



Прилагане на геофизичните изследвания за целите на геоложкото картиране

Ради Радичев, Стефан Димовски

Минно-Геоложки Университет „Св. Иван Рилски“, София 1700;
E-mail: radirad@mgu.bg; dimovski@mgu.bg

R. Radichev, S. Dimovski. 2006. *Application of geophysical methods for the objectives of the geological mapping*. – *Rev. Bulg. Geol. Soc.*, 67, 1–3, 72–80.

Abstract. The tasks and principles of geological mapping require the application of all possible sources of information that avoid the ambiguity and provide the necessary reliability of a detailed mapping. From this point of view, the use of data derived from geophysical surveying is obligatory.

When geophysical methods are applied for the objectives of the geological mapping, then the traditional geophysical interpretation in terms of physical parameters is accompanied by interpretation in geological terms. This geological interpretation is based on the connection between the physical parameters and the particular geological characteristics of a specific rock type, and also on the good correlation between the observed geophysical fields and the known geological facts.

In the geological mapping main attention is paid on the outlining in a horizontal plane. That is based on distinction of a specific rock type, or of a group of rocks, according to different signs and features. When geophysical methods are applied, the rocks are differentiated according to one or more physical parameters. When the values of the geological parameter, used for the mapping, do not show a well-expressed contrast, then it is appropriate to display the interpreted field as intensity logs along certain profiles. The mapping is performed after correlation between the profiles and application of suitable statistical methods. When the geophysical field reveals a complex morphology, it is befitting to utilize proper transforms.

The application of geophysical methods is very effective for mapping of fault structures having different depth expansion. A detailed mapping of near-surface rock alterations is also possible. The correct estimation of the depth distribution of geological formations, i.e. mapping in a vertical plane, is very important for the geological mapping, and especially for the goals of the exploration studies. The integrated interpretation of geophysical data is a base for composing structural-tectonic schemes and maps. Each particular region and each structure are characterized by specific geological-tectonic peculiarities that are revealed by the distribution of geophysical fields. The summarized experience shows that the geophysical studies have high geological efficiency.

Key words: geophysics, geological mapping, integrated problems.

Въведение

Достоверната геоложка карта е основен документ, който определя състоянието на геоложката изученост. В съвременните аспекти на задачите и принципите на геоложкото картиране е необходимо рационалното използване на всички източници на информация, които осигуряват необходимата надеждност, еднозначност и детайлност на картирането. В тази насока използването на данните от геофизичните изследвания е задължително.

При комплексното използване на геоложката информация, получена при традиционните геоложки картиране и данните от геофизичните изследвания следва да се отчитат специфичните особености на геофизичните методи:

— измерените геофизични полета са резултат от влиянието на приповърхностните и на по-

дълбоките части на геоложкия разрез. Следователно с помощта на геофизичните методи може да се извърши обемно геолошко картиране;

— при геофизичните изследвания избраната гъстота на измервателната мрежа в зависимост от мащабите на снимката позволява да се осъществи непрекъснато проследяване на аномалните отклонения, което е предпоставка за достатъчно детайлно картиране на конкретните геоложки характеристики.

При прилагането на геофизичните методи за целите на геоложкото картиране наред с геофизичната интерпретация с термините на физичните параметри (плътност, магнитна възприемчивост, електрично съпротивление и т.н.) се осъществява и геоложка интерпретация в геоложки термини (видове скали, разломи, структури и т.н.). Преминаването към геоложка интерпретация се основава върху връзката между физични-

Таблица 1
 Геофизични методи, прилагани за решаване на основни задачи при геоложкото картиране
 Table 1
 Geophysical methods used for solving main problems during geological mapping

Задача	Методи						
	Гравитационни	Магнитни	Аерогеофизични	Електрични	Сейзмични	Петрофизични	Дистанционни (космически)
Инtruзивни образувания							
Отделяне и определяне пространственото положение на телата	▲ ▲ ▲	▲ ▲ ▲	▲ ▲ ▲	▲ ▲		▲ ▲	▲ ▲
Отделяне на фази, фациеси и изучаване на зоналността	▲ ▲	▲ ▲ ▲	▲ ▲				
Изучаване на хидротермалните изменения на скалите, картиране на контактни ореоли	▲ ▲	▲ ▲	▲ ▲	▲ ▲		▲ ▲	▲ ▲
Изучаване на елементите на обемния строеж	▲ ▲ ▲	▲ ▲	▲ ▲		▲	▲ ▲	
Определяне на формационната принадлежност	▲	▲	▲	▲		▲	
Вулканогенни образувания							
Отделяне и оконтурване на образувания с различни фациеси	▲ ▲	▲ ▲ ▲	▲ ▲	▲ ▲		▲ ▲	▲ ▲
Отделяне и изучаване на структурни форми с вулкански произход		▲ ▲ ▲	▲ ▲			▲ ▲	▲ ▲ ▲
Реконструкция на криптомагмени тела	▲ ▲	▲ ▲	▲ ▲				▲ ▲
Картиране на измененията на вулканогенни скали	▲ ▲	▲ ▲ ▲	▲ ▲	▲ ▲		▲ ▲	▲ ▲ ▲
Разчленяване и картиране							▲ ▲ ▲
Метаморфни образувания							
Определяне на първичния произход	▲ ▲	▲ ▲ ▲	▲ ▲	▲ ▲		▲ ▲	
Изучаване на структурите на метаморфните комплекси, картиране на разломни и гънкови дислокации	▲ ▲ ▲	▲ ▲ ▲	▲ ▲	▲ ▲		▲ ▲	▲ ▲
Изучаване на процесите на регионален метаморфизъм						▲ ▲	
Седиментни образувания							
Изучаване на геоложкия разрез	▲ ▲	▲ ▲ ▲	▲ ▲	▲ ▲	▲ ▲	▲ ▲	
Проследяване и оконтурване на отделените подразделения	▲ ▲	▲ ▲ ▲	▲ ▲	▲ ▲	▲ ▲	▲ ▲	▲ ▲
Възстановяване на условията на седиментация						▲	
Определяне на формационната принадлежност						▲	
Кора на изветряне							
Изучаване и картиране	▲ ▲	▲ ▲	▲ ▲	▲ ▲		▲ ▲	
Тектонски структури							
Определяне на общия структурен план	▲ ▲ ▲	▲ ▲ ▲	▲ ▲		▲		▲ ▲ ▲
Картиране и изучаване на пликативни структури	▲ ▲	▲ ▲ ▲	▲ ▲	▲ ▲	▲ ▲		▲ ▲
Картиране и изучаване на дизонктивни нарушения	▲ ▲ ▲	▲ ▲ ▲	▲ ▲	▲ ▲	▲		▲ ▲ ▲

