**Geoinstitut**

Radna organizacija za geološka, geofizička i rudarska istraživanja nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, istražno bušenje, inženjersku geologiju i hidrogeologiju.

# RADOVI

KNJIGA 16. (ZA 1982.) BEOGRAD 1983.

Yu ISSN 0537 — 846 X

# Geoinstitut

Radna organizacija za geološka, geofizička i rudarska istraživanja nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, istražno bušenje, inženjersku geologiju i hidrogeologiju.

# RADOVI

KNJIGA 16. (ZA 1982.) BEOGRAD 1983.

REDAKCIJSKI ODBOR

*Vera Ćebić*

*Mladen Ignjatijević*

*Nadežda Krstić*

*Milan Obrenović*

*Veljko Omaljev*

*Panta Radulović*

*Slobodan Vukašinović*

GLAVNI I ODGOVORNI UREDNIK

*Veljko Omaljev*

REPUBLIČKA ZAJEDNICA NAUKE SRBIJE UČESTVOVALA JE U TROŠKOVIMA IZDAVANJA OVO BROJA ČASOPISA »RADOVI GEOINSTITUTA«.

## SADRŽAJ — CONTENTS


Strana
Page

1. Veljko Omaljev: Povodom 100. godišnjice rođenja A. E. Fersmena i 120. godišnjice rođenja V. I. Vernadskog — Predlog novih termina u geohemiji i biogeohemiji . . . . . 5

Veljko Omaljev: On the occasion of 100th anniversary of birth of A. E. Fersman and 120th anniversary of birth of V. I. Vernadsky — A proposal of new terms in geochemistry and biogeochemistry . . . . . 17

2. Stevan Divljan i Stanojlo Cvetić: Rezultati novijih petroloških i mineraloško-geohemijskih ispitivanja granitoidnih stena planine Kukavice . . 21

Stevan Divljan and Stanojlo Cvetić: The results of recent petrological and geochemical studies of granitoid rocks of Kukavica Mts. (SE Serbia) 34

3. Veljko Omaljev: Izrada metalogenetske i prognozne karte SR Srbije bez pokrajina I faze po listovima razmere 1:100.000 . . . . . 45

Veljko Omaljev: The preparation of metallogenic and favourability map of SR Serbia proper, phase I, in 1:100.000 map sheets . . . . . 74

4. Slobodan Vukašinović i Žoržet Banović: Rezultati aeromagnetskih istraživanja rudnih ležišta na području Golija — Stari Kolašin . . . 79

Slobodan Vukašinović and Žoržet Banović: Results of aeromagnetic investigation of ore deposits in Golija — Stari Kolašin area . . . . 86

5. Милорад Арсенијевић: О специјализацији на литијум низа гранитоида у Србији . . . . . 87

Милорад Арсенијевић: О специялизации ряда гранитоидов в Сербии на литий . . . . . 116

6. Slobodan Vukašinović: Prilog istraživanju geotermalne energije i rudnih ležišta na širem području Gornjeg Milanovca, na bazi aeromagnetskih podataka . . . . . 119

Slobodan Vukašinović: A contribution to exploration of geothermal energy and mineral deposits in Gornji Milanovac area based on aeromagnetic area, based on aeromagnetic data . . . . . 129

7. Milan Milojević: Prikaz metodološkog postupka, prvi put primenjenog u Jugoslaviji pri istraživanju radioaktivnih sirovina iz vazduha i rezultati aerogamaspektrometrijskih istraživanja jugoistočnog dela Stare Planine . . 131

Milan Milojević: Aplication of a new methodological approach first time applied in Yugoslavia in airborne exploration of nuclear raw materials and study of results of airborne gamma-ray spektrometric survey of sourheastern part of Stara Planina, Serbia . . . . . 144

8. Veljko Omaljev: Raspodela urana u južnom delu granitskog masiva Bukulje . . . . . 145

Veljko Omaljev: Distribution of uranium in the southern part of Bukulja granite massif . . . . . 166

9. Slađan Timotijević: Geološke karakteristike boksita Tare . . . 169
Slađan Timotijević: Geological characteristics of Tara mountain bauxite . . . . . 178
10. Milan Sudar and Kiril Budurov: Conodont succession in the Illyrian of Pridvorica near Sarajevo (Inner Dinarides, Yugoslavia) . . . . . 179
Milan Sudar i Kiril Budurov: Konodonti iz Ilira Pridvorica kod Sarajeva (Unutrašnji Dinaridi, Jugoslavija) . . . . . 182
11. Nadežda Krstić: Vrste roda *Semicytherura* iz srednjeg miocena Slavonije i okoline Beograda . . . . . 183
Nadežda Krstić: *Semicytherura* specia from the Middle Miocene of Slavonija and Belgrade area . . . . . 208
12. Veljko Omaljev: In memoriam Tomislav Čobić (1939—1982) . . . 213

R A D O V I Geoinstituta, knjiga 16, god. 1983., Beograd.
P R O C E E D I N G S of Geoinstitute, vol. 16, 1983, Belgrade.

Veljko Omaljev

UDK .07:550.4
Originalni naučni rad

# POVODOM 100. GODIŠNJICE ROĐENJA A. E. FERSMANA I 120. GODIŠNJICE ROĐENJA V. I. VERNADSOG — PREDLOG NOVIH TERMINA U GEOHEMIJI I BIOGEOHEMIJI

(sa 2 slike)

Ključne reči: geohemija, biogeohemija.

Ove, 1983. godine, navršava se 100 godina od rođenja istaknutog geologa geohemičara A. E. Fersmana (Александар Евгеньевич Ферсман), čuvenog naučnika i sovjetskog akademika. Sada se takođe navršava 120 godina od rođenja osnivača moderne geohemije, čuvenog naučnika i sovjetskog akademika V. I. Vernadskog (Владимир Иванович Вернадский). Ova dvojica velikana geološke nauke umrla su iste, 1945. godine, upravo na završetku II svetskog rata, na pragu najvećeg zamaha razvoja geoloških nauka u svetu.

Vladimir Ivanović Vernadski je početkom XX veka predavao genetsku mineralogiju na Moskovskom univerzitetu kao »hemiju jedinjenja u zemljinoj kori« i zato je on davao izvanredan značaj određivanju koncentracija hemijskih elemenata u mineralima. Ovakav način tretiranja genetske mineralogije doveo je do formiranja nove naučne discipline u okviru geološke nauke, koja je nazvana »geohemija«. Na taj način V. I. Vernadski se može sa pravom smatrati za oca geohemijske nauke, bez obzira što se sa geohemijskom problematikom nije prvi bavio, ali je prvi definisao geohemiju kao »istoriju atoma u zemljinoj kori«. Geohemija ima, po Vernadskom, kao osnovni zadatak »izučavanje atoma hemijskih elemenata zemljine kore u prostoru i vremenu«. Na taj način predmet geohemije je izučavanje objekata zemljine kore i Zemlje u celini na atomskom nivou.

U to vreme se uključuje u naučni rad mladi Aleksandar Evgenijevič Fersman kao učenik i kasnije kao saradnik V. I. Vernadskog. Fersman se celog radnog veka bavi problematikom geohemijskog izučavanja objekata zemljine kore, koje on definiše kao »geohemijska sredina«. Najznačajnija delatnost Fesmana je u regionalnoj geohemiji, koju je on osnovao.

Vernadski i Fersman razvijaju ogromnu delatnost na organizovanju novih instituta u Sovjetskom Savezu posle I svetskog rata, a rezultati njihovog naučnog rada, pre svega u geohemiji, imaju svetski

značaj. Oni sa svojim učenicima i saradnicima izučavaju geohemijske procese izražene kroz migraciju atoma hemijskih elemenata u zemljinoj kori, uključujući i procese koji dovode do akumulacije značajnih rudnih elemenata. Na taj način teoretska znanja iz geohemije nalaze praktičnu primenu. Pri tome svakako dolazi do preklapanja sa srodnim disciplinama geoloških nauka: mineralogijom, petrologijom, naukom o rudnim ležištima i metalogenijom. Fersman je mnogo radio na definisanju geohemijske rejonizacije, smatrajući da je ona primarna, jer je on smatrao da su rudna ležišta »geohemijske anomalije« najvišeg intenziteta. Međutim, kasnije je prevagnula praktična strana ekonomskog posmatranja rudnih ležišta kao osnovnih geoloških objekata zbog kojih se uopšte prilazi geološkim istraživanjima, što se odražava u isticanju metalogenetske rejonizacije kao osnovne. Ostaje činjenica, po mome mišljenju, da je metalogenetska rejonizacija slična sa geohemijskom rejonizacijom predloženom od strane Fersmana, imajući u vidu postojanje izuzetaka po kojima se ove dve u suštini iste rejonizacije razlikuju.

Vernadski je bio pionir u izučavanju radioaktivnih elemenata, predviđajući u bliskoj budućnosti revoluciju u svetskoj ekonomiji zbog primene nuklearne energije. Mi smo upravo svedoci ostvarenja ove vizije velikog naučnika, sada se svetska energetika sve više bazira na proizvodnji nuklearne energije. Zajedno sa Fersmanom, Vernadski je takođe prvi ocenio značaj i ulogu radioaktivnih elemenata kao sopstvenog izvora energije (toplote) zemljine kore za intenzivnu magmatsku i tektonsku aktivnost. Savremeni pogled na energetski režim Zemlje kao planete, a posebno zemljine kore, je produžetak i razrada ideja ove dvojice geoloških velikana.

Vernadski i Fersman ne posmatraju Zemlju kao izolovani sistem, već je posmatraju kao kosmički objekat koji se nalazi u stalnoj interakciji sa okolnim kosmičkim prostorom i objektima u njemu. Između Zemlje, odnosno zemljine kore, i Kosmosa neprekidno se vrši razmena atoma hemijskih elemenata kroz celo geološko vreme postojanja Zemlje kao planete. Zemlja kao objekat Sunčevog sistema je genetski vezana sa ostalim njegovim objektima, što je kasnije dovelo do intenzivnog proučavanja ostalih objekata Sunčevog sistema kao posebne naučne discipline na granici astrofizike, astrohemije i geologije sa geohemijom, nazvane »kosmohemija«. Dalji rad je kasnije doveo do formiranja »uporedne planetologije« kao komparacije geologije Zemlje i planeta, prvenstveno malih planeta »zemljine grupe« (Merkur, Venera, Mars i naš satelit Mesec).

Zavisnost termodinamičkog režima zemljine površine od svetlosnog i toplotnog zračenja Sunca poznato je od početka delatnosti čoveka, a ovu zavisnost Vernadski izdiže na viši stepen. Ulogu žive materije kao transmitera i akumulatora kosmičke energije Sunca Vernadski ne ograničava samo na površinski deo zemljine kore, već joj daje značaj geološkog faktora, koji kosmičku energiju transformiše u geološku energiju koja postaje faktor u geološkim procesima. To se postiže ne samo preko stvaranja slobodnog kiseonika u atmosferi i njegovog uticaja na minerale kao oksidansa, već se manifestuje stvaranjem organskih ostataka na bazi ugljenika (i drugih elemenata) u geološki ogromnim količinama,

koji kasnije služe kao energetski akumulator iz koga se dobija deo toplotne energije za geološke procese u zemljinoj kori.

Živa materija, budući da stalno vrši razmenu materije i energije sa okolnom neživom geološko-geohemijskom sredinom, intenzivno učestvuje u geohemijskim procesima migracije atoma hemijskih elemenata. Na taj način je živa materija neposredno i nerazdvojivo vezana za geološko-geohemijsku sredinu zemljine kore kao njen neotuđivi deo, te je živa materija geološki faktor koji je specifičan samo za Zemlju, za razliku od ostalih planeta Sunčevog sistema. Ovu granu geohemije, koja izučava istoriju atoma elemenata koji učestvuju u životnoj aktivnosti organizama, Vernadski je nazvao »biogeohemija«.

Vernadski je dao suštinu i značaj »biosferi«, kao geosferi zemljine kore u kojoj se odvija životna aktivnost organizama, a koju je austrijski geolog Eduard Sis (Suess) smatrao kao jedno od »lica Zemlje«. Biosfera zahvata delove atmosfere, hidrosfere i litosfere u onolikoj meri u kojoj su prisutni živi organizmi. Životna aktivnost u biosferi, izražena kroz biogeohemijske procese, je »planetarna pojava« po mišljenju Vernadskog,a to je sastavni deo džinovskog i složenog mehanizma geološko-geohemijskih procesa globalne karakteristike Zemlje. Vernadski polazi od materijalističkog shvatanja da život nije nikakav slučajan fenomen na površini Zemje, već da predstavlja integralni deo geološkog mehanizma Zemlje kao planete. Manifestacije života su do te mere povezane i isprepletane sa geološko-geohemijskim procesima u neživoj sredini zemljine kore, da sa njom ostvaruju neraskidivo jedinstvo. To jedinstvo se pre svega iskazuje tako što nije utvrđen ni jedan hemijski elemenat kao karakteristika žive materije, već nju grade elementi jednako karakteristični za druge zemljine geosfere, u kojima se nalazi biosfera (O, H, C, Ca, P, Cl, S, Na, K, Mg, Fe, i mnogi drugi).

Mehanizam kretanja materije i energije u biosferi nije samo zemaljski, već je i kosmički. Energija sa kojom raspolaže živa materija kosmičkog je porekla, jer je to zračna energija Sunca koju zelene biljke transformišu u hemijsku energiju, a dalji procesi je pretvaraju u biogeohemijsku i geohemijsku energiju. Ova energija života najvidnije se manifestuje kroz proces razmnožavanja živih organizama, stvaranjem novih individua, koje vrše stalni pritisak na okolnu sredinu. Zavisnost organizma od okolne sredine pre svega se odražava kroz ishranu, počev od fotosintetičkih procesa autotrofnih organizama koji se hrane mineralnom materijom, pa do hranjenja heterotrofnih organizama organskom živom materijom. Svaka vrsta se kroz razmnožavanje bori za opstanak, a sposobna je da kroz razmnožavanje beskonačno raste. Beskonačan rast vrsta organizama ograničen je nedostatkom hrane, prostora i zračne energije Sunca, tako da se na Zemlji kroz celu geološku istoriju planete nalazi konstantna količina žive materije; čiju masu Vernadski ocenjuje na $10^{20}$ do $10^{21}$ grama.

Vernadski i Fersman su istovremeno radili kada i čuveni američki geolog-geohemičar F. V. Klark (Frank Wigglesworth Clarke — 1847—1931), koji je definisao, a sa tim i trasirao put razvoja dela geohemije koji se bavi raspodelom hemijskih elemenata u stenskim

kompleksima i zemljinoj kori u celini. Klark je započeo rad pre 100 godina (1882), a prvi rad o sadržajima hemijskih elemenata u zemljinoj kori objavio je 1889. godine (В. И. Вернадский, избр. соч. том I, 1954; А. Е. Ферсман, избр. тр., том II, 1953).

Kao meru zastupljenosti hemijskih elemenata u stenskim kompleksima i u zemljinoj kori u celini, Klark je definisao »srednji sadržaj« kao prostu aritmetičku sredinu sadržaja elementa svih proba koje reprezentuju konkretni geološki objekat za koji se srednji sadržaj izračunava. Mnogi savremenici Klarka žestoko su osporavali reprezentativnost ove metode, predlažući upotrebu proširene (ponderisane) aritmetičke sredine kao tačniju i sa tim jedino reprezentativnu metodu proračuna. Borba Klarka za priznavanje svoje metodologije, bazirane na prostoj aritmetičkoj sredini svih podataka, trajala je oko 40 godina. Poslednje radove o ovoj problematici Klark je objavio 1924. godine, sam i sa svojim saradnikom H. S. Vašingtonom (H. S. Washington).

U čast Klarka, Ferstman je 1923. godine predložio termin »klark« za srednji sadržaj hemijskog elementa u sistemima kao što su npr. »atmosfera Sunca ili drugih zvezda, meteoriti, zemljina kora, kavkaski greben, itd.« (Избр. тр., том II, 1953; том III, 1955). Termin »klark« je ušao u upotrebu u socijalističkim zemljama kao termin koji predstavlja srednji sadržaj hemijskog elementa u zemljinoj kori. Na žalost, ovaj precizan i potreban termin nije ušao u upotrebu u celom svetu, jer je u geološkoj literaturi na svetskim jezicima (sem ruskog) još uvek u upotrebi bezličan naziv »srednji sadržaj« (average concentration, la teneur moyenne).

Mišljenja sam da je veoma potrebno i praktično usvojiti na svetskom nivou termine imenovane po istaknutim naučnicima-geolozima, kao što je termin »klark«, pa zato predlažem da se pored ovoga usvoje još termini »fersman« i »vernadski« čije definicije predlažem u ovom radu.

Cilj je ove publikacije upoznavanje naše i svetske javnosti sa ovim predlogom, da bi na 27. međunarodnom geološkom kongresu u Moskvi 1984. godine predložili usvajanje ovih termina, uključujući i Fersmanov predlog termina »klark«.

Termin »fersman« prvi put je definisan u predavanju na Srpskom geološkom društvu 24. decembra 1981. godine (V. Omaljev, 1982a), a ova definicija je izložena i u referatu na 10. jubilarnom kongresu geologa Jugoslavije u Budvi (V. Omaljev, 1982b). Svetska javnost je upoznata sa ovom definicijom u publikaciji u časopisu »Geohimija« (V. Omaljev, 1983). Termin »vernadski« se prvi put definiše u ovom radu.

## PREDLOG NOVIH TERMINA

Pregled literature koja obrađuje ovu materiju, kao i detaljno izlaganje novih pojmova u geohemiji sa terminom »fersman« su objavljeni (V. Omaljev, 1982a, 1982b, 1983) te neće biti opširnih ponavljanja izložene materije. U ovom radu se izlažu najneophodnija objašnjenja predmetne materije, uz detaljno izlaganje novih dostignuća koja su u međuvremenu postignuta, kao i novog termina »vernadski«.

