

Плътносна и магнитна характеристика на скалите в зоната на Маришкия дълбочинен разломен сноп между София и Пловдив

Милка Узунова, Илия Илиев, Христо Рязков

Министерство на металургията, 1000 София

M. Uzunova, I. Iliev, H. Rjazkov — Density and magnetic characterization of the rocks from the zone of Marica deep fault between Sofia and Plovdiv. On the basis of data for the density and magnetic susceptibility of the rocks in the studied area the main density boundaries are defined which create the regional and local components of the gravity field, as well as the rock varieties disturbing the magnetic field. The data form a sound basis for quantitative and qualitative interpretation of the gravity and magnetic field in this area.

Обект на изследване и анализ в настоящата работа са плътността и магнитната възприемчивост на скалите, изграждащи зоната на Маришкия дълбочинен разломен сноп между София и Пловдив. За изследвания район са известни работите на Пищалов и др., 1965, Добрев, 1968, и др., в които са представени резултатите от проведените изследвания на плътността и магнитната възприемчивост на скалите в отделни участъци, но обемът на взетите образци е недостатъчен за детайлна интерпретация на гравитационното и магнитното поле. Основание за това намираме в богатото разнообразие на съществуващите в района скални разновидности.

Основа за настоящата работа са данните от лабораторните изследвания на 1800 свежи скални образца, взети от авторите, от минни и сондажни изработки и повърхностни разкрития. Опробвани са 17 броя сондажи, в т. ч. и сондаж С-1 при с. Храбрино (фиг. 1, 2), който подеича 870 т от метаморфния комплекс. Местата, от които са взети образци, са показани на фиг. 1 и 2. Лабораторните измервания на физичните свойства и петрографското определяне на вида на скалите са направени в Централната научно-изследователска лаборатория при ДСО „Редки метали“. Плътността на скалите е определена чрез хидростатично претегляне на парафинирани късове. Средноквадратичната грешка на лабораторните измервания е $\pm 0,02 \text{ g/cm}^3$. Магнитната възприемчивост на скалите е определена с прибор ИМВ-2 чрез неколккратно измерване върху гладка повърхност, средноквадратичната грешка е 8% от стойността на χ .

Данните от лабораторните измервания са обработени по методите на математическата статистика, включващи построяване на вариационни криви и определяне на най-вероятните средни стойности на параметрите. В

Таблица 1

Плътност и магнитна възприемчивост на скалите

Етаж	Ера	Период	Вид на скалата	Брой проби	σ_{cp}	$\%_{cp}$	Главни скалообразуващи минерали	
					$\frac{\sigma_{min} - \sigma_{max}}{g/m^3}$	$\frac{\%_{min} - \%_{max}}{4\pi \cdot 10^{-4} SJ}$		
1	2	3	4	5	6	7	8	
Горен структурен етаж неозой		палеоген, неоген, кватернер	глина	4	$\frac{1,96}{1,84-2,07}$	$\frac{20}{12-27}$		
			алевролит	150	$\frac{1,92}{1,65-2,23}$	$\frac{11}{6-56}$		
			пясъчник	68	$\frac{2,01}{1,65-2,21}$	$\frac{10}{4-220}$		
			варовик	13	$\frac{2,20}{1,88-2,46}$	$\frac{1}{0-2}$		
			пясъчник с карб. спойка	4	$\frac{2,51}{2,46-2,57}$	$\frac{5}{2-10}$		
			туфогенен пясъчник	10	$\frac{2,31}{2,46-2,57}$	$\frac{5}{2-10}$		
			риолитов туф	3	$\frac{2,02}{1,90-2,10}$		кварц, плагиоклаз, биотит, риолитови късове	
			риолит	111	$\frac{2,46}{2,40-2,48}$	$\frac{1000}{560-1200}$	40% от обема впръследи плагиоклаз санидин	
			риодацит променен	84	$\frac{2,57}{2,47-2,61}$	$\frac{15}{10-36}$	силно изменена маса с впръследи от кварц и плаг.	
			Среден структурен етаж мезозой		горна креда	Пловдивски интрузив		
кварцов монцонит	30	$\frac{2,64}{2,62-2,66}$				$\frac{1500}{950-2500}$	плагиоклаз, К-фелдшпат амфибол, биотит, кварц	
сиенит ?	48	$\frac{2,67}{2,64-2,69}$				$\frac{2500}{1200-4100}$		
Капитандимитриеви интрузив								
гранодиорит	162	$\frac{2,72}{2,69-2,76}$				$\frac{3200}{2000-4000}$	плагиоклаз, К-фелдшпат амфибол, биотит, кварц	
Бошулски интрузив								
гранит едрозърнест	19	$\frac{2,59}{2,57-2,61}$				$\frac{670}{420-860}$		
гранодиорит	39	$\frac{2,63}{2,60-2,65}$				$\frac{740}{300-1100}$	плагиокл.—60%, К-фелдшп.—20%, кварц—10%, амфибол, биотит	
гранодиорит порфир	20	$\frac{2,66}{2,64-2,68}$				$\frac{450}{32-960}$	плагиокл., К-фелдшпат и кварц, 10—15 % тъмноцветни	
гранит порфир	61	$\frac{2,68}{2,67-2,71}$				$\frac{640}{200-4000}$	кварц, К-фелдшпат, слюда, амфибол	

