Annuaire de l'Université "St. Kliment Ohridski", Faculté de Physique, 98, 2005

ГЕОФИЗИЧНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ В РАЙОНА НА БЪЛГАРСКАТА НАУЧНА БАЗА НА ОСТРОВ ЛИВИНГСТЪН, АНТАРКТИКА, 2002 г.

НИКОЛА КРЪСТЕВ*, ДИМО ДИМОВ**, ВЛАДИМИР СТАНЧЕВ,
ПЕТЪР СТАВРЕВ***

Катедра "Метеорология и Геофизика"
*"Милвекс" ООД
**Катедра "Геология и Палентология"
***МГУ "Св. Иван Рилски"*

Никола Кръстев, Димо Димов, Владимир Станчев, Петър Ставрев. ГЕОФИЗИЧНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ В ЗОНАТА НА БЪЛГАРСКАТА БАЗА НА ОСТРОВ ЛИВИНГСТЪН, АНТАРКТИКА, 2002 г.

Остров Ливингстън е вторият по големина остров в Южношетландския архипелаг. Разположен е между Южношетландския жлеб от север и рифтовата структура на пролива на Бренсфилд от юг. Различават се следните литоложки структури: седиментен комплекс на формацията Майерс Блъф; дъговият вулканогенноседиментен комплекс е представен от формация Маунт Боулес; батолитов комплекс на Антарктическия полуостров; многоелементен дайков комплекс и квартернерни толеити и алкални образования от лава на Пойнт формацията. В периода януари–февруари 2002 г. бяха проведени детайлни геомагнитни изследвания в района на нос Хесперидес на о. Ливингстън, Антарктика, като продължение на дребномащабните магнитопроучвателни работи в района на полуостров Хърд от 1996-1997 г. Целта на настоящите изследванията бе изучаване възможностите на магнитния метод за детайлно картиране на разкриващо се интрузивно тяло с габродиоритов до кварцдиоритов състав. Дайковите формации, внедрени във флишоподобните скали от пермска(?) и триаска възраст на формацията Майерс Блъф, са успешно трасирани.

Nikola Krastev,Dimo Dimov, Vladimir Stanchev, Peter Stavrev. GEOPHYSICAL INVESTIGATIONS IN THE AREA OF THE BULGARIA SCIENTIFIC BASE AT LIVINGSTON ISLAND, ANTARCTICA, YEAR 2002

Livingston Island is the second biggest island of the South Shetland archipelago. It is situated between South-Shettland channel from the north and the rift structure of the Bransfield strait from the south. The following lithological structures are distinguished: metasedimentary complex of the Mayers Bluff formation; volcanogenic-sedimentary complex of the Bowles formation; arc plutonic complex of the batholit of Antarctica peninsula; multiple dyke complex and Qaternary tholeitic and alkaline lavas of the Point formation. Detail geomagnetic investigations have been carried out during the period January-February 2002 in the region Hesperides cape at Livingston Island, Antarctica, as a continuation of the small-scale magnetic prospecting of the Hurt Peninsula in 1996-1997. The obtained results prove the high effectiveness of magnetic method in detail mapping of the outcropping Lower Cretaceous intrusive body of gabbro-diorite to quartz-diorite composition.

The dyke formations, intruded within flish-lice rocks of Permian(?) and Triassic age from the Mayers Bluff formations, have been successfully traced.

