

UDK 552.3.42.43.46:551.763.78(497.13)=862

Kredno-tercijarne granitne i metamorfne stijene u dodirnom području sjevernih Dinarida i Panonskog strukturnog kompleksa

Cretaceous-Tertiary granitic and metamorphic rocks of the adjoining area of the northern Dinarides and Pannonian Mass

Jakob Pamić

Geološki zavod, Sachsova 2, 41000 Zagreb

Sažetak

U radu su prikazane geološko-petrološke karakteristike granitnih i metamorfnih stijena koje se javljaju u zoni Bukulja-Cer-Motajica-Moslavačka gora, u dodirnom području sjevernih Dinarida i Panonskog strukturnog kompleksa. Granitima i metamorfnim stijenama te zone pripisvana je skoro 100 godina prekambrijska do hercinska starost, no bez ikakvih dokaza. U radu se prezentiraju izotopni podaci koji, međutim, dokazuju krednu i tercijarnu starost tih stijena. Stijene granitne asocijacije obuhvaćaju različite varijetete granita, granodiorita, kvarcnih monconita, kvarcnih diorita i gabra. Udružene metamorfne stijene su predstavljene pretežno različitim varijetetima gnajseva, tinjčevih škripljavaca i amfibolita Abukuma tipa. U diskusiji je iznesena pretpostavka da stijene kredno-tercijarne granitne asocijacije s prostorno udruženim metamorfnim stijenama predstavljaju površinske relikte drevnog magmatskog luka i da su one mogle nastati u području subdukcione zone duž koje se vršilo konzumiranje mezozojske oceanske kore dinaridskog dijela Tetisa.

Abstract

The paper deals with geology and petrology of granites and associated metamorphic rocks stretching in the zone Bukulja-Cer-Motajica-Moslavačka Gora in the adjoining area of the northern Dinarides and Pannonian Mass. The granites and metamorphic rocks of the zone have been treated through many decades, but without any evidence, as Precambrian to Hercynian in age. In the paper are presented isotopic data which point to their Cretaceous to Tertiary age. Rocks of the granite association include varieties of granite, granodiorite, quartz monzonite, quartz diorite and gabbro. The associated metamorphic rocks are represented by varieties of gneiss, micaschist and amphibolite of the Abukum-type. It is presumed that the Cretaceous-Tertiary rocks of the granite association and the associated metamorphic rocks represent superficial relics of an ancient magmatic arc and that they originated close to subduction zone along which was consumed the Mesozoic oceanic crust of the Dinaridic part of the Tethys.

Uvod

U geološkoj građi Dinarida, u njihovim istočnim graničnim dijelovima prema Srpsko-makedonskoj masi i Karpatima te u sjevernim prema Panonskoj masi, ističe se isprekidana zona izgrađena od mladih kredno-tercijarnih granita koji su često udruženi s različitim metamorfnim stijinama. Mada je ta zona velikim dijelom zaplavljena mlađim neogenskim sedimentima, naročito u njenim sjevernim dijelovima prema Panonskoj masi, ona je ipak prostorno jasno izražena i predstavlja individualiziranu geološku cjelinu. Najjužnije pojave mladih alpskih granita javljaju se na području Kopaonika, odakle se prema sjeveru nastavljaju do Bukulje te naglo povijaju prema zapadu i preko Cera i Boranje nastavljaju preko Motajice i Prosare u sjevernoj Bosni, a završavaju na Moslavačkoj gori. Navedena zona kredno-tercijarnih granita može se, dakle, pratiti na dužini od oko 400—500 km.

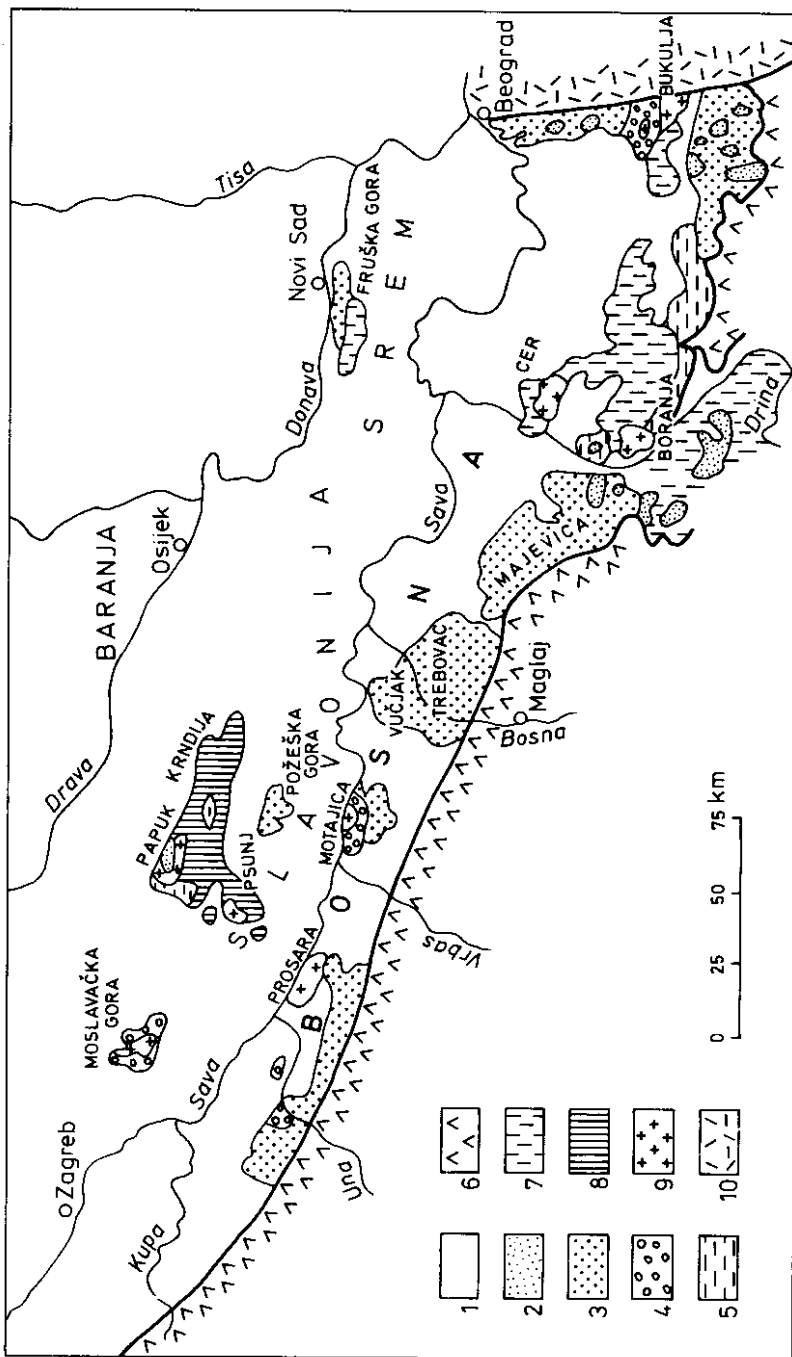
Miholić (1950) je prvi određivao izotopnu starost stijena iz ove zone i stroncijumovom metodom dobio da bukuljski granit i granulit imaju starost od po 185 milijuna godina što, po današnjim geokronološkim skalama, odgovara središnjim dijelovima donje jure. No, prva sistematska radiometrijska istraživanja proveo je DeLeon (1969) koji je na dvadesetak uzoraka granita s Kopaonika, Bukulje, Boranje, Cera, Motajice i Moslavačke gore dobio Rb/Sr izotopne starosti koje kolebaju u rasponu od 10 do 90 milijuna godina. Gotovo tri četvrtine izotopnih podataka odnosi se na granitne stijene iz istočnih dijelova zone s Kopaonika, Bukulje, Boranje i Cera, a samo mali dio na granite Motajice i Moslavačke gore.