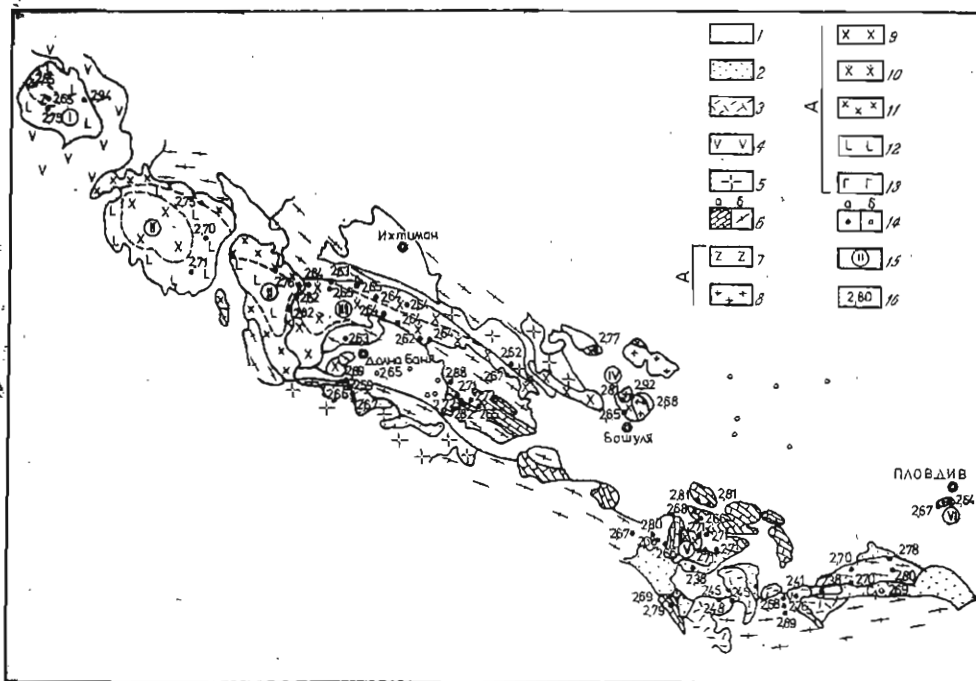
Табл. 1 (продължение)

