-Шетландському жолобі, де за рядом ознак виділяється область активної континентальної окраїни. Слід зазначити, що жолоб розташований поблизу південної межі плити Скоша, яка проходить по хребту Південний Скоша.

2. Загальні уявлення

Найхарактернішою особливістю розподілу магнітних аномалій у північній частині котловини є наявність протяжної зони підвищених значень магнітного поля, відомої як «Тихоокеанська окраїнна магнітна аномалія» (ТОМА) або «Магнітна аномалія західного узбережжя» (WCMA), яку було виділено за даними аеромагнітних зйомок [2–4].

Ширина цієї зони, витягнутої вздовж Тихоокеанського узбережжя Антарктичного півострова майже на 2000 км, складає 60–100 км, а амплітуди аномалій перевищують 1000 нТл. Аномалії фіксують наявність двох гілок ТОМА на північний схід від о. Аделаїда: одна з них простягається вздовж Південних Шетландських островів на північний схід від Антарктичного півострова, а друга розташовується вздовж його узбережжя. Єдині у просторі біля о. Аделаїда, гілки поступово розходяться, причому на найбільшу відстань вони віддалені у протоці Брансфілда, де, ймовірно, відбувалися масштабні процеси розкриття басейну (рис. 1).

Досить впевнено можна говорити про те, що джерелом інтенсивних магнітних аномалій цих зон є магнітоактивні тіла протяжного батолитового комплексу мезокайнозойської магматичної дуги, сформованої основними породами [1, 2, 4]. Окремі інтрузії, пов'язані з батолитом, підіймаються з глибини 15 км і формують локальні форми, які знаходять чітке віддзеркалення в магнітному полі.

Виконане нами раніше моделювання магнітних і гравітаційних аномалій вздовж профілю, який перетинає ТОМА, показало, що породи, які формують батолит, можуть мати густину $2,7 \text{ г/см}^3$ і залягати на глибинах до 15 км [5].

Аналіз магнітних даних показав, що аномальна зона складається з двох просторово розділених гілок. Західна гілка, де інтенсивність магнітних аномалій сягає 500–1500 нТл, моделюється тілом шириною 30–50 км. Східна гілка має дещо інші параметри: інтенсивність аномалій 500–900 нТл, ширина блоку – 50–70 км.

Дослідження абсолютного віку порід, які складають батолит, виявили наявність кількох фаз його формування, найбільш древня з яких, пізньоюрська, пов'язана із процесами розпаду Гондвани.

Ранньокайнозойська інтрузивна фаза могла бути пов'язана із процесами внутрішньодугового розширення та субдукції вздовж північного узбережжя Антарктичного півострова.

Остання, пізньокайнозойська, фаза впровадження батолиту вірогідно викликана процесами формування протоки Брансфілда, а також впливом різких змін швидкості субдукції в районі Південних Шетландських островів [1].

Визначення можливого продовження гілок ТОМА до улоговини Поуелл і Південних Оркнейських островів дозволяє уточнити процеси геологічної еволюції цього регіону за геофізичними даними.

Профілі геофізичних зйомок в центральній і північній частинах улоговини Поуелл доповнили наявну інформацію про розподіл потенційних полів над її основними структурами, характер поведінки і час формування геомагнітних аномалій в цьому районі (рис. 2).

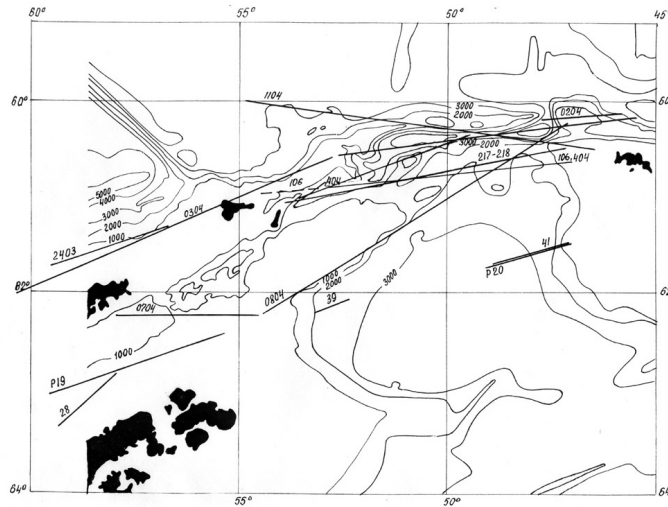


Рис. 2. Схема основних галсів геофізичної зйомки, проведеної під час 60–61 рейсів НДС «Ернст Кренкель».