Divljan et al., (1978) objavljuju K/Ar podatke za monconitsko-granodioritske stijene cerske i straženičke mase; na monomineralnim frakcijama muskovita i biotita izotopna starost koleba od 17 do 18 milijuna godina što odgovara donjem do srednjem miocenu.

U najnovije se je vrijeme, u okviru različitih studijskih i tematskih radova, određivala izotopna starost ne samo na uzorcima granita već i na nekim pratećim metamorfnim stijinama u području Motajice, odnosno Moslavačke gore, kao i na uzorcima iz nekoliko bušotina između dva navedena područja, tako da je sad raspoloživa faktografija o izotopnoj starosti tih stijena kompletnija.

Cilj ovog rada je prikazati osnovne geološko-petrološke karakteristike granitnih i metamorfnih stijena iz zone Bukulja-Cer-Motajica-Moslavačka gora, pri čemu će se posebna pažnja posvetiti njezinim zapadnim dijelovima (slika 1). Novi radiometrijski podaci ne samo da potvrđuju već ranije izneseno mišljenje o kredno-tercijarnoj starosti granita već dokazuju da i prateće metamorfne stijene, ili bar jedan njihov dio, na nekim od navedenih lokaliteta također

1 tercijarno-kvartarni pokrivač — Tertiary-Quaternary cover; 2 tercijarni vulkaniti — Tertiary volcanics; 3 gornjokredno-paleogeni fliš — Upper Cretaceous-Paleogene flysch; 4 metamorfozirane gornjokredno-paleogene stijene Abukuma tipa — metamorphosed Upper Cretaceous-Paleogene sequence of the Abukuma-type; 5 pretežno trijaski sedimenti — mostly Triassic sediments; 6 ofiolitna zona — Ophiolite zone; 7 semimetamorfne stijene mlađeg paleozoika — Young Paleozoic semimetamorphic rocks; 8 metamorfni kompleks slavonskih planina — metamorphic complex of the Slavonian Mountains; 9 veća granitna tijela — larger granite bodies; 10 Karpati — Carpathians



Sl. 1. Pregledna geološka karta dodirnog područja sjevernih Dinarida i Panonskog strukturnog kompleksa
 Fig. 1. Sketch-map of the adjoining area of the northern Dinarides and the Pannonian Mass

padaju u navedeni stratigrafski raspon. Pretpostavlja se da kredno-tercijarni graniti i prostorno udružene metamorfne stijene predstavljaju površinske relikte drevnog magmatskog luka ispred kojeg se nalazila subdukciona zona duž koje se vršilo konzumiranje mezozojske oceanske kore dinaridskog dijela Tetisa.

Geološka problematika kredno-tercijarnih granita i metamorfita

U nas je dugo vrijeme prevladavalo mišljenje, koje nije bilo potkrepljeno adekvatnim egzaktnim podacima, da su naše granitne stijene pretežno prekambrijske starosti (K a t z e r, 1926, i dr.), a kasnije kaledonske ili variscijske (S i m i ć, 1953, i dr.). Tek pred petnaestak godina je D e l e o n (1969) iznio prve radiometrijske podatke na osnovi kojih je dokazao da granitne stijene Jugoslavije pripadaju različitim orogenetskim ciklusima. Pri tome je pokazao da granitne stijene Kopaonika, Bukulje, Cera, Boranje, Motajice i Moslavačke gore imaju Rb/Sr izotopnu starost koja odgovara stratigrafskom rasponu kreda — tercijar. Istina, on granitne stijene navedenih područja ne izdvaja kao neku zasebnu zonu, nego ih smatra produktima regionalnog »podmlađivanja« vezanog za određenu fazu metamorfizma koje se odigralo u toku alpinske orogeneze. Ovakvo mišljenje je sasvim razumljivo ako se imaju u vidu tadašnji pristupi regionalno-geološkim razmatranjima koji su bili uvjetovani okvirima koje je davalo tada prevladavajuće učenje o geosinklinalama. Ne ulazeći na ovom mjestu u detalje tih interpretacija, treba naglasiti da je D e l e o n sa svojih dvadesetak izotopnih odredbi, međusobno sasvim dobro usaglašenih, dao prve egzaktno podatke koji dokumentiraju kredno-tercijarnu starost granita u zoni Bukulja-Cer-Motajica-Moslavačka gora.

Što se tiče starosti metamornih stijena koje su prostorno udružene sa spomenutim granitima također je prevladavalo mišljenje da su one prekambrijske ili paleozojske starosti. Metamorfne stijene Motajice i Prosare K a t z e r (1926) stavlja u azoik, a V a r i ć a k (1966) u hercinski orogenetski ciklus. Metamorfne stijene oko granitnog tijela Cera i Boranje predstavljene su argilošistima, pješčenjacima i vapnencima karbonske i permske starosti (S i m i ć, 1938). Metamorfne stijene i prateći graniti Moslavačke gore su po mišljenju K o c h a (1899) arhajske, a po mišljenju J u r k o v i ć a (1962) hercinske starosti. Važno je istaći da nijedno od navedenih mišljenja nije potkrepljeno adekvatnim dokazima, pa izgleda sasvim opravdano izneseno mišljenje da je starost kristalastih tvorevina u našoj zemlji bila sve do otkrivanja fosilnih ostataka u njima i početka izotopnih određivanja predmet čisto spekulativnih shvaćanja (P a n t i ć et al., 1972).

Iz prikazanih podataka proizlazi da su graniti i prateće metamorfne stijene u zoni Bukulja-Cer-Motajica-Moslavačka gora po ranijim shvaćanjima tretirane kao jedinstvena geološka cjelina koja je nastala ili u prekambriju, ili u paleozoiku, odnosno u hercinskom ciklusu.

Kao što je D e l e o n prvi napravio veliku promjenu u geološkom definiranju naših granita, tako je revolucionarnu promjenu u tretmanu metamornih stijena u toj granitno-metamorfnoj zoni učinio P a n t i ć sa suradnicima. Najprije su argilošistima i filitima Motajice, koje je K a t z e r stavlja u azoik, a V a r i ć a k u svoj gornji kompleks paleozojskih škrljavaca, utvrđene vrste polena koje su karakteristične za gornju kredu i paleogen (P a n t i ć et J o -

v a n o v i ć, 1970). Na temelju tih podataka se zaključilo da su metamorfne stijene na Motajici nastale na račun okolnih gornjokredno-paleogenih sedimenata djelovanjem energetskog fluksa uvjetovanog granitnim intruzijama (P a m i ć, 1977 i Š p a r i c a et al., 1980).

P a n t i ć et al., (1972) su u filitima južno od Bukulje, koji su ranije smatrani paleozojskim, našli također vrste polena karakteristične za gornju kredu i paleogen. No, primjer bukuljskog granitnog masiva i udruženih okolnih metamorfnih stijena najbolje ilustrira različite pristupe u geološkom razmatranju mladih granitno-metamorfnih kompleksa graničnih dijelova sjevernih Dinarida i Panonske mase. Naime, granitno-metamorfni kompleks Bukulje rasprostire se preko dodirnih dijelova listova osnovne geološke karte Gornji Milanovac i Kragujevac. Identične stijene: okcasti gnajsevi i različiti tinjčevi škriljavci te prateći graniti su na listu Gornji Milanovac uvrštene u paleozoik (F i l i p o v i ć et al., 1978) i kontinuirano se nastavljaju na list Kragujevac gdje su interpretirane jednako kao i u motajičkoj seriji gornjokrednih sedimenata koji su intenzivno metamorfozirani (B r k o v i ć et al., 1980). Dakako, ni ovdje nisu metamorfne promjene detaljno petrološki izučene.

A l e k s i ć i P a n t i ć (1972) smatraju da ove metamorfne stijene odgovaraju »gornjim sjajnim škriljalcima« (schist lustre) Alpa, a također navode prisustvo metamorfita gornjokredno-paleogene starosti i južnije od Bukulje u području JastrePCA.

