

Анализ и обратни задачи за геомагнитното и гравитационно поле на плутона Хесперидес на остров Ливингстон, Антарктика

Петър Ставрев¹ и Никола Кръстев²

¹ Минно-геоложки университет „Св. Иван Рилски”, София, stavrev@mgu.bg;

² Български Антарктически Институт, София, nkrastev@yahoo.com;

Ключови думи: магнитни трансформации, магнитно моделиране, обратни задачи, Хесперидес, Антарктика

Analysis and inversion of magnetic and gravity anomalies of the pluton Hesperides at Livingstone Island, Antarctica

Petar Stavrev¹ and Nikola Krastev²

Abstract. The Hesperides plutonic body outcrops SE from the Hesperides cape at Livingstone Island, near the Bulgarian Antarctic Base “St. Kliment Ohridski”. This is a Lower Cretaceous intrusive body of gabbro-diorite to quartz-diorite composition and younger dyke formations among fliш-like rocks of Permian and Triassic age from the Meyers Bluff formation. Magnetic measurements of the total field cover the region of Hesperides with a grid of 50x10 m. A gravity profile crosses the elongated plutonic outcrop. Magnetic data analysis shows anomalous field consisting of intensive regional field of -587 nT and local field above the plutonic body with maximum value of 962 nT. The residual local field is transformed to the vertical component Z , modulus of the anomalous magnetic vector T and vertical derivative T_z before quantitative interpretation to be applied.

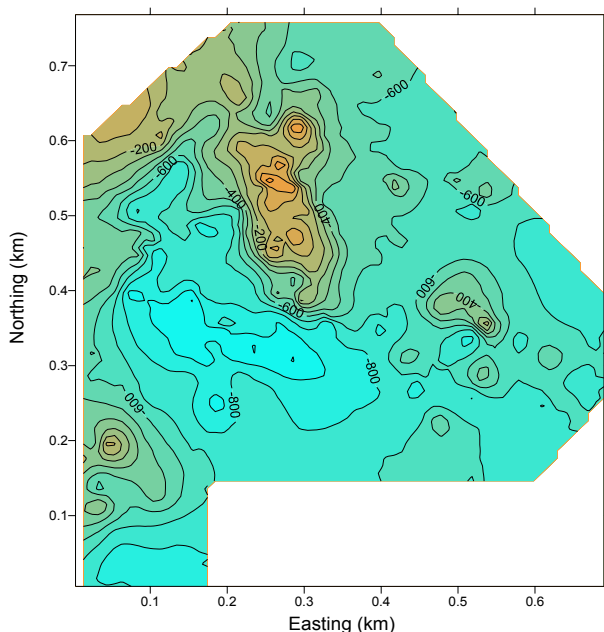
The plutonic body is represented by a 2.5D model with a star-like vertical cross-section that allows a unique solution of the inverse problem to be obtained. Results from the performed optimization of the model using magnetic data along a line across the axis of Hesperides anomaly shows the plutonic body with width of 200 m and vertical size of 300 m. The length of the body is greater than 400 m. The normally oriented vector of magnetization has the value of 1.7 A/m characteristic for the middle basic to basic composition of the intrusive massives.

Въведение. Плуто̀нът Хесперидес (Каменов 1995) се разполага югоизточно от нос Хесперидес на остров Ливингстон, недалеч от Българската Антарктическа База „Св. Климент Охридски”. Изгражда се от долнокредна интрузия с габро-диоритов до кварц-диоритов състав и от помлади дайкови формации проникнали сред флишоподобни скали с пермска и триаска възраст на формацията Майерс Блъф. Плуто̀нът се разкрива на повърхността образувайки удължена субмеридионално, издигната релефна форма с амплитуда до 100 m. Принадлежи на плутоничните скали от дъговия комплекс на батолита на Антарктическият полуостров, разкриващи се на няколко места на остров Ливингстон.