Обозначения за прилаганите видове геофизични методи:



Основни



спомогателни



прилагани в отделни случаи

те параметри и конкретни геоложки характеристики на определен вид скали, а също и върху добрата корелация между наблюдаваните геофизични полета и изследвани геоложки факти.

Геофизични методи самостоятелно или комбинирани в подходящ комплекс с други методи успешно се използват за решаване на практически всички основни задачи, поставени при геоложкото картиране. Възможностите на конкретните методи, степенувани в три нива, са систематизирани в табл. 1.

Подходът към комплексирането на различните методи и тяхното прилагане в целесъобразна последователност зависи главно от спецификата на геоложкия строеж на изследваните територии. Най-обобщено данните от геофизичните изследвания успешно се използват за изучаване на геоложкия строеж в хоризонтална и във вертикална посока.

Комплексната интерпретация на данните от геофизичните изследвания е основа за съставянето на структурно-тектонски схеми и карти. Най-широко приложение при решаването на тази задача намират гравипроучването, магнитопроучването и електричните методи. Всеки конкретен район и всяка структура се характеризират със специфични геолого-тектонски особености, които намират проявление в разпределението на геофизичните полета. Обобщението на натрупания опит показва, че на геофизичните снимки е присъща висока геоложка ефективност при обемно картиране на различни интрузии, вулкански образувания и подводящите им канали, както и разчленяването на седиментно-метаморфните комплекси.

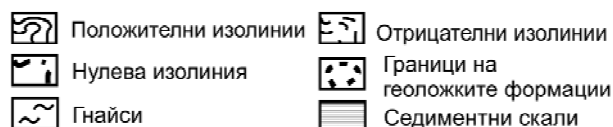
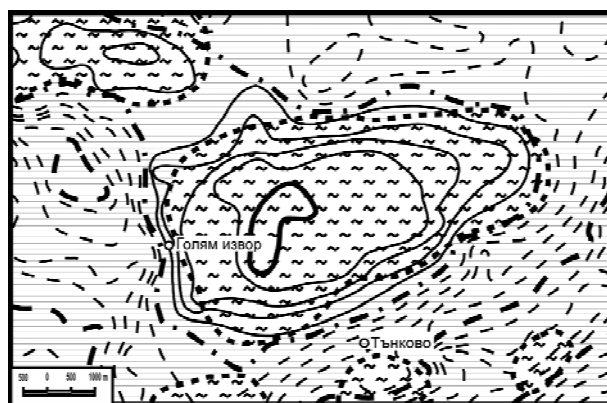
Картиране в хоризонталната равнина

При геоложкото картиране основното внимание е насочено към картирането на скалите в хоризонталната равнина (в план). При това се извършва разграничаването (оконтурването) на скали или групи от скали с различни признаци или свойства. При прилагането на геофизичните методи това се свежда към разделянето на скалите по един или повече физични параметри. Възможностите за картиране на контактите между различните скални комплекси се основават най-често върху поведението на полетата над „пласт“ и „праг“. Резултатите от геофизичните снимки обикновено се представят във вид на карти на изолиниите. При слабо изразена или неиздържана контрастност на използвания за картиране геоложки параметър е целесъобразно представянето на интерпретираното поле във вид на графики на интензитета по профили. Картирането се осъществява чрез корелация между профилите, при което е целесъобразно използването и на подходящи вероятностно-статистически методи. Целесъобразността от използването на геофизични методи при геоложкото кар-

тиране в хоризонталната равнина може да се илюстрира с някои конкретни резултати.

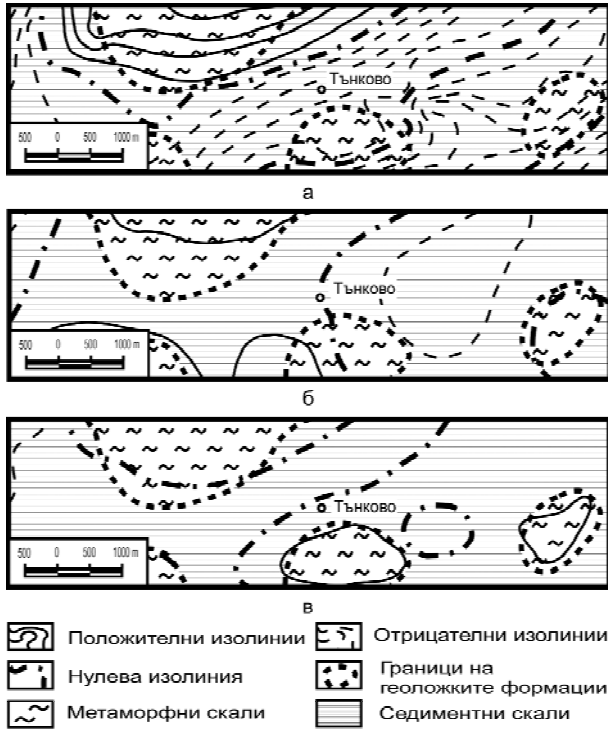
Показаната на фиг. 1 схема на полето на силата на тежестта в район от Централни Родопи най-обобщено е в обхвата на контакт между гнайси и седиментно-ефузивен скален комплекс. Съществува много добра диференциация на плътността ρ ($0,2-0,3 \text{ g/cm}^3$) и значителни обеми контактиращи скали. Това обуславя нарастване на силата на тежестта над метаморфните скали и сравнително добро разпределение на градиента на полето. При тези благоприятни условия контактът на гнайсите може да се картира убедително. Отделните разновидности на седиментно-ефузивния комплекс не се разграничават отчетливо поради незначителните и нееднозначни плътностни вариации.

