

ПЛЪТНОСТ И КОЕФИЦИЕНТ НА ПОЛЯРИЗУЕМОСТ НА РИОЛИТИТЕ В РОДОПСКИЯ МАСИВ

Ради Радичев, Стефан Димовски

Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", София 1700, България
E-mail: radirad@mgu.bg; dimovski@mgu.bg

РЕЗЮМЕ

Риолитовата формация в Родопския масив се представя от терциерни екструзивни и ефузивни лави в Западни и Централни Родопи. Извършените изследвания се базират върху данните от измерванията на катедра "Приложна геофизика" и други организации на плътността и коефициента на поляризуемост за проби от риолити за различни райони на Родопския масив - Брацигово-Доспатското понижение, Доспатската антиклинала, Южнородопската синклинала, Севернородопската синклинала, Смолянското понижение и други по-локални структурни образувания като Ковачевската синклинала, Баташката синклинала, Въчанското подуване, Лясковското подуване, Хвойненската грабен-синклинала. Приложен е статистически анализ за оценка на съвкупности от отделни райони и на общата съвкупност. Изследвано е площното разпределение по стойност на изследваните параметри. Обобщеният анализ на плътността и коефициента на поляризуемост на риолитите в Западни и Централни Родопи дава основание да се приеме, че детайлното картиране по тези свойства може ефективно да допълни информацията от традиционното геолошко картиране.

ВЪВЕДЕНИЕ

Риолитовата формация в Родопския масив се представя от терциерни екструзивни и ефузивни лави в Западни и Централни Родопи, които са най-добре изучени за Брацигово-Доспатската структура (Д.Бахнева и др., 1978; И.Божков и др., 1978 и др.). Те са представени от биотитови и амфиболосъдържащи риолити до риодацити. В северната част на Брацигово-Доспатската вулканогенна структура те образуват удължен в субекваториална посока ареал (Бахнева и др., 1978). В риолитовия ареал са засебени няколко елементарни вулканоструктури. Авторите посочват, че всяка една от тях е изградена от няколко близки по възраст, структурно-морфоложки белези и магнитна характеристика екструзиви, както и от свързаните с тях потоци от ефузивни лави.

И.Божков и др. (1978) потвърждават, че в Брацигово-Доспатската депресия широко са разпространени риолитови покрови, които се характеризират с добре изразен, почти хоризонтален плоскостен паралелизъм - ъгъл на наклона 12°. Те установяват в западната част на депресията екструзивни тела от риолити, които процепват риолитовите покрови. Тези екструзивни тела обикновено определят контраста в релефа.

Извършените изследвания се базират върху данните от измерванията на катедра "Приложна геофизика" и други организации на плътността и коефициента на поляризуемост за проби от риолити за различни райони на Родопския масив - Брацигово-Доспатското понижение, Доспатската антиклинала, Южнородопската синклинала, Севернородопската синклинала, Смолянското понижение и други по-локални структурни образувания като Ковачевската синклинала, Баташката синклинала, Въчанското подуване, Лясковското подуване, Хвойненската грабен-синклинала.

Плътността и коефициента на поляризуемост се изследват по данни от лабораторни измервания върху скални проби от разкрития и сондажи. Приложен е статистически анализ за оценка на съвкупности от отделни райони и на общата съвкупност.

ПЛЪТНОСТНА ХАРАКТЕРИСТИКА НА РИОЛИТИТЕ

Плътността на риолитите, измерена за 973 броя скални проби от разкрития и сондажи в Родопския масив, показва изменения на параметъра в много широк диапазон. В таблица 1 са систематизирани основните статистически характеристики за стойностното разпределение на плътността, а на фигури от 1 до 6 са илюстрирани хистограмите на разпределението на параметъра за отделни райони и пълната съвкупност от изследваните проби.

Съвкупният анализ на хистограмите за отделните райони показва, че в разпределението на плътността се обособява една основна група - проби с плътност в границите на 2,30-2,50 g/cm³ и група от значително по-малко проби (6-14% от общата съвкупност) с по-ниска плътност - в границите на 2,05-2,30 g/cm³. Втората група обединява пробите, за които се наблюдава разуплътняване под влияние на хидротермален метаморфизъм. Тази група обуславя и отрицателната асиметрия при разпределението на плътността за Западнородопския блок, Брацигово-Доспатското понижение, Доспатската антиклинала и Смолянското структурно понижение, както и за пълната съвкупност. При Южнородопската синклинала се отделя и добре обособена група, съставена от около 20% от пробите, която се характеризира с повишена плътност (2,50-2,68 g/cm³) и допринася за положителната асиметрия на

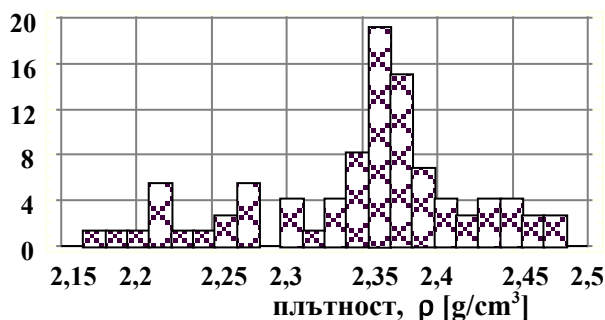
разпределението. За другите райони относително повишени стойности на плътността са измерени само за отделни проби. Разпределението на плътността за

пълната съвкупност се характеризира със средна плътност 2,38 g/cm³ при стандарт 0,092 g/cm³ и широк диапазон на изменение на параметъра - от 2,04 g/cm³ до 2,68 g/cm³.