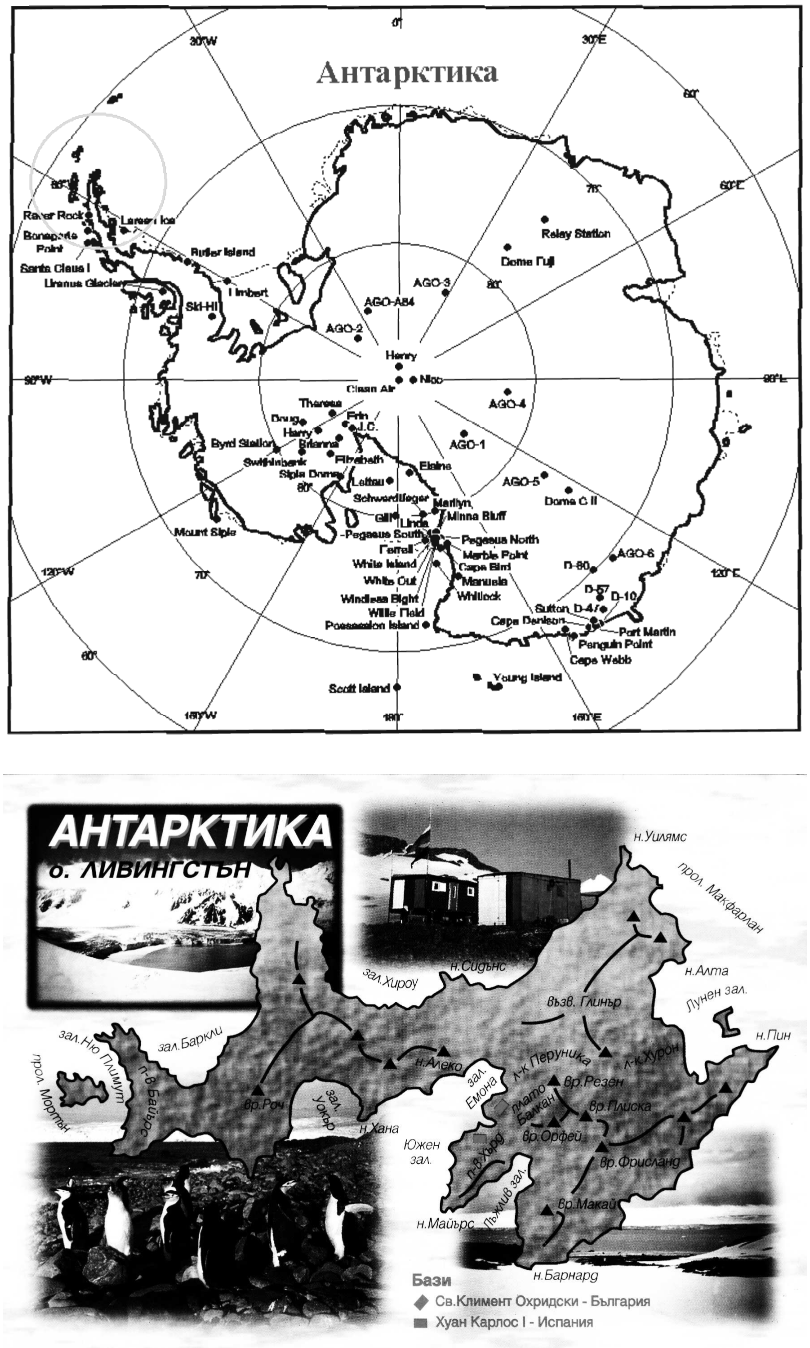
Keywords: magnetic measurement, magnetic fields, geomagnetism

PACS numbers: 91.25.Cw, 93.30.Ca

1. КРАТКА ГЕОЛОГО-ГЕОГРАФСКА ХАРАКТЕРИСТИКА НА РАЙОНА

Областта Антарктика, включваща континента Антарктика и прилежащия океан, все още остава до голяма степен неизследван район на Земята. Архипелагът на Южношетландските острови с дължина 550 km и ориентация югозапад-североизток е разположен южно от Южна Америка (фиг. 1), от която го дели широкият около 1000 km пролив на Дрейк. Южните Шетланди са отделени от северната част на Антарктическия полуостров (Земята на Греъм) чрез пролива на Бренсфилд, който е широк приблизително 160 km. Остров Ливингстън, на който е построена Българската научна база, е вторият по големина остров в Южношетландския архипелаг. Той е дълъг приблизително 70 km и широк между 6 и 25 km. В по-голямата си част е покрит от ледници. Разкритията, едва 10% от площта му, са ограничени в крайбрежните части и по някои остри върхове (нунатаци), и то главно през летните месеци. В геоложко отношение мястото на остров Ливингстън заедно с целия архипелаг попада между Южношетландския жлеб от север и рифтовата структура на пролива на Бренсфилд от юг.

