

Projekt "Magmatizam, metamorfizam i mineralna ležišta Dinarida" financiran od Ministarstva znanosti i tehnologije Republike Hrvatske

METARIOLITI VRANICE PLANINE U PALEOZOIKU SREDIŠNJE BOSNE

Vladimir MAJER, Vesnica GARAŠIĆ

Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Pierottijeva 6, HR-10000 Zagreb, Republika Hrvatska

E-mail: vgarasic@rudar.rgn.hr

Ključne riječi: Metarioliti, Peraluminijske stijene, Granofirska struktura, Fengiti

Metarioliti Vranice planine su stijene naglašene porfirne strukture u kojima se kao fenokristali nalaze kvarc, K-feldspat i vrlo rijetko albit. Osnova je mikrokristalna, karakterizirana sitnolističastim fengitom, biotitom i područjima u kojima granofirski prorastaju kvarc i feldspati. Akcesorni minerali su ilmenit, rutil, apatit, cirkon i klorit. Metarioliti su peraluminijске stijene ($PI = 1,5-4,1$), naglašenog kalijskog karaktera ($K_2O/Na_2O = 1,0-13,8$). Inkompatibilni elementi su vrlo obogaćeni u odnosu na prosječni sastav hondrita, što ukazuje na krystalno porijeklo magmi metariolita. Iako se fengiti najčešće nalaze u stijenama visokog tlaka, fengiti metariolita Vranice planine najvjerojatnije pripadaju rjedodj grupi fengita koji se nalaze u stijenama niskih do srednjih tlakova.

Key-words: Metarhyolites, Peraluminous rocks, Granophyric texture, Phengites

Metarhyolites of Vranica mountain are rocks of emphasized porphyritic texture containing phenocrysts of quartz, K-feldspar and very rarely albite. The groundmass is microcrystalline, characterized by finegrained phengite, biotite and area consisting of granophyric intergrowths of quartz and feldspar. Accessory minerals are ilmenite, rutile, apatite, zircon and chlorite. Metarhyolites are peraluminous rocks ($PI = 1,5-4,1$) having dominantly potassium character ($K_2O/Na_2O = 1,0-13,8$). Incompatible elements are enriched relative to the normalizing chondrite composition, pointing to the crustal origin of metarhyolite magma. Although phengites typically occur in high pressure rocks, it seems that phengites of metarhyolites of Vranica mountain belong to the seldom group of phengites occurring in the low to medium pressure rocks.

Uvod

Metarioliti Vranice planine u paleozoiku Središnje Bosne (Bosanskim škriljavim planinama) ističu se zbog dva razloga. S jedne strane to su najveće pojave magmatskih stijena među mnogobrojnim paleozojskim kompleksima Vanjskih i Unutrašnjih Dinarida, a s druge strane imaju važnu ulogu pri rješavanju metalogeneze ovog područja.

U dosadašnjim radovima metarioliti su nazivani različito: kremenitrahiti (Mojšisovič i dr., 1881), kremenitporfiri (Foullon, 1892), "dinamometamorni kremenitporfiri" (Katzner, 1903, 1906, 1925), rioliti (Jurković i Majer, 1954; Živanović i Milojević, 1975), kvarcporfiri (Jovanović i dr., 1978) i metarioliti (Sofilj i dr., 1980). Prvu kemijsku analizu metariolita objavio je Čutura (1918), međutim prvi su ih detaljnije istražili Jurković i Majer (1954) koji su na temelju izračunatih Niggelievih parametara odredili da je magma iz koje su nastali metarioliti imala leukogranitiski odnosno aplitogranitiski karakter.

O odnosima metariolita s okolnim stijenama i starosti njihovog protolita također postoje različita mišljenja. Foullon (1892) je smatrao da su protoliti metariolita gornjopaleozojske starosti, dok je Katzner (1912) izrazio mišljenje da su glavne mase protolita metariolita srednjopermske i gornjopermske starosti, ali da su se pojedine efuzije zbivale i u trijasu. Na temelju vidljivih kontaktnometamorfničkih promjena na filitima karbonske starosti i krinoidnim vapnencima gornjokarbonske odnosno donjopermske starosti u koje je intrudirao protolit metariolita, Jurković i Majer (1954) su zaključili da je protolit metariolita permske starosti. Živanović i Milojević (1975) smatraju da je većina protolita metariolita formirana u intervalu donji karbon - gornji perm, ali ne isključuju mogućnost da je jedan dio silurske starosti. U svakom slučaju, starost protolita metariolita do danas još nije sa sigurnošću riješena kako zbog njihove metamorfoze, tako i zbog poremećenih i nejasnih odnosa prema okolnim stijenama. Cilj ovog rada je prezentacija novih analitičkih podataka i razmatranje pojave fengita u metariolitima.