Na temelju ovog kratkog prikaza navedenih podataka može se zaključiti da u zoni Bukulja-Cer-Motajica-Moslavačka gora dolaze mladi alpski graniti s kojima se zajedno javljaju sinhrono metamorfne stijene nastale, uglavnom, na račun okolnih gornjokredno-paleogenih flišnih sedimenata. Starost granita je potkrepljena preliminarnim izotopnim podacima D e l e o n a (1969), a starost nižemetamorfoziranog dijela metamorfita dokumentirana je na nekoliko mjesta palinološkim određivanjima Pantića i suradnika.

Osnovne petrološke karakteristike metamorfita i stijena granitne asocijacije

Granitne stijene iz nekoliko masiva u zoni Bukulja-Cer-Motajica-Moslavačka gora detaljno su petrološki proučene, a postoje i određeni podaci za okolne metamorfne stijene. Iako ovaj članak nije petrološkog karaktera, dat ćemo osnovne karakteristike magmatskih i metamorfnih stijena iz nekoliko područja u navedenoj zoni (tabela 1).

Stijene granitne asocijacije su po sastavu dosta raznovrsne. Pretežu različiti varijeteti granita (npr. leukokratni, aplitoidni) uz koje dolaze granodioriti i kvarcni monconiti koji čak dominiraju na Boranji i Ceru. Inače, sami graniti, prema klasifikaciji S t r e c k e i s e n a (1973), padaju većinoma u polje granita, a samo boranjski u polje granodiorita te stoje na granici prema kvarcnim dioritima (slika 2). Na Moslavačkoj gori se javljaju i gabri, a izgleda i prijelazne intermedijarne stijene.

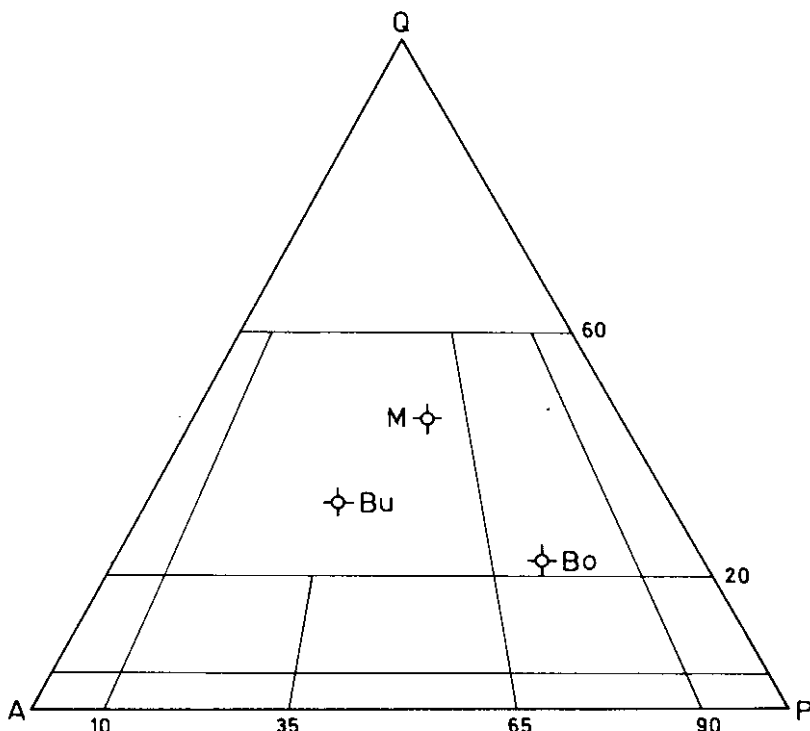
Raznovrstnost stijena granitne asocijacije ilustriraju priloženi QLM i $K_2O + Na_2O - FeO + MgO - CaO$ trokomponentni dijagrami koji su urađeni na osnovi raspoloživih kemijskih analiza stijena sa Bukulje, Cera, Boranje i Moslavačke gore (slika 3). Oni nam pokazuju, promatrano u cjelini, da se radi o izdiferenciranoj asocijaciji granit-granodiorit-kvarcni monconit-gabro koja je

Tabela 1. Osnovne petrološke karakteristike granita i okolnih metamorfita'
 Table 1. Main petrological features of granites and associated metamorphic rocks¹

MOSLAVAČKA GORA	MOTAJICA	BORANJA	CER
Graniti udruženi s malo gabra, vjerojatno i intermedijarnih stijena	Graniti, aplitoidni graniti i granitporfiri	Granodioriti, kvareni mononiti i granodioritporfiriti	Kvareni mononiti, aplitoidni graniti, granodioriti i granitporfiri
Granites associated with some gabbros and probably by intermediate rocks	Granites, aplitoide granites and graniteporphyres	Granodiorites, quartz monzonites and granodioriteporphyrite	Quartz monzonites, aplitoide granites, granodiorites and graniteporphyries
	Srednji sadržaji u % - Average content in percent		
	Na ₂ O = 2,75	Na ₂ O = 3,40	Na ₂ O = 3,17
	K ₂ O = 3,74	K ₂ O = 3,61	K ₂ O = 4,31
	Fe ₂ O ₃ :FeO = 0,85	Prosječan odnos - Average ratio	Fe ₂ O ₃ :FeO = 1,04
Rijetko muskovit po biotitu; kordijerit i granat	Muskovit po biotitu, izražena turmalinizacija; kordijerit i granat nisu utvrđeni	Amfibolizacija biotita; granat i kordijerit nisu utvrđeni	Muskovitzacija biotita, turmalinizacija; kordijerit i granat nisu utvrđeni

Scarce muscovite pseudomorphosis after biotite; cordierite and garnet are present	Muscovite pseudomorphosis after biotite, tourmalinization; cordierite and garnet are not present	Amphibolization of biotite; garnet and cordierite are not present	Muscovitization of biotite, tourmalinization; cordierite and garnet are not present
Hornfelsi i skarnovi	Kontaktmetamorfne stijene - Contact metamorphosed rocks	Hornfelsi i skarnovi	Hornfelsi i skarnovi
Hornfelses and calc-silicate rocks	Hornfelses	Hornfelses and calc-silicate rocks	Hornfelses and calc-silicate rocks
Gnjajsevi, mikašisti, amfibolitski škriljavci	Regionalno metamorfizirane stijene - Regionally metamorphosed rocks	Gnjajsevi, mikašisti, amfibolitski škriljavci, gnajsevi, mramori	Gnjajsevi i mikašisti
Gneisses, micaschists and amphibolites	Greenschists, micaschists, amphibolites, gneisses, marbles	Gneisses, micaschists, amphibolites, gneisses, marbles	Gneisses and micaschists
Andaluzit, kordijerit, sillimanit	Karakteristični minerali - Index Minerals	Kordijerit i andaluzit	Andaluzit i sillimanit
Andalusite, cordierite and sillimanite	Cordierite and andalusite	Cordierite and andalusite	Andalusite and sillimanite

¹ Prema podacima - based on papers: Karamata (1955); Knežević (1962); Varićak (1966); Filipović et al., (1978); Brković et al., (1980); Pamić et al., (1984)