При сложна морфология на полето, която се наблюдава главно в периферните зони на блоковите структури, е целесъобразно използването на подходящи трансформанти. Тези възможности добре се илюстрират на фиг. 2 за югоизточната част на площта, представена на фиг. 1. Върху фона на интензивния гравитационен преход на наблюдаваното гравитационно поле проявлението на повърхностното разпределение на скалите с различна плътност е силно ретуширано (фиг. 2а). Вариационните аномалии при радиус на осредняване $2,5 \text{ km}$ (фиг. 2б) позволяват добре да се картират плътностните разновидности, но най-детайлно оконтурване на повърхностното разпределение на скалите в обхвата на гравитационния преход се постига по остатъчното гравитационно поле от аналитичното продължение в горното полупространство на височина 2 km (фиг. 2в).



Фиг. 1. Разпределение на полето на силата на тежестта в района на Тънковското подуване

Fig. 1. Scheme of the gravitational field distribution in the region of the Tankovo uplift

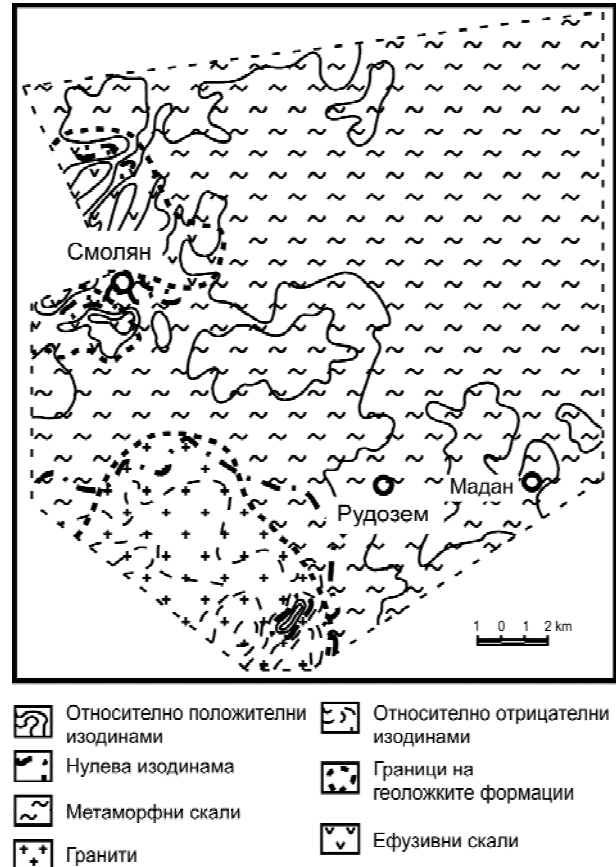


Фиг. 2. Картиране в хоризонталната равнина на метаморфния комплекс в района на Тънково: а) разпределение на полето на силата на тежестта; б) вариационни аномалии при радиус на осредняване 2,5 km; в) остатъчно гравитационно поле от аналитичното продължение в горното полупространство на височина 2 km

Fig. 2. Mapping in a horizontal plane of the metamorphic complex in the region of Tankovo: а) scheme of the gravitational field distribution; б) scheme of the gravitational fields variation anomalies distribution, compiled from the centre-point and ring method of Griffin using circle of radius $R = 2.5$ km; в) scheme of the residual gravity field distribution, derived from the upward continuation at height $H = 2$ km

Скалите, диференцирани по магнитни свойства, много добре се картират по картите на разпределението на изменението на вертикалната компонента на геомагнитното поле ΔZ . На фиг. 3 се илюстрират възможностите за картиране в условията на Централни Родопи. Използва се възходящата градация по магнитната възприемчивост α на гранити, моласови утайки, метаморфити и ефузивни.

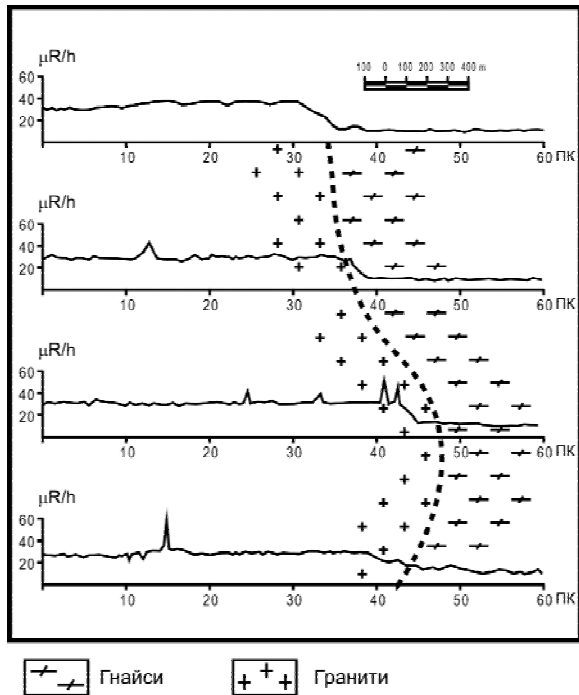
При слабо изразена или неиздържана контрастност на използвания за картиране физичен параметър е целесъобразно представянето на интерпретираното поле във вид на графики на интензитета по успоредни профили. Картирането се осъществява чрез корелация от профил към профил. На фиг. 4 се илюстрира възможността по графиките на гама-интензивността да се картира контакта между гранити и гнайси, а на фиг. 5 — контакта между риолити и диорити. За гнайсите и диоритите са характерни фонове стойности на естествената радиоактивност (10–15 $\mu R/h$), докато гранитите и риолитите имат относител-