Geološki odnosi i petrografija

Metarioliti Vranice planine, smješteni u središnjem dijelu Bosanskih škriljavih planina, formiraju tijelo površine približno 20 km². Tijelo ima oblik sklada odnosno lakolita i u kontaktu je s filitima i mramorima. U većem dijelu magmatskog tijela izražene su manje ili jače metamorfoze i kataklastične deformacije. Rubni dijelovi tijela su potpuno metamorfozirani, bez ikakvih tragova primarne porfirne strukture. Često su i uskriljeni paralelno sa škriljavosti okolnih metamorfničkih stijena, zbog čega je teško odrediti granicu između metariolita i okolnih metamorfničkih stijena.

Primarni izgled efuzivne porfirne stijene ostao je sačuvan samo u manjem dijelu tijela metariolita iz kojeg su uzeti istraženi uzorci stijena. Takve su stijene sivozelencaste boje, imaju homogenu teksturu i jasnu porfirnu strukturu. Sadrže fenokristale kvarca i K-feldspata, izuzetno rijetko i albite. Fenokristali su kataklastično deformirani, undulozno potamnjuju, a često i s resorbiranim odnosno ameboidalnim rubovima. Veličina fenokristala varira od 1 mm do 1 cm i oni obično sadrže uklopke osnove. Osnova je mikrokristalna i heterogena. Karakterizirana je vrlo sitnolističastim biotitom i fengitom te sfernim područjima u kojima granofirski prorastaju K-feldspat, albit i kvarc. Česta su gnijezda i žilice dinamički rekristaliziranog kvarca čija su zrna krupnija od osnove, ali sitnija od fenokristala. Kao akcesorni minerali u osnovi se nalaze apatit, cirkon, ilmenit, rutil i klorit, obično u nakupinama.

U rubnim dijelovima metariolita idući prema filitima zapaža se postupna promjena strukture od porfirne preko reliktnih porfirne pa do potpuno metamorfne škriljave. U takvim jače metamorfoziranim dijelovima metariolita nalaze se još aktinolit, epidot i coisit.

Analitičke metode

Sadržaj glavnih elemenata i nekih elemenata u tragovima uzorka broj 1 određeni su metodom rendgensko-fluorescentne spektrometrije u Mineraloškom institutu u Heidelbergu, pri čemu su za glavne elemente korištene tablete

dobivene taljenjem uzorka stijene s litijevim boratom, a za elemente u tragovima tablete dobivene prešanjem praha stijene. U radu su upotrijebljeni internacionalni standardi.

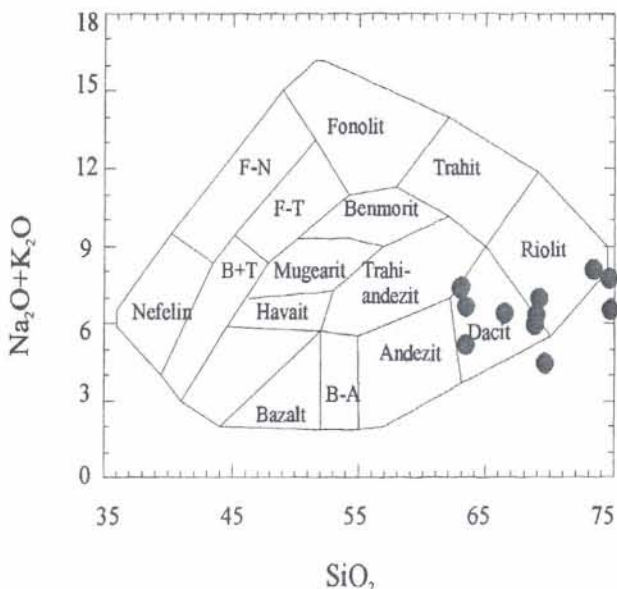
Analize minerala napravljene su mikrosondom CAMECA SX51 u Mineraloškom institutu u Heidelbergu, koristeći voltažu od 15 kV i jakost elektronskog snopa od 20 nA. Vrijeme mjerenja za sve elemente iznosilo je 10 sekundi. Za kalibraciju su korišteni prirodni i sintetički silikatni i oksidni standardi, a podaci su korigirani CAMECA PAP programom.