Таблица 1. Основни статистически характеристики за разпределението на плътността ρ [g/cm³] на риолитите в Родопския масив

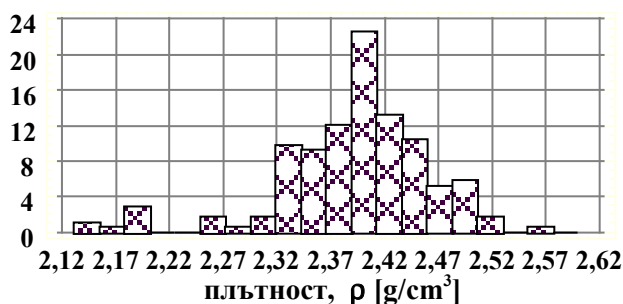
Район	Брой проби	$\rho^{\min} / \rho^{\max}$	Средна стойност	Стандарт	Асиметрия	Ексцес
Западнородопски блок	174	2,17 / 2,48	2,35	0,072	-2,092	0,008
Брацигово-Доспатско понижение	416	2,13 / 2,57	2,39	0,074	-6,12	6,6
Доспатска антиклинала	92	2,04 / 2,64	2,34	0,12	-2,24	2,3
Южнородопска синклинала	106	2,15 / 2,68	2,40	0,12	1,23	-0,29
Севернородопска синклинала	48	2,23 / 2,53	2,36	0,093	0,83	0,75
Смолянско структурно понижение	79	2,28 / 2,64	2,45	0,071	-1,01	2,11
Общо	973	2,04 / 2,68	2,38	0,092	-4,94	7,67

и л н ъ п о д и



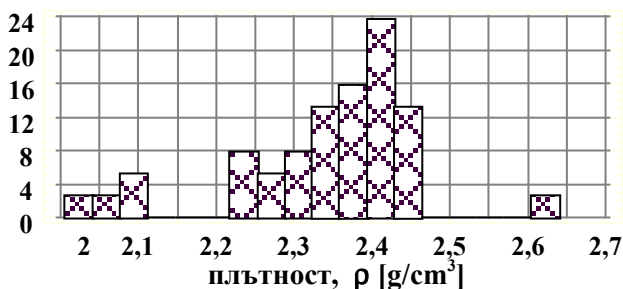
Фигура 1. Хистограма на разпределение на плътността за риолитите в Западнородопския блок

и л н ъ п о д и



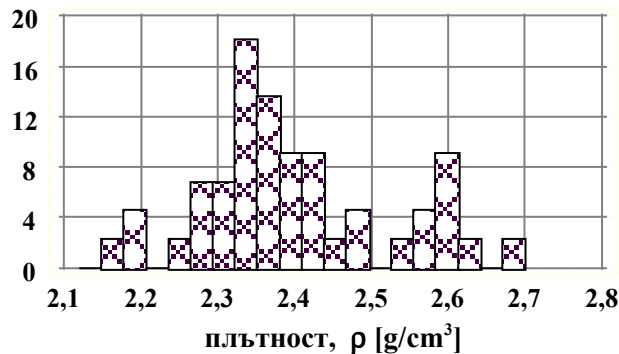
Фигура 2. Хистограма на разпределение на плътността за риолитите в Брацигово-Доспатското понижение

и л н ъ п о д и



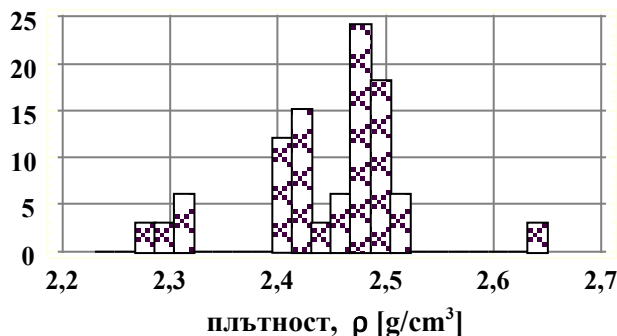
Фигура 3. Хистограма на разпределение на плътността за риолитите в Доспатската антиклинала

илнэподи



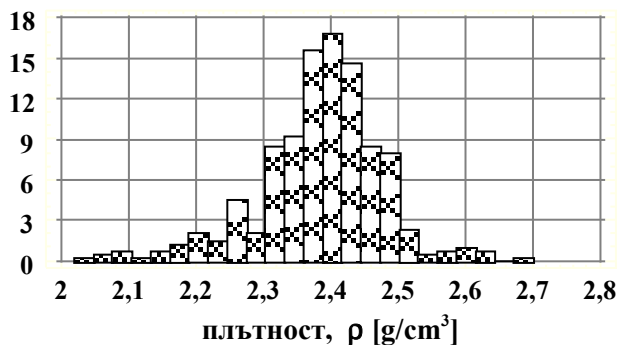
Фигура 4. Хистограма на разпределение на плътността за риолитите в Южнородопската синклинала

илнэподи



Фигура 5. Хистограма на разпределение на плътността за риолитите в Смолянското структурно понижение