1	2	3	4	5	6	7	8		
Среден структурен етаж мезозой	горна креда	диоритов порфирит	20	$\frac{2,77}{2,73-2,81}$	$\frac{2300}{1900-2600}$	плагиоклаз, малко кварц амфибол—30%			
		диорит кварц съд.	8	$\frac{2,83}{2,81-2,86}$	$\frac{4700}{3900-7110}$	главно плагиоклаз, тъмноцветни 30% от общата маса			
		монзонит	42	$\frac{2,92}{2,85-2,95}$	$\frac{200}{70-420}$	80% тъмноцветни минерали, 15% плагиоклаз, 5% кварц и К-фелдшпат			
		габродиорит	19	$\frac{2,92}{2,87-2,94}$	$\frac{68}{39-130}$	60% плагиоклаз, 40% тъмноцветни минерали			
		Гуцалски интрузив							
		гранодиорит равномерно-зърнест	79	$\frac{2,64}{2,57-2,68}$	$\frac{550}{300-930}$	плагиоклаз, К-фелдшпат кварц, амфибол, биотит			
		гранодиорит едропорфирен по К-фелдшпат	66	$\frac{2,66}{2,60-2,67}$	$\frac{1550}{850-2400}$	амфибол, биотит, кварц, К-фелдшпат, порфири от К-фелдшпат и амфибол			
		Плански интрузив							
		гранодиорит биотит-амфиб.	19	$\frac{2,71}{2,69-2,76}$	$\frac{4300}{3000-5400}$	плагиоклаз, микроклин, кварц, амфибол, биотит, тъмноцветни минерали—20%			
		гранодиорит биотит-амфиб.	15	$\frac{2,75}{2,70-2,77}$	$\frac{2900}{2000-3600}$	плагиоклаз, К-фелдшпат, кварц, амфибол, биотит, тъмноцветни минерали 25—30%			
		гранодиорит биотит-амфиб.	16	$\frac{2,79}{2,77-2,82}$	$\frac{1800}{1000-2400}$	плагиоклаз, кварц, микроклин, амфибол, биотит, тъмноцветни минерали—30% от общата маса			
		диорит	15	$\frac{2,82}{2,73-2,83}$	$\frac{3000}{870-4500}$	плагиоклаз, амфибол, биотит и кварц			
		Витошки интрузив							
		гранит биотит-амфиболов	30	$\frac{2,65}{2,58-2,74}$	$\frac{2400}{1100-3600}$	плагиоклаз, К-фелдшпат, кварц, амфибол, биотит-малко			
		гранодиорит	18	$\frac{2,75}{2,69-2,78}$	$\frac{3200}{3100-4800}$	плагиоклаз, К-фелдшпат малко кварц, 25% амфибол			
диорит	14	$\frac{2,94}{2,90-2,97}$	$\frac{12300}{11000-14500}$	плагиоклаз, амфибол, 1:1, малко кварц					
андезит (от рамката)	4	$\frac{2,69}{2,63-2,76}$							

Табл. 1 (продължение 2)

1	2	3	4	5	6	7	8
Долен структурен етаж прогерозой	палеозой	гранит	32	Вършилски интрузив		плагиоклаз, кварц, К-фелдшпат, биотит	
				2,63	660		
					2,57—2,66	70—1100	
					Рилски интрузив		
		гранит	33	2,63	10		
				2,57—2,65	6—37		
		мигматит	35	2,66	220		
				2,61—2,70	100—400		
		мрамор чист	144	2,70	0		
				2,66—2,72			
		мрамор катаклизиран	30	2,82	0		
				2,77—2,83			
		гнайс мусковитов	10	2,57	2		
				2,54—2,59		мусковит, кварц, глинеесто вещество	
		гнайс аплитониден	4	2,60	280		
				2,56—2,60	190—320	кварц—35%, микроклин—35%, плагиоклаз—25%, биотит—5%	
		гнайс мусковит-биотитов	132	2,62	15		
				2,53—2,70	2—38	плагиоклаз, К-фелдшпат, кварц	
		гнайс биотитов	170	2,68	20		
				2,66—2,76	4—220	плагиоклаз, К-фелдшпат, кварц, биотит	
	гнайс епидот-биотитов	11	2,71	60			
			2,62—2,76	18—90	плагиоклаз, К-фелдшпат, кварц, биотит, епидот		
	гнайс биотитов с гранат	16	2,78	34			
			2,73—2,81	23—70	биотит, плагиоклаз, кварц, гранатови зърна		
	гнайс биотит-амфиболов	8	2,89	75			
			2,86—2,92	50—150	плагиоклаз, К-фелдшпат, кварц, биотит, амфибол		
	гнайс амфиболов	10	2,90	55			
			2,86—2,95	48—100	плагиоклаз, кварц, амфибол, епидот, хлорит		
	шист мусковит кварцов	21	2,66	2			
			2,62—2,70	0—2	кварц, К-фелдшпат, мусковит, малко биотит		
	шист амфибол биотитов	6	2,88	50			
			2,67—2,88	11—68	кварц, биотит, амфибол, плагиоклаз		
	амфиболит	19	2,93	49			
			2,82—3,00	32—430	амфибол, малко плагиоклаз и биотит		
	хорнблендит	13	3,00	53			
			2,89—3,02	40—56	амфибол и малко плагиоклаз		

случаите, когато броят на образците е по-малък от 15, стойността на параметъра е изчислявана като средноаритметично. Тази обработка е направена на два етапа: първо, за всяка точка на опробване, като резултатите са отразени на фиг. 1 и 2, и след това за всяка скална разновидност на базата на