Kemizam stijena i minerala

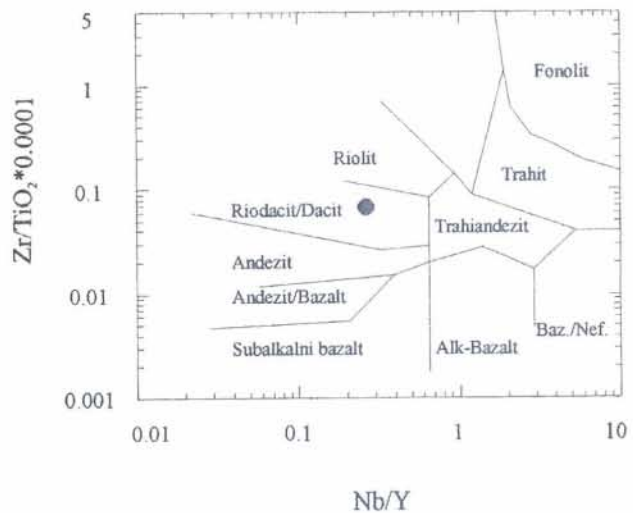
Kemizam stijena

U tablici 1 navedene su kemijske analize metariolita. Kemijska analiza uzorka broj 1 napravljena je u okviru ovog rada, a ostale analize su preuzete iz već objavljenih radova. Istraživane stijene su po svom kemijskom sastavu riolit do daciti na što ukazuje odnos glavnih elemenata $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) : \text{SiO}_2$ (sl. 1), ali i odnos elemenata u tragovima $\text{Zr}/\text{TiO}_2 : \text{Nb}/\text{Y}$ (sl. 2). Stijene su umjerenog do naglašenog kalijskog karaktera pri čemu omjer $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ varira između 1,0 i 13,8. One su također peraluminijske što je izraženo njihovim visokim peraluminijskim indeksom $(\text{PI} = \text{Al}_2\text{O}_3 / (\text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}))$ koji varira između 1,5 i 4,1. Izračunati normativni sastav ovih stijena dodatno potvrđuje njihov peraluminijski karakter, jer svi uzorci sadrže normativni korund, a nijedan ne sadrži diopsid (tab. 1). Sadržaj MgO u ovim stijenama je nizak (0,2-2,42 mas. %), a sadržaj ukupnog FeO varira između 0,50 i 5,89 mas. %.

Nizak sadržaj prijelaznih kompatibilnih metala kao Cr, Ni, Co, Cu pokazuje tablica 1, a svi inkompatibilni elementi su vrlo obogaćeni u odnosu na prosječni sastav hondrita (sl. 3) što upućuje na kristalno porijeklo magmi metariolita. Podaci normalizirajućih vrijednosti za spider dijagrame preuzeti su od Pearce i dr. (1984). Usporedba mjerenih sadržaja inkompatibilnih elemenata s onima koji su tipični za oceanske granite (sl. 4) pokazuje jako obogaćenje elemenata s velikim radijusom (LIL elementi - K, Rb, Ba, Th), a osiromašenje elemenata s malim radiju-



Sl. 1. Klasifikacijski $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) - \text{SiO}_2$ dijagram prema Coxu i dr. (1979)
Fig. 1. Classification diagram of $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ versus SiO_2 (after Cox et al., 1979).



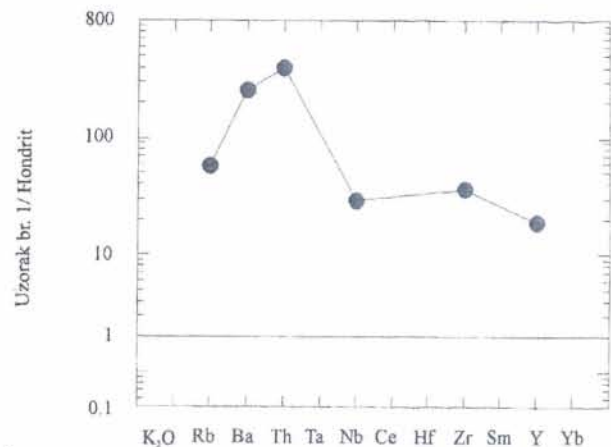
Sl. 2. Klasifikacijski $\text{Zr}/\text{TiO}_2 - \text{Nb}/\text{Y}$ dijagram prema Winchesteru i Floyd (1977)