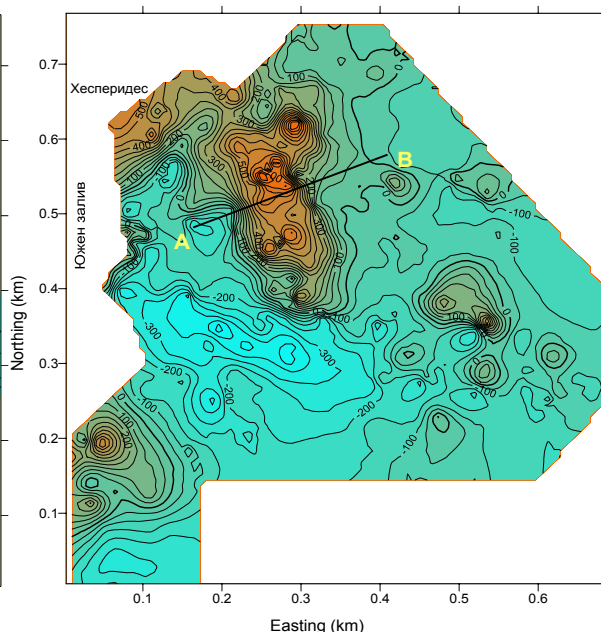
Базичните и среднобазични интрузивни скали се характеризират с повишени магнитни свойства спрямо вестващите ги скални масиви, което се потвърждава и от наблюдаваната интензивна магнитна аномалия над плутоничното тяло Хесперидес. Плътноста на интрузивните скали от този вид надхвърлят тази на околните скали, което създава условия за тяхната проява също и в аномалното гравитационно поле. Извършената детайлна магнитна снимка в района (Krastev *et al.*, 2002) и профилната гравиметрична снимка от 2006 г. предоставят необходимите данни за изследване на дълбочинното разпространение, размерите и морфологията на плутона. Наред с полевите геофизични измервания, има събрани и множество скални образци от разкритите територии около БАБ, което позволи в резултат на лабораторни изследвания в СУ и МГУ да се очертае картината на съотношенията на скалните разновидности в района по техните физични свойства (Jordanova *et al.* 2000, Ставрев и др. 2007). Така, на основата на проведените теренни и лабораторни работи, както и на наличните геоложки сведения се създадоха условия да се пристъпи към качествена и количествена интерпретация на аномалните геофизични полета в района на плутона Хесперидес. Приложени са методи на спектрални трансформации за анализ на потенциални полета и методи на моделиране и оптимизация на звездни модели за решаване на обратната 2.5-мерна магнитна задача по профил пресичащ аномалията Хесперидес.

Резултатите от проведената интерпретация на геофизичните данни се представят в следващите раздели тук.

Анализ на аномалното магнитно поле. Интензитетът на аномалиите ΔT спрямо IGRF за епоха 2000.0 варира между -1069 nT и 375 nT (Фиг. 1). То е предимно отрицателно. Отчетливо се обособяват три изтеглени субмеридионално екстремни зони – две с максимални стойности и една с минимални. С най-висока стойност се отделя аномалията свързана с плутона Хесперидес. На запад-югозапад в съседство с нея се оформя добре издържана по простирание зона на минимални аномални стойности. В обсега на последната се редуват различни по петрографски състав скални разновидности. По-малката по площ аномалия в югоизточната част, с размери около 200x100 m и максимум -200 nT, е предизвикана от присъствието в геоложкия разрез на тънка апофиза от плутона, проследяваща се от централната му част към югоизток (Фиг. 1). В северозападната част на картата се наблюдава повишаване на интензитета на аномалното поле към бреговата линия. По-малките по размер аномалии са свързани с единични разкрития на микродиоритови дайки. Те са внедрени сред слабомагнитните седиментни скали на формацията Майерс Блъф.



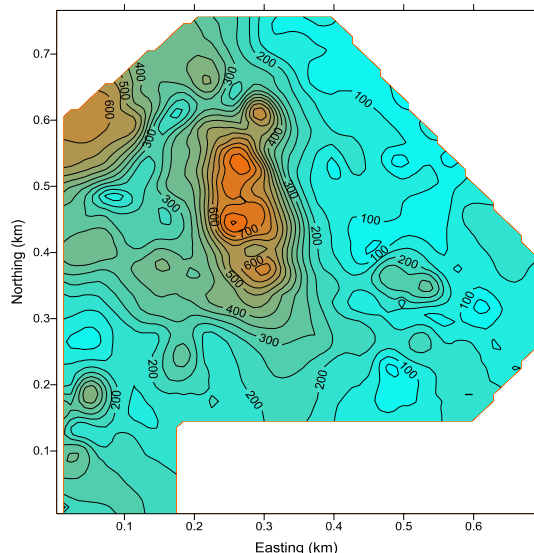
Фиг. 1. Карта на аномалното магнитно поле ΔT с отчитане на нормално поле IGRF 2000.0



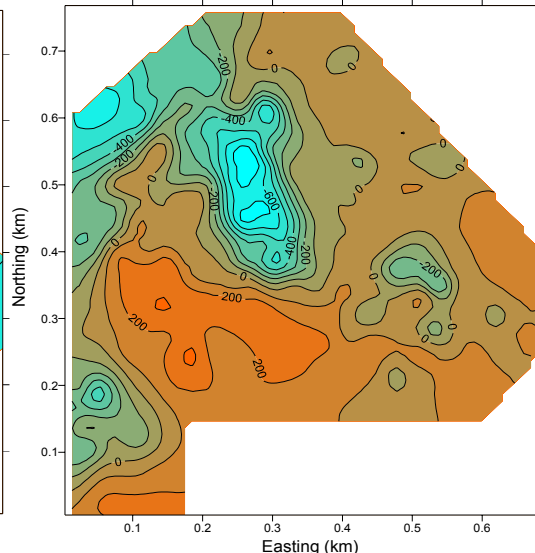
Фиг. 2. Карта на локалното поле ΔT с линията на интерпретационния профил АВ