Фиг. 1. Карта на средните стойности на плътността в точките на опробване (Геол. основа е по Стр. Димитров, Хр. Дабовски, Ст. Бояджиев)

1 — неогенски седименти; 2 — палеогенски седименти; 3 — палеогенски вулканити-риолити и риодацити; 4 — горнокредни андезити; 5 — палеозойски гранитоиди; 6 — висококристалинен комплекс: а) мрамори; б) гнайси, шисти и амфиболити; А) горнокреден интрузивен комплекс; 7 — сиенити; 8 — грайити; 9 — гранодиорит-равномернозърнест; 10 — гранодиорит-едропорфирен; 11 — гранодиорит, кварцдиорит и диорит; 12 — кварцмонзонит, кварцмонцодиорит и монзонит; 13 — габро- и габродиорит; 14 — място на опробване: а) повърхностни разкрития, б) сондажи; 15 — номера на горнокредните интрузиви: I — Витошки, II — Плански, III — Гуцалски, IV — Бошулски, V — Капитандимитриеви, VI — Пловдивски; 16 — средна стойност на плътността на скалите в точката на опробване

всички образци, взети от нея. Резултатите от втория етап на статистическата обработка са отразени в табл. 1.

Изследваният район е изграден от скалите на три структурни етажа. Долният структурен етаж включва както висококристалинния комплекс, изграден от гнайси, шисти и мрамори, така и рилските, и вършилски гранитоиди. Средният структурен етаж е изграден от горнокредните вулканити, представени основно от андезити и от горнокредния интрузивен комплекс (сиенит, кварцмонзонит, гранит, гранодиорит, диорит, монзонит, габродиорит и др.), изграждащ неоплутоните в изследвания район. Горният структурен етаж е представен от неозойските седиментни скали — риолити и риолитови туфи.

В табл. 1 са отразени средните стойности на плътността (σ) и магнитната възприемчивост (χ) за отделните литоложки разновидности и интервалите, в които се изменят тези стойности. От таблицата се вижда, че плътността на палеоген-неогенските седиментни скали се изменя от $1,92 \text{ g/cm}^3$ до $2,51$

g/cm^3 за пясъчните с карбонатна спойка. Тези стойности са по-ниски от действителните поради неотчитане коефициента за влажност. Изчислената при количествената интерпретация средна плътност на седиментния комплекс, запълващ Костенецкия грабен, е $2,45 \text{ g}/\text{cm}^3$, а на този от Горнотракийския



Фиг. 2. Карта на средните стойности на магнитната възприемчивост ($\chi \cdot 4\pi \cdot 10^{-6} \text{ SJ}$) в точките на опробване
Условните знаци както на фиг. 1

грабен е $2,22 \text{ g}/\text{cm}^3$. Повишената средна плътност на седиментния комплекс от Костенецкия грабен се дължи на конгломератите, които участват в строежа на грабена и са представени главно от гранитни и метаморфни късове.

Седиментните скали са практически немагнитни. С повишена магнитна възприемчивост ($\chi = 1000 \cdot 4\pi \cdot 10^{-6} \text{ SJ}$) се характеризират риолитите от Брацигово-Доспатската депресия, които имат средна плътност $2,46 \text{ g}/\text{cm}^3$.

Най-голямо развитие в средния структурен етаж имат горнокредните интрузиви, които представляват сложно построени тела, изградени най-често от няколко наставки (фиг. 1, 2, 3, 4). В нашите изследвания Витошкият интрузив е представен от три скални разновидности: биотит-амфиболов гранит с плътност $2,65 \text{ g}/\text{cm}^3$ и магнитна възприемчивост $\chi = 2400 \cdot 4\pi \cdot 10^{-6} \text{ SJ}$, гранодиорит — $\sigma = 2,75 \text{ g}/\text{cm}^3$ и $\chi = 4200 \cdot 4\pi \cdot 10^{-6} \text{ SJ}$ и диорит $\sigma = 2,94 \text{ g}/\text{cm}^3$, $\chi = 12300 \cdot 4\pi \cdot 10^{-6} \text{ SJ}$. Нарастването на плътността и магнитната възприемчивост може да се обясни с нарастване съдържанието на амфибола (табл. 1).