илнэподи



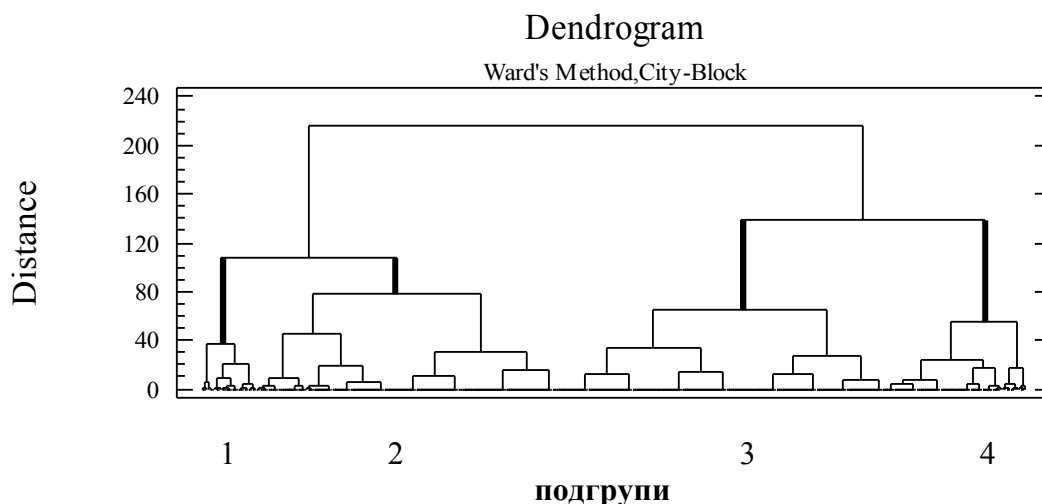
Фигура 6. Хистограма на разпределение на плътността на риолитите в Родопския масив

Приложеният разновариантен клъстър-анализ показва, че добре се обособяват четири подгрупи. Първата подгрупа обединява пробите с най-висока степен на хидротермални изменения. Втората и третата подгрупи съставят общо 76% и съдържат основната група проби. С

относително висока средна плътност – 2,51 g/cm³, се обособява четвърта подгрупа.

В таблица 2 са представени средните стойности на плътността за тези подгрупи, а на фиг.7 - дендограмата на групирането.

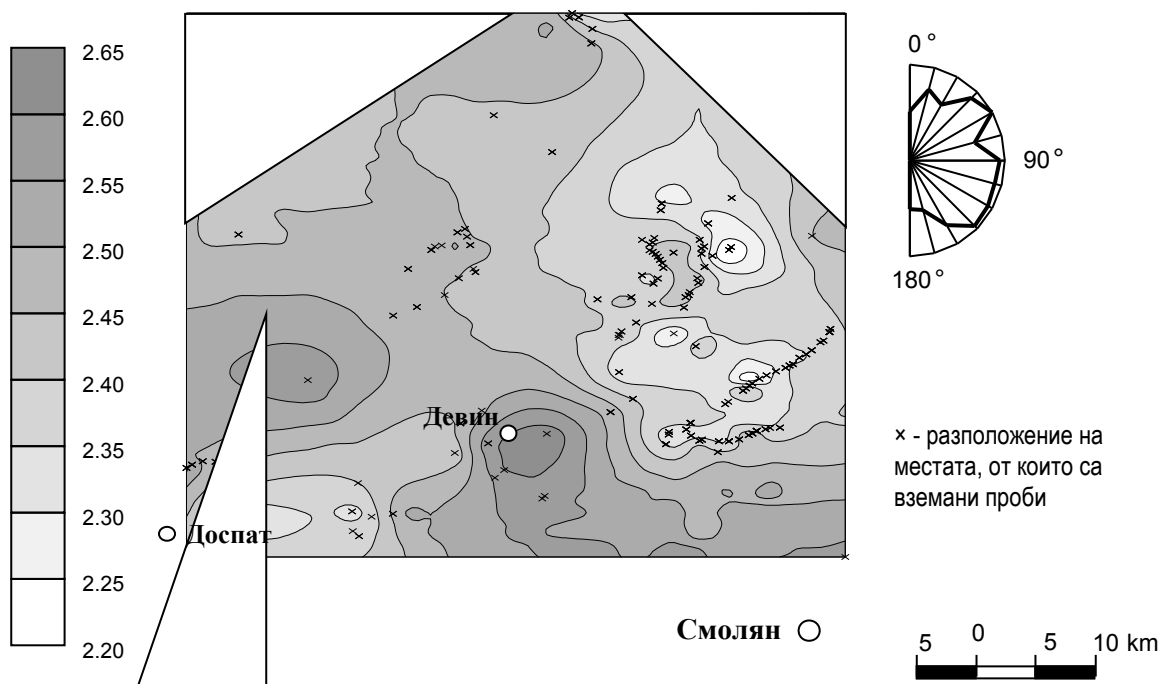
Таблица 2. Средни стойности на плътността за обособените четири подгрупи от приложен клъстър-анализ (Ward's method, City-Block distance metric)



Фигура 7. Дендрограма на групирането по плътност на риолитите в Родопския масив (обособени четири подгрупи)

Схема на площното разпределение на плътността в Западни и Централни Родопи се илюстрира на фиг.8. Брацигово-Доспатското понижение се картира с понижени стойности на плътността. С повишени стойности на

параметъра се отделят Южнородопската синкинала и Смолянското структурно понижение. Върху роза-диаграмата не се отделя добре обособена ориентация на изолините.



Фигура 8. Схема на разпределението на плътността за риолитите в района на Западни и Централни Родопи и роза-диаграма на ориентацията на изолините. Зонирането е в единици g/cm^3

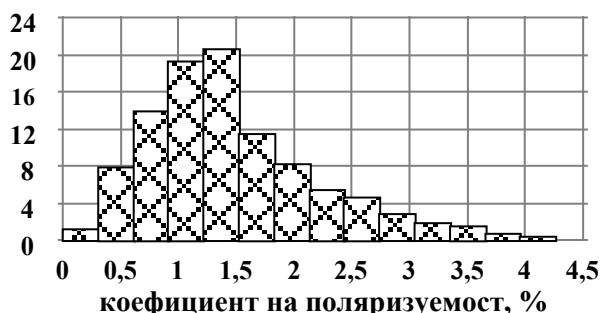
КОЕФИЦИЕНТ НА ПОЛЯРИЗУЕМОСТ НА РИОЛИТИТЕ

Коефициентът на поляризуемост на риолитите се изследва по данните за 423 проби от разкрития и сондажи. Установява се изменение на параметъра в диапазон от 0,22 до 6,51% със средна стойност 1,51%. На

фиг.9 се илюстрира хистограма на разпределение на коефициента на поляризуемост за основната група от изследваните проби - изключени са само около 2% от пробите с относително високи стойности ($\eta > 4,5\%$). Добре изразената положителна асиметрия се свързва с

присъствието на проби от периферията на ореолите на орудяване.

