

## Радиогеохимични и термолуминесцентни особености на кварца от вулканитите на Централните Родопи

Иван Бедринов<sup>1</sup>, Симеон Стойнов<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Министерство на металургията, 1000 София

<sup>2</sup> ВМГИ, 1156 София

*I. Bedrinov, S. Stoinov — Radiogeochemical and thermoluminescence features of quartz from volcanics of the Central Rhodopes.* The paper presents a detailed radiogeological description of rhyolites from the third and fourth volcanic phases in the area of Smoljan Tertiary depression: data on the content of the radioactive elements U, Ra, Th and K, the natural radioactivity, concentration of radiation defects in some rock-forming minerals, natural and induced thermoluminescence of rock-forming quartz, etc. It is suggested that part of the presented radiogeochemical and physical parameters (content of the main radioactive elements, concentration of radiation defects in rock-forming quartz) may be used as typomorphic indices in prospecting and exploration of hydrothermal and exogenic deposits.

### Въведение

Вулканските скали заемат значителна част от терциерните депресии на Централнородопската област (Доспат—Девин, Левочево—Киселичево, Арда—Пловдивци, Лъки—Давидково). Тези скални комплекси са били и са предмет на всестранно изучаване във връзка с търсенето на нови находища на полезни изкопаеми. В пределите на Смолянската терциерна депресия вулканогенно-седиментният комплекс е поделен на пет вулкански фази с един туфогенно-седиментен хоризонт между третата и четвъртата фаза (Б е д р и н о в, 1976). Подобни схеми за литофациалното диференциране на вулканските скални комплекси съществуват и за останалите райони. Следва да се подчертае, че отделните вулкански фази имат съвсем неравностойно значение като среда за локализиране на рудните минерализации. Оттук и необходимостта за възможно най-достоверното им и пълно диференциране с оглед правилното и ефективно провеждане на търсещите и проучвателни геоложки работи. В това отношение наред с общогеоложките и петрографските критерии — пространствено положение и взаимоотношения, състав, текстурни и структурни особености и др., през последните години все по-голямо значение придобиват редица геохимични и физични параметри — съдържание на радиоактивните елементи U, Ra, Th, K, естествената радиоактивност на скалите, концентрацията на радиационни дефекти в някои скалообразуващи минерали, термолуминесцентни особености и др.

Предмет на настоящата статия са получените резултати от изучаването на радиогеохимичните особености на риолитите, отнасяни към третата и четвъртата фаза на Смолянската терциерна депресия, концентрацията на радиационни дефекти и някои термолуминесцентни особености на скалообразувачия кварц.

Същността на радиационните дефекти и възможното им приложение в геологията е осветлено подробно от К о м о в (1982). В нашата геоложка литература едва през последните 2—3 години се появиха сведения за определяне концентрацията на радиационните дефекти (Срд) на скалоизграждащ и жилин кварц в гранитоидите и метаморфитите от Родопската област (К о с т о в, 1984 а, б), както и за значението на този съществен типоморфен признак при прогнозирането и търсенето на редкометални орудявания без непосредствен излаз на земната повърхност (Б е д р и н о в и др., 1985).

## Кратко описание на изследваните вулканити

Риолитите от третата фаза са дребнопорфирни, плътни, с невинаги ясно изразен порфирен строеж. Фенокристалите са от кварц — 15%, плагиоклаз, санидин и биотит. Кварцовите зърна са най-едри и размерите им достигат до 1—1,5 mm. Обикновено те са силно кородирани, с дълбоки „заливи“ от основната маса. Често са напукани с протокластично разместване на късчетата. Срещат се и зърна с мозаично потъмнение.

Риолитите от четвъртата фаза са средно- до едропорфирни. Впръслеците изграждат 50—60% от обема на скалата. Представени са от кварц — 15%, плагиоклаз, санидин и биотит, с акцесорни апатит и циркон. Кварцовите зърна са обикновено с размери от 0,6 до 2—3 mm. Те имат единично запазени кристални стени и също са силно заливообразно кородирани от основната маса. Често при по-едрите индивиди се наблюдава протокластично напукване, а по-рядко и мозаично потъмнение.