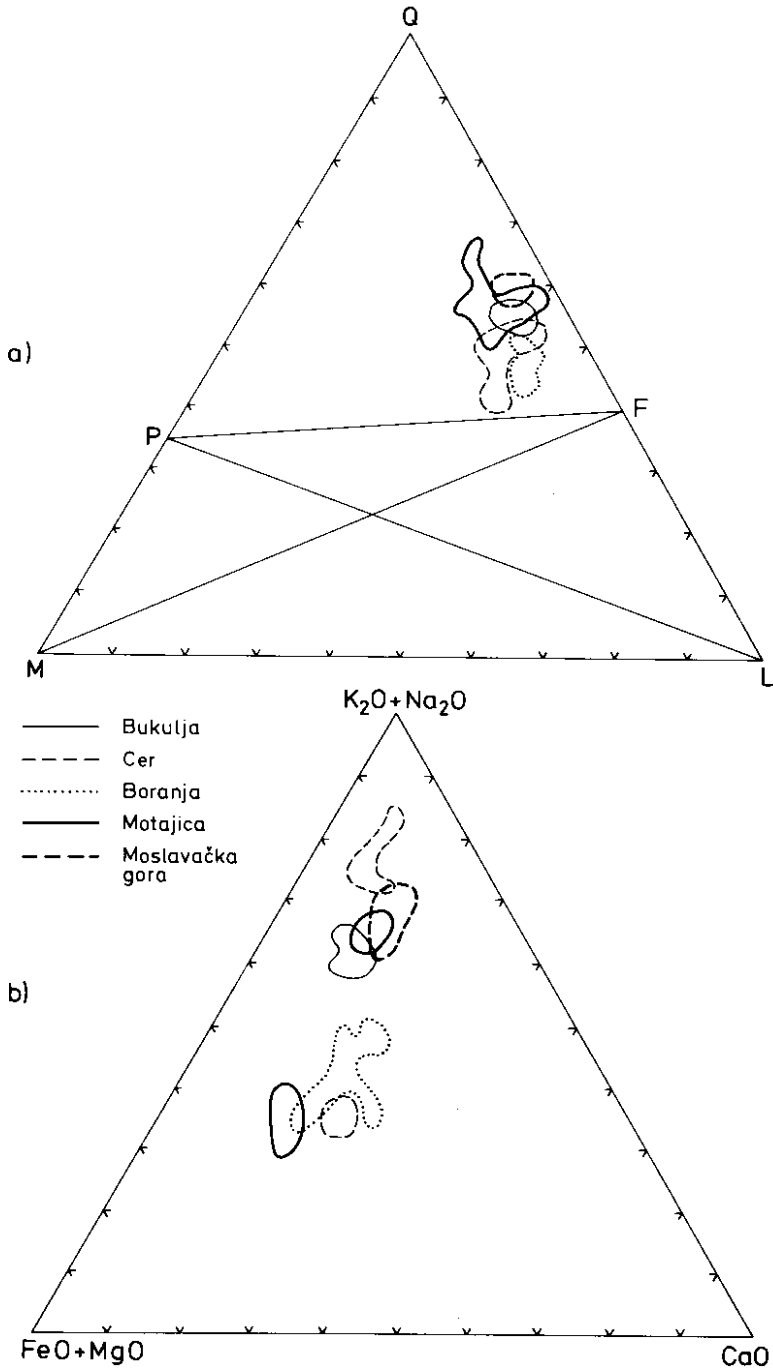
Sl. 2. Srednji modalni sastavi granitoidnih stijena Motajice-M, Bukulje-Bu i Boranja-Bo

Fig. 2. Average modal compositions of granitic rocks from Mts. Motajica-M, Bukulja-Bu and Boranja-Bo

prema novijim shvaćanjima karakteristična na tzv. I-granite (Chappell et White, 1974; Beckinsale, 1979; Chappell, 1984).

Ako se uzmu u obzir i drugi kriteriji, teško je jednoznačno genetski definirati granitne stijene iz zone Bukulja-Cer-Motajica-Moslavačka gora. Istina, odsustvo u granitima granata, a naročito kordijerita, uzima se također kao značajka za genetsko definiranje I-granita. Međutim, u I-granitima je sadržaj Na_2O visok, a u S-granitima nizak (obično manji od 3,2%), dok je obrnuta situacija sa sadržajem K_2O (kod S-granita oko 5%). Naši graniti doduše imaju uvijek manji sadržaj K_2O od 5%, no količina Na_2O rijetko prelazi 3,2%. Nadalje, kod magmatskih I-granita karakterističan je visok odnos $\text{Fe}_2\text{O}_3 : \text{FeO}$ što se odražava prisustvom magnetita u mineralnoj paragenezi akcesornih minerala, za razliku od S-granita koji karakteristično sadrže ilmenit. No, što se tog kriterija tiče, treba objektivno istaći da se u dosadašnjim petrološkim studijama nije obraćala posebna pažnja na razlikovanje tih dvaju opakih minerala.

Prema gore navedenim elementima kredno-tercijarni graniti zone Bukulja-Cer-Motajica-Moslavačka gora mogli bi pripadati i S-granitima. Toj pretpostavci ne ide u prilog i činjenica da se ponegdje u okolnim gornjokrednim sedimentima, kao npr. na susjednoj Požeškoj gori (Pamić et Šparica, 1983), javljaju i sinhroni bazaltno-riolitni ekvivalenti.



Sl. 3. QLM (a) i $K_2O+Na_2O - FeO+MgO - CaO$ (b) trokomponentni dijagrami za stijene granitne asocijacije

Fig. 3. Triangular diagrams: QLM (a) and $K_2O+Na_2O - FeO+MgO - CaO$ (b) for rocks of the granite association

Nedavno su Karamata et Đorđević (1980) razmatrali problematiku porijekla gornjokredno-tercijarnih magmi u istočnim dijelovima najistočnijih dijelova zone Bukulja-Cer-Motajica-Moslavačka gora koje se rasprostiru u Srbiji. Po njima su sve granitne stijene istočnih Dinarida tercijarne starosti i pripadaju kalijumskoj provinciji, a nastale su iz magmi krystalnog (kontinentalnog) porijekla. Iako ovu problematiku nisu razmatrali u okvirima novijih genetskih razdioba stijena granitne asocijacije, iz njihovog zaključka proizlazi da bi tercijarne granitne stijene istočnih Dinarida pripadale S-granitima.

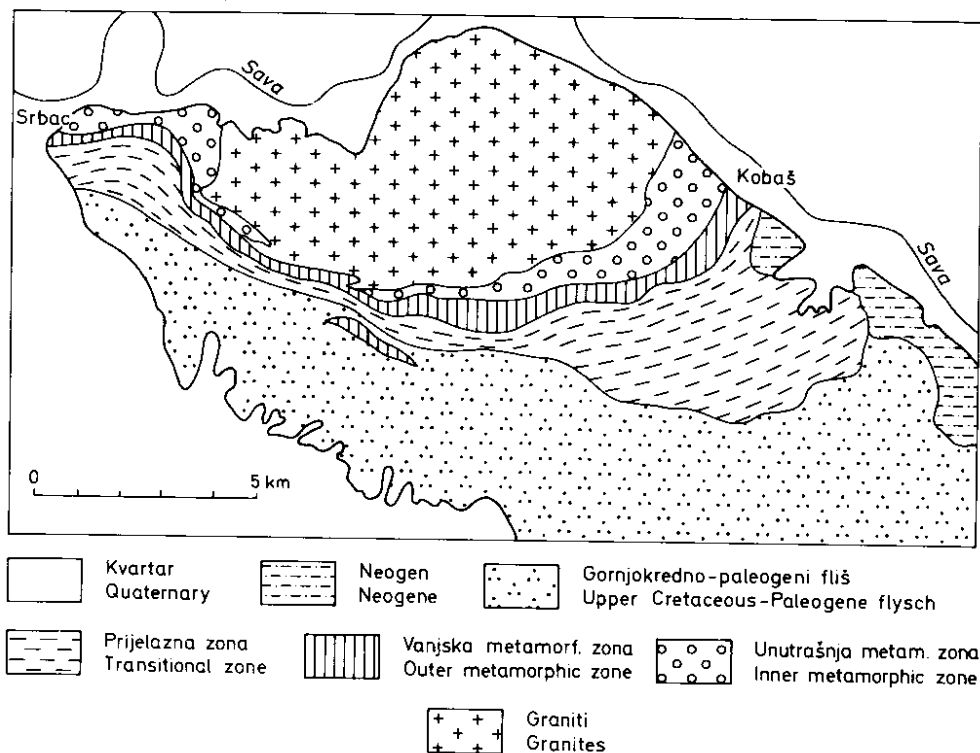
Navedene razlike u genetskim razmatranjima pokazuju, u stvari, da se radi o vrlo složenoj problematici i da će za njeno daljnje rješavanje biti potrebno sakupiti mnogo bogatiji faktografski materijal.