Фиг. 3. Разпределение на вертикалната компонента на геомагнитното поле в южната част на Централни Родопи

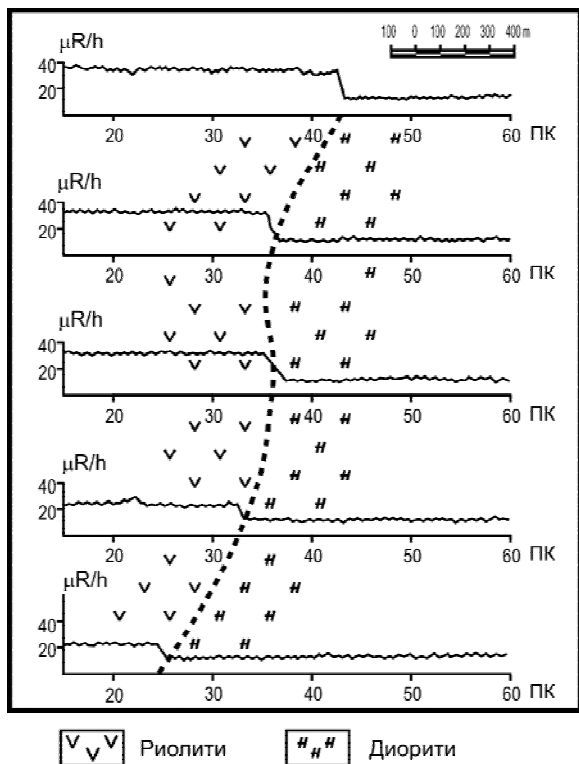
Fig. 3. Scheme of the geomagnetic field vertical component distribution in the southern part of the Central Rhodopes

но повишена естествена радиоактивност и интензитетът на гама-лъчението достига до 30–40 $\mu R/h$. В редица случаи детайлните геофизични снимки позволяват успешно да се изследват и картират площните изменения на скалните комплекси. Тази възможност много добре се илюстрира от магнитните и електрични проучвания в северната част на Звездел-Пчелоядското рудно поле, изградено от ефузивно-пирокластичен скален комплекс. Фоновото разпределение на относителните изменения на вертикалната компонента на геомагнитното поле се характеризира с колебания около нулевите или слабо отрицателните стойности. Ширината на екстремумите е по-малка или съизмерима със стъпката на измерване. При тези условия е целесъобразно данните от измерванията да се представят във вид на графики по профилите. Схемата на графиките на относителното изменение на вертикалната компонента на геомагнитното поле е представена на фиг. 6. Зона на спокойно магнитно поле с незначителни вариации около ну-



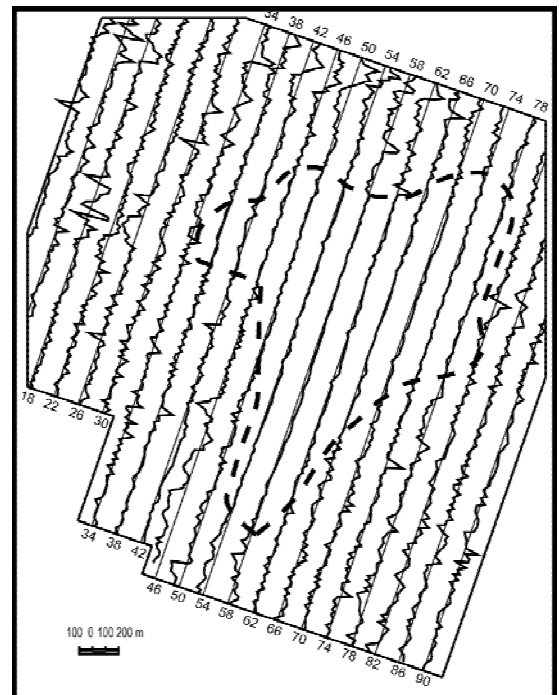
Фиг. 4. Графици на интензитета на естественото гамалъчение, които позволяват да се картира контакта между гранити и гнайси

Fig. 4. Charts of the gamma-ray intensity that makes possible the mapping of the boundary between granites and gneisses



Фиг. 5. Графици на интензитета на естественото гамалъчение, които позволяват да се картира контакта между риолити и диорити

Fig. 5. Charts of the gamma-ray intensity that make possible the mapping of the boundary between rhyolites and diorites