Істотно важливим виявилось проведення площинних робіт у районі Південних Оркнейських островів, де такі дослідження були виконані вперше.

3. Результати та їх обговорення

Узагальнення результатів зйомок улоговини Поуелл показало, що в структурі магнітного поля її західної і східної частин спостерігаються достатньо чіткі відмінності – аномалії західної частини більш інтенсивні й локалізовані в просторі.

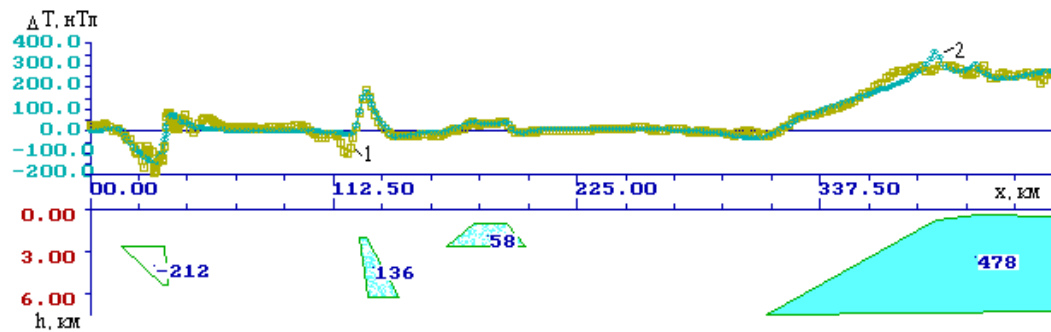


Рис. 3. 61-й рейс НДС «Ернст Кренкель»: аномальне магнітне поле та результати формального автоматизованого підбору параметрів магнітозбудуючих джерел уздовж галсу 0304. 1, 2 – спостережене і модельне поля вздовж галсу. Цифрами в нижній частині малюнків позначено значення вектора інтенсивності намагнічення (в одиницях 10^{-5} СГСМ).

Інтенсивність магнітних аномалій тут сягає 1000 нТл, а найхарактерніші максимуми поля простежуються на значні відстані, маркуюючи протяжну зону підвищених значень шириною порядку 50 км. В центральній частині улоговини Поуелл аномалії мають більш згладжену форму і, як правило, меншу інтенсивність.

Вимірювання, виконані над Південним хребтом Скоша, показали, що для цієї структури характерна різна інтенсивність магнітних аномалій, зафіксованих під час зйомок уздовж простягання різних його сегментів. Особливо це стосується ділянок хребта, розташованих поблизу стику тектонічних плит (Антарктичної плити і плити Скоша), де на амплітуду магнітних аномалій особливо впливають різні фактори. Тому можна стверджувати, що для Південного хребта Скоша амплітуди магнітних аномалій коливаються в межах від 50 нТл до 150–300 нТл, а в деяких випадках аномалії можуть сягати 800–1000 нТл.

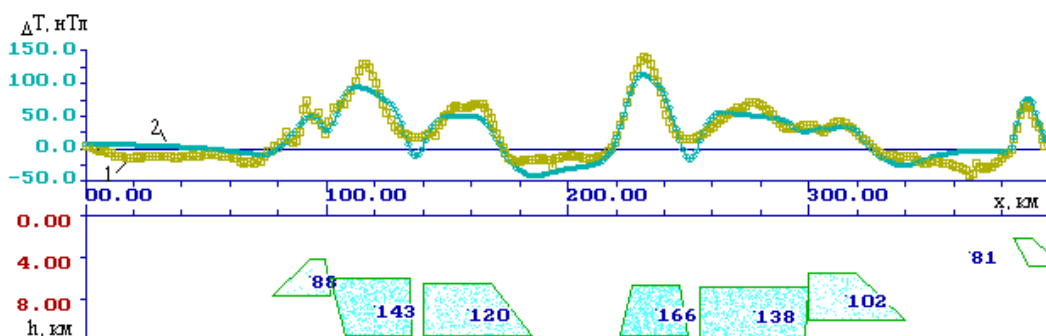


Рис. 4. Аномальне магнітне поле, рельєф дна та результати формального автоматизованого підбору параметрів магнітозбурюючих джерел уздовж галсу 0204 (Південний хребет Скоша). Умовні позначення – на рис. 3.