Характерът на аномалното поле с преобладаващи отрицателни стойности, размерите, интензитетът и знакът на аномалните прояви, заедно с известните и очаквани геоложки източници ни показват, че аномалното поле съдържа отрицателен регионален фон и локални аномалии с преобладаващ положителен по знак главен екстремум. Отрицателният фон може да се дължи на няколко фактора: (а) отдалечен крупен източник на магнитно поле; (б) изкуствен фон в IGRF заради разрежена мрежа геомагнитни данни за района. Според известното за геологията на остров Ливингстон, най-вероятно е големият тоналитов батолит Бернард Поинт да е източникът на фоновото поле. Възможно е обаче и двата фактора да оказват своето въздействие. Независимо от причините за присъствието на фоновото поле, то може да се приеме за постоянно в пределите на малката площ на участъка Хесперидес. Това улеснява неговото отделяне чрез пресмятане на средната стойност на полето, която стойност очертава с добро приближение нулевото ниво на локалната аномалия. Резултатът е показан на Фигура 2, на която изпъква аномалията Хесперидес с максимум 962 nT. В отрицателните по знак периферии минимумите са до -450 nT.

Локалното аномално поле, представено чрез големината на аномалния магнитен вектор T , е дадено на Фигура 3. Тази трансформация на измереното поле е слабо чувствителна към посоката на вектора на намагнитеността и има добре центрирани максимуми над телата, причинили аномалията (Stavrev and Gerovska, 2000). Трансформацията към аномалия Z на Фигура 4 показва с отрицателния си главен екстремум, че плутоничното тяло има нормалната за тези географски ширини намагнитеност с отрицателна стойност на инклинацията.



Фиг. 3. Карта на изчислената трансформация T



Фиг. 4. Карта на изчислената трансформация Z

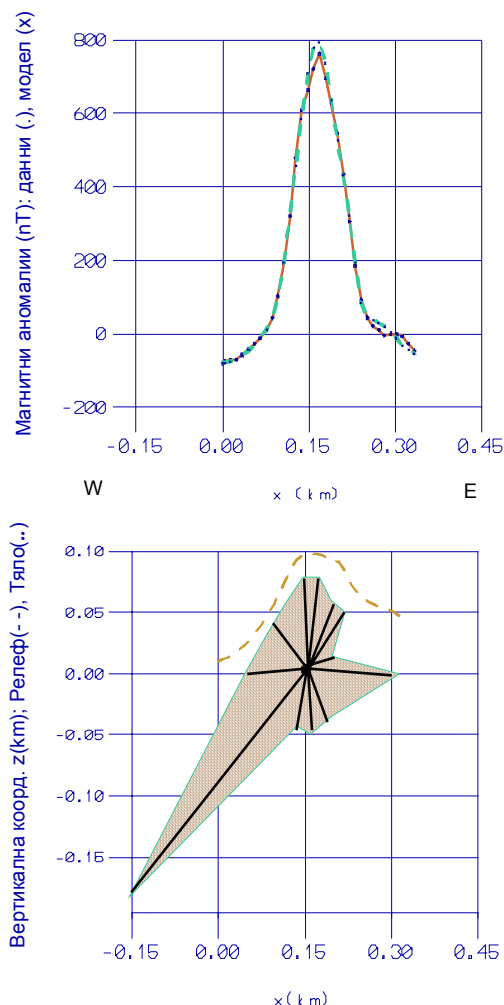
Основните изводи от извършения анализ са следните: (а) В района на нос Хесперидес се отделя интензивен регионален фон с отрицателна стойност на магнитната аномалия ΔT ; (б) Локалните аномалии имат положителни главни екстремуми и се предизвикват от източници с права за района намагнитеност; (в) с най-голяма интензивност и площно покриване се отделя удължената в субмеридионално направление аномалия свързана с плутона Хесперидес.