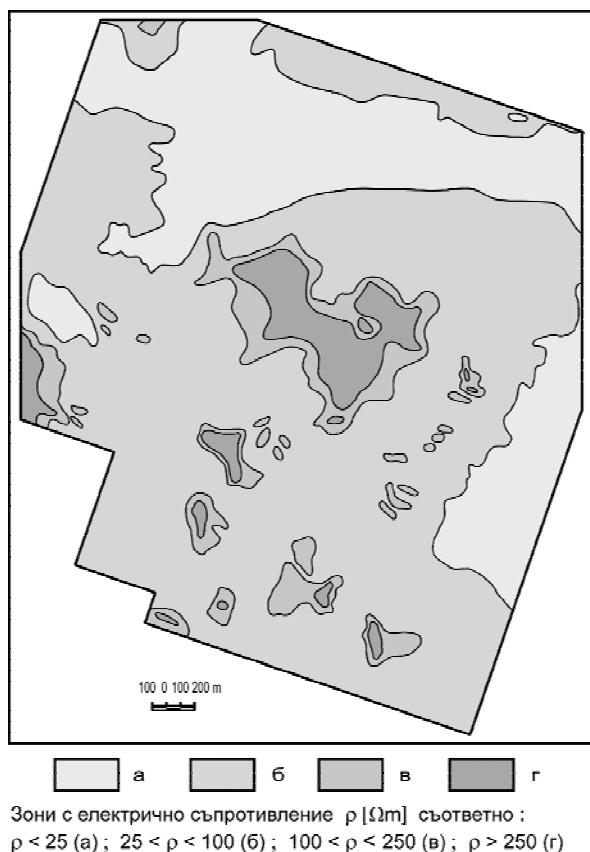


Фиг. 6. Графици на разпределението на вертикалната компонента на геомагнитното поле в северната част на Звездел-Пчелоядското рудно поле и локализиране на пропилитизирани скали с понижена магнитна възприемчивост

Fig. 6. Charts of the geomagnetic field vertical component distribution in the northern part of the Zvezdel-Pcheloyad ore field and localization of propylitized rocks characterized by decreased magnetic susceptibility

левата стойност отразява площната пропилитизация на скалите, при която са разрушени минерали с повишена магнитна възприемчивост и са формирани немагнитни минерали. Допълнителни сведения за площната характеристика на променените скали се получава от схемата на разпределение на привидното съпротивление представена на фиг. 7. Обобщено променените скали имат относително повишено електрично съпротивление спрямо фоните стойности — над 25 Ωm. Анализът на схемата на базата на геоложките представи за отделните фацеси променени скали позволява да се извърши по-детайлно зонироване. Участъците със съпротивление над 100 Ωm отразяват собствено пропилитния фацес, а участъците със съпротивление над 250 Ωm позволяват да се картира развитието на кварц-серицитовия с преходи към кварцовия фацес.

Представените примери илюстрират само някои аспекти на прилагането на геофизичните методи за геолого-геофизично картиране в хоризонталната равнина.



Фиг. 7. Зониране в хоризонталната равнина по електрично съпротивление и детайлно картиране на кварц-серичитовия фациес на променени скали в северната част на Звездел-Пчелоядското рудно поле

Fig. 7. Zoning in a horizontal plane according to electrical resistivity data and detailed mapping of the quartz-sericite facies of altered rocks in the northern part of the Zvezdel-Pcheloyad ore field

Картиране във вертикалната равнина

Съществено предимство при използването на геофизичните методи спрямо преките геоложки методи е възможността за дистанционно картиране във вертикалната равнина. За геоложкото картиране и главно за целите на търсецо-проучвателните работи, съществено значение има оценката на дълбочинното разпределение на геоложките формации, т.е. картирането във вертикалната равнина. Тази задача има първостепенно значение в районите със сложен геолого-геофизичен строеж и често редуване на формации с различни петрофизични характеристики.

Дълбочинното разпределение на аномалиите съдържа твърде значима информация за геоложкия строеж на изследваните територии. То допълва и детайлизира геоложкото картиране в хоризонталната равнина. Интерпретацията на геофизичните полета позволява да се определи формата и дълбочината на залягане на аномалните маси. Методиката на количествена интер-

претация се подбира в зависимост от реалните геолого-геофизични условия.

При сложна морфология на полето, която се наблюдава главно в периферните зони на блоковите структури, както и при картирането в хоризонталната равнина, е целесъобразно използването на подходящи трансформанти.

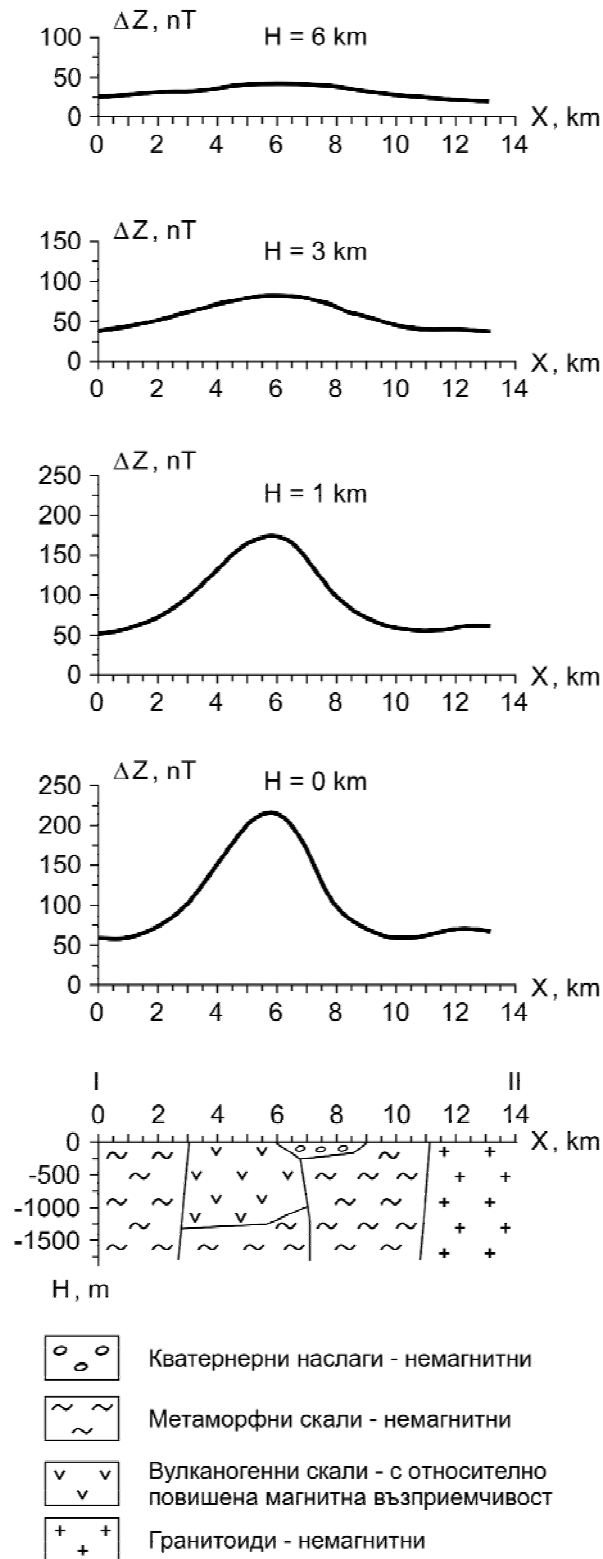
От съществено значение за правилното насочване на комплексната интерпретация на данните от геофизичните изследвания за целите на геоложкото картиране са резултатите от физико-геоложкото моделиране на основните елементи, изграждащи геолого-геофизичните разрези на изследваните територии (Radichev, Dimovski, 1999 и др.).