На північний захід від улоговини Поуелл аномалії над Південним хребтом Скоша складають 100–150 нТл, а поблизу північної межі улоговини вони нерідко перевищують 500 нТл, сягаючи значень 1000 нТл (рис. 3–6). Модельні розрахунки, виконані для окремих профілів, які перетинають цю структуру, показали, що джерела аномалій мають глибинність до 15 км.

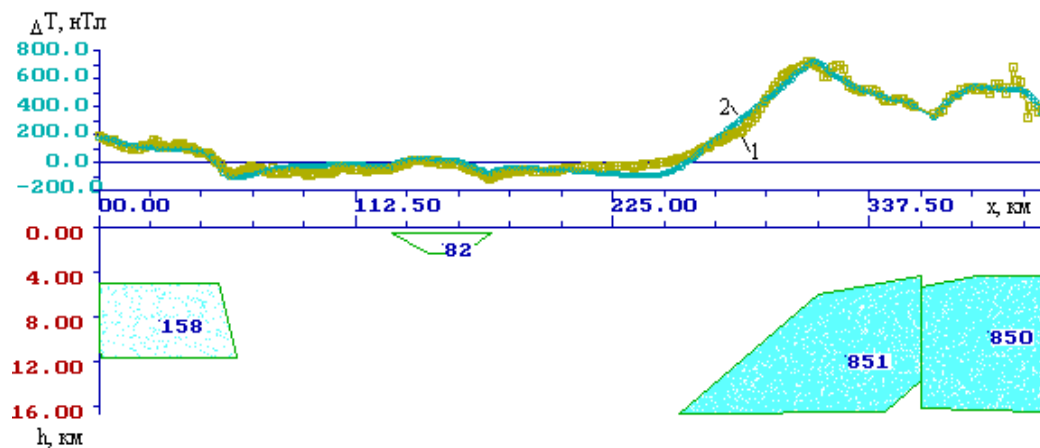


Рис. 5. Аномальне магнітне поле, рельєф дна та результати формального автоматизованого підбору параметрів магнітозбурюючих джерел уздовж галсу 0404. Умовні позначення – на рис. 3.

В той же час над суміжними ділянками магнітне поле різко зменшується, а глибинність джерел не перевищує 5–10 км.