Fig. 2. Classification diagram of Zr/TiO_2 versus Nb/Y (after Winchester and Floyd, 1977)

som i visokim nabojem (HFS elementi - Zr, Y) u analiziranom uzorku, što je inače karakteristika granitskih magmi koje nastaju u području vulkanskih lukova (Pearce i dr., 1984). Ako se primijene kriteriji za razlikovanje tipova tektonskog smještaja granitnih stijena (Pearce i dr., 1984) na metariolite kao njihove efuzivne ekvivalente onda metarioliti prema omjeru $\text{Rb} : (\text{Y} + \text{Nb})$ i $\text{Nb} : \text{Y}$ padaju u polje granitskih magmi koje se formiraju u području vulkanskih lukova odnosno sinkolizijskih područja. Međutim, ova razmišljanja treba prihvatiti samo kao orijentaciona, jer su temeljena na samo jednoj analizi stijene koja sadrži potrebne elemente u tragovima, a osim toga metarioliti su zahvaćeni metamorfozom.

Kemizam minerala

U tablici 2 prikazane su reprezentativne analize minerala. Mikrosondskim mjerenjima je ustanovljeno da su K-feldspatski fenokristali homogenog kemijskog sastava.



Sl. 3. Dijagram varijacije elemenata u tragovima u metariolitima u odnosu na prosječni sadržaj istih elemenata u hondritu. Vrijednosti za hondrit uzete su od Pearcea i dr. (1984)

Fig. 3. Diagram of trace element variation in metariolites, chondrite normalized. Values of the normalizing constants are from Pearce et al. (1984)

sadrže vrlo malo albitne, a albiti vrlo malo K-feldspatske komponente.

U biotitima omjer Mg/(Mg+Fe²⁺_T) varira između 0,41 i 0,45. Dio Al zamjenjuje Mg i Fe u oktaedrijskom položaju (Al^{VI} = 0,235-0,493 kationa po formulskoj jedinici), a sadržaj Ti je obično između 0,030 i 0,362 kationa po formulskoj jedinici.

U fengitima sadržaj Al^{VI} varira između 1,301 i 1,408 kationa po formulskoj jedinici. Tipični su vrlo visoki sadržaji Si (3,50-3,57 kationa po formulskoj jedinici), Mg (0,382-0,435 kationa po formulskoj jedinici) i Fe²⁺_T (0,278-0,382 kationa po formulskoj jedinici), pri čemu omjer Mg/(Mg+Fe) iznosi 0,53 do 0,59. Sadržaj Ti varira između 0,009 i 0,030 kationa po formulskoj jedinici. Činjenica da je suma Na i K u analizama manja od 2 (tab. 2) može ukazivati na supstituciju alkalija u poziciji X s nekom od neanaliziranih komponenta kao Ba, Sr, NH⁺₄, H₃O⁺ ili postojanjem praznina u istoj poziciji formiranih zbog uravnoteživanja naboja uzrokovanih supstitucijama u međuslojnim, oktaedrijskim i tetraedrijskim pozicijama (Guidotti & Sassi, 1998).

Ilmenit i rutil prorastaju zajedno. Ilmenit je karakteriziran značajnim količinama Mn, što je tipično za ilmenite u stijenama granitskog sastava. Rutil sadrži dodatno mali udio Fe i Cr (tab. 2).

ica njenog jakog pothlađenja (Dunham, 1965, Lentz & Fowler, 1992). Postoje, međutim, radovi koji pokazuju da se takve strukture mogu formirati i mehanizmom potiskivanja (Schloemer, 1964). Sferni oblik podružja kvarc-feldspatskih prorastanja u metariolitima planine Vranice upućuje na formiranje iz silikatne taljevine.

Za prirodne muskovite tipičan je visok stupanj izomorfni supstitucija u oktaedrijskim, tetraedrijskim i međuslojnim pozicijama, pa oni često odstupaju od idealnog sastava KAl₂(AlSi₃O₁₀)(OH)₂. Jedna od značajnih supstitucija je seladonitna supstitucija (Al^{VI} + Al^{IV} = (Mg, Fe²⁺)^{VI} + Si^{IV}). Muskoviti s visokim stupnjem seladonitne supstitucije nazivaju se fengitima i najčešće se nalaze u metamorfnim stijenama visokog tlaka i niskih do visokih temperatura (glaukofanski facijes, eklogitni facijes). Njihov je kemijski sastav u asocijaciji s određenom mineralnom paragenezom vrlo osjetljiv na tlak, na temelju čega su izrađeni različiti geobarometri (Massone & Schreyer, 1987; Guidotti i dr., 1994b). Najviše korišteni geobarometar je onaj od Massone i Schreyera (1987), a bazira se na kemijskom sastavu K-bijelog tinjca u mineralnoj paragenezi s K-feldspatom, kvarcom i flogopitom. Uporabom tog geobarometra dobiveni su za metariolite Vranice planine tlakovi između 10,5 i 14,5 kbar. Međutim, Guidotti i

