

Geol. vjesnik	30/2	351—357	2 tabele	Zagreb, 1978
---------------	------	---------	----------	--------------

551.311.7:552.4(161.16.45)

Mogućnost korištenja biotita kao indikatora geneze granito-metamorfnih stijena Papuka

Dragutin SLOVENEČ

*Zavod za mineralogiju, petrologiju i ekonomsku geologiju,
Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta, Pierottijeva ul. 6/III, 41000 Zagreb*

Kemijski su analizirane čiste faze biotita iz porfiroblastičnog gnajsa, muskovit-biotitnog paragnajsa i pegmatita Papuka. Na osnovi eksperimentalnih podataka i u skladu s postojećim shvaćanjima o utjecaju temperature i tlaka na sastav biotita, ispitana je mogućnost korištenja biotita kao indikatora geneze stijena u kojima se nalaze.

UVOD

Poznato je da kemijski sastav i polimorfizam Fe-Mg tinjaca u znatnoj mjeri ovise o fizikalno-kemijskim uvjetima kristalizacijske sredine. Stoga je u okviru mineraloških istraživanja tinjaca iz različitih stijena Papuka na poticaj prof. dr. M. V r a g o v i ć a izvršen pokušaj da se utvrdi, mogu li biotiti poslužiti kao indikatori geneze stijena u kojima se nalaze. U tu svrhu odabrane su tri različite stijene a to su: porfiroblastični gnajs, muskovit-biotitni paragnajs i pegmatit.

Uzorci gnajseva uzeti su na međusobnoj udaljenosti od 1 km u kanjonu gornjeg toka potoka Velika Radetina. Uzorak pegmatita uzet je u kanjonu potoka Brzaje, 1 km NE od kote 540.

Biotiti iz navedenih stijena podvrgnuti su rendgenskim i kemijskim ispitivanjima. Kod rendgenske difrakcijske analize primijenjena je metoda praha, a nekoliko listića snimljeno je i metodama monokristala. Međutim, do sada provedenim istraživanjima nije u potpunosti riješeno pitanje politipnih modifikacija biotita, kako u pogledu njihove determinacije, tako i zbog određenog neslaganja eksperimentalnih i literaturnih podataka. Zbog toga su u ovom prikazu navedeni samo rezultati dobiveni analizom podataka o kemijskom sastavu biotita.

Utvrdjivanje ovisnosti sastava biotita o PT uvjetima metamorfizma predmet je istraživanja brojnih istraživača. Sumarni pregled konsultirane literature o toj problematici pokazuje slijedeće.

Najobjektivniji kriterij za odredbu facijalne pripadnosti biotita je udio titana koji se povećava s porastom temperature i tlaka. Udio magnezija u pravilu raste s temperaturom metamorfizma, čime se koeficijent željezovitosti smanjuje (Korikovskij, 1965; Deer & al., 1967; Zakrutkin & Grigorenko, 1968; Ušakova, 1971). Odnos Fe/Mg

u biotitima visokometamorfnihi stijena (granulitski facijes) manji je od jedan, a kod srednje i niskometamorfnihi stijena varira u širokim granicama (od 0,5 do 8), ovisno o udjelu aluminija i prisutnosti drugih Fe-Mg minerala (naročito granata) u stijeni (M a r a k u š e v, 1966). U prisutnosti kvarca, željezoviti biotiti mogu biti stabilni i do temperatura nešto nižih od 600°C (E u g s t e r, 1963. — cit. M a r a k u š e v, 1966). Povećanjem udjela aluminija i u prisutnosti kvarca, polje željezovitih biotita pomiče se na još niže temperature (U š a k o v a, 1971). U aluminijem bogatijim stijenama udio oktaedrijskog aluminija (a time i koeficijent aluminičnosti *al*) povećava se sa sniženjem temperature (M a r a k u š e v, 1966; U š a k o v a, 1971). Udio kalija u biotitu u pravilu raste s temperaturom, neovisno o sadržaju tog elementa u stijeni (Z a k r u t k i n & G r i g o r e n k o, 1968).

OPIS UZORAKA STIJENA

Porfiroblastični gnajs je izrazito škriljava stijena paralelne teksture i gotovo pločastog loma. Paralelna tekstura i okcasta do porfiroblastična struktura posljedice su subparalelnog nizanja kvarc-feldspatnih leća i porfiroblasta mikrokлина, između kojih i oko kojih se povijaju tanke lamine biotita gotovo crne boje. Listići biotita debljine su do 0,3 mm i promjera baze do 1,5 mm. Porfiroblasti mikrokлина svjetloplavičaste boje dugi su do 3 i široki do 1 cm.