Metamorfne stijene nisu dovoljno detaljno, a ni ravnomjerno studirane. U okolini granitnih masiva zone Bukulja-Cer-Motajica-Moslavačka gora karakteristično se spominje prisustvo kontaktnometamornih stijena — hornfelsa, odnosno kornita i skarnova, npr. na Moslavačkoj gori (Tućan, 1953, Barić 1956 i 1972), Boranji (Karamata, 1955), Bukulji (Divljan, 1961) i Ceru (Knežević, 1962). No, u tom metamornom kompleksu dolaze i regionalno metamorfozirane stijene te je između njih i kontaktnometamornih stijena vrlo teško povući određeniju granicu. Zato je sasvim opravdana sumnja Vragovića (Vragović et Majer, 1980), koji, raspravljajući o problematici hornfelsa Moslavačke gore, postavlja pitanje da li su to uopće hornfelsi, odnosno kontaktnometamorfne stijene. S druge strane, Varićak (1966) je na Motajici uvrstio škriljavce i druge stijene grinšist facijesa u »paleozojske škriljce«, a migmatite, gnajseve, tinjčeve škriljavce i amfibolitske škriljavce i kornite u »kontaktnometamorfne stijene«.

Navedeni primjeri pokazuju da postoji određena neusaglašenost u petrološkom tretmanu metamornih stijena koje se javljaju zajedno s granitima u zoni Bukulja-Cer-Motajica-Moslavačka gora. Sasvim je sigurno da će se u njihovom budućem izučavanju trebati tražiti jedinstveniji petrološki pristup i ujednačenije kriterije.

No, bez obzira na tu neusaglašenost, dosad raspoloživa faktografija za Motajicu i Prosaru dozvoljava pretpostavku da se tamošnje metamorfne stijene tretiraju kao progresivna metamorfna sekvencija koja je nastala regionalnim metamorfizmom u PT-uvjetima grinšistnog i amfibolitskog facijesa na račun okolnih gornjokrednih sedimenata. Na Motajici se lijepo ističe prijelazno područje koje je uzorkovano u dolinama Osovice i Streljačkog potoka na njezinim jugoistočnim obroncima, a koje je uključeno u Katzerov azoik, odnosno Varićakov gornji kompleks paleozojskih škriljavaca (slika 4). Mikroskopska obrada sakupljenog materijala pokazuje kod pelitskih stijena povećanje stupnja kristaliniteta sericita, odnosno muskovita i strukturno-teksturne promjene u slijedu: šejl → slejt → filit i slijedu lapor → laporoviti šejl → kalcitni filit, kao i na pratećim psamitskim stijenama: pješčenjak → metapješčenjak → škriljavi metapješčenjak → muskovit-kvarcni škriljavac, te u karbonatnim: vapnenac → rekristalizirani vapnenac → mramor.

Bez obzira na naglašenu neusaglašenost u petrološkim interpretacijama metamornih stijena iz zone Bukulja-Cer-Motajica-Moslavačka gora, ipak se može reći, na osnovi dosad raspoloživih podataka (tabela 1), da metamorfni kompleks ove zone ima neke svoje zajedničke karakteristike i specifične oso-



Sl. 4. Geološka karta područja Motajice — shematizirana po podacima Varićaka (1966)
Fig. 4. Geological map of the area of Mt. Motajica — shematized on the basis of Varićak's (1966) data

bine. On je pretežno izgrađen od gnajseva i tinjčevih škriljavaca uz koje dolaze podređenije mramori i amfibolitski škriljavci. Članovi nižemetamornog dijela progresivno metamorfozirane sekvencije su zeleni škriljavci, filiti i kalcitni filiti.

U mineralnoj paragenezi ovih metamornih stijena ističe se prisustvo andaluzita i kordijerita koji su utvrđeni na Moslavačkoj gori, Motajici, Ceru i Boranji. Kako su kordijerit i andaluzit karakteristični minerali za metamorfne sekvencije tzv. Abukuma tipa (Winkler, 1974), nije isključeno da metamorfni kompleks u zoni Bukulja-Cer-Motajica-Moslavačka gora pripada tom tipu i po tome je jasno individualiziran u odnosu na ostale metamorfne komplekse u dodirnom području sjevernih Dinarida i Panonske mase.

Preliminarni izotopni podaci

Izotopni podaci za granite i prostorno udružene metamorfne stijene iz zone Bukulja-Cer-Motajica-Moslavačka gora prikazani su u tabeli 2. U nju su uključeni već ranije objavljeni podaci Deleona (1969) temeljeni na Rb/Sr metodi. Zanimljivo je da su sva izotopna određivanja obavljena na monomineralnim frakcijama tinjaca, češće biotita a rjeđe muskovita. Nova izotopna određivanja

K/Ar metodom obavljena su pretežno na monomineralnim frakcijama biotita, a rjeđe i na rogovači, ili čak i na paru rogovača-biotit.

Za istočne dijelove zone, odnosno za granitne stijene Bukulje, Cera i Boranje imamo samo Deleonove Rb/Sr starosti koje su međusobno dobro usklađene. Naime, svih deset podataka padaju u raspon od 29 do 11 milijuna godina, što odgovara stratigrafskom rasponu gornji oligocen do srednji miocen.

Za Motajicu i susjedne oblasti sada imamo kombinirane Deleonove Rb/Sr i nove K/Ar podatke. U tim rezultatima treba podvući onaj koji se odnosi na uzorak iz bušotine Visoka Greda kod Lipovljana (južne padine Psunja) jer su izotopne starosti dobivene na paru rogovača-biotit izdvojenom iz biotit-amfibolitskog škrljavca. Provjere radi, obje izotopne starosti monomineralnih frakcija urađene su u dva laboratorija i dobivani podaci pokazuju relativno malu neusaglašenost za rogovaču: od 48,5 do 43,2 milijuna godina, što odgovara srednjem eocenu, i nešto veću za biotit: od 38,5 do 27,2 milijuna godina, što pada u raspon viši donji oligocen do srednji dio gornjeg oligocena. Prema uobičajenim kriterijima koji se koriste u izotopnoj geologiji, odnosno u K/Ar metodi (Dalrymple et Lanphere, 1969), veća eocenska starost, određena po rogovači, mogla bi odgovarati vremenu postanka stijene, odnosno vremenu metamorfizma, a niža biotitna nekoj mlađoj fazi zagrijavanja.

Deleonovi Rb/Sr podaci za motajičke granite utemeljeni na radiometrijskim određivanjima na biotitu i muskovitu daju jedan podatak od 72 milijuna godina (granica kampan-mastriht), a tri podatka u rasponu od 28 do 17 milijuna godina (granica oligocen-miocen do srednji miocen).

Međusobno su usklađeniji podaci za Moslavačku goru s okolicom. Istina, dva izotopna podatka: Rb/Sr od 90 milijuna godina na biotitu iz granita i K/Ar od 88 milijuna godina na rogovači iz amfibolitskog škrljavca odgovaraju granici senon-turon. No, najveći dio podataka, šest od ukupno 9, pada u interval od 70 do 57 milijuna godina, što odgovara stratigrafskom rasponu mastriht-kraj paleocena. Posebno se ukazuje na podatak iz bušotine Križ jer su na monomineralnoj frakciji biotita iz biotitnog granita obavljena kontrolna određivanja u dva laboratorija, a dobivene izotopne starosti međusobno lijepo usklađene (razlika je samo oko 5%). Jedino je biotit iz bušotine Vrbovec dao nižu K/Ar starost od 27 milijuna godina, što odgovara kraju oligocena. Može se pretpostaviti da ova starost označava, vjerojatno, neko kasnije zagrijavanje biotita, dok prevladavajuće više starosti označavaju primarnu starost. Ova pretpostavka je dosta realna, mada se temelji većinom na određivanjima biotita, jer su K/Ar starosti dobivene na biotitu kontrolirane pouzdanijim K/Ar starostima na rogovači.