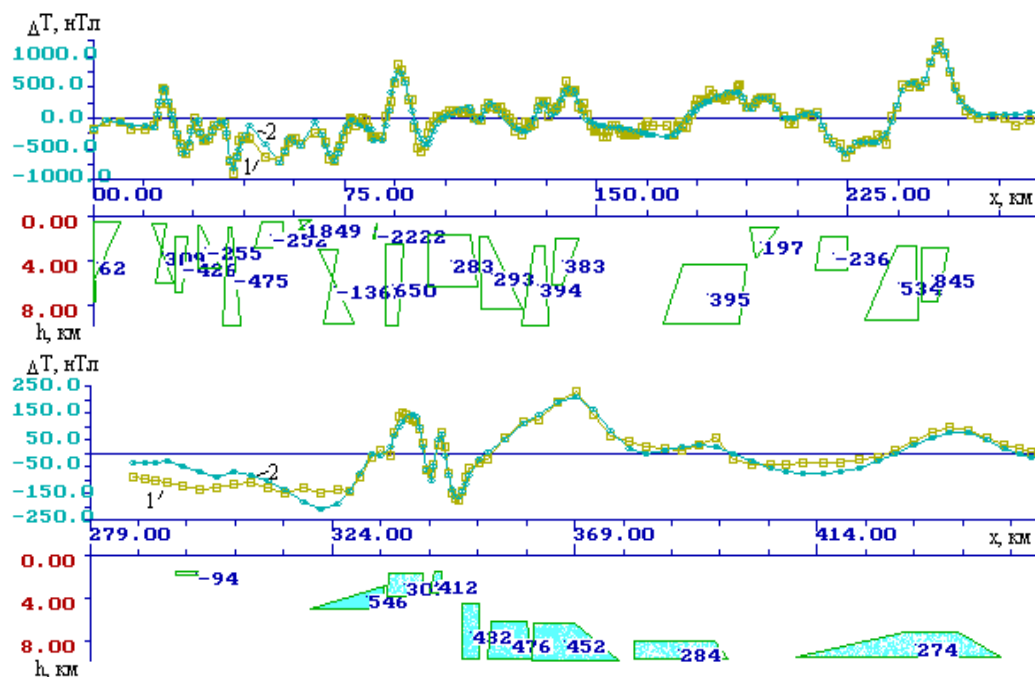


Рис. 6. Аномальне магнітне поле, рельєф дна і результати формального автоматизованого підбору параметрів магнітозбудуючих джерел уздовж галсу 0804 m. Умовні позначення – на рис. 3.

Результати формальної інтерпретації магнітних даних показують чіткий зв'язок магнітоактивних тіл із поверхнею консолідованого фундаменту, положення якої в улоговині Поуелл визначено за результатами сейсмічних досліджень [1].

Проведена формальна інтерпретація матеріалів магнітних зйомок (профілі 304, 404, P20 та ін.), а також результати розрахунків, виконаних для серії профілів зйомки в північній частині улоговини Поуелл [1], показали, що магнітна сприйнятливість джерел аномалій складає 0,05–0,1 од. СІ для всіх модельованих тел. Ці значення знаходяться в добрій відповідності із визначеннями магнітної сприйнятливості зразків порід основного складу з різних ділянок Антарктичного півострова, в тому числі й району станції «Академік Вернадський». Значення магнітної сприйнятливості для порід вулканічних, інтрузивних та жильних комплексів Антарктичного півострова варіюють в достатньо широкому діапазоні від 0,01 до 0,2 од. СІ. Значення від 0,05 до 0,2 од. СІ характеризують магнітну сприйнятливість інтрузивних та жильних утворень основного й середнього складу, сформованих в умовах розтягу земної кори. Як згадувалося вище, саме такі умови переважали в геодинамічному режимі протоки Брансфілда та суміжних структур Західної Антарктики в мезо-кайнозої.

Отримані значення магнітних параметрів відповідають наявності в магматичних породах найбільш поширених магнітних мінералів – титаномагнетиту й магнетиту, в тій чи іншій мірі змінених та окислених у результаті різноманітних процесів диференціації та взаємодії магматичних комплексів земної кори.

Слід зазначити, що значення заміряних магнітних параметрів підтверджують зазвичай прийняте при інтерпретації припущення про субпаралельність індуктивної та

залишкової намагніченості при формуванні магнітоактивних джерел у породах Антарктичного півострова.

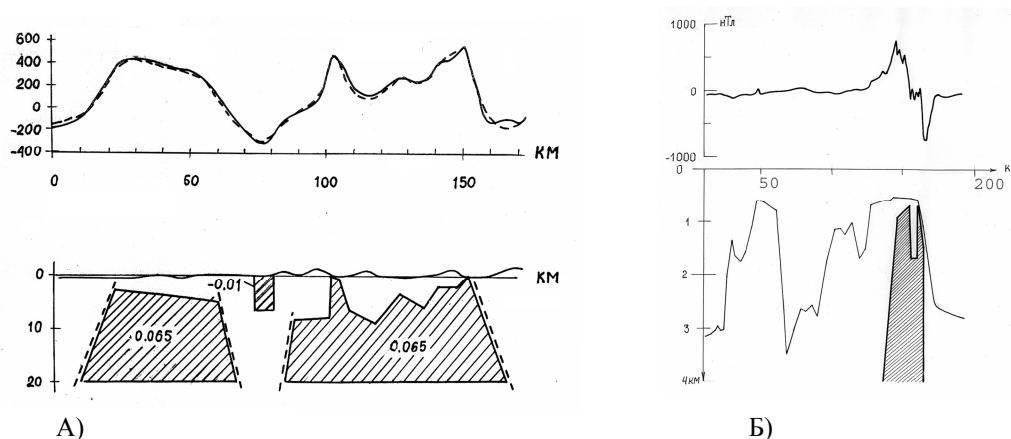


Рис. 7. Результати моделювання інтенсивної магнітної аномалії (ТОМА) в центральній частині Антарктичного півострова (А) та в улоговині Поуелл (Б). Значення магнітної сприйнятливості для порід аномального тіла розрізу улоговини дорівнює 0,07 од. СІ.