Najzastupljeniji minerali su kvarc, kiseli plagioklasi i mikroklin, dok udio biotita ne prelazi 10%. Akcesorni su apatit i cirkon.

Muskovit-biotitni paragnajs je škriljava stijena lepidogranoblastične strukture. Gotovo paralelno nizanje debljih kvarc-feldspatnih i tanjih biotitnih vrpca vidljivo je i prostim okom.

Najzastupljeniji minerali su kvarc i kiseli plagioklasi. Udio biotita procijenjen od oka iznosi ~ 15%. Biotit je brončanosmeđe boje, a krupnoća listića varira. Najkrupniji su listići promjera baze do 2 mm i debljine do 0,5 mm. Biotit je mjestimice intenzivno kloritiziran. Uz nabrojene minerale u znatno manjoj količini nalaze se muskovit i granat, a opažaju se i zrna opakog minerala.

Glavni mineralni sastojci *pegmatita* su feldspati (uglavnom mikroklin), kvarc i biotit. Paketi biotitnih listića debljine su do 2 mm i promjera baze do 3 cm. U površinskom dijelu uzorka stijene biotit je procesima trošenja u znatnom stupnju transformiran u vermikulit (S l o v e n e c, 1976). Listići svježeg biotita su rijetki, a nalaze se u dijelovima uzorka stijene koji nisu zahvaćeni pukotinama. Takav biotit je gotovo crn i po boji vrlo sličan biotitu iz porfiroblastičnog gnajsa.

SEPARACIJA BIOTITA

Da bi se provela što točnija ispitivanja, valjalo je izdvojiti što čišće biotitne faze. U tu svrhu smrvljeni su najsvježiji dijelovi uzorka porfiroblastičnog gnajsa i paragnajsa, a zatim su pomoću serije sita odijeljene frakcije s veličinom čestica između 0,3 i 0,2 mm.

Izdvajanje biotita iz tih frakcija vršeno je prvo pomoću Frantzovog izodinarskog magnetskog separatora, zatim u razrijeđenoj Thouletovoj otopini i konačno pomoću stereomikroskopa kod povećanja od 40 puta. Na taj su način dobivene gotovo čiste biotitne frakcije; na rendgenogramima praha koji su snimljeni da se provjeri čistoća dobivenih frakcija, registrirani su samo refleksi biotita. Pored uzoraka praha snimljeni su i uzorci listića orijentiranih paralelno baznom pinakoidu. Oštrina linija i odnosi intenziteta refleksa 006, 007 i 008 pokazuju (Djajkonov, 1964), da su izdvojeni biotiti svježiji, tj. da nisu zahvaćeni procesima površinskog trošenja.

Kod izdvajanja biotita iz pegmatita prvo su odabrani listići koji su bojom ukazivali na svježiji biotit. Ti listići zatim su kalani na tanke kalotine koje su pomoću rendgenskog difraktometra snimane kao orijentirani uzorci. Za kemijsku analizu odabrane su takve kalotine na čijim su rendgenogramima 001 refleksa registrirane samo vrlo oštre linije biotita.

ANALIZA KEMIJSKOG SASTAVA

Kod analize kemijskog sastava biotita sve glavne komponente određene su metodom klasične silikatne analize osim natrija i kalija koji su određeni fotometrijom plamena. Fluor nije određivan; ukupni gubitak žarenjem izražen je kao H_2O^+ .

Težinski udjeli pojedinih komponenata u postocima (srednje vrijednosti iz po dviju paralelnih analiza) navedeni su u tabeli 1. Tabela 1 sadrži i brojeve iona izračunate na bazi 24 (O, OH), s tim što je uz silicij u tetraedrijsku koordinaciju vezan samo aluminij.

U Fosterovom triangularnom dijagramu oktaedrijskih kationa (Guddotti & al., 1975), biotit iz porfiroblastičnog gnajsa leži u području Fe^{2+} biotita, a biotiti iz pegmatita i muskovit-biotitnog paragnajsa leže u području $Fe = Mg$ biotita.