Interesantno je istaći da kordijeritni tinjčevi škrljavci s jugozapadnih padina Psunja kod sela Trnakovca daju K/Ar starost od 74 milijuna godina, što također pada u navedeni najizraženiji raspon izotopnih starosti u Moslavačkoj gori.

Iz navedenih i prodiskutiranih podataka o izotopnoj starosti granita i pratećih metamorfnih stijena u zoni Bukulja-Cer-Motajica-Moslavačka gora možemo zaključiti sljedeće:

1. Dosad raspoloživi broj izotopnih podataka (ukupno 30) svakako nije dovoljan da bi se već sada mogla dati koherentna slika o evoluciji granitnog magmatizma i pratećih metamorfnih procesa. To će biti moguće tek kada se

Tabela 2. Podaci izotopne starosti granita i metamorfita iz zone Bukulja-Cer-Motajica-Moslavačka gora
 Table 2. Isotope ages for granites and metamorphic rocks from the zone Bukulja-Cer-Motajica-Moslavačka Gora

Lokalitet - Locality	Stijena - Rock	Mineral	Starost u milijunima godina - Age in Ma, ¹ K/Ar Rb/Sr ¹
BUKULJA			
Kamenolom Pločnik	granit - granite	biotit biotite	16±1
Šutica	leukogranit - leucogranite	biotit	18±2
Kovačevac potok	porfiroidni granit porphyroid granite	biotit	20
Babića rt	granit	biotit	13±1
Babića rt	pegmatit - pegmatite	muskovit muscovite	23,5
CER			
Čakešina	granit	biotit	10,8
Južne padine	pegmatit	muskovit	10,7±1
BORANJA			
Boranja	granodiorit - granodiorite	biotit	24
Desivojski potok	granodiorit	biotit	27±2
Boranja	granodiorit	biotit	29±2
MOTAJICA			
Motajica	granit	biotit	23±5
Motajica	granit	biotit	17±3
Motajica	dvotinjčasti granit - two micas granites	biotit muskovit	72 28
Bušotina Visoka Greda	biotitni amfibolit biotite amphibolite	rogovača hornblende biotit	48,5 ^x 43,2 38,5 ^x 27,2
JUŽNI OBRONCI PSUNJA			
Trnakovac	kordijeritni mikašist cordierite micaschist	biotit	74±3
MOSLAVAČKA GORA			
Moslavačka gora	granit	biotit	90±5
Moslavačka gora	granit	biotit	62
Moslavačka gora	gnajsganit - gneiss-granite	biotit	64
Velika Sredska	granit	biotit	70±2
Kamenica	pegmatit	biotit	57±2
Garić grad	amfibolit - amphibolite	rogovača	88±3
Bušotina Križ	biotitni granit biotite granite	biotit	61±2 64,9 ^x
Bušotina Vrbovec	biotitni granit	biotit	27±2

¹ Svi Rb/Sr podaci iz rada Deleona (1969) - All Rb/Sr ages according to Deleon (1969)

^x Starosti uzoraka koje je odredio A. Lovrić na čemu mu mnogo hvala
 Ages determined kindly by A. Lovrić

bude raspolagalo s većim brojem radiometrijskih podataka i kada među njima bude bilo i Sr-izohrona.

2. No, i trideset izotopnih podataka, koji su međusobno dobro usklađeni i dobiveni korištenjem dviju radiometrijskih metoda (K/Ar i Rb/Sr), zatim kontrolirani u dva laboratorija i provjeravani na paru rogovača-biotit, već sada predstavljaju solidnu dokumentaciju za krednu i tercijarnu starost granita i pratećih metamornih stijena, tim više što je izotopna starost metamorfita usaglašena s njihovom geološkom starošću koja je dokumentirana paleoflorističnim podacima. Svi zasad raspoloživi podaci ukazuju da se granitni magmatizam i prateći metamorfizam odigrao u intervalu između subhercinske i savske faze.

3. Najveće starosti odgovaraju granici turon-senon, no one se zasad temelje na određivanju samo dva uzorka. Mnogo veći broj uzoraka daje izotopne starosti koje odgovaraju stratigrafskom rasponu mastriht-kraj paleocena (većina uzoraka s Moslavačke gore i biotit iz granita Motajice) i idu do u srednji eocen (rogovača iz bušotine Visoka Greda). Vrlo su izražene i izotopne starosti u rasponu od 18 do 25 milijuna godina koje odgovaraju granici oligocen-miocen do zaključno karpata. Moglo bi se pretpostaviti da veće starosti odgovaraju starosti granitnog magmatizma i pratećem metamorfizmu, dok niže starosti mogu ukazivati na mlađe zagrijavanje, a ovo se može vezati s donjom do srednjomiocenskom vulkanskom fazom koja je inače jako izražena u području Panona. No, nije isključeno ni da je ova vulkanska faza u dubljim nivojima bila popraćena i plutonskim procesima.

Diskusija

Gornjokredno-tercijarne granitne i metamorfne stijene izgrađuju zonu Bukulja-Cer-Motajica-Moslavačka gora koja se nastavlja dalje na jug duž kontakta istočnih Dinarida i Srpsko-makedonske mase. Južno od te zone, u graničnom području sjevernih Dinarida i Panona, javlja se zona gornjokredno-paleogenih fliševa čiji su sjeverni dijelovi isprobijani mladim alpinskim granitima i na račun kojih su nastale prateće regionalno metamorfozirane sekvencije s andaluzitom i kordijeritom, inače karakterističnim mineralima metamornih sekvencija Abukuma tipa.

Već je ranije rečeno da površinske izdanke kredno-tercijarnih granita i metamorfita dodirnog područja sjevernih Dinarida i Panonske mase, zajedno s pratećim andezitima i dacitima i njihovim tufovima, možemo shvatiti kao površinske dijelove (relikte) drevnog magmatskog luka koji se protezao duž aktivnog ruba dinaridskog dijela Tetisa u području sučeljavanja s evroazijskom pločom ili njezinim dezintegriranim dijelovima (Pamić, 1977). Ispred tog magmatskog luka, na njegovoj padini i u susjednom rovu, nastajali su turbiditni sedimenti kredno-paleogenog fliša (Jelaska, 1978). U takvoj geodinamskoj interpretaciji može se južno područje kredno-paleogenih fliševa, koje južnije graniči sa susjednom ofiolitskom zonom Dinarida, shvatiti kao površinski dio reliktna subdukcione zone, koja se rasprostirala ispred spomenutog magmatskog luka i duž koje se u pravcu sjevera, odnosno sjever-sjeveroistoka obavljala subdukcija mezozojske oceanske kore dinaridskog dijela Tetisa.

Dakle, granitne i metamorfne stijene zone Bukulja-Cer-Motajica-Moslavačka gora mogle su nastati u području subdukcijske zone i magmatskog luka u završnim stadijima zatvaranja dinaridskog dijela Tetisa kao rezultat kolizije afričke i evroazijske ploče, odnosno njezinih dezintegriranih fragmenata. Duž tektonski veoma aktivne zone odvijala se, kroz duže geološko vrijeme, snažna magmatska aktivnost koja je dovela do povećanja energetskog fluksa i prouzrokovala znatne izmjene geotermijskih gradijenata na račun čega su u uvjetima regionalnog metamorfizma progresivno izmijenjeni okolni gornjokredni sedimenti. Metamorfizam se odvijao u PT-uvjetima grinšitnog i amfibolitskog facijesa regionalnog metamorfizma, a nije isključeno da su u plićim intruzivnim nivojima nastajale grinšit-amfibolitske mineralne parageneze Abukuma tipa i u uvjetima kontaktnog metamorfizma (formiranje skarnova i hornfelsa).