Много ефективно е прилагането на геофизичните методи за картиране на разломни структури с различна дълбочинна на проникване. Възможно е и детайлно картиране на приповърхностни изменения на скалите (Dimovski, Sevdanov, 2002 и др.).

Интерпретацията на данните от геофизичните изследвания позволява да се определи разпределението в дълбочина на аномалните маси и съответно на геоложките обекти, с които те се идентифицират и да се определят тяхната форма, размери и дълбочина на залягане (Popov et al., 2001 и др.). За целта се използват съвременни компютърни технологии за решаване на правата и обратната геофизични задачи (Stavrev, Radichev, 1998 и др.).

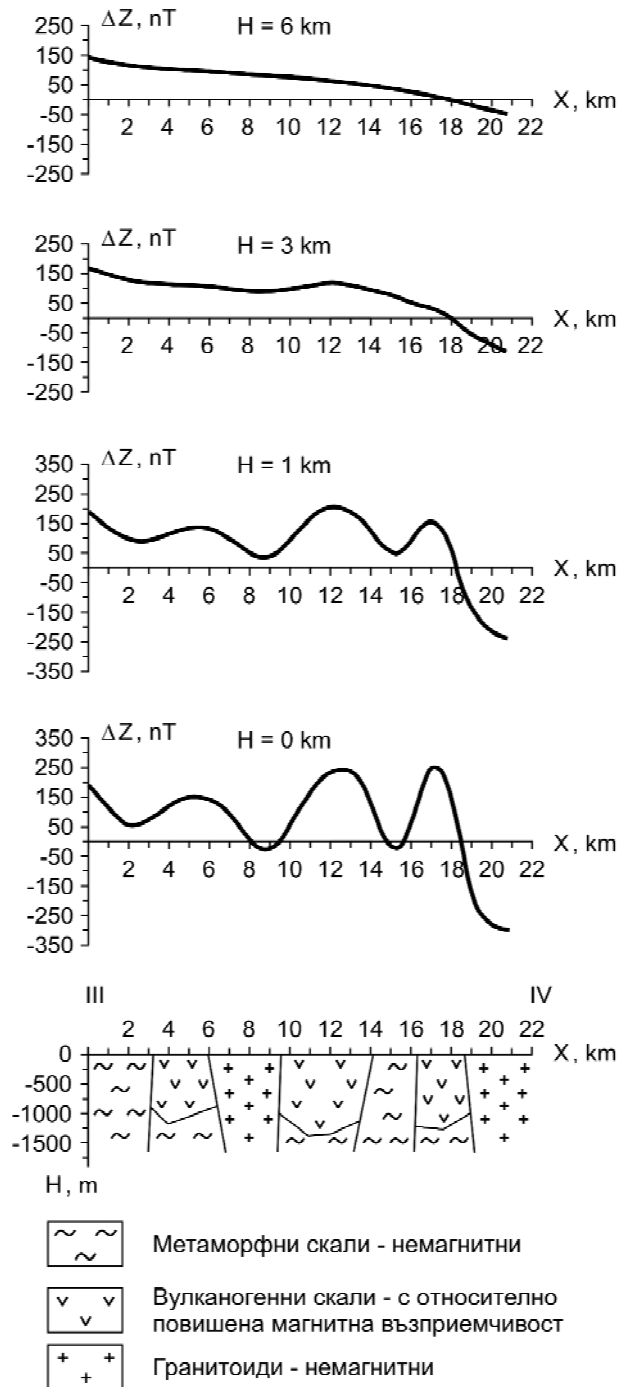
Много добрите възможности за картиране във вертикалната равнина по данни от магнитопроучването се илюстрират чрез представените на фиг. 8 и 9 примерни резултати от геолого-геофизичната интерпретация за два профила в Централно Средногорие. Показано е разпределението на вертикалната компонента ΔZ на геомагнитното поле на четири нива. Основната предпоставка за ефективното прилагане на метода е добрата диференциация на скалите по магнитни свойства. В изследвания район с позитивни аномалии се отделят скалите с повишена магнитна възприемчивост (вулканогенния комплекс), а с негативни аномалии — гранитоидите и скалите на метаморфния комплекс. По първия профил се регистрира само една аномалия, която затихва сравнително бавно (фиг. 8). Това показва значителната вертикална мощност на смутителя, представен от скалите на вулканогенния комплекс, което се потвърждава от представения вариантен геолого-геофизичен модел.