DISKUSIJA

Korelacija sastava istraživanih biotita i diskusija PT uvjeta metamorfizma uz osvrt na sastav ishodnih stijena u velikoj je mjeri otežana činjenicom, što su udaljenosti između mjesta na kojima su uzorci uzeti relativno velike. Koristeći međutim koeficijente za procjenu temperature metamorfizma (tabela 2) i rezultate ranijih istraživanja granito-metamorfog kompleksa Papuka (Tajder, 1957, 1969; Marić & Crnković, 1958; Raffaelli, 1965; Vragović, 1965), može se uočiti slijedeće.

Udjeli titana, kalija i koeficijent aluminičnosti ukazuju, da je biotit iz porfiroblastičnog gnajsa karakteriziran višom temperaturom postanka od biotita iz muskovit-biotitnog paragnajsa. Suprotno tome, odnos željeza i magnezija (željezovitost) ukazuje na višu temperaturu biotita iz paragnajsa. Uzmemo li međutim u obzir činjenicu da kod srednjeg i nisko-temperaturnog metamorfizma postoje velike varijacije odnosa Fe/Mg , te da muskovit-biotitni paragnajs sadrži i granate koji su na sebe mogli vezati jedan dio željeza, onda veći broj parametara ukazuje na višu temperaturu postanka biotita iz porfiroblastičnog gnajsa.

Tabela 1. Kemijski sastav biotita.
Table 1. Chemical composition of biotites.

	1	2	3
	Težinski postoci Weight percent		
SiO ₂	34,44	34,55	34,80
TiO ₂	3,82	2,68	2,49
Al ₂ O ₃	17,44	20,60	19,30
Fe ₂ O ₃	5,45	4,82	6,61
FeO	19,62	15,47	15,01
MnO	0,36	0,31	0,38
MgO	5,56	7,84	6,50
CaO	0,42	0,50	1,39
Na ₂ O	0,15	0,31	0,22
K ₂ O	8,41	7,64	8,47
H ₂ O ⁺	4,74	5,65	5,02
Σ	100,41	100,37	100,19

Brojevi iona na bazi 24 (O,OH)
Numbers of ions on the basis of 24 (O,OH)

Si	5,220	8,000	5,044	8,000	5,178	8,000
Al	2,780		2,956		2,822	
Al	0,335	5,178	0,588	5,042	0,562	4,936
Ti	0,435		0,294		0,278	
Fe ²⁺	0,621		0,529		0,740	
Fe ³⁺	2,486		1,888		1,867	
Mn	0,046	1,738	0,038	1,589	0,048	1,891
Mg	1,256		1,705		1,441	
Ca	0,068		0,078		0,221	
Na	0,044		0,088		0,063	
K	1,626	4,790	1,423	5,500	1,607	4,980
OH						

- 1 — Biotit iz porfiroblastičnog gnajsa (Biotite from porphyroblastic gneiss).
- 2 — Biotit iz muskovit-biotitnog paragnajsa (Biotite from muscovite-biotite paragneiss).
- 3 — Biotit iz pegmatita (Biotite from pegmatite).

Takav zaključak bio bi u skladu s mišljenjem (Vragović, 1965), da su porfiroblastični gnajsi Papuka sinkinematski graniti, u kojima se u kasno i postorogenetskoj fazi vršila prekrystalizacija i kalijska metasomatoza, a paragnajsi su progresivno metamorfozirani pelitni škrljci. Temperature unutar utisnutog magmatskog tijela sigurno su bile više od temperatura u okolnim, već ranije djelomično metamorfoziranim škrljcima, koji uslijed topline fluida granitske magme podliježu progresivnoj metamorfozi.

Na kristalizaciju iz magme granitnog sastava upućuje i visoka željezovitost i mali udio magnezija u biotitu iz porfiroblastičnog gnajsa. Naime, sadržaj FeO u biotitima u granitu varira od 12 do 25%, a u pegmatitu

Tabela 2. Koeficijenti procjene temperature metamorfizma za biotite iz porfiroblastičnog gnajsa i muskovit-biotitnog paragnajsa. Radi usporedbe isti parametri navedeni su i za biotit iz pegmatita.

Table 2. The temperature estimation coefficients of metamorphism for biotite from porphyroblastic gneiss and muscovite-biotite paragneiss. For comparison the same parameters for biotite from pegmatite are given.