В геоложкия строеж на Южношетландските острови и прилежащата Земя на Греам (Антарктика) участват няколко тектонски елемента: цокъл, призма на акреция, преддъгови басейни, магматична дъга, заддъгови и вътрешнодъгови басейни. Цокълът е изграден от домезозойски скали и се разкрива в източната част на Антарктическия полуостров. Метаморфните и деформираните скали на акреционната призма са отделени от метаморфния комплекс Скоша. Възрастта на този комплекс е от ранна юра до палеоген. Деформирани флишоподобни скали с пермска(?) и триаска възраст се разкриват в Антарктическия полуостров, в Южнооркнейските острови и на о. Ливингстън (формация Майерс Блъф). Скалите на тази единица изграждат турбидитна



Фиг. 1. Карта на Антарктика и о. Ливингстън

последователност с дебелина около 3 km [1] при неразкрита основа. Изградена е предимно от пясъчници, глинести шисти, алевролити и ивици или лещи от конгломерати. Дъговият вулканогенноседиментен комплекс е представен от формация Маунт Боулес, изградена от вулканокластични брекчи, силове и дайки, които се включват в групата вулкански скали с горноюрско-долнокредна възраст. Тази формация се отделя от формацията Майерс Блъф с ъглов дискорданс. Лавите, дайките и силовете са базалти, андезити и долерити и са с добре доказана горнокредна възраст чрез калиевоаргонов (K-Ar) метод [2]. Плутоничните скали от дъговия комплекс на батолита на Антарктическия полуостров се разкриват на няколко места на о. Ливингстън, включително и в изследваната през 2002 г. площ. Най-младите скали на острова са включени във формацията Инот пойнт. Представена е от свежи базалтови лави, шлакови конуси, стратифицирани туфи и лапилни туфи. По своите петроложки особености скалите са оливинови толеити и оливинови алкални базалти.

2. МЕТОДИКА НА ПОЛЕВИТЕ ГЕОМАГНИТНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ

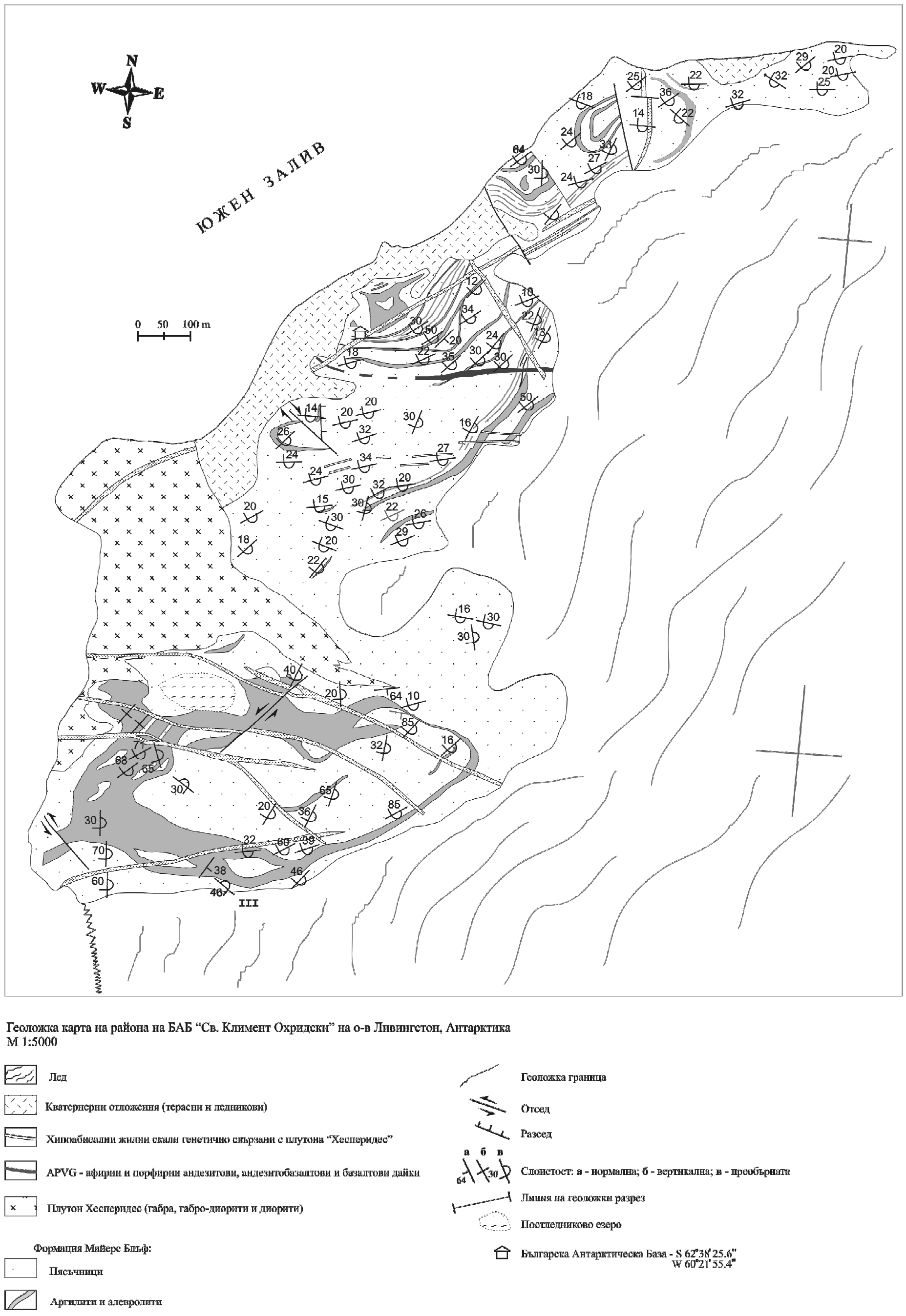
В периода януари-февруари 2002 г. в състава на десетата българска научна експедиция са проведени детайлни геомагнитни изследвания в района на нос Хесперидес на о. Ливингстън като продължение на дребномащабните магнитопроучвателни работи в района на полуостров Хърд от 1996–1997 г. [3].

Целта на тези изследванията е изучаване възможностите на магнитния метод в специфичните условия на Антарктика за детайлно картиране на разкриващо се долнокредно интрузивно тяло с габродиоритов до кварцдиоритов състав и по-млади дайкови скали, внедрени във флишоподобните скали с пермска(?) и триаска възраст на формацията Майерс Блъф (фиг. 2).

Полевите геофизични изследвания са извършени на почти изцяло разкрит от ледниците терен с превишения на релефа от 0 до 100 m (фиг. 3). На площ с големина около 0,3 km^2 е проведена детайлна геомагнитна снимка в М 1:5000. По предварително разбита мрежа от тринадесет профила (фиг. 4) е измерена големината на тоталния вектор $\vec{T}$ на земното магнитно поле (ЗМП) с протонен магнитометър тип MP-2 (Scintrex, Канада). Геомагнитните измервания са извършени при съблюдаване на основните методични изисквания за високоточна магнитна снимка в М 1:5000. Разстоянията между профилите е 50 m, а разстоянията между пунктовете на наблюдение – 10 m [4].

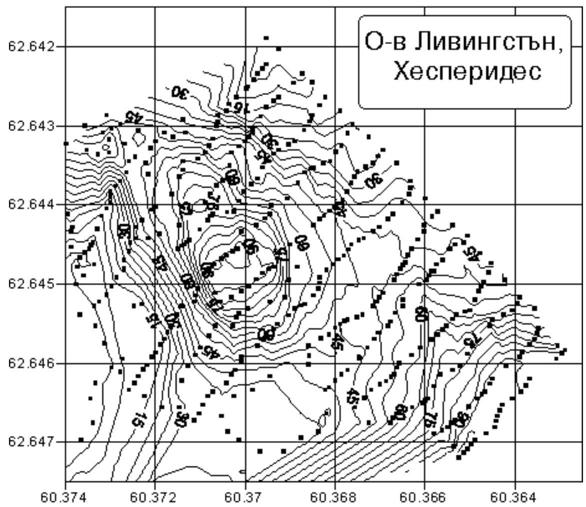
За определяне координатите на означените точки на измерване е използвана GPS система за ориентация (моделен апарат GARMIN E-TREX SUMMIT), позволяваща висока точност на позициониране.