## Geohemija

Potrebno je naglasiti, da autor ovog rada prihvata u principu definicije pojmova i termina u geohemiji, kako su to izložili F. V. Klark, V. I. Vernadski i A. E. Fersman. Misli, ideje i definicije ovih velikana moraju se shvatiti u svetlosti savremenih dostignuća nauke u predmetnom delu geohemije, kao i srodnih geoloških i prirodnih nauka.

Klark je definisao »srednji sadržaj« hemijskog elementa u stenama kao »prostu aritmetičku sredinu« (koju dalje nazivamo samo »aritmetička sredina«) sadržaja svih proba koje predstavljaju konkretni geološki objekat (geološko telo), uključujući i celu zemljinu koru. Ovu metodologiju proračuna usvojili su i Vernadski i Fersman, što je doprinelo njenoj afirmaciji u svetu.

Ponderisana aritmetička sredina je još uvek u upotrebi kod izračunavanja srednjih sadržaja rudnih elemenata u orudnjenjima, ali se u tim slučajevima raspolaže faktorima koji su, matematički posmatrano, verodostojni za ulogu »pondera« u ovoj metodi proračuna. Upotreba metode ponderisane aritmetičke sredine za izračunavanje srednjih sadržaja hemijskih elemenata u stenama (uključujući i celu zemljinu koru) je u savremenim uslovima prevaziđena velikim brojem podataka, a sem toga se ne raspolaže faktorima koji bi verodostojno igrali ulogu »pondera« kod ovih proračuna.

Međutim, u savremenoj geohemiji je veoma često u upotrebi logaritamska varijanta izračunavanja srednjeg sadržaja hemijskog elementa u stenama. Antilogaritam aritmetičke sredine logaritama sadržaja (koncentracija) svih pojedinačnih proba, odnosno »geometrijska sredina«, je savremeno odstupanje od metodologije Klarka, Vernadskog i Fersmana. Matematički posmatrano, aritmetička sredina ima karakter »srednjeg sadržaja« u smislu »srednje koncentracije« hemijskog elementa u izučavanom geološkom telu. Geometrijska sredina nema tu osobinu, jer ona izražava prosečnu meru brzine neke pomene u vremenu (S. Vukadinović, 1973; B. Petz, 1974) i to za slučajeve kada se ne može primeniti aritmetička sredina (izračunavanje srednjeg priraštaja stanovništva za neki vremenski period, tj. srednji godišnji priraštaj stanovništva za period vremena između dva popisa stanovništva, i slično). Zato se metoda aritmetičke sredine ne može zameniti metodom geometrajske sredine, a da se karakter rezultata tog proračuna suštinski ne promeni, Geometrijska sredina izražava meru brzine promene sadržaja svih proba, a nikako ne izražava srednji sadržaj u smislu srednje koncentracije atoma konkretnog hemijskog elementa u geološkom telu.

Osnovni elementi građe geoloških tela zemljine kore, sa gledišta geohemije, su atomi kao najsitniji delići materije, a oni predstavljaju elektromagnetske sisteme sastavljene od elementarnih čestica. To su već dvadesetih godina ovoga veka jasno formulisali Vernadski i Fersman. Odmah nakon definisanja atoma od strane prirodnih nauka Vernadski je izložio misao da je pojam atoma identičan pojmu »hemijski elemenat«. To znači da je pojam »sadržaj (koncentracija) hemijskog elementa« identičan pojmu »koncentracija atoma« u određenom volume-

nu geološkog tela. Na savremenom nivou razvoja nauke, moguće je posmatrati samo koncentraciju mase hemijskog elementa (u formi %, ‰, ppm ili ppb) koja dolazi od zbira atomskih masa u konkretnom volumenu. Često se sreću i odnosi volumena koje zauzimaju atomi pojedinih elemenata (u formi vol, %, vol. ‰); a takođe se u publikacijama sreću i odnosi broja atoma konkretnih hemijskih elemenata u odnosu na jedan milion atoma silicijuma ili magnezijuma.

Kada su atomi ili molekuli pojedinih hemijskih elemenata slobodni, oni teže idealnoj ravnomernoj koncentraciji u celom raspoloživom volumenu. To se postiže (relativno) kod gasova i u manjoj meri kod tečnosti; dok se kod čvrstih tela atomi nalaze u formi molekula jedinjenja čiji se sastav može iskazati hemijskom formulom, a koji se u prirodi javljaju kao minerali. Ranije se smatralo da su minerali »čista« jedinjenja onih elemenata koji su zastupljeni u njegovoj hemijskoj formuli. Međutim, Vernadski je davno iskazao misao da su atomi svih elemenata uvek prisutni »u svakoj mrvici stene ili zemlje, u svakoj kapi vode, nalaze se svi elementi koji se nalaze u zemljinoj kugli« (Избр. соч. том I, 1954, с. 401). Vernadski i Fersman su mnogo radili na objašnjenju pojave izomorfizma hemijskih elemenata u mineralima.

Polazeći od ideje Klarka, Vernadskog i Fersmana, a uzimajući u obzir ideje savremenih istaknutih geohemičara, autor ovog rada je definisao »*geohemijski fon*« elemenata kao »*srednji sadržaj ukupne količine (mase) hemijskog elementa u ispitivanoj geohemijskoj sredini*« (V. Omaljev, 1982a, 1982b, 1983). Ova definicija geohemijskog fona se suštinski razlikuje od drugih definicija u savremenoj geohemiji po tome, što uzima srednju koncentraciju svih prisutnih atoma određenog hemijskog elementa u konkretnom geološkom objektu (geološkom telu). Još je Fersman (Избр. тр. том II, 1953, с. 444) smatrao da je »*klark*« količina hemijskog elementa u datom sistemu.

Ovako definisan geohemijski fon se odnosi na zemljinu koru u celini, kao i za geološka tela zemljine kore, odnosno za segmente (ploče) zemljine kore, odnosno za regione koji su izdvojeni po principima metalogenetske (geohemijske) rejonizacije. Tako imamo stepenasto vrednovanje geohemijskog fona, od globalnog do lokalnog pristupa po sledećem redosledu:

1) **Globalni geohemijski fon** — *klark* (za celu zemljinu koru; za kontinentalnu ili okeansku zemljinu koru; za vrste magmatskih, sedimentnih i metamorfnih stena ili geoloških formacija zemljine kore).

2) **Segmentni geohemijski fon** (za pojedine segmente — ploče kontinentalne ili okeanske zemljine kore; za vrste magmatskih, sedimentnih i metamorfnih stena ili geoloških formacija segmenata — ploča zemljine kore).

3) **Regionalni geohemijski fon** (za metalogenetske pojaseve, metatalogenetske provincije, metalogenetske zone, rudne rejone i rudna polja; za geološke formacije u okviru pomenutih metalogenetskih jedinica).

4) **Lokalni geohemijski fon** (za geološke ili rudne formacije određene lokalnosti; za geohemijsku sredinu rudnih pojava i rudnih ležišta)

Kao minimum smatram za neophodno imenovanje globalnog geohemijskog fona terminom *»klark«* po izloženim principima i definicijama, shodno ranijem predlogu A. E. Fersmana iz 1923. godine (Избр. тр. том III, 1955, с. 162).

Bilo bi poželjno imenovanje segmentnog geohemijskog fona pogodnim terminom (po nekom istaknutom geohemičaru), što bi u mnogome povećalo praktičnost upotrebe pojma *»geohemijski fon«* po stepenu regionalnosti u odnosu na celu zemljinu koru.

Termin *»regionalni geohemijski fon«* i *»lokalni geohemijski fon«* su praktični za upotrebu, uz obaveznu odredbu teritorijalne ili formacijske pripadnosti, te ih nije nužno sada drugačije imenovati (no kasnije i to bi bilo poželjno).

Pri geohemijskim ispitivanjima konkretnih lokalnosti, koje po pravilu predstavljaju rudonosne formacije, rudne pojave ili rudna ležišta; prisutna je činjenica da su neke koncentracije rudnih elemenata u geohemijskim probama veoma intenzivne, te ustvari predstavljaju mineralizaciju ili orudnjenje. Napori savremenih geohemičara su usmereni ka principijelnom isključenju ovakvih »anomalnih« proba iz proračuna vrednosti »lokalnog geohemijskog fona«. Zato se u definicijama pojma »geohemijski fon« naglašava da je to »srednji sadržaj hemijskog elementa na koji ne utiču procesi mineralizacije« (геологический словарь, 1978). Ovakva definicija geohemijskog fona je momentalno u širokoj upotrebi, bez obzira na teškoće koje proizilaze iz proizvoljnog odbacivanja proba »na koje su uticali procesi mineralizacije« i bez obzira na nedoslednost u naučnom principu vrednovanja prirodnih pojava i štete koja takvim radom neminovno proizilazi.

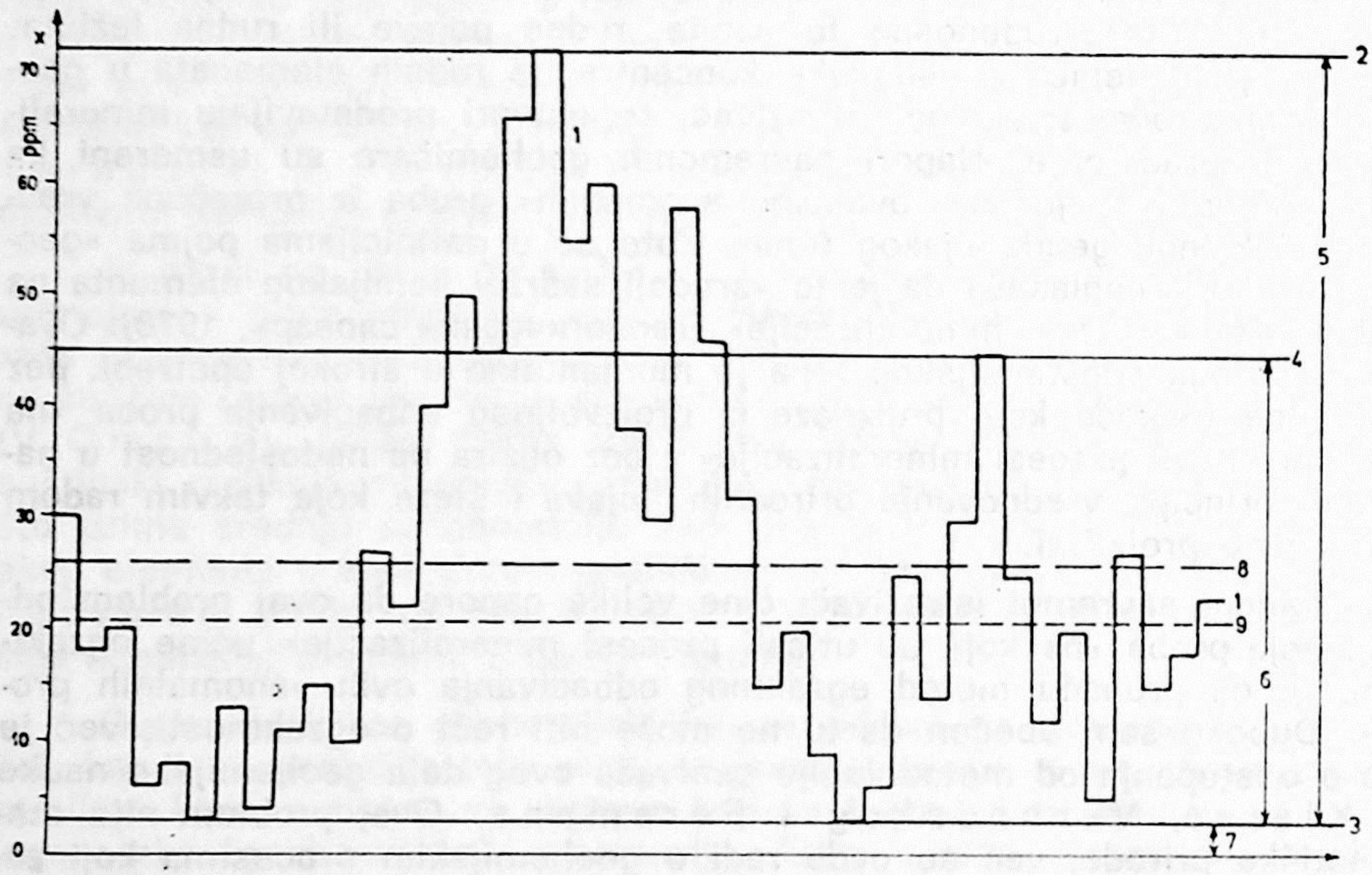
Mnogi savremni istraživači čine velike napore da ovaj problem odbacivanja proba »na koje su uticali procesi mineralizacije« učine egzaktnim, tj. da pronađu metod egzaktnog odbacivanja ovih »anomalnih proba«. Duboko sam ubeđen da tu ne može biti reči o egzaktnosti, već je reč o odstupanju od metodologije osnivača ovog dela geohemijske nauke — Klarka, Vernadskog i Fersmana. Ovaj problem nije matematičke prirode, već se ovde radi o geohemijskim procesima koji zahvataju određene delove geoloških formacija, koji se tada tretiraju kao rudonosni. Ovi geohemijski procesi imaju tendenciju (usmerenost) promene koncentracija (sadržaja) rudnog elementa u izučavanoj geohemijskoj sredini i praktično zahvataju celi volumen geološke formacije koja je rudonosna. Principijelno posmatrano, ne može se odvojiti niti jedna geohemijska proba na koju nisu uticali ovi geohemijski procesi koji se označavaju kao mineralizacioni (kao rudonosni), jer ne postoje pouzdana merila o dejstvu mineralizovanih procesa u stenama.

Međutim, procesi mineralizacije koji imaju tendenciju promene (povećavanja ili smanjenja) koncentracija rudnih elemenata nisu svuda jednakog intenzteta. Sve probe uzete u geohemijskoj sredini rudne formacije, rudne pojave ili rudnog ležišta su principijelno zahvaćene procesima mineralizacje, ali različitog intenziteta. Postoji deo populacije izučavanog hemijskog elementa na kojem se ti gohemijski procesi mogu zanemariti, a ova parcijalna populacija je uslovno singenetske prirode, u

odnosu na stenu kao konkretnu geohemijsku sredinu. Odvajanje ovog singenetskog dela populacije atoma hemijskog elementa stvar je interpretacije na dvojnom histogramu (V. O m a l j ev, 1982a, 1982b, 1983).

Srednji sadržaj singenetskog dela populacije autor je ranije definisao kao *»geohemijski šum«* (V. O ma l j e v, 1982a, 1982b, 1983), a to je *»srednji sadržaj hemijskog elementa singenetske parcijalne populacije u izučavanoj geohemijskoj sredini«. Definicija »geohemijskog šuma«* se principijelno razlikuje od definicije *»geohemijskog fona«* u pomenutom геологическом словарьу (1978), a na prvi pogled se može učiniti da se radi o istoj kategoriji geohemijskog imenovanja.

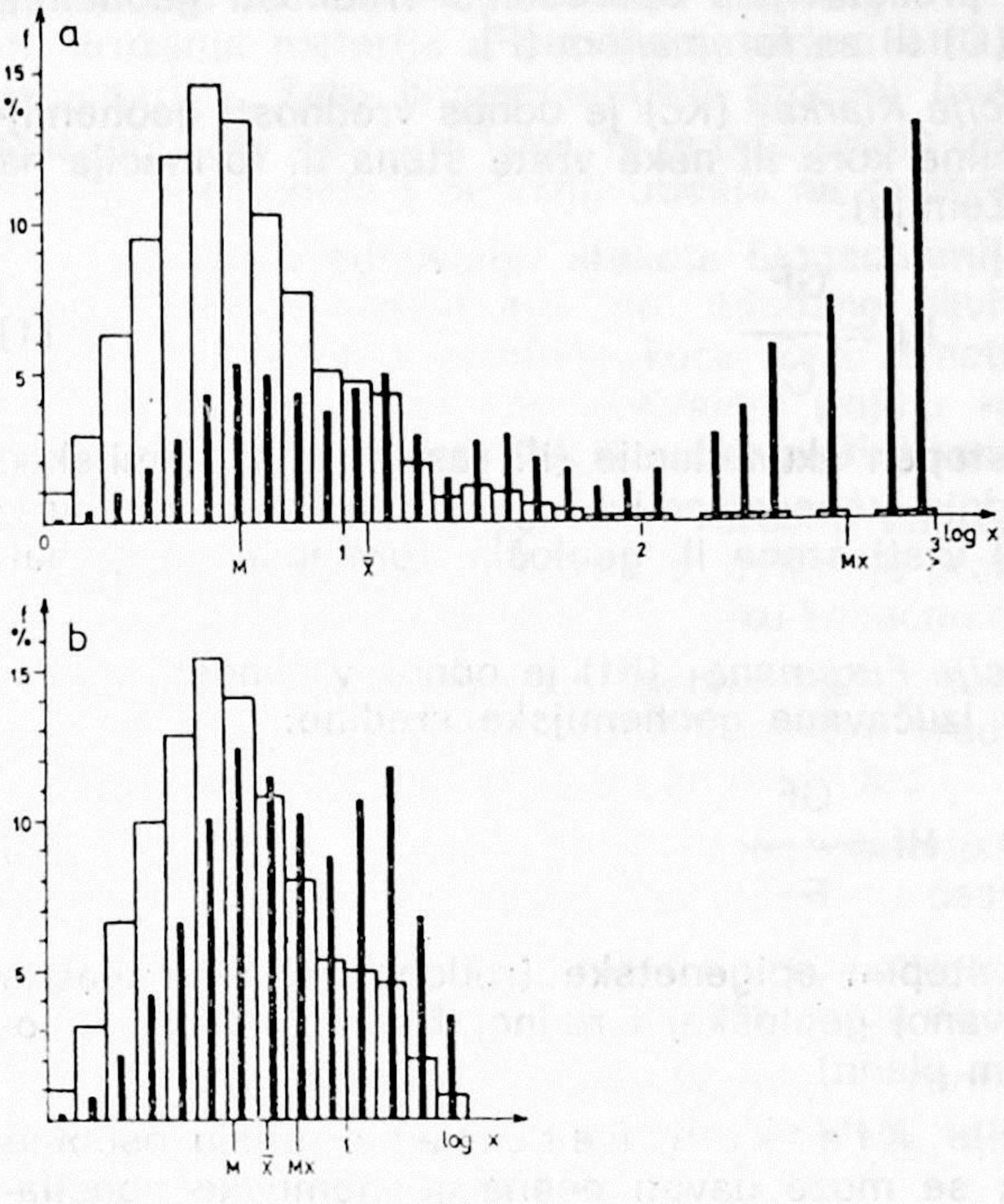
Parcijalna populacija elementa pretežno singenetskog porekla odvaja se od jasno epigenetskog dela populacije logaritamskog repa




Sl. 1 — Elementi geohemijskog polja, po profilu.
1 reljef geohemijskog polja — histogram, 2 plafon geohemijskog polja ($x_{max}$), 3 prag geohemijskog polja ($x_{min}$), 4 plafon geohemijskog polja Fersmana (prag geohemijskih anomalija), 5 varijacioni interval geohemijskog polja, 6 varijacioni interval geohemijskog polja Fersmana, 7 osnova (fundament) geohemijskog polja, 8 geohemijski fon, 9 geohemijski šum (fersman).