иґнәподи



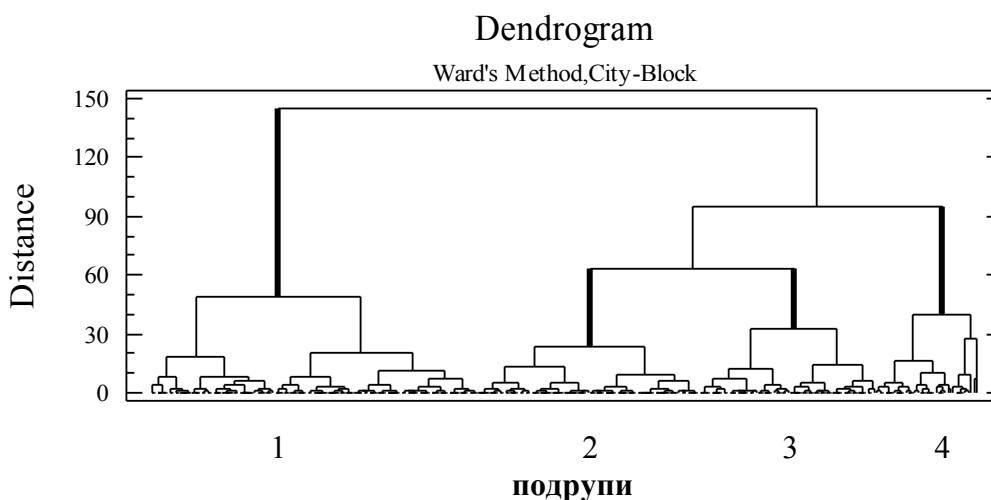
Фигура 9. Хистограма на разпределението на коефициента на поляризуемост за основната група проби на риолити от Родопския масив.

Статистически характеристики на разпределението на цялата група проби :
 Брой = 423; Min / Max = 0,22 / 6,51 %;
 Средна стойност = 1,51 %;
 Стандарт = 0,85 %;
 Асиметрия = 12,4; Ексцес = 22,1

Приложеният разновариантен клъстър-анализ показва, че добре се обособяват четири подгрупи. В таблица 3 са представени средните стойности на коефициента на поляризуемост на тези подгрупи, а на фиг.10 - дендограмата на групирането. Много добре се обособява първата подгрупа, която включва 39% от пробите, за които средната стойност на коефициента на поляризуемост е 0,81%. Втората и третата подгрупа със средни стойности съответно 1,40 и 1,96%, се обединяват на следващото

ниво на групиране и общо представят около половината (48%) от пробите. Четвъртата подгрупа, която включва 13% от пробите, се представя със средна стойност на коефициента на поляризуемост 3,14%. Разположението на местата към които се привързват пробите от тази подгрупа показва, че те се разполагат в съседство със зони на орудяване. Пробите попадащи в обособената в клъстър-анализа четвърта подгрупа са причина за положителната асиметрия на хистограмата.

Таблица 3. Средни стойности на коефициента на поляризуемост за обособените четири подгрупи от приложен клъстър-анализ (Ward's method, City-Block distance metric)



Фигура 10. Дендрограма на групирането по коефициент на поляризуемост на риолитите в Родопския масив

ИЗВОДИ

- Плътноста на риолитите в Родопския масив показва изменения на параметъра в сравнително широк диапазон - от 2,05 до около 2,50 g/cm³. Обособява една основна група от проби с плътност в границите на 2,30-2,50 g/cm³ и група от значително по-малко проби (6-14% от общата съвкупност) с по-ниска плътност - в границите на 2,05-2,30 g/cm³. Втората група обединява пробите, за които се наблюдава разуплътняване под влияние на хидротермален метамотфизъм. Тази група обуславя и отрицателната асиметрия при разпределението на плътността за Западни Родопи, Брацигово-Доспатското понижение, Доспатската антиклинала и Смолянското структурно понижение, както и за пълната съвкупност.
- Схемата на площното разпределение на плътността в Западни и Централни Родопи картира с понижени стойности на плътността Брацигово-Доспатското понижение, а с повишени стойности се отделят Южнородопската синкинала и Смолянското структурно понижение.
- Коефициентът на поляризуемост на риолитите се изменя в границите от 0,22 до 6,51% със средна стойност 1,51%. Добре изразената положителна асиметрия на хистограмата се свързва с присъствието на проби от периферията на ореолите на орудяване.
- Данните от изследваното стойностно разпределение на плътността и коефициента на

поляризуемост на риолитите в Родопския масив са съществен елемент от създаването на предпоставки за интерпретация на резултатите от геофизичните проучвания на територията на масива и конкретно на аномалиите на гравитационното поле и метода на предизвиканите потенциали.

ЛИТЕРАТУРА

- Бахнева, Д., П. Ножаров, Н. Стефанов, Н. Кръстев. 1978, Вулканоструктури, магнитно поле и магнитни свойства на риолитите от северната периферия на Брацигово-Доспатската структура. – *Сборник доклади от научна конференция "25 години Висш минно-геоложки институт"*, част 2, Геология и проучване на полезните изкопаеми, Геофизични методи на проучване, 131-140.
- Божков, И., Е. Плотников, М. Райнова. 1978, Относно развитието на гърловинни фацеси сред риолитите от Брацигово-Доспатската депресия. – *Спис. Бълг. геол. д-во*, 3, 344-348.
- Справочник геофизика*. 1990. *Гравитразведка*. М., Недра.
- Справочник геофизика*. 1989. *Електроразведка*. М., Недра.
- Dimovski, S. 1999. About the quantity estimation of the distribution of the geophysical fields isolines. – *Annual of the University of Mining and Geology*, 42, part I, 121-126.