	1	2	3
Ti	0,435	0,294	0,278
$\frac{\text{Fe}}{\text{Mg}}$	2,474	1,418	1,809
$f_{\text{Fe}} = \frac{\text{FeO}}{\text{FeO} + \text{MgO}}$ (mol %)	66,44	52,55	56,44
$al = \frac{\text{Al}^{\text{VI}} + \text{Fe}^{2+}}{\text{Mg} + \text{Fe}^{2+} + \text{Mn} + \text{Ti} + \text{Al}^{\text{VI}} + \text{Fe}^{2+}}$	0,185	0,222	0,264
K	1,626	1,423	1,607

- 1 — Biotit iz porfiroblastičnog gnajsa (Biotite from porphyroblastic gneiss).
- 2 — Biotit iz muskovit-biotitnog paragnajsa (Biotite from muscovite-biotite paragneiss).
- 3 — Biotit iz pegmatita (Biotite from pegmatite).

dosiže i do 30%, uz daleko niži sadržaj MgO (Deer & al., 1967). Iako udio aluminija u biotitu raste idući od bazičnijih prema kiselijim stijenama (Deer & al., 1967), biotit iz porfiroblastičnog gnajsa bogatiji je na aluminiju od biotita u granitu.

Pitanje aluminija može se povezati s pitanjem temperature kristalizacije biotita u porfiroblastičnom gnajsu. Prema Hlestovovim dijagramima koji pokazuju ovisnost sastava biotita (udio aluminija i koeficijent željezovitosti f_{Fe}) o temperaturi u stijenama koje sadrže kvarc (Uškova, 1971), gornja temperaturna granica stabilnosti tog biotita određena je najvišom temperaturom epidot-amfibolitskog facijesa.

Sastav biotita iz muskovit-biotitnog paragnajsa upućuje na srednje-temperaturni metamorfizam. Prema Hlestovovim dijagramima, uz srednju temperaturu metamorfizma i udio aluminija koji je približno isti kao i u biotitu iz istraživanog paragnajsa, biotit potiskuje parageneza granata i muskovita, a maksimalni mogući mol. postotak $\text{FeO}/\text{FeO} + \text{MgO}$ manji je od 60. U istraživanom paragnajsu biotit je uz kvarc i kisele plagioklase zaista asociran i s manjom količinom muskovita i granata, dok K-feldspata nema.

Relativno niska željezovitost biotita iz pegmatita (no viša nego u biotitu iz paragnajsa) ukazivala bi na kristalizaciju iz već željezom djelomično osiromašene restmagne. Međutim, kristalizacijom iz takve magme teško je objasniti znatan udio magnezija i visoki sadržaj kalija u biotitu.

Razlike u kemizmu istraživanih biotita vjerojatno su uzrokovane i razlikama u kemizmu stijena edukata koje su bile podvrgnute meta-

morfozi. Ako su porfiroblastični gnajsi rezultat prekrystalizacije sinkinematiskih granita, tada je magma iz koje su graniti kristalizirali mogla nastati pretaljivanjem stijena (u dubljim nivoima) i drugačijeg kemijskog sastava od stijena od kojih su nastali paragnajsi. Povećani udio željeza u magmama stvorenim parcijalnim pretaljivanjem sedimenata može se očekivati, jer se u nerastaljenom ostatku koncentriraju mineralne faze s višom tališnom točkom, među njima i Fe-Mg minerali s višim sadržajem magnezija.

Diskutirana pitanja pokazuju da je na osnovi kemijskih parametara moguće prikupiti informacije o uvjetima postanka biotita, a time i stijena u kojima se biotiti nalaze. Donošenje pouzdanijih zaključaka zahtijeva međutim istraživanja širih razmjera. U toku su kompleksna mineraloška istraživanja biotita i asociirajućih minerala iz većeg broja uzoraka stijena s Papuka.

Zahvaljujem se prof. dr M. Vragoviću na poticaju i savjetima tokom izrade rada.

Primljeno 17. 03. 1977.