## Резултати от изследванията

В лабораторни условия на анализатор SA-40B и дозиметрична установка МД-484, RST-20,026 са определени съдържанията на радиоактивните елементи U, Ra, Th и K, а така също и  $\alpha$ - и  $\beta$ -разпадите в прахови проби от риолитите на трета и четвърта фаза, развити широко в пределите на Смолянската терциерна депресия. Сумарната естествена радиоактивност е определена с помощта на полеви радиометри тип СРП при вземането на пробите (табл. 1).

Таблица 1

Радиометрична характеристика на риолитите от трета и четвърта фаза

№	Риолити	Брой проби	Съдържание на елементите				Естеств. радиоактивност рА/kg	$\alpha$ -разпади Bq/g	$\beta$ -разпади Bq/g
			U п.10 <sup>-4</sup>	Ra п.10 <sup>-11</sup>	Th п.10 <sup>-4</sup>	K %			
1	трета фаза	120	15,6	17,4	26,1	3,69	0,17—0,18	2,98	0,04
2	четвърта фаза	98	8,1	27,7	24,5	3,33	0,19—0,21	2,73	0,07

От същите проби е отделен кварц с едрина на зърната 0,4—0,5 mm. На отбраните кварцови проби чрез промиване и третиране с 10% HF в продължение на половин час при стайна температура е осигурена чистота над 95%. Така подготвените мономинерални проби са анализирани за определяне концентрацията на радиационните дефекти и природната термолуминесценция.

Концентрацията на радиационните дефекти, както и термолуминесцентните параметри — интензитет и температура на максимално светене, са определени по методика и с апаратура, разработени в лабораториите на ДСО „Редки метали“ (Б е д р и н о в и др., 1985). За контрол на 50% от пробите Срд е определена и в лабораторията по ЕПР на ИГЕМ — Москва. Точността в определянето на Срд чрез ТЛ метод е над 90%. Средните резултати от определената Срд и термолуминесцентните параметри — интензитет на светене (J) и температура на максимално светене (tm) при скорост на нагриване 10°C/s са посочени в табл. 2 и на фиг. 1.

След измерване на природната термолуминесценция (ПТЛ), при нагриване до 600 °C част от пробите са подложени на гама-облъчване от кобалтов източник при дози от 0,05 до 1,00 kC/kg, по които е определена индуцираната термолуминесценция (ИТЛ).

Както се вижда от табл. 1, при съдържанията на радиоактивните елементи в риолитите от разглежданите фази по-съществена е разликата в съдържанията на U и Ra и съвсем незначителна е разликата при Th и K. Незначителна е разликата и в сумарната естествена радиоактивност. Макар и малка, сегашната разлика в съдържанията на главните радиоактивни елементи, под влияние на състава на изходната магма и условията, при които са изкристализирали риолитите (температура, налягане, летливи компоненти и др.), е довела до съществено различие в концентрацията на радиационните дефекти: кварцът от риолитите на трета фаза има средно Срд  $1,78 \cdot 10^{16}$  sp/g, а кварцът от риолитите на четвърта фаза —  $1,52 \cdot 10^{16}$  sp/g (табл. 2).

Интересни са данните, получени както за природната, така и за индуцираната термолуминесценция на кварца от риолитите на двете фази. Кварцът от риолитите на трета фаза има интензитет (J) на ПТЛ средно 3,4 v/g при температура на най-интензивно светене около 395 °C (от 380 до 410 °C), докато кварцът от риолитите на четвърта фаза проявява ПТЛ в температурен интервал от 350 до 370 °C (средно 365 °C), при J 4,85 v/g. Чувствителна е разликата и при активационната енергия — 1,336 eV за кварца от риолитите на трета фаза и 1,276 eV за кварца от риолитите на четвърта фаза. Съществено се различават и ТЛ-криви по форма, площ и наклон на бедрата (фиг. 1). При почти еднакъв химичен и минерален състав на риолитите от двете фази съществените разлики в Срд и ПТЛ на съответните проби от кварц най-вероятно се дължат на разликата в погълнатата доза от естественото радиоактивно облъчване, която пък пряко зависи от времето на облъчване, т. е. изводът е, че по-стари са скалите от третата фаза, което е доказано и по геоложки път.