Разпределението на вертикалната компонента ΔZ на геомагнитното поле за втория от илюстрираните профили е силно диференцирано за нива на аналитичното продължение в горното полупространство до около 2 km и след това бързо затихва (фиг. 9). За нивата над 3 km се отразява само регионалният градиент на Средногорския магнитен минимум, който позволява да се картират гранитоидите на Средногорския



Фиг. 8. Разпределение на вертикалната компонента на геомагнитното поле ΔZ на нива 0, 1, 3 и 6 km в горното полупространство по профил в Централно Средногорие; геолого-геофизичен модел по профила

Fig. 8. Geomagnetic field vertical component ΔZ distributions along a line in the region of Central Srednogie, compiled from the upward continuations at heights 0, 1, 3 and 6 km; geologic-geophysical model along the line



Фиг. 9. Разпределение на вертикалната компонента на геомагнитното поле ΔZ на нива 0, 1, 3 и 6 km в горното полупространство по профил в Централно Средногорие; геолого-геофизичен модел по профила

Fig. 9. Geomagnetic field vertical component ΔZ distributions along a line in the region of Central Srednogie, compiled from the upward continuations at heights 0, 1, 3 and 6 km; geologic-geophysical model along the line

антиклинорий. За нивата до 2 km еднозначно се отделят с позитивни аномалии скалите с повишена магнитна възприемчивост, представени от вулканогения комплекс. Гранитоидите и скалите на метаморфния комплекс имат ниска магнитна възприемчивост и формират вместицата среда в представения вариант геолого-геофизичен разрез.

Резултатите от количествената интерпретация на добре оформени относително позитивни локални магнитни аномалии в район от Централно Средногорие, насочена към картиране във вертикалната равнина, са представени на фиг. 10. Показани са средните дълбочини до центъра на магнитоактивните маси, формиращи съответните аномалии. Тези дълбочини са в границите от 0,2 до около 1,0 km.

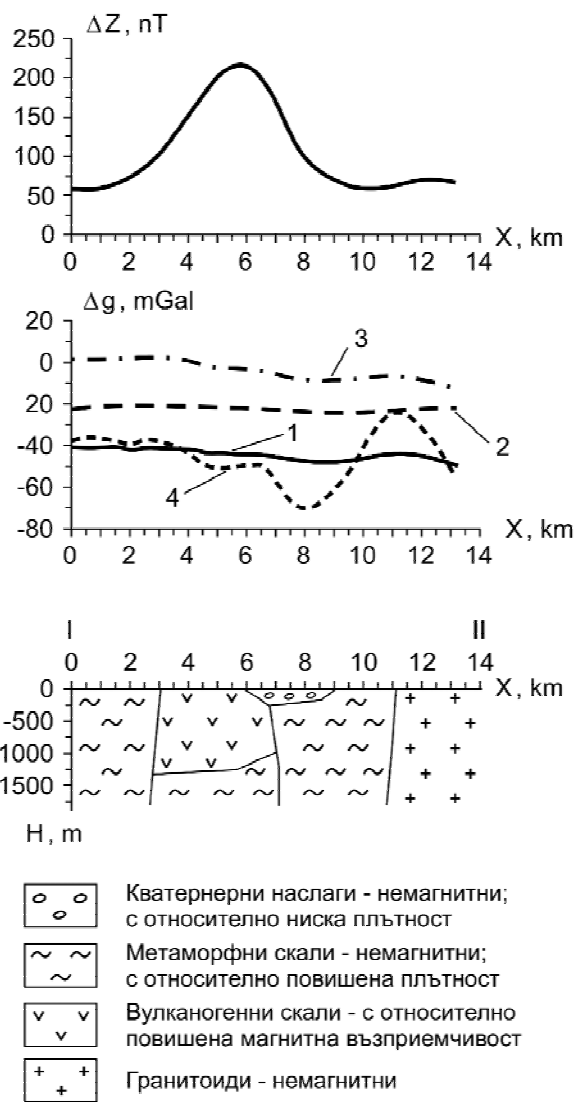
Разпределението на гравитационното поле допълва и детайлизира информацията от анализа и интерпретацията на геомагнитните аномалии. Съвкупният анализ на получени резултати от качествена и количествена интерпретация на данни от гравипроучването в Централно Средногорие за целите на геоложкото картиране във вертикалната равнина показва, че изследваната територия се разполага върху регионално градиентно поле, което обхваща западната



Фиг. 10. Схема на основните локални положителни геомагнитни аномалии в район от Централно Средногорие и дълбочина (в km) до центъра на аномалообразуващите магнитоактивни маси

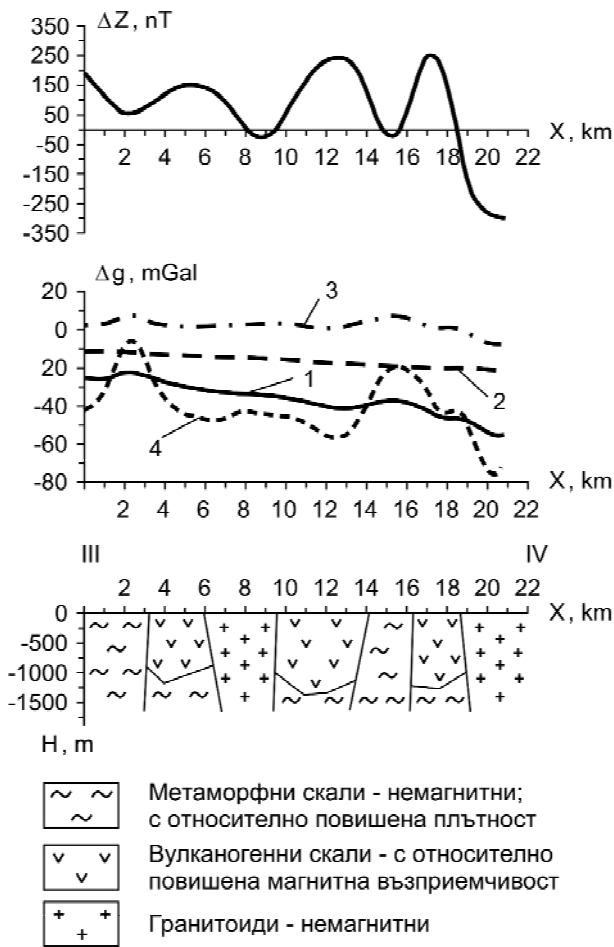
Fig. 10. Scheme of the main local geomagnetic anomalies in an area of the Central Srednogie and depths (in kilometres) toward the centres of the anomaly-forming magnetic masses