Моделиране и инверсия на аномалията Хесперидес. Аномалията има дължина 400 m и ширина 150 m отчетени по нулевата изолиния (Фиг. 2). Изтеглеността на аномалията позволява тя да се третира като създадена от удължено в същата посока тяло. Ето защо в първо приближение обратната задача може да се решава с помощта на 2.5-мерен магнитен модел по един напречен профил АВ, показан на Фигура 2. Физико-геометричният модел на интрузивното тяло Хесперидес е представен от 2.5-мерно тяло с хомогенна намагнитеност, разположено хоризонтално по дължина и имащо звездовидно напречно вертикално сечение. За такъв модел обратната задача има еднозначно решение. Намагнитеността на модела е взета с посока по нормалното геомагнитно поле в района с инклинация -60° и деклинация 15° по IGRF-2002.0, според направения по-горе извод за права намагнитеност на скалния масив. Но големината на вектора е включена в набора параметри подлежащи на определяне. Геометрията на модела е зададена с многоъгълник, имащ 12 страни (Фиг. 5). Звездната форма се поддържа чрез лъчи от една фиксирана вътрешна на тялото точка до ъгловите точки на сечението. Дължините на тези лъчи са търсените геометрични параметри на модела. В горната си част сечението следи известния релеф на земната повърхност по напречния магнитен профил АВ. Дължините на лъчите нагоре са ограничени естествено до пресичането на земната повърхност. Настрани и надолу дължините на лъчите са по-слабо ограничени в процеса на оптимизация, като могат да достигат многокилометрови стойности. Оптимизацията на модела от вида даден на Фигура 5 извършваме с автоматизирана минимизация на целева функция F от вида

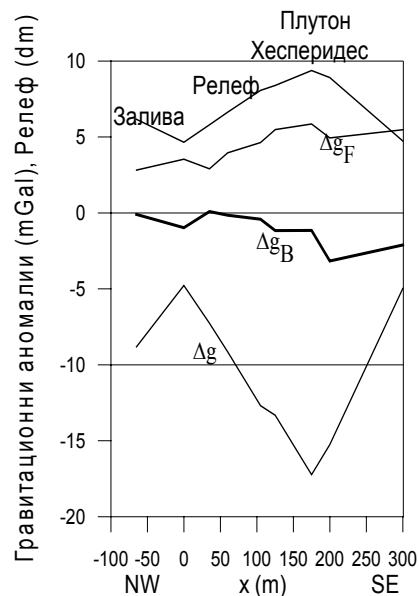
$$F(p) = \sum [A_i(x_i, z_i, p) - D_i(x_i, z_i)]^2, \quad i = 1, 2, \dots, n,$$

където $p = (p_1, p_2, \dots, p_m)$ е наборът от m на брой параметри на модела; $A_i(x_i, z_i, p)$ е изчислената аномалия на модела при зададени стойности на параметрите; $D_i(x_i, z_i)$ е определената от измервания магнитна аномалия в n на брой точки. За регуляризация на обратната задача решението се търси при зададени ограничения върху стойностите на набора параметри p . Приложена е компютърната програма

RMAG25 (Ставрев и Радичев, 1989) от програмната система за интерпретация на магнитни и гравитационни данни MAGRAV, разработена в МГУ.



Фиг. 5. Напречен магнитен профил по линията А-В на Фиг. 2 и вертикално сечение на 2.5-мерен модел на плутона Хесперидес



Фиг. 6. Гравиметричен профил пресичащ разкритието на плутона Хесперидес

Резултатът за оптимизирания 2.5-мерен модел на плутона Хесперидес по данните от напречния магнитен профил А-В на локалната аномалия и релефа е показан на Фигура 5. Горната част на модела следи релефа на дълбочини от 20 до 50 m., което се дължи вероятно на изветрителната кора на масива. Ширината на модела напречно на простирането достига 200 m. В дълбочина моделът се стеснява с наклон на запад. Този наклон се потвърждава и от гравиметричния профил Δg_B на Фигура 6. Вертикалният размер на тялото е около 300 m. Отбелязаните размери са минималните, получени в най-тясната част на аномалията. Възможно е интрузивът да има продължение в дълбочина по каналите на постъпване на магмения материал. Но магнитният ефект от такива сравнително дълбоки канали е слаб.

Литература

- Jordanova D., D. Dimov, V. Stanchev. - Magnetic properties of rock samples from Livingston Island (Antarctica) in connection with the interpretation of magnetic anomalies. Ann. de L'Universite de Sofia "St. Kliment Ohridski", Faculte de geol. et geogr. Livre I-Geologie. Tome 92, 2000, 177-187.
- Krastev N., Dimov D., Tocheva Z., Kies A., Stanchev V., Jordanova D., Jordanova N., Stavrev P. - Geophysical investigations in the area of the Bulgarian scientific base at Livingston Island, Antarctica, year 2002. Book of Abstracts, 3rd Balkan Geophysical Congress, Sofia, 2002, 260-261.
- Ставрев. П., Радичев Р. Алгоритми и програми за интерпретация на магнитни и гравитационни аномалии с 2 1/2-мерни модели. - Год. ВМГИ, XXXV, 1988-1989, св. 3, 27 - 38.