Въведена е и поправка за дневните вариации на магнитното поле, любезно предоставени от колегите геофизици от испанската антарктическа база “Хуан

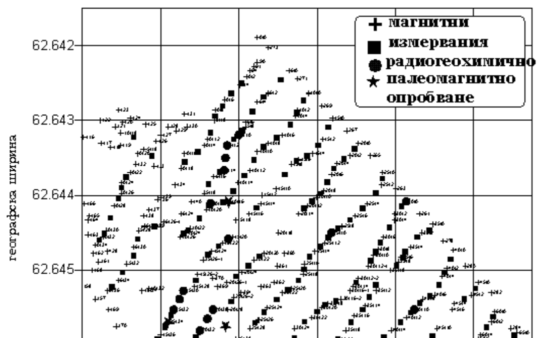


Фиг. 2. Геоложка карта на района на БАБ "Св. Климент Охридски" на о. Ливингстън, Антарктика

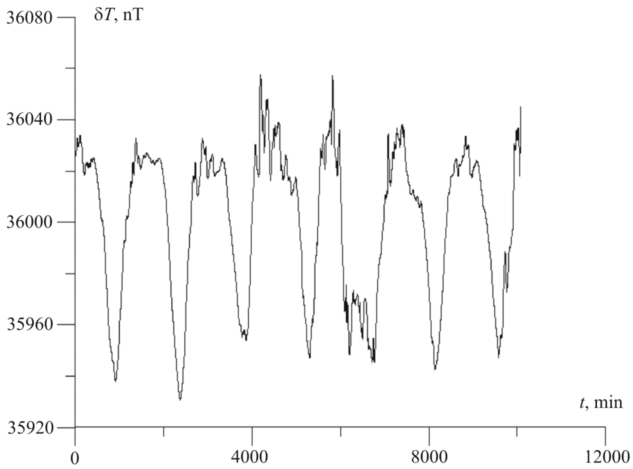
Карлос I", която е разположена на около 2 km южно от изследваната площ. Представа за спецификата на дневните вариации на тоталния вектор $\vec{T}$ на ЗМП в района на о. Ливингстън дава графика на фиг. 5. Полевите измервания съвпадат както с периоди на относително плавни изменения на повишаване или понижаване на ЗМП с амплитуди до 60–70 nT, така и с периоди на силно диференциран (високочестотен) ход на дневната вариация.



Фиг. 3. Топографска карта



Фиг. 4. Карта на фактическия материал

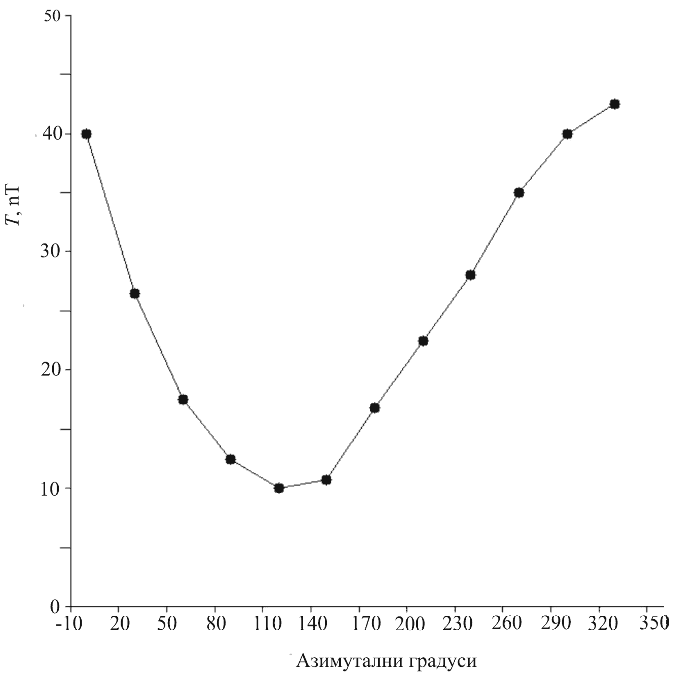


Фиг. 5. Магнитни вариации за периода 29.01–5.02.2002 г.