Определен интерес представляват и получените резултати от ИТЛ на кварца от риолитите на двете фази. Досега в литературата са приведени данни за ИТЛ на жилин и скалообразуващ кварц предимно от гранитоиди след облъчване с определена доза: К о с т о в (1984) —  $10^8$  R, К о м о в (1982) — 0,7 A/kg и др., като всички изследователи подчертават типоморфното значение на изкуствено предизвиканите радиационни дефекти (К р и в о к о н е в а, С и д о р е н к о, 1972; К о м о в, 1982; К о с т о в, 1984 а). Нашите резултати от ИТЛ на скалообразувачия кварц от риолитите на двете фази при дози от 0,05 до 1,00 kC/kg, са посочени в табл. 2 и на фиг. 2.

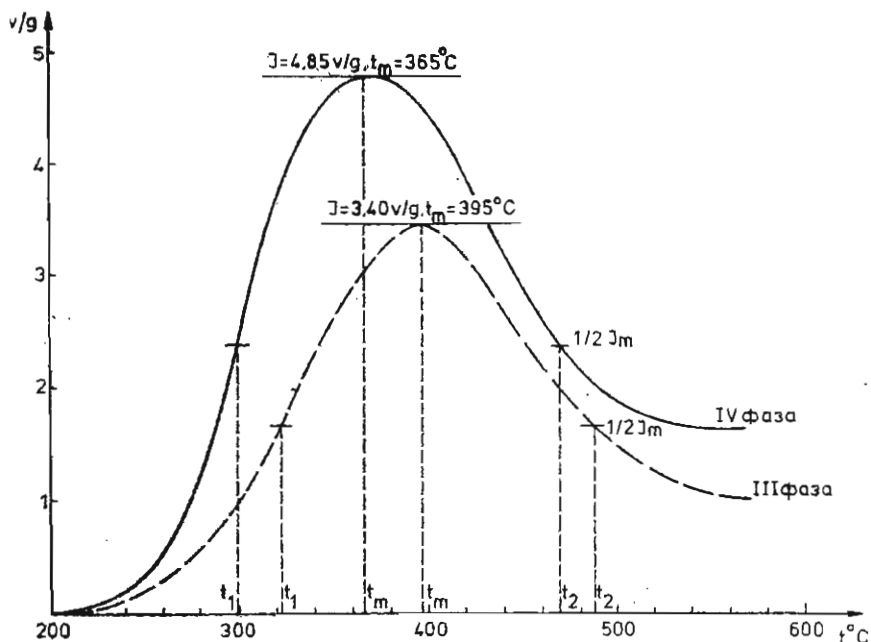
Таблица 2

Концентрация на радиационни дефекти и термолуминесцентни параметри на скалообразувачия кварц от рилошките на третата и четвъртата фаза

№	Кварц от рилошките	Брой проби	Сред, $sp/g$	$E$ $V/g$ $t^{\circ}C$	при- родна	Термолуминесценция										Забележка			
						индуциран ( $\cdot 10^3 V/g$ ) при доз. на облъчване (кС/кг)													
						0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,50	0,70	0,90	1,00				
1	трета фаза	52	$1,78 \cdot 10^{16}$	$J'$	3,40	0,93	1,72	2,09	2,99	2,92	3,85	2,10	—	—	—	—	първи връх на ТЛ-крива		
				$t'_m$	395	230	230	225	220	214	230	230	—	—	—	—			
				$J''$	—	—	1,15	1,97	2,77	4,05	8,25	7,90	6,50	6,00	—	—		—	втори връх
				$t''_m$	—	—	362	365	352	380	386	390	430	530	—	—			
2	четвърта фаза	30	$1,57 \cdot 10^{16}$	$J'$	4,85	1,03	1,90	2,27	3,40	2,99	3,95	2,05	—	—	—	първи връх			
				$t'_m$	365	236	225	225	220	210	230	2,30	—	—	—				
				$J''$	—	—	1,48	2,75	3,69	5,36	8,35	7,80	4,75	3,00	—		—	втори връх	
				$t''_m$	—	—	365	370	356	385	390	394	430	530	—		—		