Fig. 1 — The elements of geochemical field, along a section.
1 relief of geochemical field — histogram, 2 ceilling of geochemical field ($x_{max}$), 3 treshold of geochemical field ($x_{min}$), 4 ceilling of Fersman's geochemical field (treshold of geochemical anomaly), 5 variation interval of geochemical field, 6 variation interval of Fersman's geochemical field, 7 basis (basement) of geochemical field, 8 geochemical phone, 9 geochemical noise (fersman).

*»pragom anomalija«* (sl. 1), a ova vrednost odgovara po vrednosti na apscisi na kojoj se na prirodan način kida logaritamski rep. Na sl. 2 prikazan je princip ovakve interpretacije na dvojnom histogramu, gde je pri-




Sl. 2 — Dvojni histogrami raspodele hemijskog elementa u geološkom telu.
a) Raspodela osnovne populacije hemijskog elementa.
b) Raspodela parcijalne populacije Fersmana istog hemijskog elementa.

Fig. 2 — The dual histograms of the chemical element distribution of geological body.
a) Distribution of the base population of the chemical element.
b) Distribution of Fersman's partial population of the same chemical element.

kazan dvojni histogram singenetske parcijalne populacije posle kidanja logaritamskog repa (sl. 2, pod b).

Predlažem imenovanje *»geohemijskog šuma«* terminom *»fersman«* u čast A. E. F e r s m a n a. Istovremeno bi *»geohemijsko polje šuma«* (sl. 1) nazvali *»geohemijsko polje F e r s m a n a«*, a singenetsku parcijalnu populaciju bi nazvali *»F e r s m a n o v a populacija«* (V. O m a l j e v, 1982a, 1982b, 1983).

F e r s m a n o v a populacija je rasejana parcijalna populacija atoma izučavanog hemijskog elementa, dok su parcijalne populacije logaritamskog repa (sl. 2) akumulirane u sopstvenim mineralima, koji su po pravilu epigenetske geneze.

Geohemijske anomalije se u reljefu geohemijskog polja (sl. 1) izdižu u vidu uzvišenja iznad plafona geohemijskog polja F e r s m a n a, a to je deo populacije koji je na dvojnom histogramu predstavljen kao »logaritamski rep« (sl. 2, pod a), odnosno to je epigenetski deo populacije atoma hemijskog elementa.

Kao mera akumulacije hemijskog elementa u izučavanoj geohemijskoj sredini F e r s m a n je uveo pojam *»klark koncentracije ili koeficijent koncentracije«* (Избр. тр., том II, 1953, с. 750).

Po našim definicijama »*klarka*« i »*fersmana*« mogu se dobiti dva koeficijenta koncentracije, koji predstavljaju upoređenje vrednosti geohemijskog fona (GF) sa *klarkom* (C) ili sa *fersmanom* (F):

»*Koeficijent koncentracije Klarka*« (Kc) je odnos vrednosti geohemijskog fona sa *klarkom* (zemljine kore ili neke vrste stena ili formacija na globalnom nivou planete — Zemlje):

$$Kc = \frac{GF}{C} \qquad (1)$$

a ovaj koeficijent iskazuje stepen akumulacije (ili rasejavanja) hemijskog elementa u odnosu na srednju koncentraciju toga elementa u zemljinoj kori u celini ili u određenoj vrsti stene ili geološke formacije na globalnom nivou naše planete.

»*Koeficijent koncentracije Fersmana*« (Kf) je odnos vrednosti geohemijskog fona sa *fersmanom* izučavane geohemijske sredine:

$$Kf = \frac{GF}{F} \qquad (2)$$

a ovaj koeficijent iskazuje stepen epigenetske (rudonosne) akumulacije hemijskog elementa u izučavanoj geološkoj i rudnoj formaciji (rudnoj pojavi ili rudnom ležištu u širem planu).

Koeficijenti koncentracije K l a r k a i F e r s m a n a imaju osobine kriterijuma na osnovu kojeg se može davati ocena geohemijske specijalizacije izučavane geohemijske sredine na određene hemijske (rudne) elemente. Ovi koeficijenti koncentracija imaju karakter egzaktnih pokazatelja, koji moraju biti osnova za ocenu perspektivnosti konkretnih geoloških formacija u rudnim rejonima i rudnim poljima pri metalogenetskim izučavanjima. Zato je neophodno da geohemijski podaci (koncentracije elemenata u probama) imaju kvantitativni karakter, jer se samo na osnovu kvantitativnih podataka može davati ocena potencijalnosti na konkretne mineralne sirovine kvantitativnog karaktera, u vidu rezervi D kategorije.

Izdvajanje, odnosno definisanje, rudnih formacija u okviru geoloških formacija u kvantitativnom smislu može se na egzaktan način izvoditi pomoću kriterijuma po vrednosti koeficijenta koncentracije F e r s m a n a, što znači nov kvalitet pri metalogenetskom izučavanju.

## Biogeohemija

Pod pojmom »zemljina kora« mi smo do sada posmatrali samo mineralnu, neživu, materiju. Međutim, V e r n a d s k i je sadržajno definisao »biosferu« kao karakterističnu geosferu Zemlje, koja se odnosi na živu materiju u zemljinoj kori. Na taj način materija zemljine kore ima dvojni karakter, jer se javlja kao mineralna (neživa) i kao živa materija biosfere.

Celokupna masa biosfere, koju je V e r n a d s k i ocenio na veličinu $10^{20}$ do $10^{21}$ grama, je samo delić ukupne mase zemljine kore. Međutim,

živa materija biosfere poseduje poseban kvalitet u geohemijskom pogledu, koji se odnosi na vrstu i brzinu geohemijskih procesa koji dovode do kruženja materije u zemljinoj kori; a efekat ovih procesa nikako nije zanemarljiv. Zato biogeohemijski procesi imaju izuzetan značaj u površinskom delu zemljine kore, te je od značaja izučavanje biogeohemijske migracije elemenata i njihovih uticaja na mineralnu materiju zemljine kore.

Princip vrednovanja efekata biogeohemijskih procesa migracije materije mora u osnovi biti isti, odnosno ekvivalentan onom principu za mineralnu materiju zemljine kore. Zato smatram da treba uvesti pojam *»biogeohemijski fon«* kao ekvivalent pojmu *»geohemijski fon«*, a koji bi predstavljao srednji sadržaj (koncentraciju) hemijskih elemenata u biosferi.

*»Biogeohemijski fon«* kao *»srednji sadržaj elementa u živoj materiji biosfere«* mora imati smisla, a to uverenje proizilazi iz uverenja V e r n a d s k o g da materija biosfere ima neku konačnu masu.

Metod izračunavanja biogeohemijskog fona je u principu isti kao i za geohemijski fon; to je prosta aritmetička sredina svih podataka koji predstavljaju biosferu, ili neki njen posebni deo.

Predlažem da se *globalni biogeohemijski fon* hemijskih elemenata biosfere imenuje terminom *»vernadski«* u čast V. I. V e r n a d s k o g.

Biogeohemijski fon takođe treba stepenasto vrednovati po istom principu kao geohemijski fon, od globalnog do lokalnog:

1) **Globalni biogeohemijski fon** — *vernadski* (za celu biosferu i za pojedine vrste, rodove, familije, redove, klase — razrede i stabla — razdele živog sveta biosfere).

2) **Segmentni biogeohemijski fon** (za pojedine segmente biosfere koji odgovaraju pločama zemljine kore; za pojedine vrste, rodove, familije, redove, klase i razdele živog sveta istih segmenata biosfere koji odgovaraju pločama zemljine kore).

3) **Regionalni biogeohemijski fon** (za regione biosfere koji odgovaraju regionalnim životnim zajednicama biosfere; za pojedine vrste, rodove, familije, redove, klase i razdele živog sveta koje odgovaraju regionalnim životnim zajednicama).

4) **Lokalni biogeohemijski fon** (za lokalnosti sa specifičnim životnim zajednicama; za pojedine vrste, rodove, familije, redove, klase i razdele živog sveta lokalnih životnih zajednica).

Kao mera akumulacije, odnosno rasejavanja hemijskih elemenata u živoj materiji biosfere, a u odnosu na hemijski sastav mineralne materije zemljine kore ili njenih sastavnih delova, predlažem uvođenje termina *»koeficijenat koncentracije V e r n a d s k o g«.*

*»Koeficijenat koncentracije V e r n a d s k o g«* (Kv) je odnos vrednosti biogeohemijskog fona (BgF) sa geohemijskim fonom (GF) odgovarajućeg stepena detaljnosti:

$$Kv = \frac{BgF}{GF} \qquad (3)$$

Koeficijenat koncentracije V e r n a d s k og na globalnom nivou naše planete je odnos vrednosti »*vernadski*« sa »*klarkom*«:

$$Kv = \frac{\text{vernadski}}{\text{klark}}$$

Koeficijent koncentracije V e r n a d s k o g ima osobine kriterijuma geohemijske specijalizacije specifičnih geoloških formacija zemljine kore ili njenih segmenata, odnosno regiona i lokalnosti. Životnom delatnošću biosfere neprekidno se vrše biogeohemijske separacije atoma elemenata, a kao krajnji produkt ove delatnosti žive materije ostaju biogene tvorevine u zemljinoj kori, koje mogu biti korisne mineralne sirovine (ugalj, nafta, karbonatni sedimenti, akumulacije obogaćene sa Fe, Mn, P, S, itd.). Pri metalogenetskim izučavanjima nedovoljno se vodi računa o biogeohemijskom karakteru procesa akumulacija mnogih mineralnih sirovina.

Predato za štampu 20. I 1983. Recenzent prof. dr Miroslav Marković

## LITERATURA


1. C l a r k e, F. W., 1924: The data of Geochemistry, 5th edition. US Geol. Surv. bull. 770.
2. C l a r k e, F. W. and W a s h i n g t o n, H. S., 1924: The composition of the Earth's crust. US Dep. Inter. Geol. Surv. prof. Paper.
3. Ф е р с м а н, А. Е., 1953: Избранные труды, том II. АН СССР, Москва.
4. Ф е р с м а н, А. Е., 1955: Избранные труды, том III. АН СССР, Москва.
5. Ф е р с м а н, А. Е., 1958: Избранные труды, том IV. АН СССР, Москва.
6. Геологической словарь, том 2. »Недра«, Москва, 1978.
7. H a w k e s, H. E. and W e b b, J. S., 1962: Geochemistry in mineral exploration (prevod: Geohemija i istraživanje mineralnih sirovina, Beograd, 1968).
8. Л у к а ш е в, К. И. и В а д к о в с к а я, И, К., 1982: Геохимические очерки биосферы. АН Белорусской ССР, Институт геохимии и геофизики. »Наука и техника« Минск.
9. О м а љ е в, В., 1982a: Прилог дефинисању геохемијског поља, фона и шума (ферсмана) на примеру расподеле бакра у офиолитима Пусте Тушимље. Зап. СГД за 1981. год., Београд.
10. O m a l j e v, V., 1982b: Prilog definisanju geohemijskog polja, fona i šuma (fersmana) na primeru raspodele cinka i olova u ofiolitima Puste Tušimlje. Zbornik radova, X jubilarni kongres geologa Jugoslavije, Knjiga II, Budva.
11. O m a l j e v, V., 1982c: Characteristics of the Distribution of the Geological Random Variable. Rudarsko-metalurški zbornik, letnik 29, št. 2—3, Ljubljana.
12. О м а л ь е в, В. Т., 1983: Определение понятий геохимического поля, фона и шума. (Геохимия, у штампи).
13. П е р е л ь м а н, А. И., 1979: Геохимия. »Висшая школа«, Москва.
14. P e t z, B., 1974: Osnovne statističke metode. Zagreb.
15. V e r n a d s k i y, V. I., 1929: La Biosphere. Felix Alkan, Paris (prevod: Biosfera, Kultura, Beograd, 1960).
16. В е р н а д с к и й, В. И., 1954: Избраные сочинения, том I. АН СССР, Москва.
17. V u k a d i n o v i ć, S., 1973: Elementi teorije verovatnoće i matematičke statistike. Privredni pregled, Beograd.

## Summary

# ON THE OCCASION OF 100th ANNIVERSARY OF BIRTH OF A. E. FERSMAN AND 120th ANNIVERSARY OF BIRTH OF V. I. VERNADSKY — A PROPOSAL OF NEW TERMS IN GEOCHEMISTRY AND BIOGEOCHEMISTRY

by

Veljko Omaljev

Key words: geochemistry, biogeochemistry

The 1983 marks the 100th anniversary of birth of an distinguished geochemist, Alexander Evgenievich Fersman, as well as the 120th anniversary of birth of founder of modern geochemistry, Vladimir Ivanovich Vernadsky. These two scientists have both died in 1945, at the beginning of a new era in development of geological sciences.

V. I. Verndasky has teached, by the beginning of the 20th century, the genetical mineralogy at the University of Moscow, as the »chemistry of compounds in the Earth's crust«. Such treatment of genetic mineralogy has given the rise of a new field in geological sciences, named by him as »geochemistry«. V. I. Vernadsky has defined the geochemistry as »the history of atoms of chemical elements in Earth's crust within the space and time«, which represents the study of components of Earth's crust at atomic level.

A. E. Fersman has been, in about this time, a student and later an associate of V. I. Vernadsky; he has devoted all his life to the problems of geochemical study of Earth's crust, particularly related to regional geochimistry, which was founded by him.

After the World War I, both V. I. Vernadsky and A. E. Fersman were highly active in forming the new research institutions. They have studied, with their associates and students, the geochemical processes related to migration of chemical elements in the Earth's crust, including the processes responsible for formation of accumulations of ore elements in mineral desposits. These studies have frequently involved the overlapping with the other fields of geological science, such as mineralogy, petrology, metallogeny and the economic geology. A. E. Fersman has devoted much of this work in defining the geochemical regionalization, but later the metallogenic regionalization has prevailed as the more fundamental.

V. I. Vernadsky has pioneered in the study of radioactive elements, foreseeing the development of nuclear energy. He has, together with A. E. Fersman, reached the idea of radioactive elements as a source of energy in the Earth's crust, responsible for the intensive magmatic and tectonic activity.

They have considered the Earth as a cosmic object in a continous interreaction with the surrounding cosmic space, resulting in a continous

excenge of atoms of chemical elements between the Eearth and Cosmos The Earth, as a part of the Solar System, Is genetically related to its other objects, and, consequently, the other interdisciplines, such as »cosmochemistry«, and »comparative planetology«, were created, reaching their full development in recent years.

V. I. Vernadsky has also grasped fully the idea of »biosphere«, as a sphere of Earth's crust where the organic life is developed. The activity of organic life and its biogeochemical processes represent a »planetary event«, that is only a part of a large-scale and complex mechanism of geological-geochemical processes on global scale. The role of living organic matter, as a transmitter and accumulator of the solar energy, V. I. Vernadsky has not limited to the surface of Earth only, but has considered this as a geological factor, which transforms the Solar energy into the geological energy of deeper parts of Earth's crust.

V. I. Vernadsky and A. E. Fersman were contemporaries of another famous researcher, F. W. Clarke (1847—1931), which defined the part of geochemistry dealing with distribution of chemical elements in the Earth's crust. F. W. Clarke has defined the »average concenıration« of elements in rocks as a »simple arithmetical mean« of concentrations in all samples representing the investigated part of the Earth's crust.

As a honour to F. W. Clarke, A. E. Fersman has sugessted, in 1923, the term *»clarke«* for the average concentration of a chemical element in a global geochemical system. This term has been used mainly in the East; in the West, the old expression »average concentration« is more widespread.

The author of this paper considers the use of term »clarke« as highly important and, in the same time, suggests the use of terms *»fersman«* and *»vernadsky«*.

The term »fersman« has been defined by this author at a meeting of Serbian Geological Society, held on December 24, 1981 (V. Omaljev, 1982a), but the term »vernadsky« is proposed, for the first time, in this paper.

Starting with the ideas of Clarke, Vernadsky and Fersman, as well as the ideas of contemporary geochemists, this author has defined the »geochemical phone« of a chemical element as the »average concentration of the total mass of a given chemical element within the investigated geochemical environment« (V. Omaljev, 1982a, 1982b, 1983). The geochemical phone, defined in this way, relates to the Earth's crust as a whole, as well as to geological bodies and segments as its parts. The geochemical phone can be described, from the global to the local level, in the folloving way:

1) **The global geochemical phone** — *»clarke«* (for the entire Earth's crust; for continental or oceanic crust; for a given type of magmatic, sedimentary or metamorphic rock, or geological formations of the Earth'crust).