При избора на контролна точка, разположена в близост до изследвания участък, е спазено условието за наличие на хомогенно магнитно поле с градиент около 1 nT/m. За повишаване точността на магнитните измервания ориентацията на оста на магниточувствителния блок на магнитометъра ($120^\circ \pm 30^\circ$) е съобразена с резултатите от предварително проведените на място експерименталните азимутални изследвания , чиято амплитуда е над 30 nT (фиг. 6). Извършени са контролни измервания по няколко профила в обем около 5% от общия обем измервания.

Въз основа на първичната информация от полевите наблюдения е построена на място предварителна геомагнитна карта на тоталния вектор $\vec{T}$ на ЗМП. Тя дава първоначална информация за структурата на магнитното поле в изучаваната площ и фиксира местоположението на няколко магнитни аномалии. От данните за магнитната възприемчивост [5] е известно, че за някои скали тя се мени в широки граници. Това обяснява и относително широкия интервал ($>$ 1500 nT), в който се изменя наблюдаваното геомагнитно поле. С цел контрол и обвързване на редовите измервания са проведени допълнителни наблюдения по няколко маршрута, проектирани напречно на основните профили и съобразени с особеностите на структурата на измереното магнитно поле. Тези допълнителни измервания потвърдиха принципно данните от редовите измервания и местоположението и интензитета на отделените основни магнитни аномалии.

По данните за координата (надморската височина) от GPS измерванията е построена и карта на релефа на изучаваната площ (фиг. 3). От съпоставянето на двете полеви карти се установи, че няма пряко съответствие между релефните форми на терена и структурата на измереното геомагнитно поле.



Фиг. 6. Азимутална крива на магнитометър MP-2

В ареала на основните магнитни аномалии са извършени допълнителни геоложки наблюдения, полева капаметрия с капаметър KT-3, събиране на ориентирани скални образци за лабораторни палеомагнитни изследвания и радио-геохимично опробване. Местата на различните видове опробвания са означени на картата на фактическия материал (фиг. 4). Целта на допълнителните геолого-геофизични и радиогеохимични изследвания е получаване на нова информация за петрографския и радио-геохимичния състав на скалите и петромагнитните им свойства в обсега на отделените магнитни аномалии за тяхната еднозначна геоложка интерпретация.

В хода на допълнителните наблюдения се установява, че две от аномалиите с ограничени размери, оконтурени чрез корелация на единични максимуми по 2-3 съседни профила и разположени косо на профилната мрежа, са свързани с единични разкрития на микродиоритови дайки. Те са внедрени сред слабомагнитните скали на формацията Майерс Блъф. По-сериозен интерес предизвиква голямата положителна аномалия свързана с плутона Хесперидес с примерни размери около 400 на 100 m и максимални измерени стойности на $\vec{T}$ над 37 500 nT и особено разположената от запад-югозапад в съседство с нея добре издържана по простиране тясна отрицателна аномалия с най-ниски измерени стойности на $\vec{T}$ под 36 000 nT. В обсега на последната се редуват различни по петрографски състав скални разновидности и ограничени места, покрити със шлакови конуси и остатъци от ледници с предполагаема дебелина на леда не повече от първите няколко метра. Природата на отрицателната магнитна аномалия не можа да бъде определена еднозначно на място.