Препоръчана за публикуване от
катедра "Приложна геофизика", ГПФ

DENSITY AND POLARIZABILITY COEFFICIENT OF THE RHYOLITES IN THE RHODOPE MASSIF

Radi Raditchev, Stefan Dimovski

University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", Sofia 1700, Bulgaria
E-mail: radirad@mgu.bg; dimovski@mgu.bg

ABSTRACT

The rhyolite formation in the Rhodope massif is presented by Tertiary extrusive and effusive lava in the Western and Central Rhodopes. Data from measurements performed by the Department of Applied Geophysics, University of Mining and Geology, Sofia and other organizations are summarized. The values for the density and the polarizability coefficient are studied on samples from different areas of the Rodope massif – the Bratsigovo-Dospat depression, the Dospat anticline, the Southern Rhodope syncline, the Northern Rhodope syncline, the Smolyan depression and other more local structures as the Kovachevo syncline, the Batak syncline, the Vacha uplift, the Lyaskovo uplift and the Hvoina graben-syncline. Statistical analysis is applied for estimating the characteristics of sample packs from one and the same region, as well as for estimating the characteristics of the total set of available data. The surface distribution of the analyzed parameters is also studied. The compound analysis of the values for the density and the polarizability coefficient of the rhyolites in the Western and Central Rhodopes is proving that the detailed mapping according to these characteristics can efficiently enrich the information obtained by the traditional geological mapping.

INTRODUCTION

The rhyolite formation in the Rhodope massif is presented by Tertiary extrusive and effusive lava in the Western and Central Rhodopes and is most completely studied in the Bratsigovo-Dospat structure (Bahneva *et al.* 1978 ; Bojkov *et al.* 1978). It is composed by biotite and amphibole-containing rhyolites up to rhyodacites. In the northern part of the Bratsigovo-Dospat volcanogenic structure they form one elongated in subequatorial direction zone (Bahneva *et al.* 1978). In the rhyolite zone can be isolated several elementary volcano-structures. The authors state that each of these structures is built by several close in age, in structural-morphologic peculiarities and in magnetic characteristics extrusives, as well as by the connected to them effusive lava flows.

I.Bojkov *et al.* (1978) confirm that in the Bratsigovo-Dospat depression the rhyolite covers have frequent occurrence and are characterized by a well-expressed almost horizontal surface parallelism – angle of dip of about 12°. Extrusive rhyolite bodies intersecting the rhyolite covers are located in the western part of the depression. These extrusive bodies are normally determining the contrast in the relief.

The presented study is based upon data from measurements performed by the Department of Applied Geophysics, University of Mining and Geology, Sofia and other organizations. The values for the density and the polarizability coefficient are studied on samples from different areas of the Rodope massif – the Bratsigovo-Dospat depression, the Dospat anticline, the Southern Rhodope syncline, the Northern Rhodope syncline, the Smolyan depression and other more local structures as the Kovachevo syncline, the Batak syncline, the Vacha uplift, the Lyaskovo uplift and the Hvoina graben-syncline.

The values for the density and the polarizability coefficient are studied according to data from laboratory measurements on rock samples of outcrop and drill core. Statistical analysis is applied for estimating the characteristics of sample packs from

one and the same region, as well as for estimating the characteristics of the total set of available data.

DENSITY CHARACTERISTICS OF THE RHYOLITES IN THE RHODOPE MASSIF

The measured on rock samples of outcrop or drill core 973 values for the density vary in a wide range.

In Table 1 are systematized the main statistical characteristics of the values distribution for the density and in figures from 1 to 6 are illustrated the histograms of the parameter distribution for the different regions and for the total set of the studied samples.

The compound analysis of the histograms elaborated for the different regions is showing that one main group is well pronounced in the density distribution. This group is including samples having density within the limits of 2,30-2,50 g/cm³. A second group is also well pronounced. It contains a considerably smaller number of samples (6-14% of the total set). These samples are having relatively low values for the density - within the limits of 2,05-2,30 g/cm³. The second group is including samples affected by hydrothermal metamorphism. This group is causing the negative values for the skewness of the density distribution for the samples from the Western Rhodope block, the Bratsigovo-Dospat depression, the Dospat anticline and the Smolyan depression, as well as for the total set of samples. Another group is well pronounced for the samples from the Southern Rhodope syncline. It contains about 20% of the samples and is characterized by relatively high values for the density - within the limits of 2,50-2,68 g/cm³. This group is causing the positive value for the skewness of the density distribution. In the other regions relatively high values for the density are measured only for separate samples.

The density distribution for the total set of samples is characterized by an average value of 2,38 g/cm³, a standard deviation of 0,092 g/cm³, and a wide range of parameter changes – from 2,04 g/cm³ up to 2,68 g/cm³.