Результати моделювання магнітних аномалій цієї смуги показали, що межі магнітоактивного джерела є контрастними, оскільки на профілях, розташованих неподалік від виділеного тіла, аномалії часто мають різко знижений рівень магнітного поля (рис. 7). Замість цього глибинного батолиту на глибині 4–8 км можуть розташовуватися магнітоактивні тіла з магнітною сприйнятливістю 0,01–0,05 од. СІ. У гравітаційному полі ділянках з інтенсивними магнітними аномаліями відповідають зони підвищених до 50–100 мГал значень аномалій у вільному повітрі.

Результати інтерпретації матеріалів ВЕРЗ, отриманих під час проведення сезонних робіт 9-ї та 11-ї УАЕ (2004–2006 рр.), показали, що в розрізах земної кори ділянок узбережжя Антарктичного півострова, де зафіксовано існування ТОМА, виявлено аномальні горизонти, які можуть бути джерелом спостережених геофізичних аномалій.

На профілі 5 поблизу о. Анверс (рис. 8) між станціями №№ 93–99 на глибинах 3–5 км, 9–12 км та 16–18 км, які просторово співпадають із положенням ТОМА, існує аномальний горизонт протяжністю до 70 км. Відомо, що породи, які є джерелом інтенсивних магнітних аномалій уздовж Антарктичного півострова, мають різний вік і переважно основний склад. Дані ВЕРЗ уперше показали особливості глибинної будови цього аномального тіла, яка має значні відмінності на різних ділянках узбережжя.

В розрізах кори кількох ділянок узбережжя, де спостерігається ТОМА, отриманих за даними ВЕРЗ у 2004 році, також є геоелектричні особливості, що показують положення аномальних горизонтів, з якими, можливо, пов'язані магнітоактивні джерела (профілі: 8-8а, пк 190–220; 9-9а, пк 0–30; 10-10а, пк 10–30).

Дані про розподіл магнітних аномалій в цьому регіоні дозволяють більш детально визначити положення гілок ТОМА на схід від Антарктичного півострова, а морфологія зони підвищених аномалій котловини може свідчити про її просторовий і генетичний зв'язок із гілками ТОМА, виділеними в області протоки Брансфілда.

Раніше в [1–4] було показано, що продовження південної гілки цієї аномалії може розташовуватись на краю котловини Поуелл. Продовження її північної гілки може тягнутися в широтному напрямі на південь від островів Елефант і Кларенс, розташовуючись на південь від Південного хребта Скоша, де воно обривається структурами улоговини Поуелл.