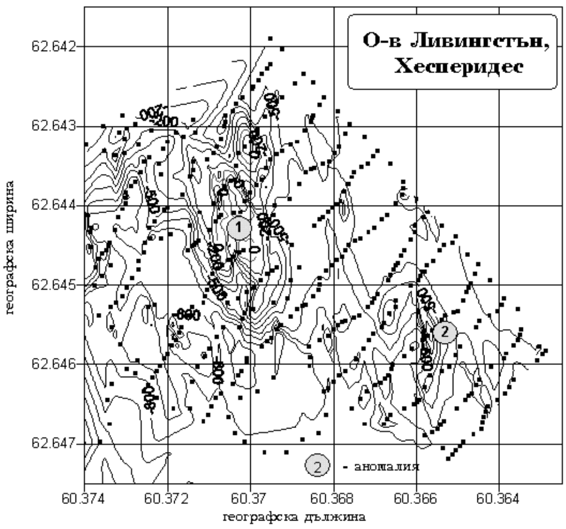
3. ОБРАБОТКА И ИНТЕРПРЕТАЦИЯ НА ПОЛУЧЕНИТЕ ДАННИ

След приключване на полевите изследвания е проведена специализирана обработка на 299 магнитни данни (табл. 1) с използване на цялата налична геолого-геофизична информация.

В случая аномалното геомагнитно поле ΔT е изчислено по формула

$$\Delta T = T_{\mathrm{mes}} - (T_{\mathrm{n}} + \delta T_{\mathrm{var}}), \tag{1}$$

където T_{mes} е измерената в даден момент стойност на полето на физическата повърхност на Земята; T_{n} – нормалното геомагнитно поле (International Geomagnetic Reference Field – епоха 2000.0); δT_{var} – стойността на вариацията на геомагнитното поле за точката на измерване в момента на измерване.



Фиг. 7. Карта на аномалното геомагнитно поле

Противно на очакванията средноквадратичната грешка, изчислена по формулата

$$\sigma = \pm \left[\sum_{1}^{n} \frac{\delta^2}{n-1} \right]^{1/2}, \tag{2}$$

след въвеждане на поправка за дневни вариации се оказва доста голяма – ±37 nT. Необходими са допълнителни изследвания и анализ на факторите, които обуславят тази голяма грешка – вероятно това са металната обвивка на захранващите батерии, спецификата на изменение на дневните вариации и др.

По отношение на сечението на изолиниите (100 nT) получената карта дава възможност за установяване на основните закономерности в разположението на аномалиите и връзката им с геоложките смутители. Интензитетът на полето ΔT като цяло варира в интервала от -1000 до $+200$ nT. В изследваната площ то е предимно отрицателно. Отчетливо се обособяват три подредени в субмеридионално направление аномалии – две положителни и една отрицателна в аномалното поле (фиг. 7).

4. ИЗВОДИ

1. Магнитният метод, прилаган по равномерна мрежа и в подходящ мащаб, е високо ефективен за картиране на разновъзрастови магнитоактивни магмени тела с различна големина и пъстър веществен състав, залягащи сред по-слабо магнитните скали на седиментната формация Майерс Блъф.

2. В общия случай релефът на терена не оказва видимо влияние на резултатите от геомагнитните измервания. Не се наблюдава пряка корелация между релефните форми и местоположението на различните по форма, знак и интензивност магнитни аномалии.

3. Независимо, че по време на полевата работа са спазени основните методични изисквания, получената грешка на геомагнитната снимка от порядъка на 40 nT налага при бъдещите работи да се обърне по-специално внимание на измененията на дневните вариации на ЗМП, да се изследва влиянието върху редовите измервания на металната обвивка на захранващите батерии и др.

4. При провеждане на магнитни снимки в площи повсеместно покрити с ледници е необходима информация за дебелината на ледената покривка в точките на измерване.