2) **Segmental geochemical phone** (for individual segments of continental or oceanic crust; for the types of magmatic, sedimentary and metamorphic rocks, or geological formations within the individual segments).

3) **Regional geochemical phone** (for metallogenic belts, metallogenic provinces, metallogenic zones, mine zones (area) and mine fields; for geological formations within these metallogenic units).

4) **Local geochemical phone** (for geological or ore formations within a given locality; for geochemical environment of mineral occurrences and deposits).

A population of a chemical element within the objects of Earth's crust consists, generally, of a partial syngenetic and the partial epigenetic population. This is particularly evident in mineral deposits and occurrences.

The average concentration of the syngenetic partial population has been defined, by this author, as the »*geochemical noise*« (V. O m a l j e v, 1982a, 1982b, 1983); this is the »average concentration of a chemical element in the syngenetic partial population within the studied geochemical environment«.

The partial population of syngenetic origin separates clearly from the epigenetic part of population by the »geochemical anomalous threshold« (Fig. 1). The geochemical anomalies within the relief of a geochemical field form the hights.

This author suggest to define the »*geochemical noise*« by the term »*fersman*«, according to A. E. F e r s m a n. The »*geochemical noise field*« should be termed as the »*F e r s m a n's geochemical field*«, and the syngenetic partial population as the »*F e r s m a n's population*« (V. O m a l j e v, 1982a, 1982b, 1983).

As the degree of accumulation of a chemical element in the studied geochemical environment, A. E. F e r s m a n has introduced the terms »clarke of concentration« or »coefficient concentration«. As the result of proposed new term, there are two coefficients of concentration, based on the ratio of geochemical phone (GF) relative to clarke (C) of fersman (F).

The »coeficient of *F e r s m a n's concentration*« (Kf) represents the ration of geochemical phone to clarke (of Earth's crust, or given type of rock, or geological formation on a global scale):

$$Kc = \frac{GF}{C} \qquad (1)$$

The »coefficient of *F e r s m a n's concentration*« (Kf) represents the ratio of geochemical phone to fersman of the studied geochemical environment:

$$Kf = \frac{GF}{F} \qquad (2)$$

Both these coefficient represent the criteria in determing the geochemical specialization of geological formations relative to given chemical (ore) element.

The total mass of biosphere, estimated by V. I. Vernadsky at $10^{20}$ to $10^{21}$ grams, represents only a small part of the total mass of the Earth's crust. However, the living matter in the biosphere has the specific behavior in geochemical respect, as it assists in migration of chemical element. The importance of biogeochemical processes is similar to importance of other geochemical processes in the Earth's crust. Consequently, this author considers the introduction of term »*biogeochemical phone*«, as equivalent to geochemical phone.

The »biogeochemical phone represents the average concentration of a chemical element in the living matter of the biosphere«.

This author suggest that the global »*biogeochemical phone*« should be named »*vernadsky*« in honour of V. I. Vernadsky. This biogeochemical phone should be treated, from global to local level, in a similar way as the geochemical phone, i.e.:

1) **Global biogeochemical phone** — »*vernadsky*« (for the entire biosphere, as well as for the given specia, families, orders, classes and trunks of living matter in the biosphere).

2) **Segmental biogeochemical phone** (for the given segments of the Earth's crust; for the biosphere corresponding to plates of the Earth's crust; for the families, orders, classes and trunks of living matter of the same biosphere which correspond to mentioned plates).

3) **Regional biogeochemical phone** (for the regions of biosphere; for the localities with the regional living associations of biosphere that correspond to regional living associations; for the localities with the families, orders, classes and trunks of living matter corresponding to regional living associations).

4) **Local biogeochemical phone** (for the localities with the specia, families, orders, classes and trunks of living matter in the local associations).

As an indicator of accumulation (or dispersion) of chemical element in the living matter of biosphere, relative to chemical compound matter, this author suggest the introduction of the term »*Vernadskiy's concentration*« (Kv), as a ration between biogeochemical phone (BgF) and the geochemical phone (GF), at the same level of detailness:

$$Kv = \frac{BgF}{GF}$$

This coefficient at global level, represents the »*vernadskiy*« and »*fersman*«:

$$Kv = \frac{\text{vernadskiy}}{\text{clarke}}$$

PROCEE

UDK 550.3+550.4(497.11)
Originalni naučni rad

Stevan Divljan i
Stanojlo Cvetić

# REZULTATI NOVIJIH PETROLOŠKIH I MINERALOŠKO-GEOHEMIJSKIH ISPITIVANJA GRANITOIDNIH STENA PLANINE KUKAVICE

Ključne reči: petrologija, geohemija, granitoidi, Srpsko-makedonska masa, granitizacija, metamorfiti, Kukavica.

U radu su ukratko prikazani rezultati ranijih geološko-petroloških terenskih i laboratorijskih ispitivanja granitoidnih i gnajs-granitskih stena područja planine Kukavice u JI Srbiji. Detaljnije su prikazani rezultati novijih pretežno laboratorijskih (petroloških, spektrohemijskih i manjim delom mineraloških i geohronoloških) ispitivanja istih stena, izvršenih od strane autora i njihovih saradnika. Na osnovu razmatranja i interpretacije svih postojećih podataka autori daju neka nova tumačenja geneze granitoidnog masiva Kukavice, uzev u obzir pored ostalog i neke novije delom nepublikovane rezultate geohronoloških analiza ovog i nekih drugih granitoida Srpsko-makedonske mase.

## UVOD

Na granitoidnom masivu planine Kukavice (JI Srbija), kao i na drugim granitoidnim masivima Jugoslavije, prema predlogu akademika S. Pavlovića datom još 1958. god. Naučnom veću Geoinstituta, primenjen je metod terenskog uzorkovanja po kilometarskoj mreži sa uzimanjem većih proba karakterističnih petrogenih tipova pretežno granitoida i u manjoj meri migmatitskih i drugih gnajseva užeg i šireg područja stenskog omotača masiva. Granitoidni masiv Kukavice smešten je u približno centralnom pojasu južnog dela regionalne geostrukturne jedinice Srpsko-Makedonske mase na području SR Srbije, oko 15 km južno od Leskovca. U terenskim ispitivanjima u toku 1975. god., pored autora, učestvovali su u punoj meri C. Markov i D. Naumović, dipl. ing. geolozi, saradnici Instituta geološkorudarska istraživanja nuklearnih i drugih mineralnih sirovina u Beogradu.

## Pregled dosadašnjih geološko-petroloških istraživanja.

Do sada gotovo i nema publikovanih petroloških podataka o granitoidima Kukavice, sa izuzetkom Tumača Osnovne geološke karte za list Leskovac (1:100.000). Međutim prve relativno detaljnije podatke o geološko-strukturnim i petrološkim karakteristikama severnih delova ovog grani-

toidnog masiva nalazimo u još nepublikovanim delovima studije »Proučavanje granitoidnih masiva Jugoslavije« od akademika S. Pavlovića i saradnika (S. Pavlović i drugi, 1964). Prema izučavanjima B. Sikošeka u okviru ove studije, granitoidni masiv Kukavice se nalazi u centralnom delu međuvenačne Srpsko-Makedonske mase, odn. »u osovinskom delu antiklinorijumske ili sinklinorijumske megastrukture«. Jedan od osnovnih zaključaka S. Pavlovića je da granitoidi ove oblasti po svom položaju, odn. načinu pojavljivanja i strukturi »ne pripadaju pravim granitima, već injekcionim gnajs-granitima do granit-gnajsevima« i dalje da isti »nemaju intruzivni karakter i kod njih nedostaju fenomeni kontaktnog metamorfizma«. Na osnovu pak petrohemijskih proučavanja autori zaključuju da svi tipovi granitoida Kukavice odgovaraju prelaznoj vrsti »magme« između prave alkalne i monconitske sa jasno naglašenim alkalnim tipom koji se karakteriše visokim parametrom Sisi (367—427), minimalnim sadržajem Ca i znatnim sadržajem alkalija, uz istovremenu pojavu preovlađivanja K nad Na. U zaključnoj diskusiji S. Pavlović ističe da se u ovoj oblasti »mogu očekivati, u određenim strukturama, na većim dubinama, koreni ovih granitizacionih stena, koji bi mogli odgovarati pravoj magmi«.

Navedeni rezultati petrohemijskih preračunavanja (S. Pavlović i drugi, 1964) četiri hemijske analize uzoraka koji potiču iz severnih delova granitoidnog masiva Kukavice ukazuju da prema parametrima CIPW i mineraloško-hemijskoj klasifikaciji Lacroix ispitani uzorci odgovaraju pretežno alkalnim, kalijskim hololeukokratnim granitima, dok preračunate Niggli-eve vrednosti ukazuju na aplit-granitske i engadinit-granitske tipove leukogranitske grupe magmi kalko-alkalnog niza.

Granitoidni masiv Kukavice prvi put je bio zahvaćen geološkim kartiranjem u celini u okviru izrade Osnovne geološke karte. Prema podacima geološko-tektonskih ispitivanja autora OGK za list Leskovac (1:100.000) koji su ovaj masiv nazvali »pluton Vlajne«[1], isti je utisnut interformaciono (Dimitrijevi M. i drugi, 1973) »po dislokacionoj zoni Vrvi Kobile, koja razdvaja donji i gornji kompleks« (Srpsko-Makedonske mase, prim. S. D.). Autori dalje navode da »stene ovog plutona danas predstavljaju krupnozrne biotitske gnajseve sa oligoklasom i naknadno uvedenim mikroklinom. Merenja cirkonskom metodom dala su za ovaj granit starost od 450 miliona godina. U južnom delu pluton je isprobijan konkordatnim i diskordantnim žicama leukokratnih biotitskih i amfibolskih stena, koje smo nazvali granitoidima Kukavice. Ove stene smatramo pratećim, mlađim facijama plutona Vlajne«.

Deo Srpsko-Makedonske mase oko granitoidnog tela Kukavice predstavlja JI nastavak visokokristalastog kompleksa Pasjače—Vidovače sa kojima je spojen nešto suženim pojasom metamorfita na području između vulkanskog kompleksa Radana i Pustorečko-jablaničkog tercijarnog basena. U toku izrade Osnovne geološke karte izvršena su prilično detaljna petrološka ispitivanja metamorfita šireg područja Kukavice na osnovu kojih je zaključeno da »kristalasti škriljci pripadaju gotovo u celini donjem kompleksu Srpsko-Makedonske mase. Niži deo serije sastoji se pretežno od sitnozrnih biotitskih gnajseva, koji su često difuzno migmatisani, za-

---

[1]) Vlajna, najviši vrh planinskog područja Kukavice (kota 1441 m).

tim od leptinolita, amfibolskih stena i biotit-amfibolskih gnajseva... Metamorfizam gledano u celini odgovara amfibolitskoj faciji«.

Na osnovu svih dosadašnjih istraživanja utvrđeno je da granitoidne stene Kukavice izgrađuju ustvari jednu zonu dužine oko 16 km, širine do 2 km, koja zahvata pretežno istočne i delom južni deo glavnog grebena Kukavice. Severna polovina »plutona« predstavlja jednu gotovo homogenu granitoidnu masu sa retkim trakama i sočivima škriljaca.

## REZULTATI NOVIJIH PETROLOŠKIH ISPITIVANJA

Prema rezultatima svih dosadašnjih petroloških ispitivanja, uključujući i naša, granitoidi severne polovine masiva Kukavice (krupnozrni granitoidi Vlajne prema definiciji autora OGK za ovaj deo masiva) — predstavljaju stene srednjezrne do krupnozrne teksture, sa relativno slabo izraženom orijentacijom sastojaka, dok bi se njihova struktura čini nam se mogla najbolje definisati kao metasomatski izmenjena granoblastična, sa mestimičnim preovlađivanjem izrazito porfinoblastične, do tipova sa jako su kvarc, plagioklas (najčešće oligoklas oko 20% An), mikroklin i biotit i izraženim naknadnim kataklastičnim promenama. Bitni i glavni sastojci sporadično i podređeno hornblenda. Od sekundarnih sastojaka najčešći su minerali epidotske grupe, a od akcesornih sfen, apatit, cirkon, ortit i metalični mineral. Prema rezultatima modalnih analiza pokazuju varijacije od leukogranita, prekoređih pojava plagiogranita do granodioritskih i kvarc-monconitskih tipova. Neki od ranijih istraživača ističu da »krupnozrni granitoidi Vlajne« pokazuju mnoge karakteristike ortognajseva (D i m i t r i j e v i ć M. i drugi, 1973) naročito na osnovu svog načina pojavljivanja.

Za sitnozrne aplitoidne manje-više gnajsolike stene koje izgrađuju južnu polovinu masiva dat je od strane autora Osnovne geološke karte zajednički naziv »sitnozrni granitoidi Kukavice« i prema njihovim zapažanjima ovi probijaju »krupnozrne granitoide Vlajne« u vidu mnogobrojnih konkordantnih i diskordantnih žica. Utvrđeni su različiti varijeteti — biotitski, amfibolski i aplitoidni. Na osnovu izvršenih ispitivanja autori Tumača OGK za list Leskovac zaključuju da sitnozrni granitoidi Kukavice po svom hemijskom i mineralnom sastavu pokazuju vrlo male razlike u odnosu na krupnozrne granitoide severne polovine masiva i na osnovu svega navedenog shvaćeni su kao žični pratioci istih.

S obzirom da su u pomenutim radovima prethodnih istraživiča (P a v l o v i ć S. 1964; D i m i t r i j e v i ć M. 1973; D i v l j a n S. 1975) dati manje ili više detaljni podaci o načinu pojavljivanja, mineralnom i hemijskom sastavu i drugim pretežno tektonskim karakteristikama granitoidnih i gnajs-granitskih stena područja planine Kukavice, mi ćemo se u našim razmatranjima osvrnuti na neke odlike koje, po našem mišljenju, bacaju više svetlosti na procese petrogeneze granitoidnih stena ovog dela Srpsko-Makednoske mase.

## Krupnozrni granitoidi severne polovine masiva

Naša mikroskopska ispitivanja potvrdila su znatnu uniformnost sastava i mikrostrukture ovog dela masiva pri čemu je palo u oči dosta neujednačeno porfiroblastično razviće **K-feldspata — mikroklina.** Ovi porfiroblasti često predstavljaju manje-više zaobljene srednjozrne agregate pretežno nepravilnih zrna mikroklina, pri čemu nema indikacija da su ovi agregati nastali procesom drobljenja. S druge strane česta je pojava metasomatskog zamenjivanja delom porfiroidno (ili porfiroblastično?) razvijenog plagioklasa (oligoklasa) sa svim postupnim prelazima — počev od finog antipertitskog prorastanja do potpune mikroklinizacije, pri čemu postoje jake indikacije da su »najidiomorfniji« porfiroblasti mikroklina obrazovani upravo na ovaj način. Takođe je konstatovana neujednačena albitizacija porfiroblasta mikroklina u obodnim delovima »plutona« često jače ili slabije tektoniziranim, uporedo sa pojačanim procesima epidotizacije i hloritizacije. Na uzorcima sa neposrednog oboda granitoidnog tela (krupnozrni granitoidi Vlajne) zapaža se manje-više izrazito opadanje sadržaja mikroklina uz istovremene indikacije postupnog prelaza u okolne neravnomerno granitizovane metamorfite.

Pored pomenutog sporadično »porfiroidnog« razvića, kada je najčešće jače ili slabije mikrokliniziran, **plagioklas** se najvećim delom javlja u gotovo granoblastičnim agregatima, oligoklasnog je sastava, intimno udružen sa granoblastičnim kvarcom i varijabilnim sadržajem relativno sitnih biotitskih liski. Pojave njegove sericitizacije su česte i neujednačene, dok se slabije muskovitizacije i sasvim retko biotitizacija zapažaju sporadično na »porfiroidima« plagioklasa. Identičan način pojavljivanja plagioklasa kao i tipovi alteracija, uključiv i sporadičnu biotitizaciju, konstatovan je i u gnajs-granitoidnim stenama Stalaćko-juhorskog kompleksa.

Prema rezultatima modalnih analiza vidimo da sadržaj **biotita** varira od 3 do 9%, javlja se u relativno sitnoljuspastim nepravilnim agregatima koji samo mestimično po svojim konturama podsećaju na pseudomorfoze po nekom drugom mineralu, dok su samo u nekoliko uzoraka iz obodnih delova granitoidnog masiva otkriveni i relikti **hornblende** jače ili slabije biotitizirane. U istom smislu takođe je karakteristična gotovo konstantna asocijacija **epidota,** a veoma često i drugih kalcijskih akcesorija, sa biotitom pri čemu je epidot najverovatnije obrazovan na račun kalcije oslobođene u toku biotitizacije hornblende prema reakciji:

$$\underset{\text{hornblenda}}{2CaO \cdot 3(Mg, Fe)O \cdot 2Al_2O_3 \cdot 6SiO_2 \cdot H_2O} + 2KOH = \underset{\text{biotit}}{K_2O \cdot 6(Mg, Fe)O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2 \cdot H_2O} + \underset{\text{zoizit}}{4CaO \cdot 3Al_2O_3 \cdot 6SiO_2 \cdot H_2O}$$

Prema istraživanjima V. Marmo-a (Marmo V., 1962) ova reakcija je nešto približna pošto titan iz hornblende takođe uzima nešto kalcije i silicije za obrazovanje sfena, što sasvim odgovara asocijacijama u ispitivanim granitoidima Vlajne.