Tablica 2: Odabrane analize minerala
Table 2: Representative analyses of minerals

| Mineral | Biotit | Biotit | Fengit | Fengit | Ilmenit | Ilmenit | Rutil | Rutil | K-feldspat | K-feldspat | Albit | Albit |
|--------------------------------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|-------|-------|------------|------------|--------|--------|
| SiO ₂ | 37.86 | 37.42 | 51.87 | 53.65 | 0.05 | 0.01 | 0.17 | 0.08 | 64.61 | 64.31 | 68.71 | 68.52 |
| TiO ₂ | 2.65 | 2.74 | 0.58 | 0.36 | 52.74 | 52.15 | 97.59 | 98.06 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Al ₂ O ₃ | 13.85 | 13.19 | 22.73 | 23.46 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 18.82 | 18.8 | 19.78 | 19.93 |
| Cr ₂ O ₃ | 0.02 | 0.00 | 0.04 | 0.06 | 0.02 | 0.01 | 0.12 | 0.03 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| FeO | 22.46 | 23.25 | 6.78 | 5.03 | 43.54 | 43.77 | 0.67 | 0.65 | 0.01 | 0.09 | 0.03 | 0 |
| MnO | 0.05 | 0.03 | 0.07 | 0.05 | 1.89 | 1.91 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| MgO | 9.26 | 9.24 | 4.33 | 3.75 | 0.04 | 0.04 | 0.02 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| CaO | 0.04 | 0.02 | 0.04 | 0.03 | 0.03 | 0.02 | 0.07 | 0.01 | 0.05 | 0.03 | 0.02 | 0.01 |
| Na ₂ O | 0.01 | 0.03 | 0.04 | 0.03 | 0.01 | 0.00 | 0.03 | 0.02 | 0.54 | 0.32 | 11.94 | 11.86 |
| K ₂ O | 9.22 | 9.23 | 9.52 | 9.49 | 0.04 | 0.04 | 0.08 | 0.13 | 15.64 | 15.93 | 0.1 | 0.1 |
| H ₂ O | 3.89 | 3.86 | 4.45 | 4.51 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Σ | 99.31 | 99.01 | 100.45 | 100.42 | 98.36 | 97.95 | 98.75 | 98.98 | 99.67 | 99.48 | 100.58 | 100.42 |
| Broj kationa | | | | | | | | | | | | |
| Si | 2.917 | 2.910 | 3.497 | 3.569 | 0.003 | 0.001 | 0.002 | 0.001 | 11.947 | 11.934 | 11.944 | 11.926 |
| Al ^{IV} | 1.084 | 1.091 | 0.504 | 0.431 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 4.098 | 4.109 | 4.049 | 4.085 |
| Al ^{VI} | 0.173 | 0.118 | 1.301 | 1.407 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Ti | 0.154 | 0.161 | 0.030 | 0.018 | 2.024 | 2.015 | 0.992 | 0.994 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Fe ²⁺ | 1.447 | 1.512 | 0.382 | 0.280 | 1.858 | 1.880 | 0.008 | 0.007 | 0.002 | 0.014 | 0.004 | 0.000 |
| Cr | 0.001 | 0.000 | 0.002 | 0.003 | 0.001 | 0.000 | 0.001 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Mn | 0.004 | 0.002 | 0.004 | 0.003 | 0.082 | 0.083 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Mg | 1.064 | 1.071 | 0.435 | 0.372 | 0.003 | 0.003 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Ca | 0.004 | 0.002 | 0.003 | 0.002 | 0.002 | 0.001 | 0.001 | 0.000 | 0.010 | 0.006 | 0.004 | 0.002 |
| Na | 0.002 | 0.005 | 0.005 | 0.004 | 0.001 | 0.000 | 0.001 | 0.001 | 0.194 | 0.115 | 4.025 | 4.003 |
| K | 0.906 | 0.916 | 0.819 | 0.806 | 0.003 | 0.003 | 0.001 | 0.002 | 3.689 | 3.771 | 0.022 | 0.022 |
| Σ | 7.753 | 7.785 | 6.980 | 6.895 | 3.977 | 3.986 | 1.006 | 1.005 | 19.940 | 19.949 | 20.048 | 20.038 |
| Mg/(Mg+Fe) | 0.42 | 0.41 | 0.53 | 0.57 | | | | | | | | |
| Na+K | | | 0.824 | 0.810 | | | | | 3.883 | 3.886 | 4.047 | 4.025 |
| Ab | | | | | | | | | 5.00 | 3.00 | 99.40 | 99.40 |
| An | | | | | | | | | 0.30 | 0.20 | 0.10 | 0.00 |
| Or | | | | | | | | | 94.80 | 96.90 | 0.50 | 0.50 |