Table 1. Main statistical characteristics of the density ρ [g/cm³] of the rhyolites in the Rhodope massif

Region	Count	$\rho^{\min} / \rho^{\max}$	Average value	Standard deviation	Skewness	Kurtosis
Western Rhodope Block	174	2,17 / 2,48	2,35	0,072	-2,092	0,008
Bratsigovo-Dospat Depression	416	2,13 / 2,57	2,39	0,074	-6,12	6,6
Dospat Anticline	92	2,04 / 2,64	2,34	0,12	-2,24	2,3
Southern Rhodope Syncline	106	2,15 / 2,68	2,40	0,12	1,23	-0,29
Northern Rhodope Syncline	48	2,23 / 2,53	2,36	0,093	0,83	0,75
Smolyan Structural Depression	79	2,28 / 2,64	2,45	0,071	-1,01	2,11
Total	973	2,04 / 2,68	2,38	0,092	-4,94	7,67

percentage

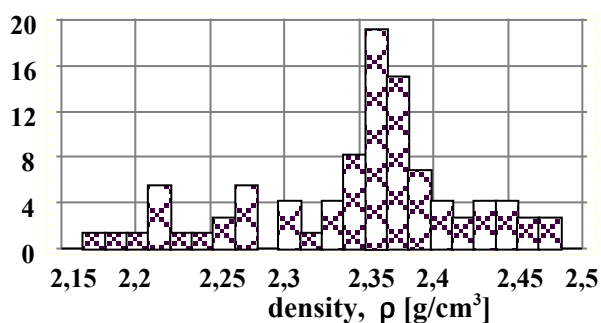


Figure 1. Histogram of the density distribution of the rhyolites in the Western Rhodope block

percentage

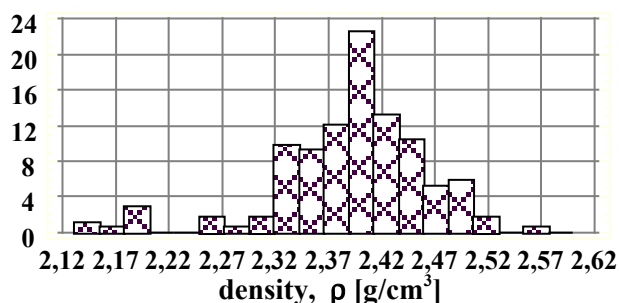


Figure 2. Histogram of the density distribution of the rhyolites in the Bratsigovo-Dospat depression

percentage

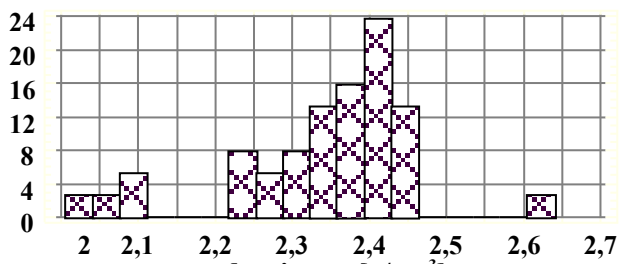


Figure 3. Histogram of the density distribution of the rhyolites in the Dospat anticline

percentage

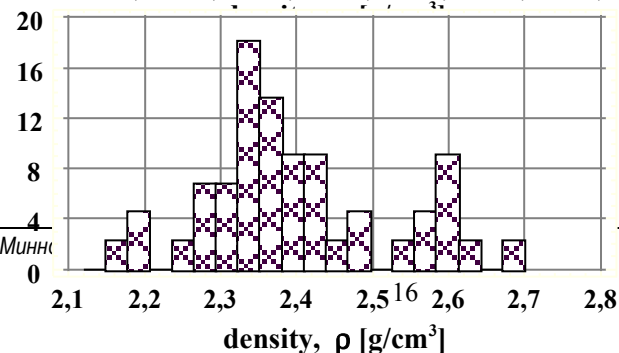


Figure 4. Histogram of the density distribution of the rhyolites in the Southern Rhodope syncline

percentage

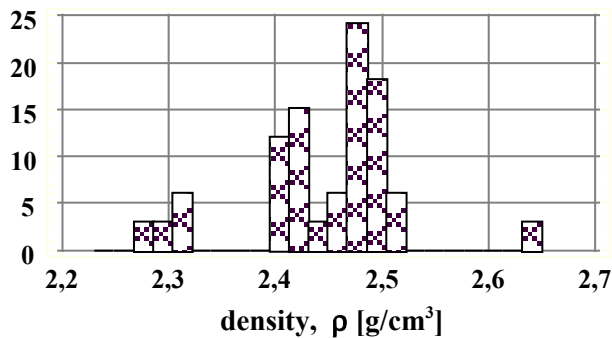


Figure 5. Histogram of the density distribution of the rhyolites in the Smolyan structural depression

percentage

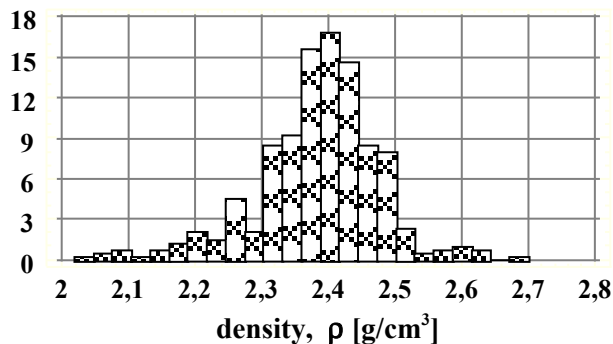


Figure 6. Histogram of the density distribution for the total set of rhyolite samples from the Rhodope massif

Different cluster analysis methods have been tried. The best results were obtained using the Ward's method, City-Block distance metric and classifying the data into 4 subgroups. The first one is including the samples affected highly by the hydrothermal changes. The second and third subgroups are

containing about 76% of the total set of samples. The fourth subgroup is characterized by relatively high density.

In Table 2 are presented the average values for the density of the separated subgroups and in Fig.7 is illustrated the dendrogram of the performed grouping.