U pogledu **akcesornih** minerala pada u oči relativno visok sadržaj cirkona u ispitivanom granitoidu. Cirkon izgrađuje zatupasta kratkoprizmatična zrna na kojima se delom raspoznaju bipiramidalni završeci. Cirkon je izrazito više zastupljen u poređenju sa okolnim jače ili slabije migmatiziranim metamorfitima. Drugi obilnije zastupljeni akcesorni minerali krupnozrnih granitoida Vlajne predstavljeni su alanitom (najčešće sa epidotskim rubom) i apatitom, zatim sfenom i magnetitom pri čemu su dva poslednja izgleda manje zastupljena u okolnim migmatit gnajsevima koji pored pomenutih, prema rezultatima mineraloških analiza (vidi str. 27) sadrže i ksenotima, monacita i uraninita u blizini pegmatitskih tela. Granat je takođe postojan akcesorni sastojak i granitoidnih i gnajsnih stena, ali su, prema dosadašnjim podacima, njegove količine veće u tzv. sitnozrnim granitoidima Kukavice, kao i srodnim gnajs-granitskim stenama Stalaćko-juhorskog kompleksa.

U pojedinim delovima šireg egzokontaktnog pojasa granitoidne mase zapažene su manje mase stena aplitoidnog do dioritskog habitusa i varirajućih tekstura koje pored plagioklasa sadrže promenljive količine kalijskog feldspata, relativno malo kvarca i biotita i obilje epidota zajedno sa reliktima piroksena i uralita. Na osnovu pomenutih mikrofiziografskih karakteristika ove stene najverovatnije predstavljaju produkte intenzivne alkalno-silicijske metasomatoze gabroidnih stena.

### Sitnozrni granitoidi južne polovine masiva

Sitnozrni granitoidi koji izgrađuju pretežno južnu polovinu ispitivanog masiva, pokazuju znatno učestanije variranje mineralnog sastava, delom i teksturnih i mikrostrukturnih karakteristika što znatno otežava tumačenje njihove geneze. Prema rezultatima naših ispitivanja preovlađuju sitnozrni biotitski i delom dvoliskunski i aplitoidni gnajsevi bez pouzdanih reliktnih struktura na osnovu kojih bi se ove stene pouzdano tretirale kao orto- ili paraserija. Od ukupno 45 ispitivanih uzoraka prikupljenih po kombinovanoj 500 m i kilometarskoj mreži ukupno 33 primerka je odgovaralo sitnozrnim biotitskim gnajsevima sa mestimično izrazitijim aplitoidnim karakterom, 9 uzoraka je odgovaralo dvoliskunskim sitnozrnim gnajsevima, dok su svega 3 uzorka odgovarala muskovitskom varijetetu pri čemu su oba poslednja varijeteta pokazivala jasne indikacije naknadne muskovitizacije.

Rezultati naših mikroskopskih ispitivanja ukazuju da je jedna od osnovnih karakteristika ovih stena izrazito variranje sadržaja **biotita** koji se prema modalnim analizama kreće od 2 do 22. Takođe se zapaža preovlađivanje **plagioklasa** (pretežno oligoklasa) među feldspatima, kao i sporadično obrazovanje začetaka porfiroblasta **K-feldspata — mikroklina.** Način pojavljivanja aplitoidnih pretežno kvarcno-plagioklasnih agregata, kao i pomenute izrazite varijacije sadržaja biotita kao i jasno izražena folijacija predstavljaju, po našem mišljenju, ozbiljne indikacije da su »sitnozrni granitoidi Kukavice« obrazovani kao produkt intenzivne metasomatske aplitizacije bivših biotitskih odn. amfibolskih i amfibolsko-biotitskih i drugih stena najverovatnije i orto- i paraserije. Pomenuti mestimični začetci mikroklinske porfiroblasteze, kao i retke pojave prelaznih tipova prema »krupnozrnim granitoidima Vlajne« nisu u suprotnosti sa na-

šim tumačenjem geneze »sitnozrnih granitoida Kukavice«. Karakteristično je da čisto muskovitski varijeteti »sitnozrnih granitoida« često sadrže zrna potpuno hloritatisanog granata, dok su najčešće **akcesorni minerali** preovlađujućeg biotitskog varijeteta granat, alanit i neujednačeno sfen, dok se epidot često javlja i u mikrožilicama orijentisanim pod različitim uglovima na folijacju.

Samo retko i mestimično otkrivene su stene koje po svojim mikrostrukturnim karakteristikama ukazuju da predstavljaju metasomatski izmenjene (biotitizirane ± feldspatizirane) granitoidne stene analogno onima sa područja M. Jastrepca i delova Stalaćko-juhorskog kompleksa (D i v l j a n S., 1975. i 1980). S druge strane pada u oči jako varijabilno, ali konstantno prisustvo granata u ovim stenama i s obzirom na način pojavljivanja najlogičnije ga je protumačiti kao produkt metasomatskih reakcija. Na osnovu mikroskopskih analiza utvrđeno je da je granat u »sitnozrnim granitoidima Kukavice« znatno češći nego u krupnozrnom granitoidu severne polovine masiva. Na osnovu razmatranja načina pojavljivanja granata i u drugim srodnim gnajs-granitskim stenama Srpsko-makedonske mase pomenuta činjenica ukazuje da je granat u krupnozrnom granitoidu Vlajne najverovatnije delom razoren daljom progresivnom pretežno kalijskom feldspatizacijom. Na ovo bi ukazivala i činjenica da su sitnozrni granitoidi Kukavice, gledano u celini, znatno bogatiji biotitom (najverovatnije i amfibolom) od krupnozrnih granitoida severnog dela, kao i činjenica da se u njima najčešće zapažaju samo začetci mikroklinske porfiroblasteze. Mestimično jasno izražene pojave intenzivnog korodovanja granata, pa i biotita, kvarcnofeldspatskim agregatom ukazuju da su prvo izvršeni procesi granatizacije i biotitizacije pa onda feldspatizacije i eventualne i ne uvek jasno uočljive silifikacije.

Razmatranjem svih navedenih podataka proizilazi, po našem mišljenju, da sitnozrni i aplitoidni »granitoidi« južne polovine masiva Kukavice predstavljaju zone ekstenzivne i intenzivne metasomatske aplitizacije bivših najverovatnije pretežno amfibolskih i drugih škriljaca i orto- i paraserije. S obzirom da, gledano u celini, aplitoidne žice, mase i zone aplitizacije predstavljaju više, krovinske nivoe jednog granitoidnog magmatskog ili metasomatskog tela, možemo pretpostaviti da i južni deo »plutona« Kukavice nastalog, po našem mišljenju, metasomatskim putem — predstavlja njegov pliće zasečeni erozioni nivo, što bi istovremeno ukazivalo da je pomenuti deo spušten duž jednog raseda približnog pravca pružanja I—Z i lociranog na području između vrha Kitka (k. 1404 m) i sela Kukavice.

**Rezultati mineraloških analiza.**[1] — Na tabeli 1 prikazani su rezultati semikvantitativnog određivanja procentnih sadržaja akcesornih minerala iz zdrobljenih većih uzoraka stena (pretežno 50 do 100 kg) u frakciji težoj od 2,85 g/cm³. Ovim analizama obuhvaćeni su glavni petrogeni tipovi na području granitoidnog masiva Kukavice i delom metamorfiti. Pada u oči znatna razlika sadržaja pojedinih akcesornih minerala dobijena modalnom

---

[1]) Mineraloške analize stena metodom veštačkog šliha izvršio je Mr. Cvetko Markov, sa tehničkim saradnicima na pripremi uzoraka (svi iz Geoinstituta) na čemu se i ovom prilikom toplo zahvaljujemo.

Tabela 1

SEMIKVANTITATIVNI SADRŽAJI (U %) AKCESORNIH MINERALA U TEŽEM DELU KONCENTRATA VEŠTAČKIH ŠLIHOVA GLAVNIH TIPOVA GRANITOIDNIH I GNAJSNIH STENA PODRUČJA GRANITOIDNOG MASIVA PLANINE KUKAVICE

| | Epidot ±zolzit | Alanit | Magnetit | Cirkon | Sfen | Granat | Turmalin | Apatit | Barit | Fluorit | Monoklin. piroksen | Amfibol | Rutil | Monacit | Ksenotim | Šeelit | Korund | Primedba za sadržaj metaličnih minerala — sulfida, sulfosoli ± limonit, ilmenit, martit. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Krupnozrni granitoid Vlajne — istočni obod masiva | 42 | 20 | 3 | 13 | 6 | 4 | — | 7 | tr. | — | — | — | — | — | — | — | — | 5% (pirit, limonit, sfalerit, galenit, arsenopirit) |
| Krupnozrni granitoid Vlajne — zapadni obod masiva | 22 | 2 | 35 | 11 | 1 | 1 | — | 1 | — | tr. | tr | 1 | — | — | — | — | — | 2% (pirit, limonit, ilmenit). |
| Sitnozrni granitoid Kukavice — centralni delovi | 1 | — | 10 | 1 | tr. | 11 | tr. | 1 | tr. | tr. | — | tr. | tr. | — | — | — | — | 2% (pirit, antimonit, arsenopirit, halkopirit, galenit, limonit + 74% martita). |
| Srednjezrni granosijenit — gnajs — iz zone sitnozrnih granitoida, JZ obodni deo | 7 | 5 | 30 | 5 | 1 | 36 | — | 7 | — | — | — | — | tr. | tr. | tr. | tr. | tr. | 8% (pirit, limonit, halkopirit,, halkozin, ilmenit). |
| Kvarc-monconit metasomat, porekla prelaz u granosijenit, derivatna manja masa | 1 | tr. | 79 | tr. | 3 | — | — | 14 | tr. | — | tr. | — | tr. | — | — | — | — | 3% (pirit, limonit, tragovi galenita). |
| Pegmatit (berilonosni) oko 10 km zapadno od masiva | tr. | tr. | 1 | 1 | tr. | 90 | tr. | 7 | tr. | — | — | tr. | tr. | tr. | — | — | tr. | 1% (pirit, limonit, halkozin, malo ilmenita). |
| Biotitski migmatit gnajs iz zapadnog egzokontakta | tr. | tr. | 2 | 13 | tr. | 1 | tr. | 79 | — | — | — | tr. | — | 2 | 1 | — | — | 2% (pirit, limonit, galenit halkopirit, molibdenit, ilmenit, uraninit). |
| Biotit-amfibol gnajs iz zapadnog egzokontakta | 26 | tr. | 20 | tr. | 36 | tr. | — | 13 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 4% (pirit, halkopirit). |

analizom i metodom veštačkog šliha, što bi svakako bar delom indiciralo da pojedini manje-više uobičajeni akcesorni minerali nisu ravnomerno raspoređeni u masi stena i da najverovatnije predstavljaju produkte metasomatskih reakcija. Među pomenutim mineralima najizrazitije je variranje sadržaja alanita i sfena, apatita, granata i magnetita. Gledano u celini pomenuti minerali zajedno sa cirkonom pokazuju relativno najveće sadržaje u krupnozrnom granitoidu Vlajne koji istovremeno predstavlja petrografski najhomogeniju stensku masu kukavičkog »plutona«, za razliku od njegove južne polovine tj. sitnozrnih granitoida Kukavice. Takođe padaju u oči skokovi sadržaja apatita u pojedinim izrazito granitizovanim stenama najverovatnije metagabroidnog porekla. Iz tabele takođe vidimo da je, izuzimajući pegmatite, granat najviše zastupljen u biotit-amfibol gnajsu granosijentitskog sastava i alkalno-metasomatskog porekla. Magnetit se ponaša donekle analogno granatu izuzev što nije zapaženo nikakvo povišenje u pegmatitu. Epidot pokazuje varijacije uglavnom kao i alanit, pri čemu se zapaža prilična nepravilnost variranja njihovog sadržaja izgleda prilično nezavisno od utvrđenog ili pretpostavljenog tipa primarne stene, dok sfen, nasuprot, izrazito se povećava u jače ili slabije granitizovanim metabazitima slično apatitu. Metalični minerali, pretežno sulfidi Fe, Pb, Zn, Cu javljaju se u izrazito varirajućim količinama (1 do 26%) u svim ispitivanim petrogenim tipovima, pri čemu je od interesa pomenuti da su u porfiroblastičnom migmatit-gnajsu iz blizine većeg pegmatitskog tela na području Vučjanske reke utvrđeni i neznatni sadržaji uraninita i molibdenita. Ostali detektovani minerali javljaju se uglavnom u tragovima i ne pokazuju neke petrogenetski indikativne varijacije.

### Rezultati spektrohemijskih ispitivanja stena[1]

Na tabeli date su srednje vrednosti, standardne devijacije i koeficijenti variranja semikvantitativnh sadržaja izvesnog broja retkih i rasejanih elemenata u glavnim petrogenim tipovima granitoidnog masiva i dela okolnog kristalastog kompleksa Kukavice. Razmatranjem rezultata zapaža se da većina od detektovanih retkih i rasejanih elemenata u tzv. krupnozrnim i sitnozrnim granitoidima pokazuju bliske sadržaje pri čemu neki od njih pokazuju jača odstupanja u odnosu na srednje vrednosti za granitoidne stene u svetu (T u r e k i a n K. K., 1971). Izrazito smanjenje sadržaja stroncijuma najverovatnije da predstavlja odraz K-feldspatske porfiroblasteze, kao i zamenjivanja plagioklasa mikroklinom, a najverovatnije i procesa biotitizacije hornblende. S obzirom da ove stene i pored indikacija metasomatskog postanka, na osnovu svih dosadašnjih ispitivanja, pokazuju manje-više ujednačen hemijski sastav koji varira od plagiogranita, preko granodiorita do monconitskog granita biotitskog i znatno ređe dvoliskunskog tipa, za sada još nije razumljivo izrazito smanjenje sadržaja litijuma čija srednja vrednost u krupnozrnom tipu iznosi svega 7, a u sitno-

---

[1]) Semikvantitativne spektrohemijske analize stena izvršili su Stana Maksimović i Milorad Arsenijević, saradnici Geoinstituta, dok je preračunavanje statističkih parametara sadržaja mikroelemenata izvršila Nada Kreminac, na čemu im se i ovom prilikom toplo zahvaljujemo.

zrnom svega 4 ppm. S obzirom da su pomenuti sadržaji litijuma takođe niži od onih u sličnim granitoidnim stenama drugih delova Srpsko-makedonske mase teško je održivo eventualno tumačenje da nizak sadržaj litijuma predstavlja neku regionalnu karakteristiku granitoida Srpsko-makedonske mase već je to, po našem mišljenju, prvenstveno posledica intenzivnih K-feldspatizacionih promena na području današnjeg granitoidnog plutona Kukavice. Nizak sadržaj litijuma istovremeno je i odraz mestimično izrazito niskog sadržaja biotita u ovim stenama, kao i najverovatnije njegovog postanka na račun manje-više potpune biotitizacije hornblende. Interesantna je činjenica da granitoidi Kukavice sadrže iste sadržaje Li kao i alkalno-metasomatski izmenjene bazične (metabazitske) stene istog područja (x=6 ppm), dok ga amfiboliti i amfibolitski škriljci (istog područja) sadrže 2 do 3 puta više.

Na osnovu naših ispitivanja proizilazi da se sadržaji Ti, Cu, Zr, Ni, Co i Cr kreću u granicama srednjih vrednosti za granitoidne stene u širem smislu i ukoliko pođemo od naše postavke da današnje granitoidne stene Kukavice predstavljaju najvećim delom produkte intenzivne kalijske i sporadično natrijske metasomatoze primarno nešto bazičnijih magmatita, ovo bi najverovatnije ukazivalo da pomenuti magmatiti nisu bili mnogo bazičnijeg sastava s obzirom da se i rasponi sadržaja obično kreću između tipova granitoida bogatih i siromašnih CaO (T u r e k i a n, K., 1971) sa izvesnim naglim padovima u zonama jače feldspatizacije što se naročito zapaža kod sitnozrnih granitoida južne polovine masiva.

Takođe je od interesa pomenuti i to da su među stenama izdvojenim kao alkalno-metasomatski izmenjeni metabaziti zapaženi izvesni tipovi koji po svojim mikrofiziografskim reliktima ukazuju da najverovatnije predstavljaju produkte feldspatitizacije skarnoidnih ili kornitskih tvorevina, a istovremeno se karakterišu i opadanjem sadržaja Cr, Co i delom Ni, uz delimičan porast La i sporadično Zn. Biotitski gnajsevi, mikašisti, alkalizovani metabaziti i amfiboliti pokazuju najizrazitije poraste sadržaja Ti, V, Co, manje pravilno Cr, Mn i Sr. Istovremeno je izrazitije opadanje Ba i Pb, što je nesumnjivo posledica najčešće izrazitog pada sadržaja K-feldspata u pomenutim tipovima stena. Pored već istaknutog anomalno niskog sadržaja Li u granitoidima Kukavice u celini, od interesa je pomenuti da je relativno visok sadržaj Li, pored mikašista, utvrđen i u dva primerka amfibolskog gnajsa zahvaćenog delimično biotitizacijom u blizini pegmatitskih žica.

Najzad razmatranjem vrednosti standardne devijacije ($\delta$) i koeficijenta varijacije (v%) za pojedine elemente u granitoidima Kukavice i poređenjem ovih vrednosti sa istim od drugih grantoidnih masiva (iz Unutrašnjih Dinarida) vidimo da najveće varijacije u granitoidu Kukavice, kao i u nekim drugim srodnim stenskim tvorevinama drugih delova Srpsko-makedonske mase (posebno okcasti gnajs-graniti Juhora—Stalaća), pokazuju elementi V, Cr, La, Sr i Li, a u manjoj meri Co, Ni, Zr, Ti i Ba. Varijacije sadržaja V, Cr i Ti u granitoidnim stenama mogle bi se svakako tumačiti dvojako i najverovatnije jednako ubedljivo i prihvatanjem procesa jače ili slabije asimilacije bazičnijih stena u granitoidnoj magmi, kao i prihvatanjem procesa granitizacije odnosno obrazovanja datog granitoida putem granitizacije opet nekih bazičnijih stena. Variranje i mestimično na-

Tabela 2.