* Formule biotita i fengita izračunate su na bazi 11 kisika, ilmenita na bazi 6 kisika, rutila na bazi 2 kisika, a feldspata na bazi 32 kisika

Diskusija

Danas je općenito prihvaćeno mišljenje da se granofirski prorastanja formiraju brzo i istovremenom kristalizacijom kvarca i K-feldspata iz silikatne taljevine kao posljed-

Sassi (1976, 1986, 1998) su u svojim radovima upozorili na činjenicu da se fengiti mogu formirati i u stijenama niskog do srednjeg tlaka, te utvrdili da je u Al-siromašnim stijenama koje su bogate K-feldspatima seladonitna komponenta u muskovitima visoka bez obzira na PT uvjete pri

kojima je stijena formirana. Tako su fengiti nađeni u metariolitima Southalpine Basementa u Istočnim Alpama koji su metamorfozirani u okviru variscijske orogeneze na tlakovima od samo 3 kbar (Guidotti & Sassi, 1986). Zato otkriće fengita u metariolitima Vranice planine ne znači nužno da su te stijene metamorfozirane pri visokom tlaku. Određivanjem politipa muskovita mogla bi se eventualno odrediti visina tlaka metamorfoze. Naime Sassi i Guidotti (1994) su sugerirali da su fengiti stabilni pri visokim P/T omjerima karakterizirani 3T politipom, dok su fengiti nastali pri niskim P/T omjerima karakterizirani 2M₁ politipom. Na temelju dosadašnjih istraživanja okolnih metamorfnih stijena utvrđeno je da je najveći dio stijena metamorfoziran u uvjetima niskog do srednjeg stupnja facijesa zelenih škriljavaca (Majer i dr., 1991), pa je vrlo vjerojatno da fengiti u metariolitima Vranice planine pripadaju, u literaturi puno rjeđe dokumentiranoj, grupi fengita koji se nalaze u terenima niskog do srednjeg stupnja metamorfoze.

Ostaje neriješen problem starosti protolita metariolita i vrijeme njegove metamorfoze. Određujući starost metamorfoze različitih stijena Palinkaš i dr. (1996) su K/Ar metodom dobili: za *metakeratofire Fojnice* starost od 256 ± 28 milijuna godina, za *metakvarceratofire Busovače* $120,7 \pm 4,6$, zatim $94,8 \pm 3,6$ i $91,8 \pm 4,7$ milijuna godina, za *filite Fojnice* $343,1 \pm 13$ milijuna godina odnosno za *filite Busovače* starost od $36,9 \pm 1,8$. Raznovrsnost podataka upućuje na zaključak da se u Bosanskim škriljavim planinama odvijala metamorfoza u više faza, koje su bile različite po vremenu, stupnju i vrsti.

Zaključak

Metarioliti Vranice planine su peraluminijske stijene, bogate K-feldspatima. Niski sadržaj kompatibilnih prijelaznih metala, a visok sadržaj inkompatibilnih elemenata upućuje na kristalno porijeklo ishodišne magme. Pojava fengita s visokim sadržajem Si, Mg i Fe, iako najčešće vezana za stijene visokog tlaka, čini se da je u istraživanim metariolitima prvenstveno posljedica kemijskog sastava protolita, a ne visokog tlaka pri metamorfozi.

U svrhu definiranja P-T uvjeta metamorfoze u ovom području potrebna su određivanja politipa muskovita u metariolitima kao i dodatna istraživanja okolnih metamorfnih stijena.