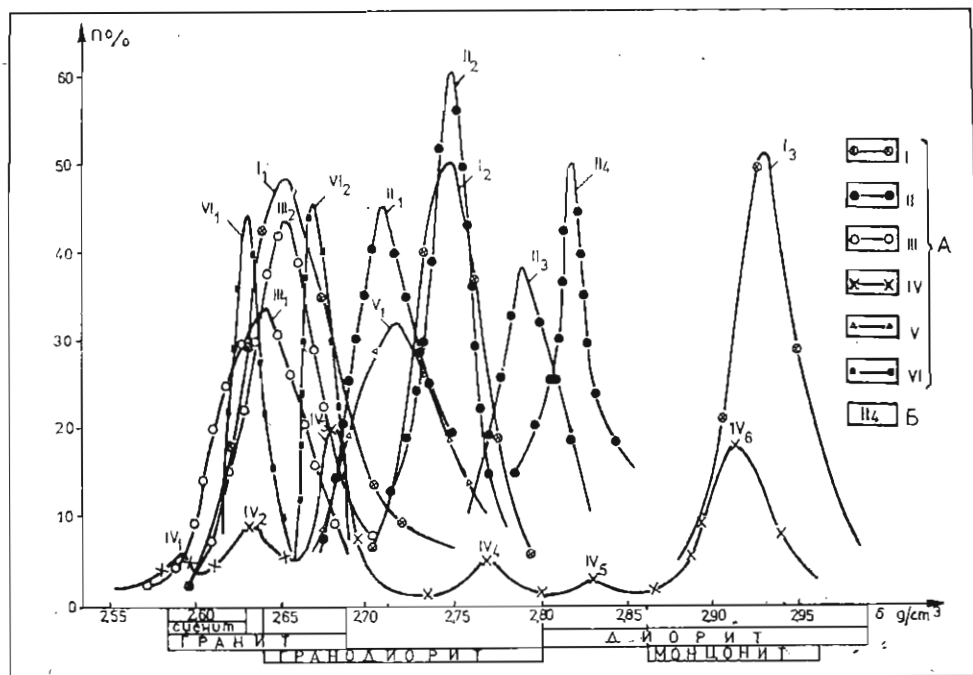
От Планския интрузив са изследвани диорит и биотит-амфиболов гранодиорит. Диоритът се характеризира със средна плътност $2,82 \text{ g}/\text{cm}^3$ и магнитна възприемчивост $3000 \cdot 4\pi \cdot 10^{-6} \text{ SJ}$. Биотит-амфиболовият гранодиорит се разделя на три групи с различни стойности на плътността ($2,71$; $2,75$ и $2,79 \text{ g}/\text{cm}^3$) и на магнитната възприемчивост, която приема съответно стойностите 4300 ; 2900 и $1800 \cdot 4\pi \cdot 10^{-6} \text{ SJ}$. Нарастването на плътността

се корелира с увеличеното съдържание на тъмноцветните минерали амфибол и биотит (табл. 1).

Най-подробно от горнокредните интрузиви е изследван Гуцалският. Плътноста на едропорфирния гранодиорит е по-висока от тази на равномерозърнения средно с $0,02 \text{ g/cm}^3$, което се обуславя от по-високото съдържание на амфибол и биотит в първата разновидност. Стойността на магнитната възприемчивост е също в права зависимост от количеството на тъмноцветните минерали. По тази причина двете разновидности на Гуцалския интрузив се диференцират добре в магнитното поле.

Бошулският интрузив е представен в нашите изследвания от осем скални разновидности, чиято плътност се изменя в зависимост от минералния състав от $2,59 \text{ g/cm}^3$ при едрозърнения гранит до $2,92 \text{ g/cm}^3$ при монцонита и габродиорита. Магнитната възприемчивост нараства с малки изключения, когато съдържанието на тъмноцветните минерали се увеличава (табл. 1).