## STATISTIČKI PARAMETRI SADRŽAJA (p.p.m.) NEKIH RETKIH I RASEJANIH ELEMENATA U GRANITOIDNIM, GNAJSNIM I SRODNIM STENAMA SA ŠIREG PODRUČJA GRANITOIDNOG MASIVA PLANINE KUKAVICE

| | Krupnozrni granitoidi Vlajne (n=39) | | | Sitnozrni granitoidi Kukavice (n=49) | | | Pegmatiti sa šireg područja kristalina planine Kukavice (donji kompl.) (n=8) | | | Biotitski i dvoliskunski gnajsevi (n=30) | | | Mikašisti i gnajsomikašisti (n=14) | | | Alkalno-metasomatski izmenjene bazične i srodne stene (pretežno ortoserija) (n=9) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $\bar{x}$ | δ | v % | $\bar{x}$ | δ | v % | $\bar{x}$ | δ | v % | $\bar{x}$ | δ | v % | $\bar{x}$ | δ | v % | $\bar{x}$ | δ | v % |
| Ti | 1033 | 756 | 95 | 888 | 724 | 81 | 162 | 171 | 105 | 1972 | 1257 | 63 | 3392 | 2245 | 66 | 3611 | 2422 | 67 |
| Mn | 392 | 298 | 76 | 548 | 359 | 65 | 775 | 991 | 128 | 510 | 352 | 69 | 486 | 296 | 61 | 983 | 295 | 30 |
| Pb | 51 | 68 | 133 | 41 | 51 | 124 | 57 | 53 | 93 | 24 | 29 | 121 | 21 | 18 | 85 | 21 | 22 | 104 |
| Sn | tr. | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Be | — | — | — | — | — | — | 8 | 7 | 87 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Ga | 10 | 4 | 40 | 12 | 3 | 25 | — | — | — | 8 | 5 | 62 | 12 | 7 | 58 | 10 | 9 | 90 |
| V | 11 | 15 | 136 | 8 | 19 | 237 | 2 | 2 | 100 | 16 | 16 | 100 | 21 | 21 | 100 | 142 | 240 | 169 |
| Cu | 20 | 13 | 65 | 24 | 40 | 166 | 20 | 15 | 75 | 16 | 8 | 50 | 15 | 10 | 66 | 33 | 44 | 133 |
| Y | 13 | 12 | 92 | 13 | 11 | 84 | 6 | — | — | 13 | 7 | 54 | 14 | 5 | 36 | 15 | 6 | 40 |
| Zr | 218 | 165 | 75 | 164 | 122 | 74 | 44 | 50 | 113 | 140 | 226 | 161 | 111 | 26 | 23 | 111 | 73 | 65 |
| Ni | 8 | 6 | 75 | 7 | 7 | 100 | 7 | 5 | 71 | 7 | 5 | 71 | 11 | 7 | 63 | 16 | 12 | 75 |
| Co | 2 | 2 | 100 | 1 | 1 | 100 | tr. | — | — | 3 | 3 | 100 | 6 | 4 | 66 | 11 | 16 | 145 |
| Sc | tr. | — | — | 7 | 5 | 71 | — | — | — | 6 | 4 | 67 | 5 | 3 | 60 | 24 | 20 | 83 |
| Cr | 11 | 14 | 127 | 14 | 18 | 128 | 10 | 13 | 130 | 13 | 14 | 107 | 24 | 24 | 100 | 33 | 32 | 96 |
| La | 38 | 60 | 157 | — | — | — | — | — | — | tr. | — | — | 26 | 30 | 115 | 60 | 92 | 153 |
| Ba | 1365 | 885 | 64 | 1471 | 1129 | 76 | 731 | 633 | 86 | 1017 | 1005 | 99 | 429 | 212 | 49 | 390 | 387 | 99 |
| Sr | 47 | 78 | 166 | 86 | 152 | 176 | 78 | 161 | 206 | 104 | 99 | 95 | 65 | 36 | 55 | 221 | 119 | 53 |
| Li | 7 | 10 | 143 | 4 | 8 | 200 | 12 | 22 | 183 | 16 | 22 | 137 | 27 | 29 | 107 | 6 | 4 | 66 |
| Rb | 69 | 70 | 101 | 72 | 89 | 123 | 70 | 59 | 84 | 56 | 41 | 73 | 98 | 73 | 74 | 16 | 23 | 143 |
| F | 527 | 257 | 49 | 372 | 284 | 76 | 344 | 193 | 56 | | | | | | | | | |
| $K_2O$ % | 3,72 | 1,11 | 30 | 3,69 | 1,30 | 35 | | | | | | | | | | | | |
| $Na_2O$ % | 3,49 | 0,85 | 24 | 3,72 | 0,51 | 14 | | | | | | | | | | | | |

glo opadanje sadržaja Sr najverovatnije je posledica intenzivne K-feldspatizacije koja je naročito izražena u krupnozrnim granitoidima ispitivanog područja. Takođe izrazito opadanje i variranje sadržaja Li najlogičnije je protumačiti opet kao posledicu intenzivnih alkalnometasomatskih procesa sa konstatacijom da je ova manje-više regionalna alkalna metasomatoza dovela do znatnijeg osiromašenja stenske mase u Li. Za sada je najmanje shvatljivo relativno povećanje i izrazito variranje sadržaja La u krupnozrnim granitoidima Vlajne i alkalno-metasomatski izmenjenim metabazitima šireg područja — prema našim ispitivanjima najlogičnije ga je povezati sa relativnim povećanjem i neujednačenim sadržajem akcesornog alanita i sfena upravo u pomenutim tipovima stena, uz već ranije pomenutu indikaciju da isti ne predstavljaju primarne akcesorne minerale.

Relativno nizak sadržaj fluora kao i variranja sadržaja u granitoidima ovog područja ukazuju na odsustvo pneumatolitskih procesa što je u skladu sa rezultatima drugih ispitivanja.

## DISKUSIJA

Rezultati naših ispitivanja ukazuju da krupnozrni granitoidi Kukavice po svojim mikrofiziografskim karakterstikama i načinu pojavljivanja, kao i hemijskim i geohemjskim karakterstikama, veoma su bliski Stalaćko-juhorskom porfiroblastičnom gnajs-granitu izuzev što u granitoidu Kukavice nije do sada zapažen muskovit i prema dosadašnjim podacima predstavlja jednu znatno homogeniju granitoidnu masu. Takođe na bazi navenedih kompleksnih ispitivanja i poređenja rezultata smatramo da ima dosta činjeničnog materijala za postavku da oba »granitoidna masiva« predstavljaju produkte granitizacije nešto bazičnije najverovatnije bivše magmatske stene i gledano u celini i pored pomenutih razlika u stupnju homogenizacije granitoidne mase oba granitoida se karakterišu indikacijama višefaznosti alkalno-metasomatskih promena, kao i konstantnim prisustvom mikroskopski jasno vidljivog i relativno krupnozrnog granoblastičnog plagioklasno (oligoklasno)-biotitskog agregata (paleosoma?). Relativna homogenost sastava i delimično i strukture krupnozrnog granitoida Kukavičkog masiva, kao i nedostatak muskovita predstavlja, po našem mišljenju, odraz dubljeg nivoa granitizacionih procesa u poređenju sa srodnim petrogenim tvorevinama Stalaćko-juhorskog kompleksa.

Prema našim pretežno terenskim zapažanjima sitnozrni granitoidi južne polovine masiva Kukavice najvećim delom pokazuju oštre granice prema krupnozrnom granitoidu, iako je kod ranijih istraživača preovladalo mišljenje da sitnozrni granitoidi predstavljaju žične pratioce krupnozrnih, mišljenja smo da brojne karakteristike sitnozrnih granitoida, posebno znatno variranje sadržaja, a delom i vrste bojenih sastojaka, kao i neke druge ranije pomenute karakteristike ukazuju da ovi pretežno predstavljaju jednu prostranu zonu intenzivne aplitizacije, a istovremeno više nivoe istog fronta granitizacije koja je uslovila i obrazovanje krupnozrnog granitoida. S obzirom na pomenuta variranja sastava a delom i teksture i strukture, kao i u celini izrazitiju nehomogenost stenske mase, najverovatnije da su ovom aplitizacijom zahvaćene raznovrsne stene i orto- i paraserije uz is-

tovremenu petrološku indikaciju da je južna polovina granitoidnog masiva Kukavice nešto spuštena duž raseda približno pravca I—Z tako da u tom delu imamo danas otkrivene pliće nivoe u poređenju sa severnom krupnozrnom polovinom »masiva«.

Sadržaji retkih i rasejanih elemenata u oba tipa »granitoida« veoma su bliski izuzev za lantan koji znatno raste u krupnozrnom granitoidu, kao i u metasomatski izmenjenim metabazitima ovog područja, dok je sasvim retko detektovan samo u određenim varijetetima sitnozrnih. Takođe treba pomenuti znatno veće vrednosti koeficijenta variranja (v%) za poiedine mikroelemente u sitnozrnom granitoidu i to naročito za V, Ni, Cu, Li i F (odnos koeficijenta variranja krupnozrni : sitnozrni granitoid — V= =136 : 237; Ni=75 : 100; Cu=65 : 166; Li=143 : 200; F=49 : 76) što je svakako posledica kako pomenute značajne mineraloško-petrografske nehomogenosti sitnozrnog, kao i najverovatnije delom i određenih postgranitizacionih hidrotermalnih procesa.

Izrazito niski sadržaji litijuma u oba tipa »granitoida« nisu u potpunosti jasni i najverovatnije da su pretežno rezultat isključivo metasomatskog postanka preovlađujućeg liskuna — biotita, a delom i opadanja njegovog sadržaja naročito u krupnozrnom tipu granitoida.

U pogledu apsolutne geološke starosti kukavički granitoidi su neznatno izučeni i jedan od prvih rezultata metodom radiogenog olova iz cirkona iznosio je 450 miliona godina (D i m i t r i j e v i ć M. i drugi, 1973), dok su noviji još nepublikovani rezultati merenje K—Ar metodom na biotitu iz krupnozrnog granitoida dala vrednost od svega 114 miliona godina, pri čemu su slične vrednosti dobijene i na biotitu porfiroidnog granitoida Bujanovačkog masiva[1]. Već ovi preliminarni i malobrojni rezultati ukazuju na neophodnost daljeg svestranijeg geohronološkog i petrološkog izučavanja kako ovog područja tako i granitoidnih i gnajsnih stena Srpsko-makedonske mase u celini.

Dosadašnja ispitivanja retkometalnih mineralizacija (N i k o l i ć D., 1963; D i v l j a n S., 1980) na području granitoidnog masiva i dela metamorfita i pegmatitonosnog područja planine Kukivice do sada nisu ukazala na interesantnije pojave i pored još ranijih otkrića manjih berilonosnih pegmatita sa sadržajima akcesornog kolumbita, ksenotima, monacita i sekundarnih uranovih minerala. Karakteristično je da je pojas pojavljivanja ovih malih berilonosnih pegmatita smešten oko 10 km zapadnije od granitoidnog »masiva« Kukavice nasuprot krupnim pegmatitskm telima koja zaležu u blizini istog, kao i u zonama intenzivne migmatizacije, ali bez do sada zapaženih pojava retkometalnih mineralizacija. Položaj pomenutih malih pegmatitskih tela sa retkometalnim mineralizacijama ukazuje da isti možda predstavljaju pneumatolitske derivate znatno prostranijeg Bujanovačkog granitoidnog masiva koji nije bio zahvaćen našim ispitivanjima.

Kao što je već pomenuto na osnovu svih naših ispitivanja došli smo do zaključka da krupnozrne granitoidne stene Kukavice predstavljaju rezultat kompletne granitizacije relativno homogene stenske mase magmatskog porekla i relativno bazičnijeg (dioritskog?) sastava koja je egzisto-

---

[1]) Usmeno saopštenje rukovodioca Geohronološke laboratorije Geoinstituta A. Lovrića.

vala u današnjoj dislokacionoj zoni Vrvikobile. Najverovatnije da se ispod današnjeg granitoidnog »plutona« Kukavice i područja zapadno od njega prostire granitoidna masa znatno većih razmera čiji su pneumatolitski i alkalno-metasomatski derivati predstavljeni brojnim pegmatitskim telima, kao i pomenutim današnjim krupnozrnim i sitnozrnim »granitoidima« Kukavice i različitim tipovima migmatita koji su detaljnije ispitivani od strane prethodnih istraživača. Pomenuti prilično širok pojas različitih migmatita i drugih metamorfno-metasomatskih tvorevina na području između dislokacionih zona Vrvikobile i Veternice, kao i mnoga druga visokokristalasta područja Srpsko-makedonske mase, do sada nije bio podvrgnut detaljnim i sistematskim mineraloško-petrološkim i geohemijskim izučavanjima premda se ne može isključiti mogućnost postojanja nekih ekonomski interesantnih retkometalnih mineralizacija u istim.

Predato za štampu 8. II 1983. Recenzent Vera Ćebić

## LITERATURA

Архангельская В. В., Гинзбург А. И. 1964 — Вопросы геологии и генезиса пегматитов (Изд. „Недра", Москва).

Dear W. A., Howie R. A., Zussman J. 1963 — Rock forming minerals (Longmans, Green & Co., London).

Deleon G., 1969 — Pregled rezultata određivanja apsolutne geološke starosti granitoidnih stena u Jugoslaviji (Radovi Instituta za geološko-rudarska istraživanja nuklearnih i dr. mineralnih sirovina, sv. 6, Beograd).

Deleon G., Dromjak M., Lovrić A. 1972 — Stroncijumova starost stena Juhorsko-stalaćskog metamorfnog kompleksa (VII kongres geologa SFRJ, knj. II, Zagreb, 1970).

Divljan S. 1957 — Izveštaj o prospekciji Be i Li u pegmatitima Pasjače i Vidovače (Fond naučno-stručne dokumentacije Geoinstituta ,Beograd).

Divljan S. 1975 — Godišnji izveštaj po projektu »Istraživanje provincija minerala retkih metala u nekim granitoidnim masivima SR Srbije« (Fond naučno-stručnee dokumentacije Geoinstituta, Beograd).

Divljan S., Mihailović — Vlajić N., Cvetić S. 1978 — Prikaz novijih shvatanja o genezi granitoidnih stena Cera (IX kongres geologa SFRJ; sekcija: mineralogija—petrologija—geohemija, Sarajevo).

Divljan S. 1979 — Neke petrološke, mineraloške i geohronološke karakteristike granitoidnih stena Malog Jastrebca (Radovi Instituta za geološko-rudarska istraživanja nuklearnih i dr. mineralnih sirovina, sv. 13, Beograd).

Divljan S. 1980 — Istraživanje provincija minerala retkih metala u nekim granitoidnim masivima SR Srbije (Završni elaborat po projektu — Fond naučno-stručne dokumentacije Geoinstituta, Beograd).

Dimitrijević M. i saradnici 1967 — Problemi Srpsko-makedonske mase (VIII kongres Karpato-balkanske geol. asocijacije; Vodič za ekskurziju 2B, Beograd).

Dimitrijević M. i saradnici 1973 — Tumač Osnovne geološke karte za list Leskovac (Savezni geološki zavod, Beograd).

Ляхович, В. В. 1967 — Акцессорные минералы в гранитоидах Советского Союза (Изд. „Наука" Москва).

Markov C. 1962 — Mineraloške karakteristike nekih granitoida Srbije (Fond naučno-stručne dokumentacije Geoinstituta, Beograd).

Markov C., Mihailović—Vlajić N. 1969 — Opšta zapažanja o akcesornim mineralima u granitoidnim stenama Jugoslovije (Radovi Instituta za geološko-rudarska Istraživanja nuklearnih i dr. mineralnih sirovina, Beograd).

Marmo V. 1962 — On granites (Bull. Comm. Géol. de Finlande, no. 201, Helsinki).

Mehnert K. R. 1968 — Migmatites and the origin of granitic rocks (Elsevier Comp., Amserdam).

Mihailović—Vlajić N., Divljan S., Markov C. 1976 — Opšta razmatranja o procesima grajzenizacije na teritoriji SFRJ (VIII kongres geologa SFRJ, knj. 1, Bled, 1974).

Nikolić D. 1963 — Pegmatiti SFRJ (Doktorska disertacija; Fond naučno-stručne dokumentacije Geoinstituta, Beograd).

Pavlović S. i saradnici 1963 — Proučavanje granitoidnih masiva Jugoslavije (Stalaćski masiv) (Fond naučno-stručne dokumentacije Geoinstituta, Beograd).

Pavlović S. i saradnici 1964 — Proučavanje granitoidnih masiva Jugoslavije (granitoidi Kukavice i Bujanovca) (Fond naučno-stručne dokumentacije Geoinstituta, Beograd).

Raguin E. 1965 — Geology of granite (English transl. of sec. French edit., Intersci. Publishers, London).

Turner F. 1968 — Metamorphic petrology — mineralogical and field aspects (McGraw-Hill Inc., New York).

Turekian K., K. 1971 — Distribution of elements in the crust of Earth (Encyclopedy of science and technology; McGraw-Hill Inc., New York).

Urošević S. 1925 — Stalaćka Brda i Đuniski Visovi — geološko-petrografska studija granita i kristalastih škriljaca (Geol. anali Balk. poluostrva, knj. VIII, sv. 1, Beograd).

## Summary

# THE RESULTS OF RECENT PETROLOGICAL AND GEOCHEMICAL STUDIES OF GRANITOID ROCKS OF KUKAVICA MTS. (SE SERBIA)

by

Stevan Divljan and Stanojlo Cvetić

Key words: petrology, geochemistry, granitoids, Serbian-Macedonian mass, granitization, metamorphites, Kukavica mts.

Granitoid massif of Kukavica mts. is situated in central belt of southern part of regional structural zone called Serbian-Macedonian mass (part of Rhodopian), in SE Serbia (Yugoslavia). Some of previous investigators separated two parts of this massif mostly according to its textural and structural features, i.e.: a) the northern part of massif called »coarse-grained granitoid of Vlaina«; and b) the southern part of massif called »finergrained granitoid of Kukavica«. This granitoid massif is defined as a plutonic body indicating many characteristics of orthogneisses.