Table 2. Average values for the density of the separated four subgroups after applying cluster analysis using the Ward's method, City-Block distance metric

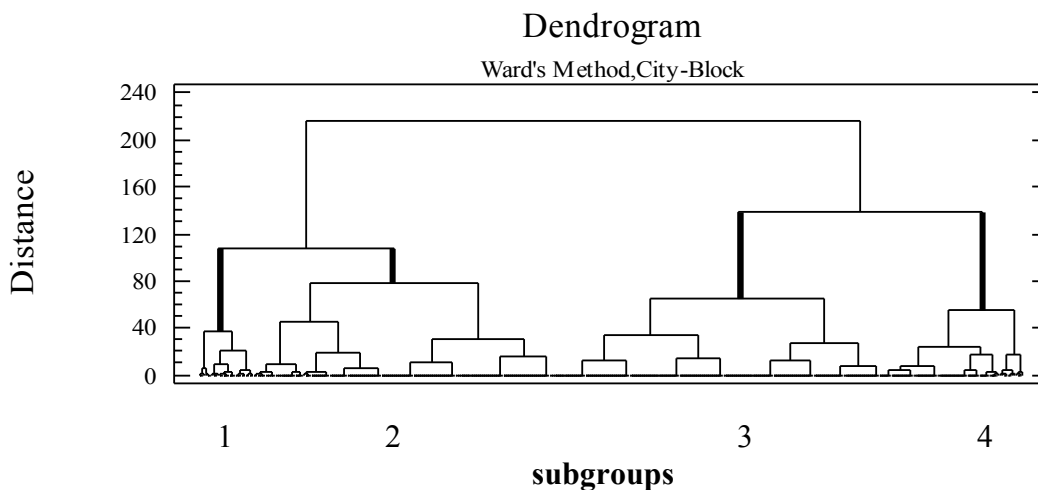


Figure 7. Dendrogram of the performed grouping according to the density of the rhyolite samples from the Rhodope massif (four subgroups classified)

The surface distribution of the density of the rhyolites in the Western and Central Rhodopes region is presented in Fig.8. The Bratsigovo-Dospat depression is generally characterized by decreased values for the density. The Southern Rhodope

syncline and the Smolyan structural depression are characterized by increased parameter values. The presented rose-diagram is showing no predominant direction of the isolines orientation.

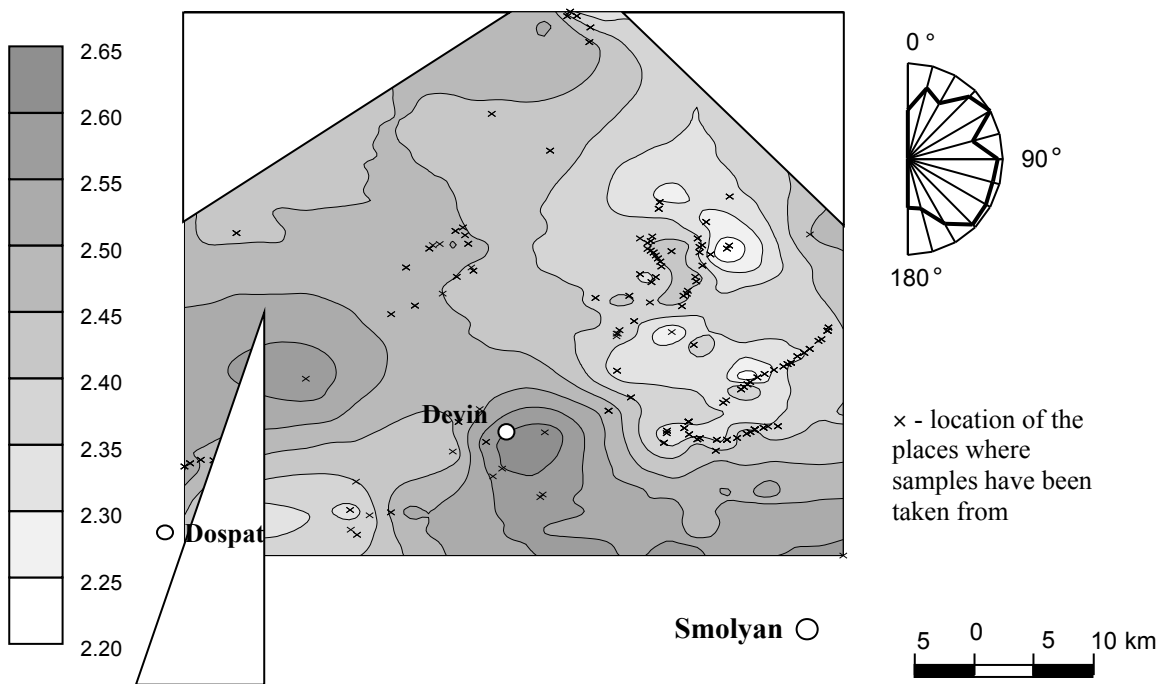


Figure 8. Scheme of the density surface distribution of the rhyolites in the Western and Central Rhodopes region and a rose-diagram of the isolines orientation. The zoning is performed in g/cm^3

POLARIZABILITY COEFFICIENT OF THE RHYOLITES IN THE RHODOPE MASSIF

The measured on rock samples of outcrop or drill core 423 values for the polarizability coefficient vary in a wide range – from 0,22 up to 6,51% with an average value of 1,51%. In Fig.9 is illustrated the histograms of the parameter distribution for the

main set of rhyolite samples – excluded are only about 2% of the samples characterized by relatively high polarizability coefficient ($\eta > 4,5\%$). The well-pronounced positive value for the skewness of the parameter distribution is connected to the presence of samples taken from the periphery of ore-bearing zones.

percentage

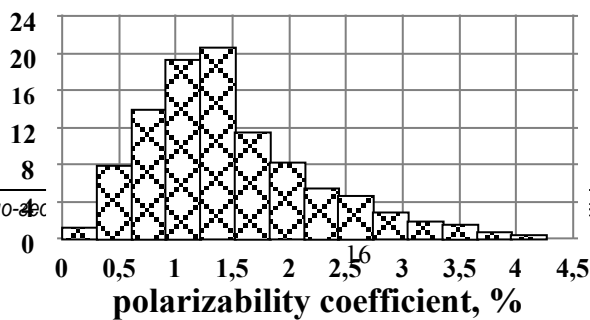


Figure 9. Histogram of the polarizability coefficient for the main set of rhyolite samples from the Rhodope massif