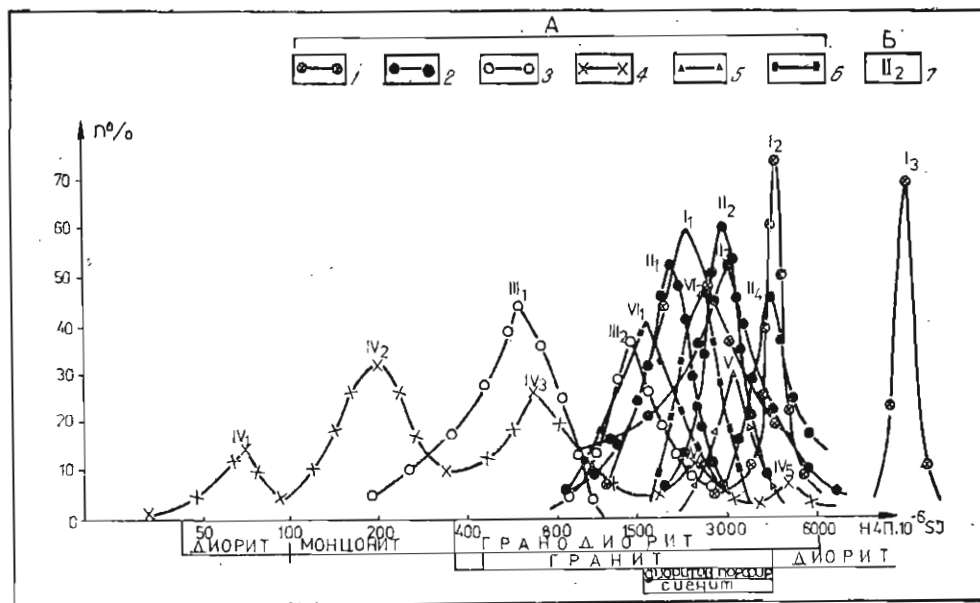
В зависимост от средните стойности на плътността и границите, в които се изменят тези стойности за отделните интрузиви, изследваните горнокредни тела могат да се разделят на две групи (фиг. 3). Към първата група отнасяме Гуцалския, Капитандимитриевския и Пловдивския интрузив, които се



Фиг. 3. Вариационни криви на плътността на горнокредните интрузивни скали
 А. Условни знаци за интрузивните тела: I — Витошки, II — Плански, III — Гуцалски, IV — Бошулски, V — Капитандимитриевски, VI — Пловдивски. Б. Номера на вариационните криви, съответстващи на различни скални разновидности: I₁ — биотит-амфиболов гранит, I₂ — гранодиорит, I₃ — диорит, II₁ — гранодиорит с 20% биотит и амфибол, II₂ — гранодиорит с 25–30% биотит и амфибол, II₃ — гранодиорит с 30% биотит и амфибол, II₄ — диорит, III₁ — равномерозърнен гранодиорит, III₂ — едропорфирен гранодиорит, IV₁ — едрозърнен гранит, IV₂ — гранодиорит, IV₃ — гранит-порфир, IV₄ — диоритов порфирит, IV₅ — кварцсъдържащ диорит, IV₆ — монцитит, диорит, V₁ — гранодиорит, VI₁ — сиенит, VI₂ — кварцмонцитит, VI₃ — диорит

характеризират с по-ниска горна граница и относително по-тесен интервал ($2,64\text{--}2,72 \text{ g/cm}^3$) на изменение на плътността, което съответства на по-еднородния им скален състав. Средните плътности на Витошкия, Планския

и Бошулския интрузив се изменят в по-широки интервали (2,59—2,92 g/cm³ при Бошулския, 2,65—2,94 при Витошкия и 2,71—2,82 g/cm³ при изследваните разновидности на Планския), което е свързано с техния по-сложен строеж.



Фиг. 4. Вариационни криви на магнитната възприемчивост на горнокредните интрузивни скали

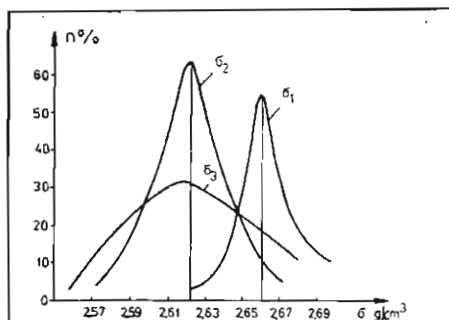
А. Условни знаци за интрузивните тела, както на фиг. 3. Б. Номера на вариационните криви, съответстващи на различни скални разновидности: I₁ — биотит-амфиболов гранит; I₂ — гранодиорит; I₃ — диорит; II₁ — гранодиорит с 30% биотит и амфибол; II₂ — гранодиорит с 25% биотит и амфибол; II₃ — диорит; II₄ — гранодиорит с 20% биотит и амфибол; III₁ — гранодиорит равномернозърнест; III₂ — гранодиорит едропорфирен; IV₁ — диорит; IV₂ — монцитит; IV₃ — кварцсъдържащ диорит; V₁ — гранодиорит; V₂ — диоритов порфир; V₃ — гранит-порфир; V₄ — гранит-порфир с кварц; V₅ — сиенит

Средните стойности на магнитната възприемчивост на скалите, изграждащи горнокредните интрузиви (фиг. 4), са съсредоточени главно в интервала 800—6000.4П.10⁻⁶ SJ, което определя скалите като повишено и силно магнитни и е предпоставка за наличието на интензивни магнитни аномалии над интрузивните тела.