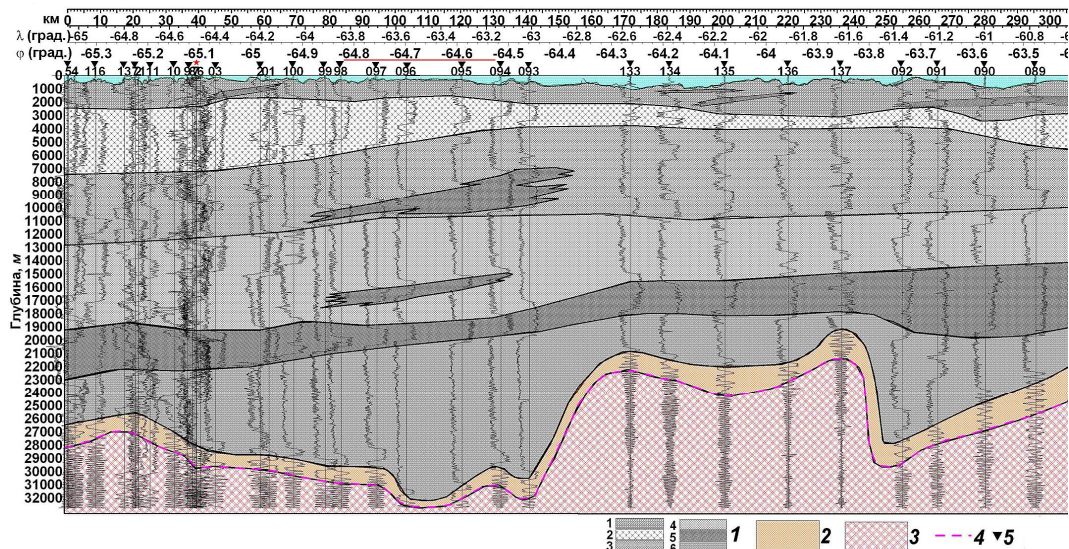


Рис. 8. Схематична модель глибинної будови земної кори узбережжя Антарктичного півострова поблизу о. Анверс. Умовні позначення: 1 – комплекс ефузивних і кристалічних порід; 2 – породи перехідного прошарку «кора-мантія»; 3 – породи верхньої мантії; 4 – розділ Мохо; 5 – пункти ВЕРЗ.

При аналізі наявних матеріалів магнітних зйомок в улоговині Поуелл були запропоновані різні варіанти продовження ТОМА. Існування різних варіантів північно-східного продовження гілок ТОМА, можливо, пов'язане з тим, що складна тектонічна взаємодія окремих блоків на межі Антарктичної плити та плити Скоша спричинила часткову втрату намагніченості утворень, а це ускладнює кореляцію магнітних аномалій.

На всіх вивчених профілях північна частина цього хребта дуже слабо проявляється в магнітному полі, що дає підставу припускати не тільки відсутність магнітоактивних джерел, але й можливу відмінність літологічного складу. Можливо, земну кору в північній частині хребта складено не основними породами, а більш кислими або метаморфічними, подібними до тих, які оголюються на островах Елефант і Кларенс [1, 4].

Можна припустити, що північна гілка ТОМА не продовжується до улоговини Поуелл або що сюди можуть продовжуватись обидві гілки ТОМА, хоча й сильно зближені у просторі. При цьому, як припускається в [1], північна гілка продовжується вздовж Південного хребта Скоша в межі північної країни улоговини Поуелл, а південна гілка продовжується до її східної та західної країн (рис. 9).

Результати інтерпретації лінійних магнітних аномалій в котловині Джейн, розташованій на схід від улоговини Поуелл поблизу Південно-Оркнейського мікроконтиненту, показали [6], що на ньому виділяються аномалії віком 14,4–19,5 млн. років.

Ці магнітні аномалії поблизу Південно-Оркнейського мікроконтиненту можуть бути пов'язані з існуванням батолиту, аналогічного тому, який пояснює існування ТОМА вздовж всього узбережжя Антарктичного півострова. Можливо, він існує на місці давньої дуги, де проходив процес поглинання океанічної кори моря Уедделла. Можливість існування такого процесу підтверджують дані про вік формування молодшої (17,6–14,4 млн. років) океанічної кори в задуговій системі котловини Джейн, отримані в результаті інтерпретації та моделювання магнітних аномалій [6].