Summary statistics of the total set :
 Count = 423; Min / Max = 0,22 / 6,51 %;
 Average = 1,51 %;
 Standard deviation = 0,85 %;
 Skewness = 12,4; Kurtosis = 22,1

Different cluster analysis methods have been tried. The best results were obtained using the Ward's method, City-Block distance metric and classifying the data into 4 subgroups. In Table 3 are presented the average values for the polarizability coefficient of the separated subgroups and in Fig.10 is illustrated the dendrogram of the performed grouping. Very well pronounced is the first subgroup including about 39% of the samples characterized by an average value for the polarizability coefficient of 0,81%. The second and third

subgroups are composed on the next level of grouping. They have average parameter values 1,40 and 1,96% respectively and comprise about half of the samples (48%). The fourth subgroup has an average value for the polarizability coefficient of 3,14% and is containing about 13% of the total set of samples. It includes samples taken from the periphery of ore-bearing zones. These are the rhyolite samples causing the well-pronounced positive asymmetry of the presented in Fig.9 histogram.

Table 3. Average values for the polarizability coefficient of the separated four subgroups after applying cluster analysis using the Ward's method, City-Block distance metric.

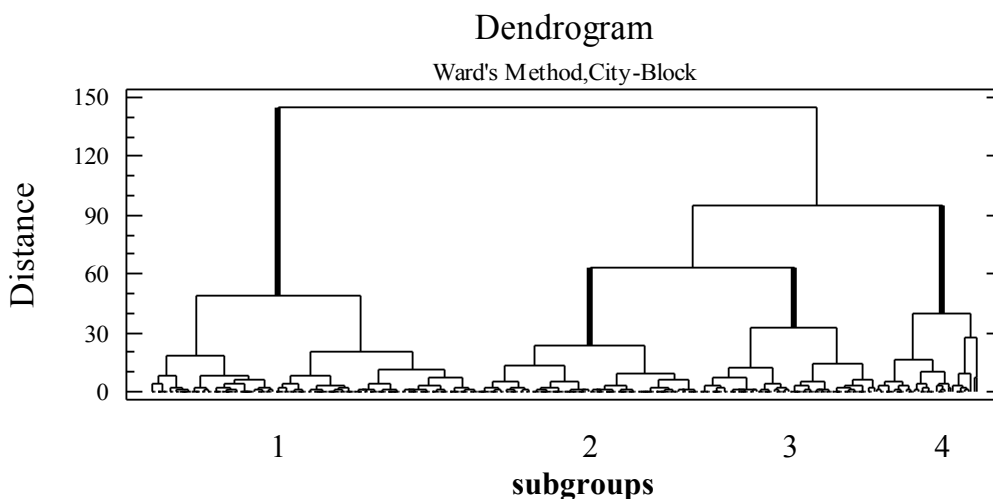


Figure 10. Dendrogram of the performed grouping according to the polarizability coefficient of the rhyolite samples from the Rhodope massif (four subgroups classified)

CONCLUSIONS

- The density of the rhyolites in the Rhodope massif varies in a wide range - from 2,05 up to about 2,50 g/cm³. One main group is well pronounced in the density distribution. This group is including samples having density within the limits of

2,30-2,50 g/cm³. A second group is also well pronounced. It contains a considerably smaller number of samples (6-14% of the total set). These samples are having relatively low values for the density - within the limits of 2,05-2,30 g/cm³. The second group is including samples affected by hydrothermal

metamorphism. This group is causing the negative values for the skewness of the density distribution for the samples from the Western Rhodope block, the Bratsigovo-Dospat depression, the Dospat anticline and the Smolyan depression, as well as for the total set of samples.

- On the scheme of the surface distribution of the density of the rhyolites in the Western and Central Rhodopes region the Bratsigovo-Dospat depression is mapped by decreased values for the density and the Southern Rhodope syncline and the Smolyan structural depression are located by increased parameter values.

- The polarizability coefficient varies in a wide range – from 0,22 up to 6,51% with an average value of 1,51%. The well-pronounced positive asymmetry in the parameter distribution is connected to the presence of samples taken from the periphery of ore-bearing zones.

- The performed study of the density and the polarizability coefficient of the rhyolites in the Western and Central Rhodopes is enriching the possibilities for effective analysis of geophysical data and more precisely - for interpretation of gravity anomalies and results from the induced polarization method.

REFERENCES

- Guidebook in Geophysics, 1990, volume *Gravity Surveying*, Moscow, "Nedra". (in Russian)
- Guidebook in Geophysics, 1989, volume *Electric Surveying*, Moscow, "Nedra". (in Russian)
- D. Bahneva, P. Nojarov, N. Stefanov, and N. Krastev, 1978. Volcanogenic structures, magnetic field and magnetic characteristics of the rhyolites in the northern periphery of the Bratsigovo-Dospat structure. *Annual of the University of Mining and Geology* 24, part II, 131-140. (in Bulgarian)
- I. Bojkov, E. Plotnikov, and M. Rainova, 1978. About the development of the neck facies among the rhyolites in the Bratsigovo-Dospat depression. *Journal of the Bulgarian Geological Society* 3, 344-348. (in Bulgarian)
- S. Dimovski, 1999. About the quantity estimation of the distribution of the geophysical fields isolines. *Annual of the University of Mining and Geology* 42, part I, 121-126.

*Recommended for publication by Department
of Applied Geophysics, Faculty of Geology and Prospecting*