Danas raspoloživa faktografija ne omogućava precizniju rekonstrukciju evolucije ovog magmatskog luka. Raspoložive izotopne starosti ukazuju da se većina granitnih intruzija odigrala u stratigrafskom rasponu koji odgovara mastrihtu do zaključno paleocenu, što nam govori da je u to doba već bila razvijena ova geološka struktura, a također i da se u to doba vjerojatno odigrala najsnažnija magmatska aktivnost. Neki izotopni podaci ukazuju da se granitni magmatizam odigravao i na granici turona i senona. U svakom slučaju dosad raspoloživom faktografijom danas je praktički nemoguće rekonstruirati početne stadije formiranja magmatskog luka. Budući da je on genetski vezan za procese subdukcije mezozojske oceanske kore, nije isključeno da počeci egzistiranja magmatskog luka, pa time i granitnog magmatizma ne padaju i ranije.

Završne stadije postojanja magmatskog luka, odnosno početne faze njegovog razaranja trebalo bi vezati za početne stadije egzistiranja današnjeg Panonskog kompleksa. Nakon definitivnog formiranja glavnih navlačnih struktura u okolnim Dinaridima započinje pirinejska faza u prostoru današnjeg Panona formiranje malih bazena u lokalnim ekstenzionim oblastima vezanim za velike horizontalne rasjede. Danas postoje mišljenja da su sistemi konjugiranih horizontalnih rasjeda pravca kretanja sjeveroistok i sjeverozapad uvjetovali istočno-zapadnu ekstenziju velikog područja između današnjih Karpatida i Dinarida, odnosno u području Panona (R o y d e n et al., 1982; H o r w a t h , 1984).

Prema tome, relikti drevnog magmatskog luka sačuvani u današnjoj zoni Bukulja-Cer-Motajica-Moslavačka gora, koja predstavlja najsjeverniji dio Dinarida — područja izrazite kompresije, stoje danas u kontaktu s južnim dijelovima Panonskog strukturnog kompleksa — s područjem izrazite ekstenzije Zemljine kore. Pri sučeljavanju (koliziji) afričke i evroazijske ploče, odnosno njezinih dezintegriranih dijelova (jadranski i mezijski blok), započinju u području današnjeg Panona procesi ekstenzije, istanjivanja Zemljine kore, vjerojatno kao posljedica relativno visokog izdizanja peridotitskog plašta. Ovi su procesi morali dovesti ne samo do djelomičnog razaranja magmatskog luka, nego i do njegovog zaplavljanja mlađim sedimentima Panona. No, u tom se razdoblju odigrala i najsnažnija vulkanska aktivnost koja je dala u donjem i srednjem miocenu andezite s dacitima i čestim tufovima u okolnim miocenskim sedimentima u području već samo djelomice sačuvanog magmatskog luka južno od njega, a andezitbazalte, također s tufovima, u njegovoj pozadini, odnosno sjeverno od njega. Moguće je da su u toj fazi u dubljim nivoima nastajala i mlađa granitna tijela. Energetski fluks vezan za snažan vulkanizam, odnosno

magmatizam uzrokovao je retrogradne promjene koje se odražavaju i u djelomičnom zagrijavanju ranije obrazovanih stijena granitno-metamorfno kompleksa.

Dakle, prikazana zona kredno-tercijarnih granita i metamorfni stijena je produkt specifičnih geodinamskih procesa koji su se odigrali krajem mezozoika i u starijem tercijaru u području aktivnog ruba dinaridskog dijela Tetisa, odnosno u području kolizije afričke i evroazijske ploče. Ona i u današnjoj građi Dinarida ima važnu funkciju jer markira površinsku granicu između izrazite promjene u debljini Zemljine kore, odnosno predstavlja granicu između područja izrazite kompresije (Dinaridi) i područja izrazite ekstenzije (Panonski strukturni kompleks).

Zahvaljujem se akademikima I. Jurkoviću, S. Karamati i N. Pantiću za korisne diskusije i primjedbe u toku pisanja manuskripta.

Cretaceous-Tertiary granitic and metamorphic rocks of the adjoining area of the northern Dinarides and Pannonian Mass

Summary

A discontinuous zone of granitic and metamorphic rocks stretches along the line of Mts. Bukulja-Cer-Motajica-Moslavačka Gora in the easternmost and northernmost parts of the Dinarides close to the Serbo-Macedonian and Pannonian Masses (Figure 1). It prevailed through many decades an opinion, but without any evidence, that the granitic and metamorphic rocks of the zone are of the Precambrian or Paleozoic ages. DeLeon (1969) was the first to document by Rb/Sr method the Upper Cretaceous and Tertiary age of the granitic rocks from the mentioned localities. On the other hand, Pantić and his coworkers have determined Upper Cretaceous and Paleogene pollens in the previously presumed Precambrian and Paleozoic shales and phyllites associated with granites (Pantić et Jovanović, 1970; Pantić et al., 1972).

The main petrological features of rocks of the Cretaceous-Tertiary granite association are presented in Table 1. According to Streckeisen's (1973) classification granitic rocks are represented mostly by granite, granodiorite, quartz monzonite and quartz diorite (Figures 2 and 3) associated in some places with gabbro. The presented data indicate that the granitic rocks of the zone Bukulja-Cer-Motajica-Moslavačka Gora have some characteristics both of S- and I-granites (Chappell et White, 1974; Beckinsale, 1979; Chappell, 1984). But the fact that the rocks of granite-granodiorite-diorite-gabbro association are accompanied in some places by penecontemporaneous rhyolites with subordinate basalts (Pamić et Šparica, 1983) points to a presumption that they might represent I-granites.

The associated metamorphic rocks are represented by contact metamorphosed hornfels and calc-silicate rocks as well as by regionally metamorphosed gneisses, micaschists, amphibolites, marbles, greenschists and phyllites. The rocks originated under PT-conditions of greenschist and amphibolite facies and they characteristically contain cordierite and andalusite pointing to the Abukuma-type metamorphism. Transitional parts between Upper Cretaceous carbonate and clastic sediments and lower metamorphosed parts of the Abukuma-

type metamorphic sequence is well exposed on the southeastern flanks of Mt. Motajica (Figure 4). The Upper Cretaceous sediments grade without any interruption into lower metamorphosed rocks, and this is shown by the following successions: shale → slate → phyllite; marly shale → marly slate → calc phyllite; sandstone → metasandstone → schistose metasandstone → muscovite-quartz schist, and limestone → recrystallized limestone → marble.

Table 2 comprises earlier Deleon's (1969) Rb/Sr and our new K/Ar data for granites and some of the associated metamorphic rocks. The data presented point to the following conclusions:

(1) It cannot be given a coherent picture on the evolution of granite magmatism and the accompanied metamorphic processes on the basis of the radiometric data so far available.

(2) However, the isotope ages are obtained by two radiometric methods mostly on monomineralic fractions of biotites, but also of hornblendes and on the pair biotite-hornblende, and some of radiometric determinations have been carried out in two isotope laboratories. Most of the isotope data fall in the interval between 74 and 17 Ma and they represent evidence for Upper Cretaceous to Miocene age of granites and the associated metamorphic rocks. It must be stressed that the isotope ages of metamorphic rocks are fairly concordant with their geological ages obtained by paleofloristic determination.

(3) Higher isotope ages are probably related to main magmatic and metamorphic phases, and the lower ones probably to a subsequent phase of heating. The latter event can be correlated, at least partially, with strong Miocene volcanic activity manifested by frequent occurrences of basalts and andesites.

The exposures of Cretaceous and Tertiary granites and metamorphic rocks together with the accompanied volcanic rocks and their tuffs can be understood as superficial parts of a relict ancient magmatic arc. It stretched along the active margin of the Dinaridic part of the Tethys which collided with the Euroasian plate or their disintegrated parts (Pamić, 1977). Upper Cretaceous-Paleogene flysch sediments originated on the slope of the magmatic arc and in the adjacent trench whose axial parts probably mark ancient subduction zone along which was consumed the Mesozoic oceanic crust of the Dinaridic part of the Tethys.