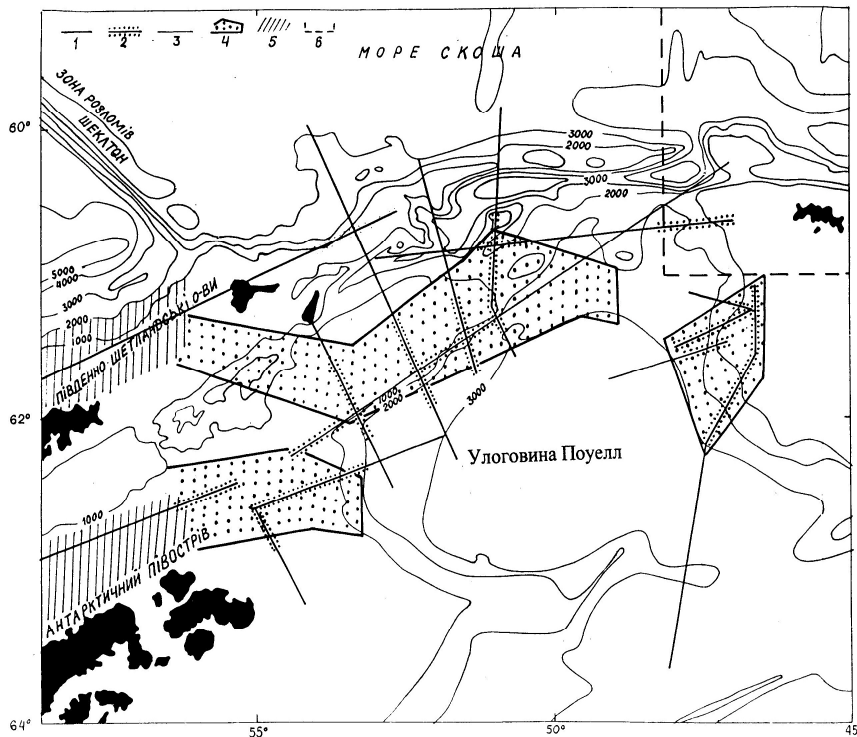


Рис. 9. Схема продовження зони інтенсивних магнітних аномалій (ТОМА) з протоки Брансфілда до улоговини Поуелл.

Умовні позначення: 1 – положення сейсмічних та магнітних профілів зйомки; 2 – ділянки розповсюдження інтенсивних магнітних аномалій; 3 – ізолінії глибин; 4 – ймовірне положення зони інтенсивних магнітних аномалій в улоговині Поуелл; 5 – положення зони інтенсивних магнітних аномалій (ТОМА) в протоці Брансфілда; 6 – положення південно-західної частини Оркнейського полігону.

Дані магнітних зйомок і моделювання джерел аномалій уздовж окремих профілів показали, що в північній частині улоговини Поуелл також можна виділити прикордонні області, де формується особливий тип аномалій, контролюючих положення перехідної зони від континентальної кори хребта до кори океанічного типу улоговини Поуелл.

4. Висновки

Аналіз матеріалів магнітних зйомок, одержаних під час проведення морських геофізичних експедицій на НДС «Ернст Кренкель», дозволив уточнити просторове положення гілок регіональної Тихоокеанської крайньої магнітної аномалії (ТОМА) від Антарктичного півострова далі на північний схід, до улоговини Поуелл. Магнітне моделювання аномалій різних сегментів ТОМА показало, що її джерелом може бути батолит основного складу.

Вперше за даними ВЕРЗ побудовано глибинний розріз (до 32 км) ділянок земної кори, над якими спостерігається зона інтенсивних магнітних аномалій. Аномальні горизонти на глибині 3–18 км можуть мати відношення до формування магнітозбудуючих джерел цих ділянок ТОМА.

Дані магнітних зйомок дають підставу припускати, що впровадження батолиту основного складу в континентальну кору хребта відбулося в крейді, в період тривалого існування прямої полярності поля. Відкриття улоговини Поуелл в олігоцені привело до тектонічної активності структур всієї прикордонної області. Ці процеси продовжувались і в кайнозой.

Перелік посилань

1. **Surinach E., Galindo-Zaldivar J., Maldovaldo A., Livermore R.** Large Amplitude Magnetic Anomalies in the Northern Sector of the Powell Basin, NE Antarctic Peninsula. *Mar. Geophys. Res.*, 1997, 19, 65–80.
2. **Garrett S.W.** Interpretation of Reconnaissance Gravity and Aeromagnetic Surveys of the Antarctic Peninsula. *J. Geoph. Res.*, 1990, 95, 6759–6777.
3. **Garrett S.W., Herrod L.D.B. and Mantripp D.R.** Crustal structure of the area around Haag nunatacs, West Antarctica: New aeromagnetic and bedrock elevation data // *Gondwana Six: Structure, Tectonics and Geophysics*, *Geophys. Monogr. Ser.*, vol.40, edited by G.D.McKenzie, AGU, Washington D.C. – 1987. – P. 109–115.
4. **Johnson A.C.** Interpretation of new aeromagnetic anomaly data from the central Antarctic Peninsula. *J. Geoph. Res.*, 1999, vol. 104, 5031–5046.
5. **Levashov S.P., Yakymchuk N.A., Korchagin I.N., Solovyov V.D., Pyschaniy Ju.M.** Geoelectric investigations of crustal inhomogeneities at the Antarctic Peninsula area. The 4th Balkan Geophysical Congress – International Conference of Applied Geophysics and Earth Physics, Bucharest Romania, 9–12 October 2005. Extended Abstracts compact disk. 4 pages.
6. **Bohoyo F., Galindo-Zaldivar J., Maldonado A., Shreider A.A. & Surinach E.** Basin development subsequent to ridge-trench collision: the Jane Basin, Antarctica. *Mar. Geophys. Res.*, 2002, 23, 413–421.