ЛИТЕРАТУРА

1. Hobbs, J.G. The geology of the South Shetland Island: IV. The geology of Livingston Island. British Antarctic Survey Scientific reports, **34**, 1968, 47.
2. Smellie, J.L., R. Liesa, Munoz, F. Sabat, R. Pallas, R.C.R. Willam. *Antarctic science*, **7**, 1995, 99.
3. Станчев, Вл., Д. А. Димов. *Българско геофизично списание* XXIII, **3**, 1997, 115.
4. Ревякин, П.С., В.В. Бродовой, Э.А. Ревякина. Высокоточная магнито-разведка. Ленинград, Недра, 1986.
5. Jordanova, D., D. Dimov, Vl. Stanchev. *Ann. de L,Universite de Sofia "St. Kliment Ohridski", Feculte de geologie et geographie. Livre I – Geologie.* **92**, 2000, 177.
6. Димитров, Л.В., П.Я. Ставрев. Магнитни методи в геофизиката. София, МГУ, 1986.

7. Шолпо Л.Е. Использование магнетизма горных пород для решения геологичес-ких задач. Ленинград, Недра, 1977.
8. Каменов, Б. Геохимия и радиогеохронология на плутоничните тела от остров Ливингстън, Антарктика, заключителен отчет по дог. НИ-А-502/1995.
9. Smellie, J.L., R. Pallas, F. Sabat & X. Zheng. Age and correlation of volcanism in central Livingston Island: K-Ar and geochemical. *Journal of South America. Eart Scienses*, 1995.

Постъпила декември 2004 г.

Владимир Станчев
Софийски университет "Св. Климент Охридски"
Физически факултет
Катедра "Метеорология и Геофизика"
Бул. "Дж. Баучър" 5
1164 София, България
E-mail: stanchev@phys.uni-sofia.bg

Таблица 1. Обработка на резултатите

λ	φ	ΔT	$T_{\rm mes}$	$\delta T_{\rm var}$	$T_{\rm mes} - \delta T_{\rm var}$	$T_{\rm n}$	пункт	
62.6422	60.3695	-589.3	36421	-1.7	36422.7	37012		90
62.6423	60.3696	-558.3	36452	-1.7	36453.7			91
62.6423	60.3697	-574.6	36435	-2.4	36437.4			94
62.6424	60.3698	-619.4	36390	-2.6	36392.6		0/2	
62.6425	60.37	-623.9	36385	-3.1	36388.1		0/4	
62.6427	60.3704	-510.5	36498	-3.5	36501.5		0/6	
62.6429	60.3706	-528.0	36480	-4.0	36484.0		0/8	
62.643	60.3706	-553.8	36454	-4.2	36458.2		0/10	
62.6433	60.3708	-395.6	36612	-4.4	36616.4		0/12	
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
62.6445	60.3739	-375.7	36608	-28.3	36636.3			163
62.6443	60.3739	-779.3	36204	-28.7	36232.7			164
62.6443	60.3738	-835.9	36147	-29.1	36176.1			165
62.6441	60.3739	-696.6	36286	-29.4	36315.4			166
62.6439	60.3741	-409.2	36573	-29.8	36602.8			167
62.6455	60.3733	-929.0	36050	-33.0	36083.0			169
62.6458	60.3731	-894.6	36084	-33.4	36117.4			170
62.6485	60.3734	-843.8	36125	-43.2	36168.2			192
62.6485	60.3741	-857.6	36111	-43.4	36154.4			193
62.6488	60.3742	-770.3	36198	-43.7	36241.7			194
62.6486	60.3745	-844.1	36124	-43.9	36167.9			195
62.6485	60.3746	-823.9	36144	-44.1	36188.1			196
62.6484	60.3742	-847.3	36120	-44.7	36164.7			197
62.6481	60.3744	-720.0	36247	-45.0	36292.0			199
62.6476	60.3729	-560.2	36405	-46.8	36451.8			200
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
62.6451	60.3711	-671.3	36291	-49.7	36340.7		15/26-2	
62.6446	60.3715	-685.7	36276	-50.3	36326.3		10/26	
62.6445	60.3714	-413.7	36548	-50.3	36598.3		10/24	
62.6444	60.3713	-422.8	36539	-50.2	36589.2		10/22	
62.6442	60.3708	34.1	36996	-50.1	37046.1		10/20	
62.6441	60.3707	46.1	37008	-50.1	37058.1		10/18	
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
62.6462	60.3637	-714.3	36282	-15.7	36297.7		55/6	
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-