Рилските и вършилските гранити, участващи в изграждането на долния структурен етаж, имат еднакви средни стойности на плътността — 2,63 g/cm³ (фиг. 5). Добре се диференцират обаче в магнитното поле, където рилските гранити се представят с $\kappa = 10.4\text{П.}10^{-6}$ SJ, а вършилските с $\kappa = 660.4\text{П.}10^{-6}$ SJ (фиг. 6).

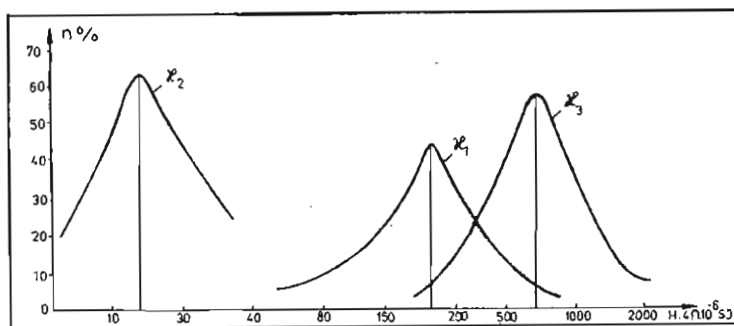
Скалите на протерозойския комплекс от долния структурен етаж са представени от мрамори, гнайси и шисти. Разкриващите се на повърхността мрамори са поделени по петрографски данни на две групи, които се различават по плътност. Към първата група са отнесени чистите, без примеси и по-късни промени, мрамори. Плътността им се изменя от 2,66 до 2,72 g/cm³, със средна стойност 2,70 g/cm³. Втората група включва катаклазираните мрамори, съдържащи хидрокси и лимонит. Плътността им се изменя от 2,77 до 2,83 g/cm³ със средна стойност 2,82 g/cm³.

Данните, получени от опробването на сондаж С-1 (фиг. 7), дават възможно най-достоверна представа за физичните свойства на метаморфния комплекс в северната периферия на Родопския масив. Съгласно подялбата, направена от Ж. Иванов, Ст. Московски и Кр. Колчева през 1979 г., скалите, изследвани в сондаж С-1 се отнасят към Посестримската и Добролъшката свита на Родопския метаморфен комплекс. Характеризират се със средна уравнивесена по мощност плътност $\sigma = 2,68 \text{ g/cm}^3$ и магнитна възприемчивост $\kappa = 20,4 \text{ П.}10^{-6} \text{ SJ}$. Данните за κ определят скалите на метаморфния комплекс като немагнитни ($\kappa < 5$) с изключение на някои набогатени на желязосъдържащи рудни минерали разновидности. Плътността и магнитната възприемчивост на скалите от долния структурен етаж се изменят в зависимост от минералния състав, като намаляват, когато количеството на салич-



Фиг. 5. Вариационни криви на плътността на палеозойските гранитоидни скали

σ_1 — рилски мигматити; σ_2 — рилски гранити; σ_3 — вършилски гранити



Фиг. 6. Вариационни криви на магнитната възприемчивост на палеозойските гранитоидни скали