Zahvala

Ovaj rad napravljen je u okviru projekta "Magmatizam, metamorfizam i mineralna ležišta Dinarida" (br. 195004) financiranog od Ministarstva znanosti i tehnologije Republike Hrvatske. Autori se zahvaljuju prof. dr. Raineru Altherru koji je omogućio da se kemijska analiza stijene i mikrosondske analize minerala uzorka br. 1 izrade u Mineraloškom institutu u Heidelbergu. Rukopis teksta poboljšan je zahvaljujući korisnim komentarima prof. dr. Maje Vrkljan, prof. dr. Boška Lugovića i prof. dr. Branka Crnkovića.

Primljeno: 2001-02-14
Prihvaćeno: 2001-10-23

LITERATURA

- Barić, Lj. i Tajder, M. (1956): Pirofilitni škriljevac od Parsovića u Hercegovini. *Geol. vjesnik*, 8-9, 187-191, Zagreb.
- Čutura, L. (1918): Eruptivno kamenje u jugozapadnoj Bosni. *Glasnik Zem. Muzeja*, 30, 11-20, Sarajevo.
- Cox, K.G., Bell, J.D. & Pankhurst R.J. (1979): The interpretation of igneous rocks. Allen and Unwin, London.
- Dunham, A.C. (1965): The nature and origin of groundmass textures in felsites and granophyres from Rhum, Inverness-shire. *Geol. Magazine*, 102, 8-23, Cambridge.
- Foullon, H.V. (1982): Über Goldgewinnungsstätten der Alten in Bosnien. *Jahrb. der k. u. k. geologischen Reichsanstalt*, 42, 1-52, Wien.
- Guidotti, C.V. & Sassi, F.P. (1976): Muscovite as a petrogenetic indicator mineral in pelitic schists. *N. Jb. Mineral. Abh.*, 127, 97-142, Stuttgart.
- Guidotti, C.V. & Sassi, F.P. (1986): Classification and correlation of metamorphic facies series by means of muscovite b₀ data from low-grade metapelites. *N. Jb. Mineral. Abh.*, 153, 363-380, Stuttgart.
- Guidotti, C.V. & Sassi, F.P. (1998): Petrogenetic significance of N-K white mica mineralogy: recent advances for metamorphic rocks. *Eur. J. Mineral.*, 10, 815-854, Stuttgart.
- Guidotti, C.V., Sassi, F.P., Sassi, R., and Blencoe, J.G. (1994 b): The effects of ferromagnesian components on the paragonite-muscovite solvus: a semiquantitative analysis based on chemical data for natural paragonite-muscovite pairs. *J. metamorphic Geol.*, 12, 779-788, Oxford.
- Jovanović, R., Mojičević, M., Tokić, S. i Rokić, Lj. (1978): Tumač za Osnovnu geološku kartu SFRJ 1:100000, list Sarajevo, Savezni geološki Zavod, Beograd.
- Jurković, I. i Majer, V. (1954): Rioliti (kremeni porfiri) Vranice planine i albitski riolit Sinjakova u Srednjobosanskom Rudogorju. *Vesnik Zavoda za geološka i geofizička istraživanja NR Srbije*, 11, 207-233, Beograd.
- Katzer, F. (1903): Geologischer Führer durch Bosnien und Herzegovina, Sarajevo.
- Katzer, F. (1906): Geologische Übersichtskarte von Bosnien-Herzegovina. I. Sechstelblatt: Sarajevo M 1:200 000, Sarajevo.
- Katzer, F. (1912): Zur Kenntnis der Arsenlagerstätten Bosniens. *Österr. Zeitschrift f. Berg- u. Hüttenwesen*, 60, Wien.
- Katzer, F. (1925): Geologie Bosniens und der Herzegovina. Erster Band, I u. II Hälfte, Sarajevo.
- Lentz, D.R. & Fowler, A.D. (1992): A dynamic model for graphic quartz-feldspar intergrowths in granitic pegmatites in the southwestern Grenville Province. *Canadian Mineralogist*, 30, 571-585, Montreal.
- Majer, V., Lugović, B. i Trubelja, F. (1991): Metamorfizam Bosanskih škriljavih planina. Prethodna istraživanja. *Radovi Akademije nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine*, 87, *Odjeljenje tehničkih nauka*, 13, 141-158, Sarajevo.
- Massone, H.J. & Schreyer, W. (1987): Phengite geobarometry based on the limiting assemblage with K-feldspar, phlogopite, and quartz. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 96, 212-224, Heidelberg.
- Mojsisovicz, E., Tietze, E. und Bittner, A. (1881): Grundlinien der Geologie von Bosnien und Herzegovina mit geologischer Übersichtskarte 1:500.000. *Jahrb. Geol. Reichsanst.*, 30, 2, Wien.
- Palinkaš, L., Majer, V., Balogh, K., Bermanec, V. and Jurković, I. (1996): Geochronology and thermochronometry of the metamorphism in the Inner Dinarides. *Ann. Meet., IGCP Proj. No 356*, Sophie.
- Pearce, J.A., Harris, N.B.W. and Tindle, A.G. (1984): Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *J. Petrol.*, 25, 956-983, Washington.
- Schloemer, H. (1964): Synthetic hydrothermal co-crystallization of orthoclase and quartz. Investigations in the system K₂O-Al₂O₃-SiO₂-H₂O. Part I and II. *Geochemistry International*, 3, 578-612.
- Sofilj, J., Živanović, M. i Pamučić, J. (1980): Tumač za Osnovnu geološku kartu 1:100000, list Prozor, Savezni geološki Zavod, Beograd.
- Živanović, M. & Milojević, R. (1975): Tumač za Osnovnu geološku kartu SFRJ 1:100000, list Zenica, Savezni geološki Zavod, Beograd.
- Winchester, J.A. & Floyd, P.A. (1977): Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements. *Chemical Geology*, 20, 325-343, Amsterdam.