LITERATURA

- Deer, W. A., Howie, R. A. & Zussman, J. (1967): *Rock-forming minerals*, 3, Longmans, London.
- Dijakonov, Ju. S. (1964): O strukturnih izmenjenijah biotitov pri gidraciji. — *DAN SSSR*, 154, 1347—1350.
- Guidotti, C. V., Cheney, J. T. & Conatore, P. D. (1975): Interrelationship between Mg/Fe ratio and octahedral Al content in biotite. — *Am. Min.*, 60, 849—853.
- Korikovskij, S. P. (1965): Biotiti iz porod zelenoslancevo i amfibolitovoi facii metamorfizma. — *DAN SSSR*, 160, 189—192.
- Marakušev, A. A. (1966): Vlijanie temperaturi na sostav biotita v metamorfičeskikh porodah. — *Izv. AN SSSR, Ser. geol.* 7, 21—38.
- Marić, L. & Crnković, B. (1958): *Prethodni izvještaj o geološkom kartiranju metamorfita i magmatita u istočnom dijelu Papuka*. — Fond str. dokum. Inst. geol. istraž., Zagreb.
- Raffaelli, P. (1965): Metamorfizam paleozojskih škrljavaca u području Ravne gore (Papučko gorje — Slavonija). — *Geol. vjesnik*, 18/1, 61—111, Zagreb.
- Slovenec, D. (1976): Izmjene biotita u pegmatitu iz potoka Brzaje na Papuku u uvjetima površinskog trošenja. — *Geol. vjesnik*, 29, 243—267, Zagreb.
- Tajder, M. (1957): Petrografsko istraživanje zapadnog dijela Papuka. — *Ljetopis JAZU*, 62, 316—323, Zagreb.
- Tajder, M. (1969): Magmatizam i metamorfizam planinskog područja Papuk—Psunj. — *Geol. vjesnik*, 22, 469—476, Zagreb.
- Ušakova, E. N. (1971): *Biotiti metamorfičkih porod*. — Nedra, Moskva.
- Vragović, M. (1965): *Graniti i gnajsi Papuka*. — Disertacija, Zagreb.
- Zakrutkin, V. V. & Grigorenko, M. V. (1968): Titan i šćeloci v biotitah pri metamorfizme. — *DAN SSSR*, 178, 683—686.

On the possible utilization of biotite as a genetic indicator in the Papuk granite-metamorphic rocks (north Croatia)

D. Slovenec

Investigating micas in various rocks from Papuk, tentative work on the possible utilization of biotites as a genetic indicator has been done. In this respect, three different rocks from Papuk, porphyroblastic gneiss, muscovite-biotite paragneiss, and pegmatite have been chosen.

After desintegration of the rock samples, three pure biotite fractions were separated. Checking out the purity of the taken fractions by X-ray powder method, biotite reflexions were registered only. Relative intensities of 006, 007 and 008 reflexions show (Dijakonov, 1964) that separated biotites are unaltered.

The major chemical constituents in a biotite were determined by the classical silicate analysis with the exception of sodium and potassium, these being determined by the flame photometry (Table 1).

On the basis of experimental data (Table 1, 2) and with regard to the sited literature about temperature and pressure influence on biotite composition (Korikovskij, 1965; Marakušev, 1966; Deer & al., 1967; Zakrutkin & Grigorenko, 1968; Ušakova, 1971), the following may be concluded.

The abundance of titanium, potassium and octahedral aluminium shows that biotite from the porphyroblastic gneiss has a higher temperature origin than biotite in the muscovite-biotite paragneiss. On the contrary, the ratio iron/magnesium points out a higher temperature origin of the latter. At a low and medium grade of metamorphism, however, a great variability of the iron/magnesium ratio is common (Marakušev, 1966). Besides, a part of iron in muscovite-biotite paragneiss could have been accepted by garnets. Nevertheless, the foregoing facts favor a higher temperature origin of biotite from the porphyroblastic gneiss. The conclusion is in agreement with the opinion (Vragović, 1965) that the porphyroblastic gneisses from Papuk are syncinematical granites which have undergone recrystallization and potassium metasomatism in a late and postorogenic phase, and the paragneisses are pelitic schists which have metamorphosed progressively.

The chemical composition of biotite from the muscovite-biotite paragneiss corresponds to medium temperature of the metamorphism.

Relatively low biotite ferroginousness from the pegmatite might point out crystallization from a depleted residual magma. On the other hand, however, high magnesium content in biotite is in discrepancy with the foregoing genetic model.

The discussed matter proves the possible utilization of chemical parameters as a source of information on the origine of biotite and the rocks they are related to. At present, complex mineralogical investigations of biotites and associated minerals from a large number of the Papuk rock samples are being carried out.

Received 17 March 1977.