On the ground of our investigations as well as comparing with the results obtained for some other granitoid massifs both from Serbian--Macedonian mass and some other regional structural units of Serbia, we concluded that coarsegrained granitoid rocks of Kukavica mts. represents essentialy the product of granitization of a relatively homogeneous the most probably primarily more basic (gabro-dioritic?) rock mass. There are

many indications for polyphase character of alkali-metasomatc transformations which took place during geological history of present granitoid massif of Kukavica. Relatively very homogeneous character of the coarsegrained granitoid rock could be explained as a consenquence of a rather deep level of this actually granitization process.

We concluded also that more heterogeneous finergraned granitoid rocks from southern part of Kukavica mts. represent as well a relatively large zone of alkali-metasomatic processes which could be better defined as »aplitization«, belonging in such a way, the most probably, to the higher level of the same granitization »front« which produced mentioned coarsegrained biotite granite from northern part of massif. Our studies indicated that mentioned aplitization metasomaticaly replaced different country rocks, both from ortho- and paraseries. There are many indacations that the southern part of Kuukavica massif has been tectonicaly moved downward along a more or less vertical fault of E—W direction presently marked by the bordering line between two main granitoid types of Kukavica mts.

Only one geohronological analysis of coarsegrained biotite granite, using radiogenic Pb from zircon, gave the age of 450 millions which belongs to Caledonian tectono-magmatic cycle (Upper Ordovician). More recent and still not published results of K—Ar dating of biotite from the same rock gave only 114 millions years as the of this mineral. It is also interesting that similar ages have been obtained for biotite from porphyroid type of granite from near-by Bujanovac massif.

We consider also as very probable the existence of an intrusive large granitoid mass beneath presently exposed granitoid »pluton« and surrounding gneiss-granitic rocks of wider area of Kukavica mts. The pneumatolitic and alkali-metasomatic derivatives of supposed intrusive granitoid mass are presented by numerous pegmatitic bodies as well as by different migmatitic and other metamorphic-metasomatic rocks in mentioned wider area.

Sl. 1. (B-84234) — Produkt gotovo potpune granitizacije najverovatnije bivše metagabroidne stene — pored obilja mikroklina i kvarca sadrži delom biotitizirani amfibol (Am) i mestimične koncentracije relativno krupnih zrna apatita (A). Primerak potiče iz manjih derivatnih masa granitoidnog izgleda iz šireg egzokontaktnog pojasa granitoidnog masiva Kukavice (lok. Slatinska reka — Padež). +N, 20×.

Fig. 1. (B-84234) — Product of almost complete granitization of the most probably primarily gabroic (metagabroic) rock — together with aboundant microcline and quartz the rock contains partly biotitized amphibole (Am) as well as local concentrations of relatively coarse apatite grains (A). This sample is from smaller mass of granitoid-like rocks from wider exocontact belt of Kukavica granitoid massif (Slatinska reka — Padež loc.). +N, 20×.

---

Sl. 2. (B-84342) — Stena aplitoidnog karaktera, izrazito obogaćena mikroklinom, sa egirin-augitom (E), iz derivatne aplitoidne mase oko 1 km istočno od granitoidnog masiva Kukavice. Po mineralnom sastavu odgovara kalijskom granosijenitu. +N, 15×.

Fig. 2. (B-84342) — The rock of potassic granosyenite composition, extremely rich in microcline. It contains egirine-augite (E) as well. This rock is from aplitoid-like mass about 1 km toward east from Kukavica granitoid massif. +N, 15×.

---

Sl. 3. (B-84342) — Isti snimak kao i na sl. 2, ali pri paralelno polarisanoj svetlosti tako da se bolje zapažaju izrazito korodovane forme egirin-augita obrazovanog najverovatnije na račun metasomatoze nekog femskog petrogenog minerala. //N, 15×.

Fig. 3. (B-84342) — The same photos as fig. 2 but by paralelly polarized light so that are better visible intensively coroded forms of aegirine-augite grains. The most propably this mineral has been formed by metasomatic replacament of some other femic rock-forming mineral. //N, 15×.

---

Sl. 4. (B-84247) — Primerak iz zapadnog endokontaktnog pojasa krupnozrnog granitoida masiva Kukavice. Na mikrosnimku se zapažaju ostaci delom biotitizirane hornblende u relativno heterogenozrnastom, pretežno plagioklasno-kvarcnom granoblastičnom agregatu, sa karakterističnom pojavom nagomilanja krupnozrnijeg kvarca (Qz) oko zrna biotitizirane hornblende (Hb). +N, 15×.

Fig. 4. (B-84247) — The sample from the western endocontact belt of coarsgrained granitoid type of Kukavica massif. On the microphotos there are visible relicts of partly biotitized hornblende (Hb) in granoblastic plagioclase-quartz aggregate. There are characteristic the concentrations of relatively coarser quartz grains arround relict grain of biotitized hornblende. +N, 15×.

---

Sl. 5. (B-84221) — Krupnozrni granitoid iz zapadnog ekzokontaktnog dela masiva — u centralnim delovima snimka zapaža se najverovatnije bivši porfirokristal plagioklasa zamenjen po obodu i duž prslina mikroklinom. +N, 15×.

Fig. 5. (B-84221) — The coarsegrained granitoid type from western endocontact belt of Kukavica massif. On the photos there is visible the most probably a relict porphyrocrystal of plagioclase partly replaced by microcline. +N, 15×.

---

Sl. 6. (B-84182) — Porfiroblastični biotitski migmatit-gnajs iz šireg egzokontaktnog pojasa krupnozrnog granitoida masiva Kukavice — u gornjoj polovini slike zahvaćen je porfiroblast kalijskog feldspata koji ustvari predstavlja agregat mikroklinskih zrna. +N, 15×.

Fig. 6. (B-84182) — The porphyroblastic biotite migmatite-gneiss from exocontact belt of coarsegrained granitoid type of Kukavica massif — in the upper half of photos there is a part of potassium-feldspar porphyroblast which actualy represents an aggregate of microcline grains. +N, 15×.

Sl. 7. (B-84326) — Primerak iz manje derivatne mase »sitnozrnog granitoida Kukavice« iz neposredne blizine južnog završetka masiva. Na mikrosnimku se ustvari zapažaju početne faze selektivne »aplitizacije« jednog hloritsko-epidotskog škriljca (donja leva strana snimka). +N, 20×.

Fig. 7 (B-84326) — Sample from a derivative smaller mass of finergrained granitoid type of Kukavica massif (situated very near to the southern end of massif) — on the photos there are visible the initial phases of selective »aplitization« of a chlorite-epidote schist (lower left part of photos). +N, 20×.

Sl. 8. (B-84290) — Mikrofotografija primarno najverovatnije granitoidne porfirske stene, delom rekristalisale i alkalnometasomatski izmenjene, iz mase sitnozrnih granitoida kukavičkog masiva. +N, 15×.

Fig. 8. (B-84290) — Microphotos of a the most probably primarily granitoid porphyritic rock, partly recrystallized and alkali-metasomatically altered. This sample is also from finergrained type of Kukavica granitoid massif. +N, 15×.

Sl. 9. (B-84273) — Primerak iz mase sitnozrnih granitoida Kukavice koji se pod mikroskopom pokazuje kao aplitoidni dvoliskunski migmatit-gnajs. Sadrže brojne relativno sitne »mešovite« biotitsko-muskovitske ljuspice i retko zrna granata (G). +N, 15×.

Fig. 9. (B-84273) — Sample from the mass of finergrained granitoid of Kukavica massif. The photos indicates actualy a two-mica aplitoid migmatite--qneiss containing numerous fine mixed« biotite-muscovite flakes and a few grains of garnet (G). +N, 15×.

Sl. 10. (B-84262) — Aplitoidni migmatit-gnajs iz derivatne manje mase sitnozrnog granitoida Kukavice. Stena se karakteriše relativno obilnim sadržajem bojenih sastojaka biotita (B) i hornblende (Hb) i čestom pojavom biotitizacije hornblende. +N, 15×.

Fig. 10. (B-84262) — Another sample from the finergrained granitoid type of Kukavica massif. The sample actualy represents an aplitoid-like gneiss with relatively aboundant femic constituents (biotite and hornblende) and frequently observed process of biotitization of hornblende (Hb). +N, 15×.

Sl. 11. (B-84337) — Intenzivno muskovitizirani (M) aplitoidni migmatit--gnajs iz južnog završetka mase sitnozrnih granitoida masiva Kukavice. +N, 20×.

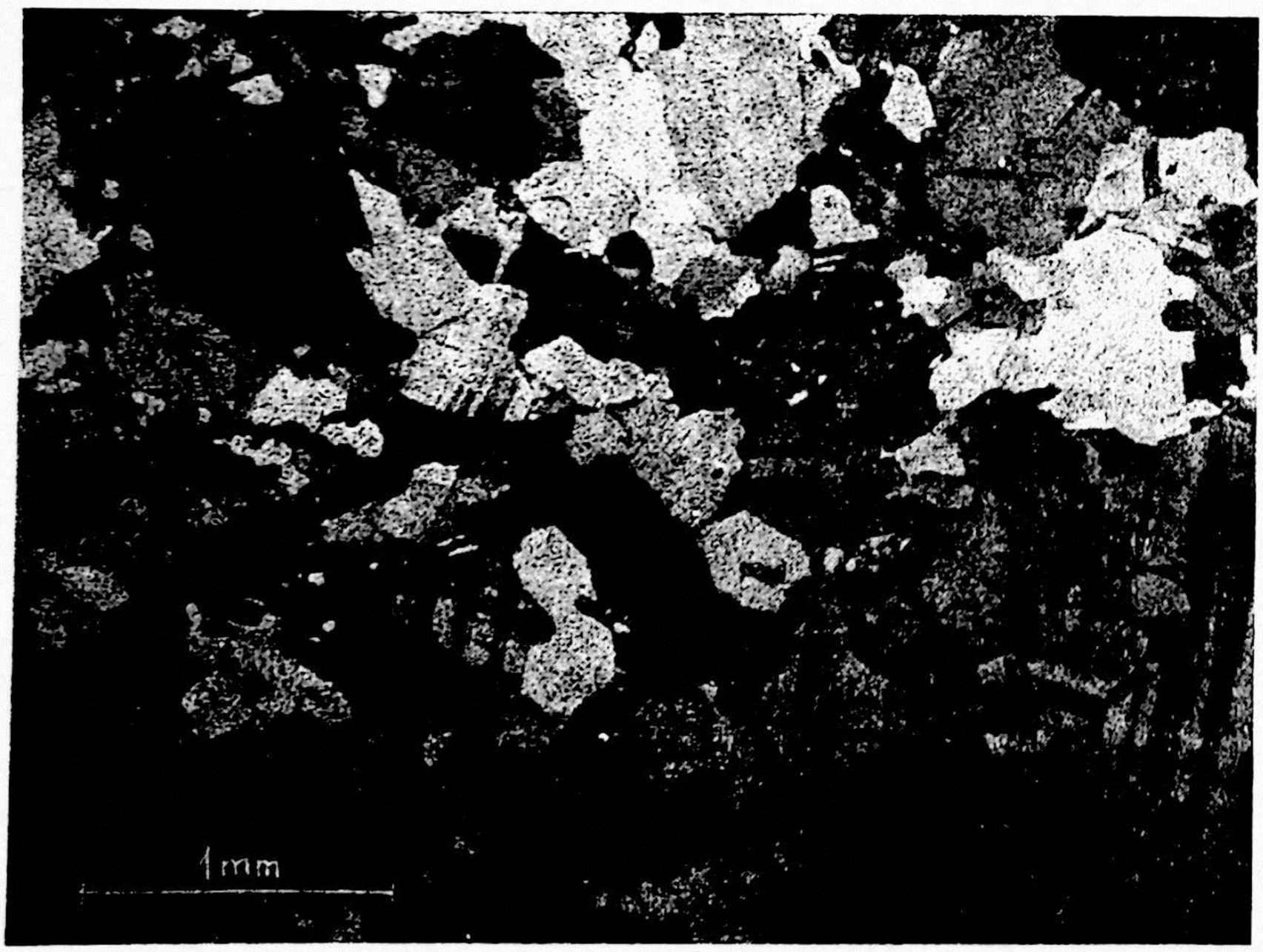
Fig. 11 (B-84337) Intensively muscovitized (M) aplitoid migmatite gneiss from the southern part of finergrained granitoid type of Kukavica massif. +N, 20×.

Sl. 12. (B-84304) — Pojava profiroblasteze (ili reliktnog porfirokristala?) i njegovog naknadnog zamenjivanja mikroklinom u aplitoidnom migmatit gnajsu iz istočnog endokontaktnog pojasa mase sitnozrnih granitoida Kukavice. +N, 15×.

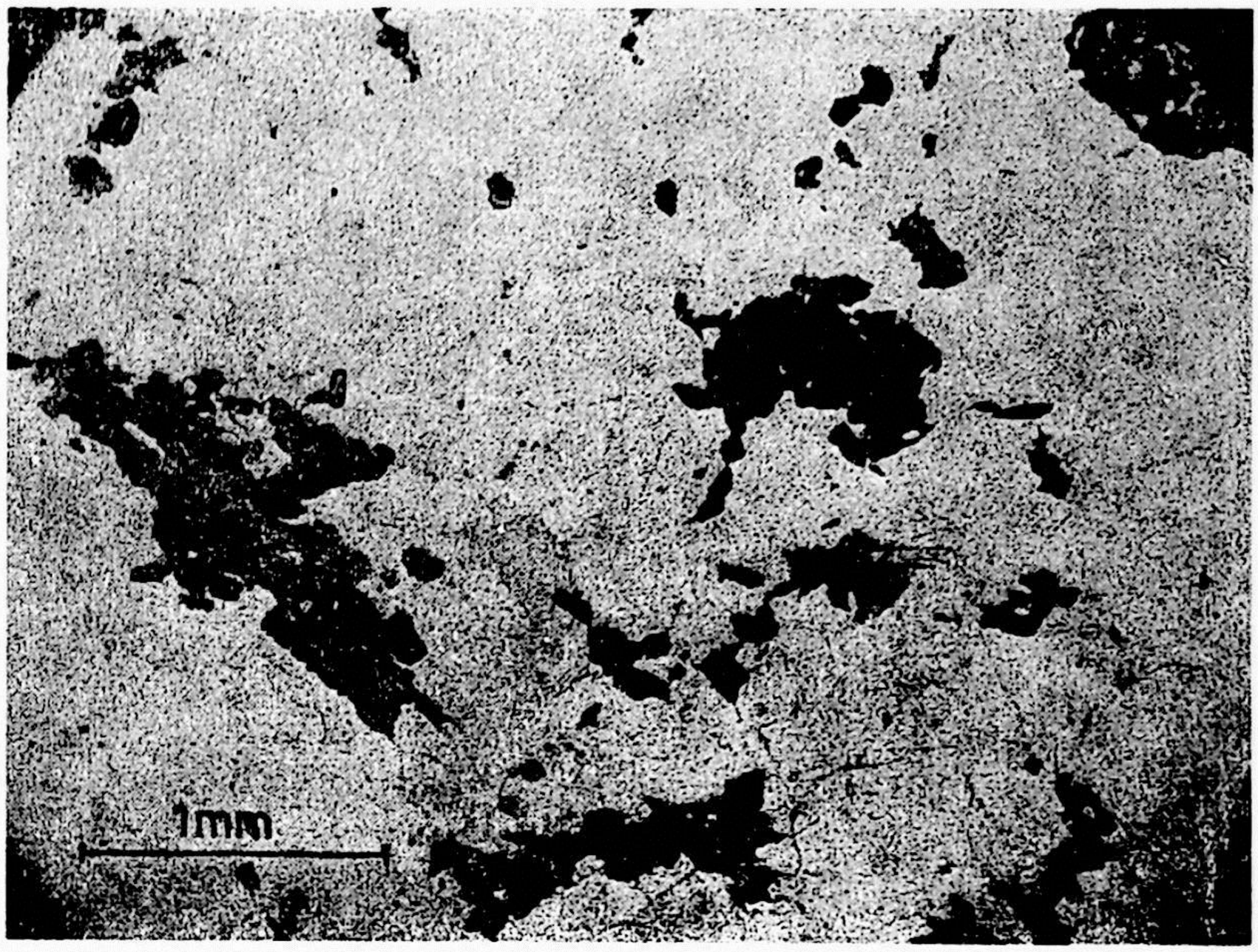
Fig. 12. (B-84304) — The porphyroblast (or relict porphyro-crystal?) of plagioclase almost completely replaced by microcline (»chess-board« type replacement). This sample is from eastern endocontact belt of finergrained granitoid type of Kukavica massif. +N, 15×.