Metarhyolites of Vranica Mountain in Paleozoic of Middle Bosnia

Vladimir Majer, Vesnica Garašić

Metarhyolites of Vranica mountain are the biggest occurrences of magmatic rocks within numerous Paleozoic complexes in the Dinarides and play an important role in the solution of metallogenic problems. The exact age of the metarhyolite protolith is still unknown due to the metamorphose and structural deformations at the contacts with surrounding rocks. The aim of this work is to present the new analytical date and discuss the occurrence of phengite.

Metarhyolites of Vranica mountain are the rocks of emphasized porphyritic texture containing phenocrysts of quartz, K-feldspar and very rarely albite. The groundmass is microcrystalline, characterized by fine-grained phengite, biotite and area consisting of granophyric intergrowths of quartz and feldspar. Accessory minerals are ilmenite, rutile, apatite, zircon and chlorite.

In the chemical classification diagram SiO_2 -total alkalis diagramm (after Cox et al., 1979) investigated rocks are grouped as rhyolites and dacites respectively (fig. 1). Stable element ratios such as Zr/TiO_2 point to the riodacite to dacite composition (fig. 2). They are peraluminous rocks ($\text{PI} = 1.5-4.1$) having dominantly potassium character ($\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O} = 1.0-13.8$). Table 1 shows representative analyses of studied rocks. Incompatible elements are enriched relative to the normalizing chondrite composition, pointing to the crustal origin of metarhyolite magma (fig. 3). Ocean ridge granite normalized rare earth pattern reveals higher contents of large ion lithophile elements and lower values of high field strength elements compared with the normalizing composition (fig. 4). Such pattern is typical of volcanic arc granites.

Selected electron microprobe analyses of minerals are presented in Table 2. Homogeneous composition is typical for the K-feldspar phenocrysts. In the biotites range the ration of $\text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Fe}^{2+})$ from 0.41 to 0.45, Al^{VI} per formula unit (pfu) from 0.235 to 0.493 and Ti pfu values from 0.030 to 0.362. In the white micas are of particular importance high contents of Si (3.50-3.57 pfu), Mg (0.382-0.435 pfu) and Fe^{2+} (0.278-0.382 pfu) which is why they are called phengites. Their Al^{VI} content ranges from 1.301 to 1.408 pfu. Ilmenites are characterized by considerable Mn-contents, what is typical for ilmenites of granitic rocks.

Phengites are commonly related to high-pressure metamorphic rocks formed at low to high temperatures regardless of the rock bulk composition. They show a strong increase of the Si content per formula unit with pressure and therefore they are used as geobarometer when they coexist with certain mineral assemblage (Massonne and Schreyer, 1987). However, Guidotti and Sassi (1976, 1986) found out that phengites can also form in low to medium pressure rocks of greenschist facies, if this rocks are K-feldspar-rich and Al-poor. On the basis of previous investigations which reveal that the most of the surrounding rocks of the metarhyolites are metamorphosed under conditions of low to medium greenschist facies (Majer et al., 1991) it seems that the phengites of metarhyolites of Vranica mountain belong to the seldom group of phengites occurring in the low to medium pressure rocks.