част на Панагюрския гравитационен минимум. На фиг. 11 и фиг. 12 се представят вариантите геолого-геофизични модели по разглежданите профили в Централно Средногорие (фиг. 8 и 9), допълнени с данни от анализа на разпределението на гравитационното поле. Регионалното поле от аналитичното продължение в горното полупространство



Фиг. 11. Разпределение вертикалната компонента на геомагнитното поле ΔZ : 1) разпределение на наблюдаваното гравитационно поле; 2) аналитичното продължение в горното полупространство на височина $H = 10$ km; 3) вариационните аномалии при радиус на осредняване $R = 10$ km; 4) аналитичното продължение в долното полупространство на дълбочина $H = 1$ km по профил в Централно Средногорие; геолого-геофизичен модел по профила

Fig. 11. Distribution of the geomagnetic field vertical component ΔZ : 1) distribution of the observed gravitational field; 2) the upward continuation at height $H = 10$ km; 3) the variation anomalies compiled from the centre-point and ring method of Griffin using circle of radius $R = 10$ km; 4) the downward continuation to depth $H = 1$ km along a line in the region of Central Srednogie; geologic-geophysical model along the line



Фиг. 12. Разпределение вертикалната компонента на геомагнитното поле ΔZ : 1) разпределение на наблюдаваното гравитационно поле; 2) аналитичното продължение в горното полупространство на височина $H = 10$ km; 3) вариационните аномалии при радиус на осредняване $R = 10$ km; 4) аналитичното продължение в долното полупространство на дълбочина $H = 1$ km по профил в Централно Средногорие; геолого-геофизичен модел по профила

Fig. 12. Distribution of the geomagnetic field vertical component ΔZ : 1) distribution of the observed gravitational field; 2) the upward continuation at height $H = 10$ km; 3) the variation anomalies compiled from the centre-point and ring method of Griffin using circle of radius $R = 10$ km; 4) the downward continuation to depth $H = 1$ km along a line in the region of Central Srednogie; geologic-geophysical model along the line

Литература

- Ставрев, П., Р. Радичев. 1990. Система модели и программи за интерпретация на магнитни и гравитационни аномалии. — В: *35-тият Международен геофизически симпозиум*, 3. Варна, 1990, 569–577.
- Dimovski, S., S. Sevdanov. 2002. Elements of the geologic structure of the Belasitza-Ograjden block according to geophysical data. — *Ann. Univ. Mining and Geol. "St. Ivan Rilski"*, 45, part I — geol., 109–116.
- Popov, P., R. Radichev, S. Dimovski. 2001. Geology and evolution of the Elatsite-Chelopech porphyry copper-massive

странство на височина 10 km е практически постоянно. Наблюдаваното поле и вариационните аномалии с радиус на осредняване 10 km се отличават незначително. Много добре е диференцирано разпределението на полето при аналитичното продължение в долното полупространство на дълбочина 1 km. Извършена е геолого-геофизична интерпретация при средни остатъчни плътности за скалите, които изграждат геоложкия разрез на изследваните профили — съответно с относително понижена плътност са скалите на кватернерните наслаги, а с относително повишена плътност — метаморфния комплекс.

Заклучение

Представените общи постановки за прилагане на геофизичните методи при геоложкото картиране и илюстрираните конкретни резултати от прилагането на тези методи показват целесъобразността от тяхното използване при решаване на основните задачи на картирането. Това е особено наложително в условията на райони, за които коренните скали не се разкриват на повърхността. Главно условие за ефективното геолого-геофизично картиране е използването на оптимален комплекс от геоложки и геофизични методи. При това от първостепенно значение е качеството на геофизичните данни и достоверността на геоложката интерпретация.

Основните методични принципи на интерпретацията на данните от измерванията на изследваните геофизични полета са рационалното комбиниране на методите и целесъобразното съчетаване на качествената и количествената интерпретация с оглед цялостното и еднозначно извличане на полезната информация. Следва да се отчита, че при геофизичното картиране обектите се обособяват и характеризират в зависимост от тяхната литолого-физическа (петрографско-физическа) същност, а не само по литоложката (петрографската) им същност, както е при другите геоложки методи. Това определя главните предпоставки за съвместното използване при геоложкото картиране на геофизични и традиционни геоложки методи. Основното предимство на геофизичните методи е възможността за дистанционно картиране в хоризонталната и във вертикалната равнина.

- sulphide ore field. — *Ann. Univ. Mining and Geol. "St. Ivan Rilski"*, 43-44, part I — geol., 31–43.
- Radichev, R., S. Dimovski. 1999. Various density models of rift zones. — In: *Extended abstracts book, 2, EAGE 61-st Conference and Technical Exhibition*. Helsinki, Finland, 113–116.
- Stavrev, P., R. Radichev. 1998. Depth characteristics of plutonic bodies in the Strandzha intrusive zone according to magnetic data. — *Bulg. Geophys. Journ.*, 24, 3–4, 100–110.

Постъпила на 22.12.2005 г., приета за печат на 11.05.2006 г.