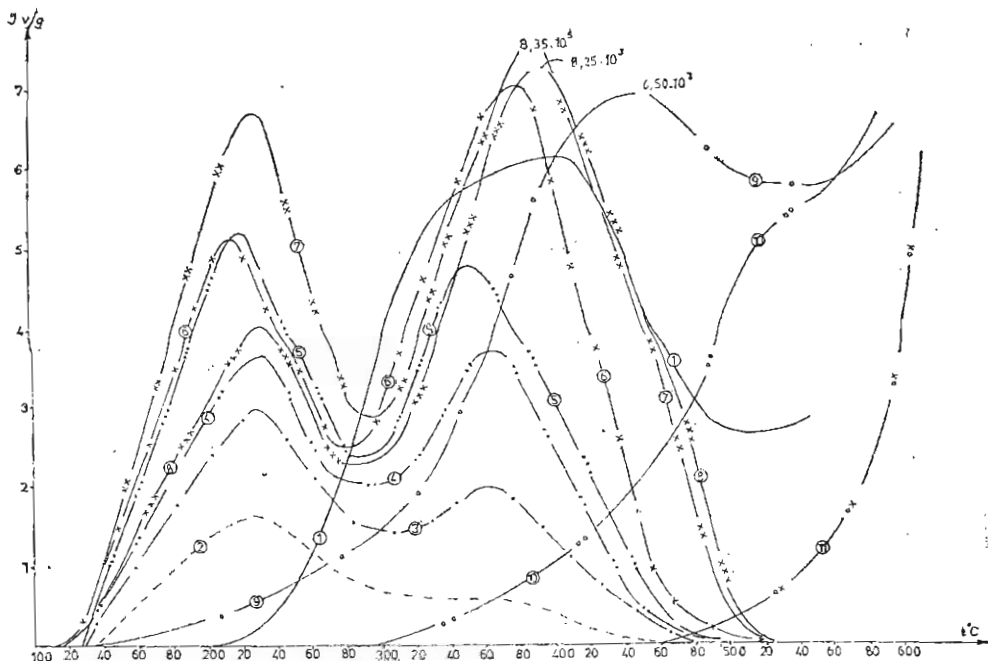
Сред — Концентрация на радиационни дефекти в кристалната решетка на кварц

Като се изключат нискоенергийните дефекти, които са нетрайни и се фиксират с непостоянни върхове при температури до 130 °С, внимание заслужават характерът на ТЛ-криви и интензитетът на светенето в температурните интервали 210—230, 360—390 и над 430 °С. При облъчване с доза 0,05 кС/kg



Фиг. 1. Природна термолуминесценция на кварц от риолитите на трета и четвърта фаза

ТЛ-крива има един ясно изразен връх при  $t'_m = 230^\circ\text{C}$  и усложнено дясно крило на кривата до неясно оформен втори връх при  $t''_m = 360^\circ\text{C}$ . При облъчване с дози от 0,10 до 0,30 кС/kg интензитетът при 230 °С нараства пропорционално с увеличаване на дозата облъчване, като успоредно се оформя и втори връх на ТЛ-крива при температури 360—380 °С, където интензитетът също расте пропорционално с увеличаването на дозата, за да достигне  $8.35 \cdot 10^3 \text{ v/g}$  при доза 0,30 кС/kg. При облъчване с дози над 0,30 до 0,70 кС/kg интензитетът при температура около 230 °С силно намалява, намалява скокообразно и интензитетът на втория връх, като същевременно се наблюдава рязко повишаване на температурата, при която се формира вторият връх на ТЛ-крива, за да достигне 430 °С при доза 0,70 кС/kg. При облъчване с дози над 0,70 кС/kg центърът на дефектиране, изявяващ се при нагряване около 230 °С, се разрушава напълно, а високоенергетичното ниво на дефектите, проявяващи се при температури до 530 °С, също се руши, като интензитетът на ТЛ отслабва рязко от  $7,80 \cdot 10^3 \text{ v/g}$  до  $3,00 \cdot 10^3 \text{ v/g}$ . При доза 1,00 кС/kg пробите престават да термолуминесцират с нагряване до 600 °С, т. е. това е най-вероятно дозата, около която настъпват структурни изменения в кристалната решетка на кварца (известното метамиктно превръщане на минерала). При дози на облъчване над 1,00 кС/kg кварцовите зърна често придобиват тъмен до сажесто-опушен или морионово-черен цвят.