κ_1 — рилски мигматити, κ_2 — рилски гранити, κ_3 — вършилски гранити

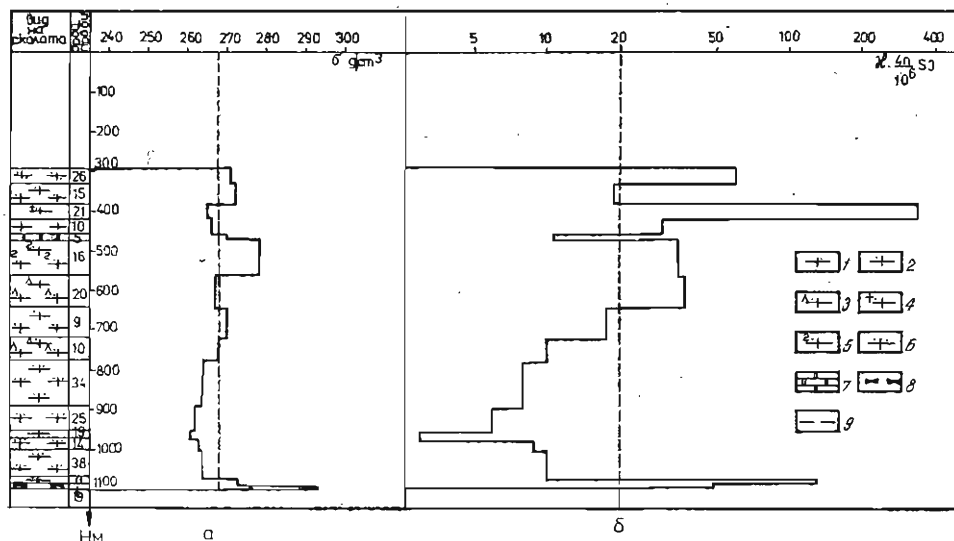
ните минерали нараства, и нарастват с увеличаване съдържанието на тъмноцветните минерали.

Така получените данни за плътността и магнитната възприемчивост на скалите в изследвания район дават възможност да се определят основните плътностни граници и магнитни смутители — предпоставка за качествена и количествена интерпретация на съответните физични полета.

Регионалната съставяща на гравитационното поле се създава от плътностната граница между скалите, изграждащи долния структурен етаж — метаморфния комплекс и рилските и вършилските гранитоиди. Разликовата плътност на регионалната плътностна граница се изменя в интервала от 0,02 до 0,05 g/cm^3 .

Локалната съставяща на гравитационното поле се обуславя от скалите на средния и горния структурен етаж, като гравитационните максимуми отразяват наличието на горнокредни интрузиви, изградени преобладаващо от скали със среден и основен състав, а гравитационните минимума са обус-

ловени най-често от риолитите, неозойските седиментни скали и горнокредните интрузивни с преобладаване на кисели наставки в строежа им. Някои интрузивни тела, като Гуцалското и Капитандимитриевското, намират слабо отражение в наблюдаваното гравитационно поле поради близката по стойност до вместващия ги метаморфен комплекс средна плътност.



Фиг. 7. Плътностна (а) и магнитна (б) характеристика на метаморфния комплекс, подсечен от сондаж С-1 при с. Храбрино

1 — мусковитов гнайс; 2 — биотитов гнайс; 3 — биотитов гнайс-левкократен; 4 — биотитов гнайс, слабо гранитизиран; 5 — гранат-биотитов гнайс; 6 — мусковит-биотитов гнайс; 7 — мрамор; 8 — амфиболит; 9 — средни значения на физичните параметри

Магнитното поле може успешно да бъде използвано за картиране на горнокредните интрузивни тела и диференциране на наставките им на фона на практически немагнитните метаморфити.

Л и т е р а т у р а

- Б о я д ж и е в, Ст. 1962. Петрология и структура на Гуцалския плутон. — Приноси към геол. на България, 1, 179—232.
- Б о я д ж и е в, Ст., Ст. Ч и п ч а к о в а. 1963. Петрология на Елшишко-Бошулския плутон. — Год. на ГУГОЗН, 13, 5—69.
- Д а б о в с к и, Х р. 1969. Някои общи закономерности в строежа на неоплутоните от южната ивица на Средногорieto между София и Пловдив. — Изв. Геол. инст., сер. геотектоника, 18, 61—72.
- Д о б р е в, Т. 1968. Плътностна характеристика на скалите в България. *Научни трудове на ВМГИ*, 11.
- И в а н о в, Ж., Ст. М о с к о в с к и, К р. К о л ч е в а. 1979. Основные черты строения центральных частей Родопского массива. — *Geologica Balc.*, 9, 1, 3—50.
- П и щ а л о в, Ст., Т. Д о б р е в, В. И в а н о в а. 1965. Основные закономерности изменения физических свойств горных пород и руд Южной Болгарии. — *Изв. ВУЗ. Геология и разведка*, 12, 103—112.

(Постъпила на 14. VI. 1984 г.)