A precise evolution of the magmatic arc cannot be reconstructed on the basis of data so far available. Most of the isotope data fall in the stratigraphic span between the Upper Cretaceous and Early Paleogene pointing to the assumption that the magmatic arc existed at that time. Final stages of its existence can be connected with initial phases of the formation of the Pannonian basin. After the main thrust and imbricated structures were formed during the Pyrenean phase in the adjacent Dinarides, in the area of the present Pannonian Mass small basins along large horizontal faults originated (Royden et al., 1982; Horwath 1984).

It can be concluded that relics of an ancient magmatic arc, preserved in the present zone Bukulja-Cer-Motajica-Prosara as the northernmost part of the Dinarides, are in contact with the southernmost parts of the Pannonian Mass. As distinguished from the compressional belt of the Dinarides, in the area of the present Pannonian basin started the processes of extension and attenuation of the crust probably as the consequence of the high uplift of the upper mantle.

These processes might have brought about the partial destruction of the magmatic arc.

Accordingly, the present zone of Cretaceous-Tertiary granitic and metamorphic rocks originated on account of specific geodynamic processes which took place during the Upper Cretaceous and Early Tertiary in the area of the active continental margin, i. e. in the collisional area between the African and Euroasian plates. The zone of Cretaceous-Tertiary granitic and metamorphic rocks marks in the present structure the superficial boundary between the areas of distinct thicknesses of the Earth crust, i. e. the boundary between the compressional area of the Dinarides and the extensional area of the Pannonian Mass.

Literatura

- Aleksić, V. & Pantić, N. 1972, Mezozojski i paleogeni metamorfiti i dalja istraživanja u južnoj grani alpske geosinklinalne oblasti. Zap. Srp. geol. druš. za 1968—1970 g., 221—233, Beograd.
- Barić, Lj. 1956, Biotitno-kordijeritni škrljavac s andaluzitom i silimanitom iz Jaske potoka u Moslavačkoj gori. Geologija, 2, 145—167, Ljubljana.
- Barić, Lj. 1972, Kontaktnometamorfni mramori iz okolice Podgarića u Moslavačkoj gori (Hrvatska). VII. Kongr. geol. SFRJ, 2, 1—28, Zagreb.
- Beckinsale, R. D. 1979, Granite magmatism in the tin belt of south-east Asia. In: M. P. Atherton and J. Tarney (Eds.) "Origin of granite batholiths", 33—44, Shiva Publ. Limited, Kent.
- Brković, T., Radanović, Z. & Pavlović, Z. 1980, Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000. Tumač za list Kragujevac. Sav. geol. zavod, Beograd.
- Chappell, B. W. 1984, Source rocks of I- and S-type granites in the Lachlan Fold Belt, southeastern Australia. Phil. Trans. Roy. Soc. London, A, 310, 693—707, London.
- Chappell, B. W. & White, A. J. R. 1974, Two contrasting granite types. Pacific Geol., 8, 173—174, Tokyo.
- Dalrymple, B. G. & Lanphere, M. A. 1969, Potassium-argon dating. W. H. Freeman and Company, San Francisco.
- Deleon, G. 1969, Pregled rezultata određivanja apsolutne geološke starosti granitoidnih stena u Jugoslaviji. Radovi Inst. rud.-geol. istr. isp. nukl. sirovina, 6, 165—182, Beograd.
- Divljan, S. 1961, Rezultati ispitivanja gnajseva planine Bukulje. Glas. Prirod. muz., A, 14/15, 147—170, Beograd.
- Divljan, S., Mihailović-Vlajić, N. & Cvetić, S. 1978, Prikaz novijih shvatanja o genezi granitoidnih stena Cera (zapadna Srbija). IX. Kong. geol. SFRJ, 2, 314—321, Sarajevo.
- Filipović, I., Pavlović, Z., Rodin, V. & Marković, O. 1978, Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000. Tumač za list Gornji Milanovac. Sav. geol. zavod, Beograd.
- Horwath, F. 1984, Neotectonics of the Pannonian and the surrounding mountain belts: Alpes, Carpathians and Dinarides. Ann. Geophysics 2 (2), 147—154, Budapest.
- Jelaska, V. 1978, Stratigrafski i sedimentološki odnosi senonsko-paleogenog fliša šireg područja Trebovca (sjeverna Bosna). Geol. vjes., 30, 95—118, Zagreb.
- Jurković, I. 1962, Rezultati naučnih istraživanja rudnih ležišta Hrvatske. Geol. vjes., 15 (1), 249—294, Zagreb.
- Karamata, S. 1955, Petrološka studija magmatskih i kontaktnometamorfni stena Boranje. Glas. Prir. muz., A, 6 (1), 1—30, Beograd.
- Karamata, S. & Đorđević, P. 1980, Origin of the Upper Cretaceous and Tertiary magmas in the eastern parts of Yugoslavia. Bull. Acad. serbe scien. et arts, 72, 99—108, Beograd.
- Katzer, F. 1926, Geologija Bosne i Hercegovine (Azoik i paleozoik), Sarajevo.

- Knežević, V. 1962, Postanak i petrokemijski karakter magmatskih i kontaktno-metamorfnih stena Cera. Zbor. Rud.-geol. fak., 7, 191—201, Beograd.
- Koch, F. 1899, Prilog poznavanju Moslavačke gore, Rad JAZU, 139, 1—28, Zagreb.
- Miholić, S. 1950, The absolute age determination of the magmatic rocks. Jour. Chem. Soc., 666, 3402—3405, London.
- Pamić, J. 1977, Alpski magmatsko-metamorfni procesi i njihovi produkti kao indikatori geološke evolucije terena sjeverne Bosne. Geol. glas., 22, 257—291, Sarajevo.
- Pamić, J. & Šparica, M. 1983, Starost vulkanita Požeške gore. Rad JAZU, 404, 183—198, Zagreb.
- Pamić, J., Krkalo, E. & Prohić, E. 1984, Granitne stijene sjeverozapadnog dijela Moslavačke gore u sjevernoj Hrvatskoj. Geologija 27, 202—212, Ljubljana.
- Pantić, N. & Jovanović, D. 1970, O starosti »azoika« ili »paleozojskih škriljavaca« na Motajici na osnovu mikroflorističkih podataka. Geol. glas., 14, 190—214, Sarajevo.
- Pantić, N., Ercegović, M. & Aleksić, V. 1972, O starosti metamorfnihtvorenina u okolini Kragujevca. Zapis. SGD za 1965—1970. god., 217—219, Beograd.
- Royden, L., Horwath, F. & Burchfiel, B. C. 1982, Transform faulting, extension, and subduction in the Carpathian-Pannonian region. Geol. Soc. Amer. Bull., 93, 717—725, Washington, D. C.
- Simić, V. 1938, O facijama mlađeg paleozoika u zapadnoj Srbiji. Ves. Geol. inst. kralj. Jugoslavije, 6, 83—108, Beograd.
- Simić, V. 1953, Magmatizam i metalogenija naših granitoidnih stena u vezi sa volframovim orudnjenjem. Ves. Zav. geol. geofiz. istr., 10, 191—253, Beograd.
- Streckeisen, A. L. 1973, Plutonic rocks, classification and nomenclature. Geotimes, 18 (10), 26—30, Washington, D. C.
- Šparica, M., Juriša, M., Crnko, J., Šimunić, A., Jovanović, Č. & Zivanović, D. 1980, Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000. Tumač za list Nova Kapela, Sav. geol. zavod, Beograd.
- Tučan, F. 1953, Nov prinos poznavanja kristalastih stijena Moslavačke gore. Spomenica Miše Kišpatića, Jugosl. akad. znan. i umjet., 39—69, Zagreb.
- Varićak, D. 1966, Petrološka studija motajičkog granitnog masiva. Pos. izd. Geol. glas., 9, 1—170, Sarajevo.
- Vragović, M. & Majer, V. 1980, Prilozi za poznavanje metamorfnihtijena Zagrebačke gore, Moslavačke gore i Papuka (Hrvatska, Jugoslavija), Geol. vjes., 31, 295—308, Zagreb.
- Winkler, H. G. F. 1974, Petrogenesis of metamorphic rocks. Springer Verlag, Berlin-Heidelberg-New York.