Фиг. 2. Природна и индуцирана термолуминесценция на кварц от риолитите на трета фаза

1 — природна термолуминесценция; 2—11 — индуцирана термолуминесценция при различни дози на гама облъчване (в kC/kg): 2 — 0,05; 3 — 0,10; 4 — 0,15; 5 — 0,20; 6 — 0,25; 7 — 0,30; 8 — 0,50; 9 — 0,70; 10 — 0,90; 11 — 1,00

## Заклучение

Резултатите от извършените изследвания потвърждават изводите на редица изследователи (Бедринов, 1976; Бедринов и др., 1985; Кривоконева & Сидоренко, 1972; Комов, 1982; Костов, 1984а, 1984б) за същественото значение, което имат като типоморфни признаци както съдържанието на главните радиоактивни елементи U, Ra, Th и K с тяхната естествена радиоактивност, така и концентрацията на радиационните дефекти от тип Е-центрове, и природната и изкуствената термолуминесценция. Тези типоморфни белези представляват сигурен критерий при литолого-фациалното диференциране на скалите от вулканските комплекси в Родопската област. Те могат да бъдат използвани успешно и при оценката на рудни радиоактивни аномалии, а така също и при търсенето и проучването на рудни хидротермални и екзогенни находища.

Разширяването на комплекса от методи за изучаването на вулканитите ще доведе до повишаването на геолого-икономическата ефективност на етапите прогнозиране, търсене и проучване на нови находища на рудни полезни изкопаеми.

## Литература

- Бахнева, Д. Х. 1970. *Липаритовая формация Смолянской депрессии и оруденение, связанное с ней*. Автореф. канд. диссертации.
- Бедринов, И. Т. 1976. *Геолого-петрофизическая характеристика на терциерните скали от Централнородопската област*. Автореф. канд. диссертация.
- Бедринов, И. Т., С. Стойнов, Ог. Гюндуров, М. Четкаров. 1985. Метод и апаратура за определяне концентрацията на радиационните дефекти в минералите. — *Год. на ВМГИ* (под печат).
- Даниэльс, Ф. 1956. Радиоактивност, накопление энергий радиоактивного распада и вулканизм. — В: *Ядерная геология*. М., ИЛ, 248—256.
- Кривоконова, Г. К., А. Г. Сидоренко. 1972. Влияние радиоактивного облучения на некоторые породообразующие и рудные минералы. — В: *Радиоактивные элементы в горных породах*, 2. Новосибирск, 153—154.
- Комов, И. Л. 1982. *Радиационная минералогия*. М., Энергоиздат. 174 с.
- Костов, Р. И. 1984а. Термолуминесцентные особенности кварца из некоторых „южноболгарских гранитов“. — *Geologica Balc.*, 14, 81—86.
- Костов, Р. И. 1984б. Физични изследвания на кварцови жили от метаморфните скали на Централните Родопи. — *Геох., минерал. и петрол.*, 19, 77—85.
- Ранкама, К. 1956. *Изотопы в геологии*. М., ИЛ. 463 с.
- Стойнов, С. Х., И. Бедринов. 1973. Използване на термолуминесцентния метод при изучаване на терциерните вулканисти от Смолянско. — *Рудодобив*, 1, 8—12.
- Стойнов, С. Х., И. Бедринов. 1980. Влияние на естествената радиоактивност върху термолуминесценцията на скалите. — *Год. на ВМГИ*, 26, 2, 109—117.
- Ташев, Н. Г. 1967. Приложение на радиоактивните методи при геоложкото картиране в условията на Родопския масив. — *Сп. Бълг. геол. д-во*, 28, 1, 55—68.

(Постъпила на 14. I. 1985 г.)