Sl. 1
Fig. 1



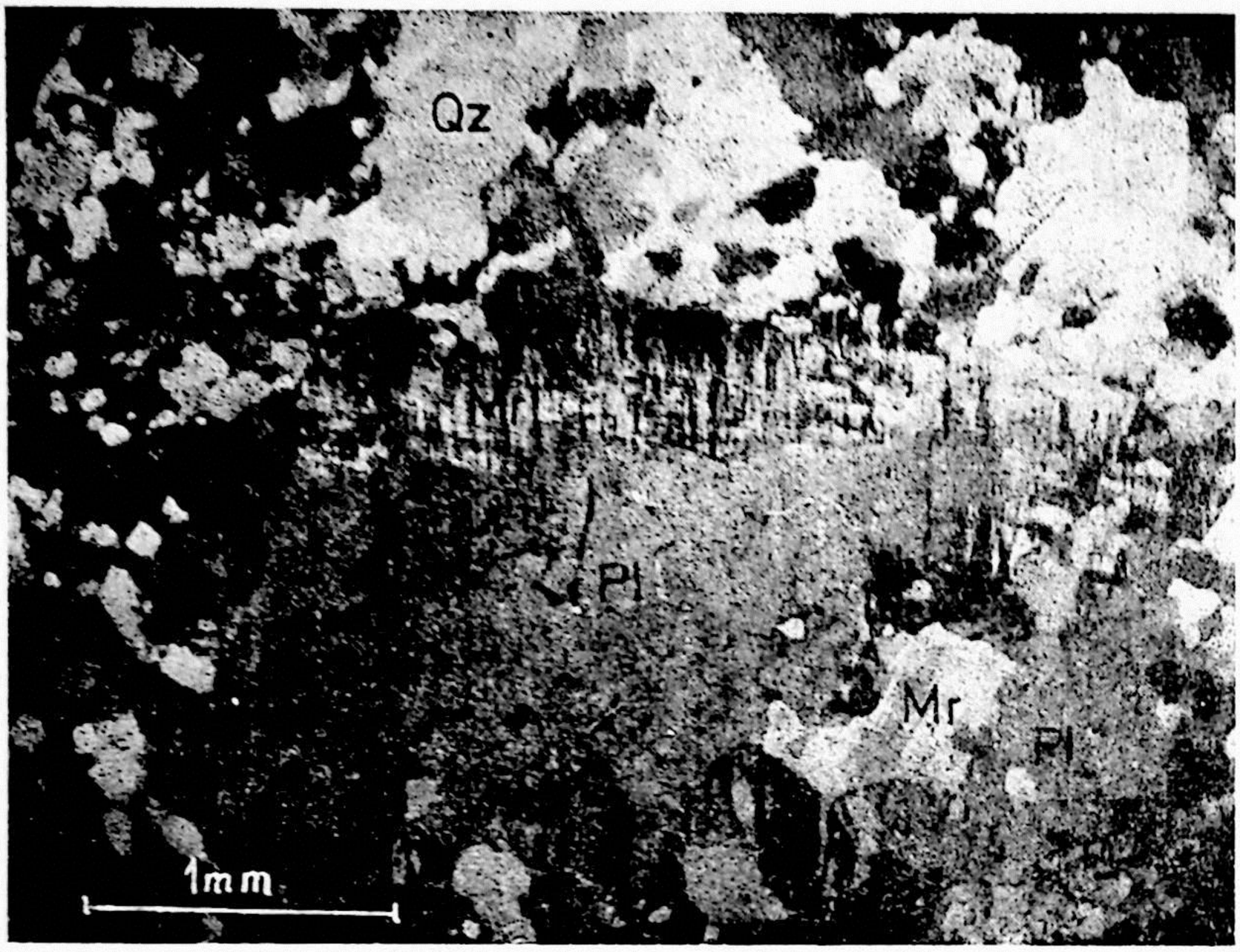

Sl. 2
Fig. 2



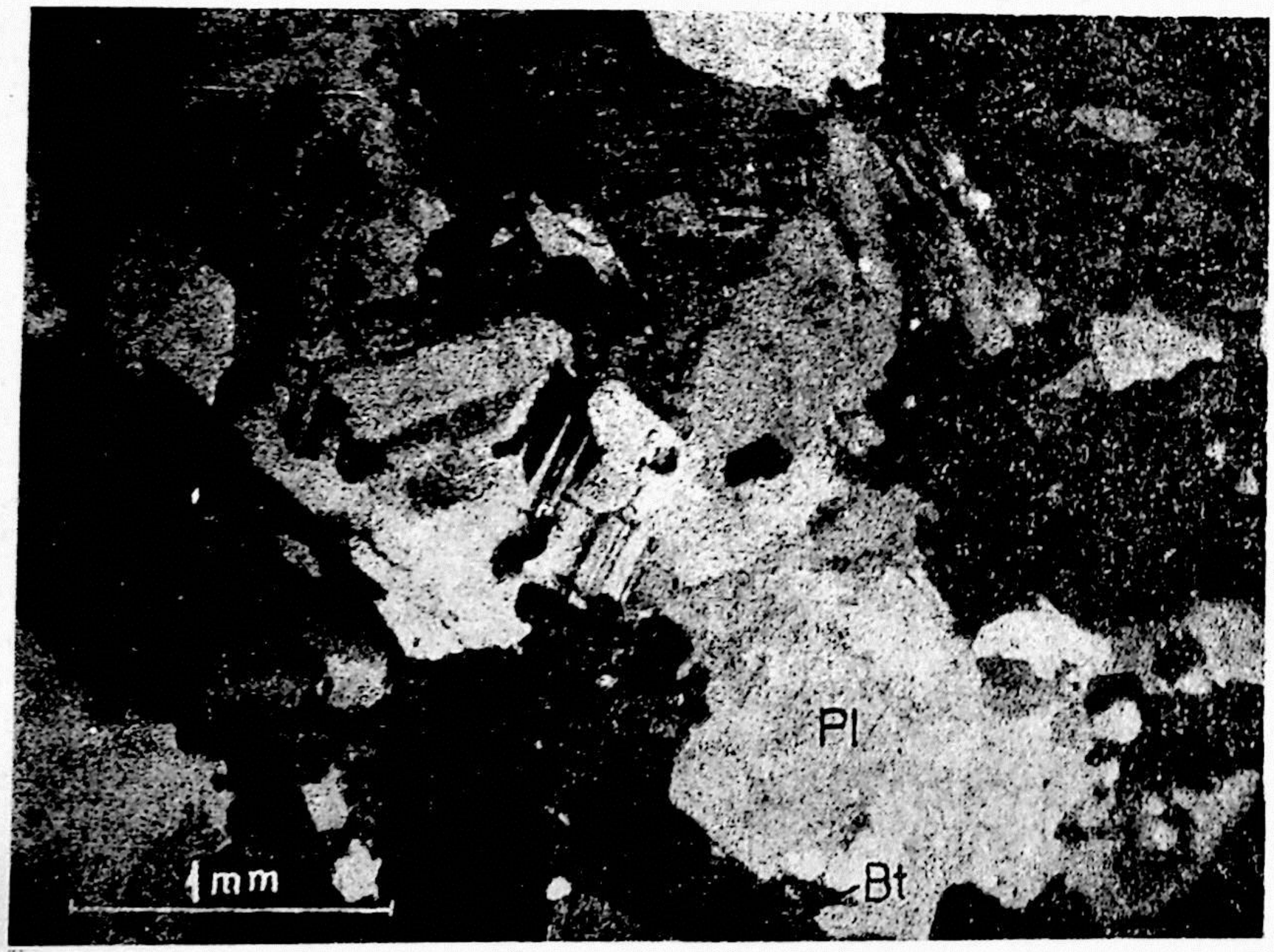

Sl. 3
Fig. 3




Sl. 4
Fig. 4



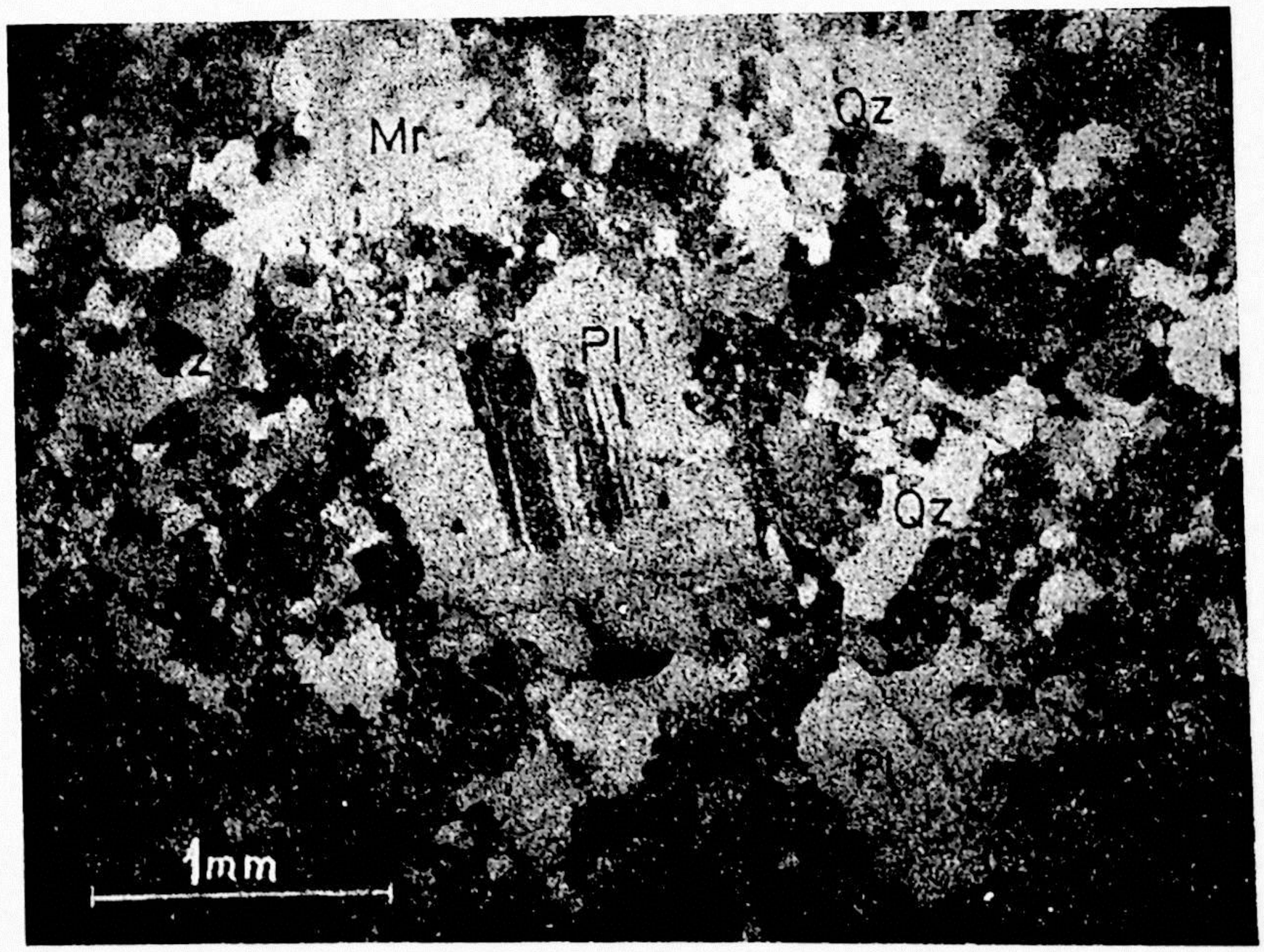

Sl. 5
Fig. 5



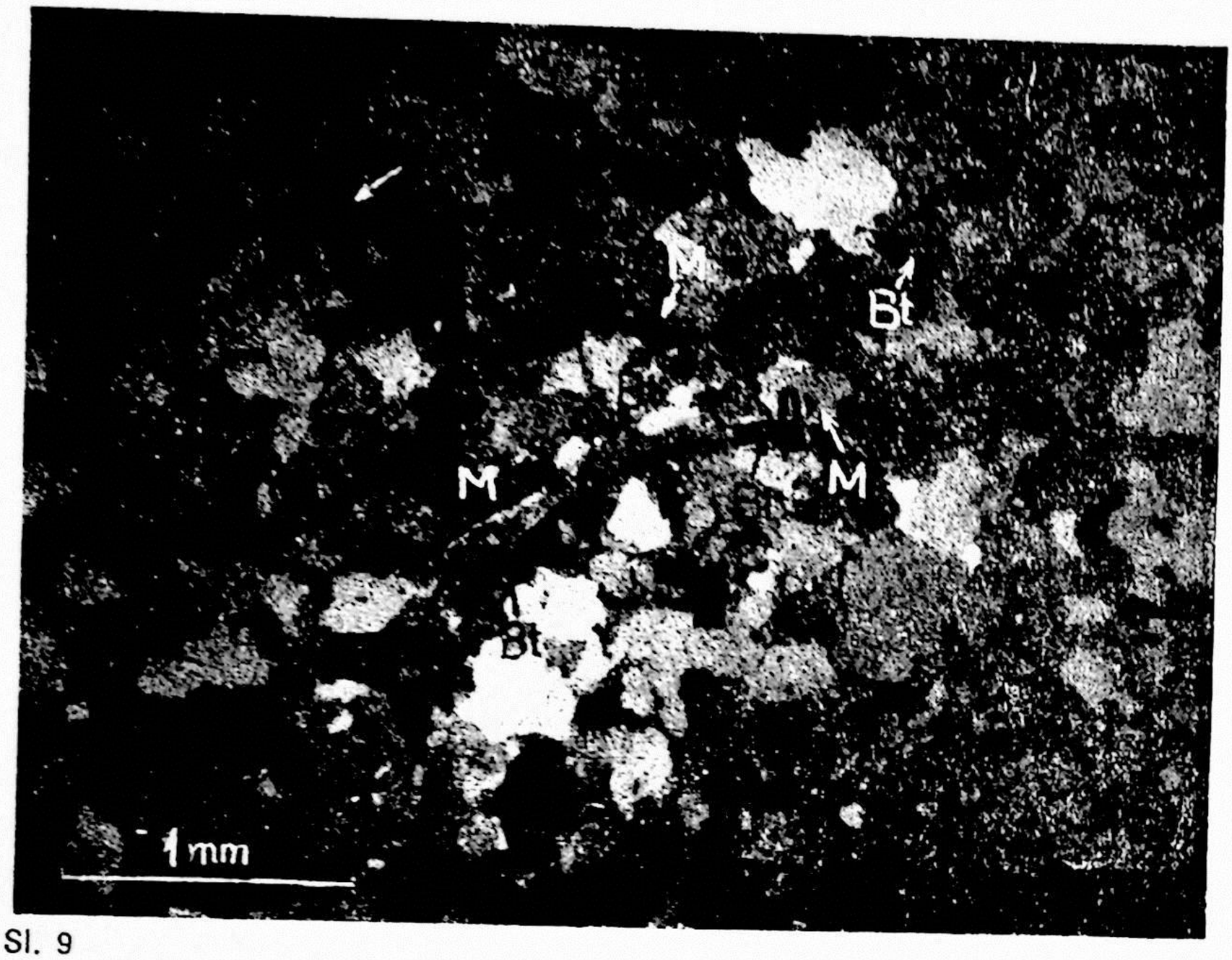

Sl. 6
Fig. 6



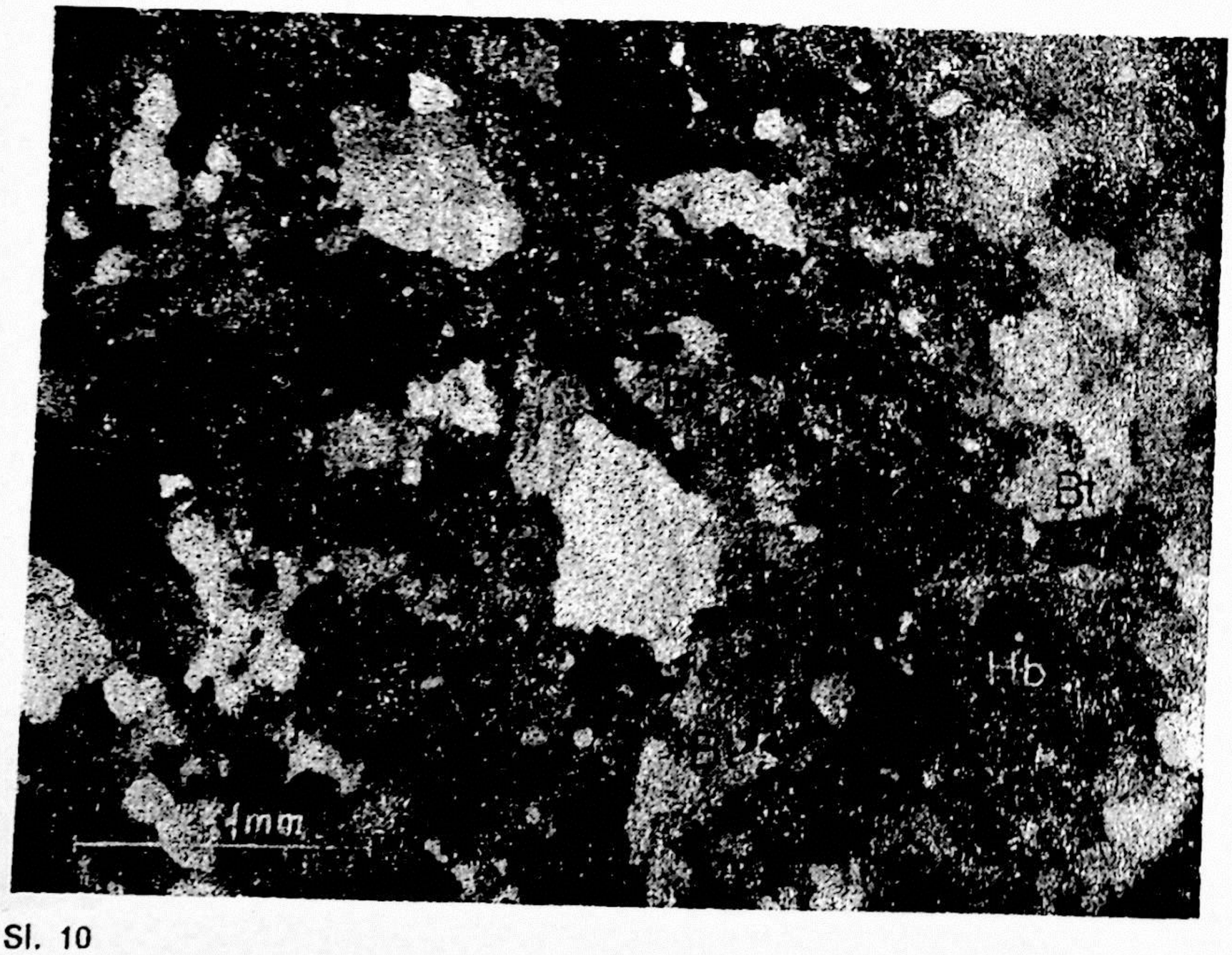
Sl. 7
Fig. 7



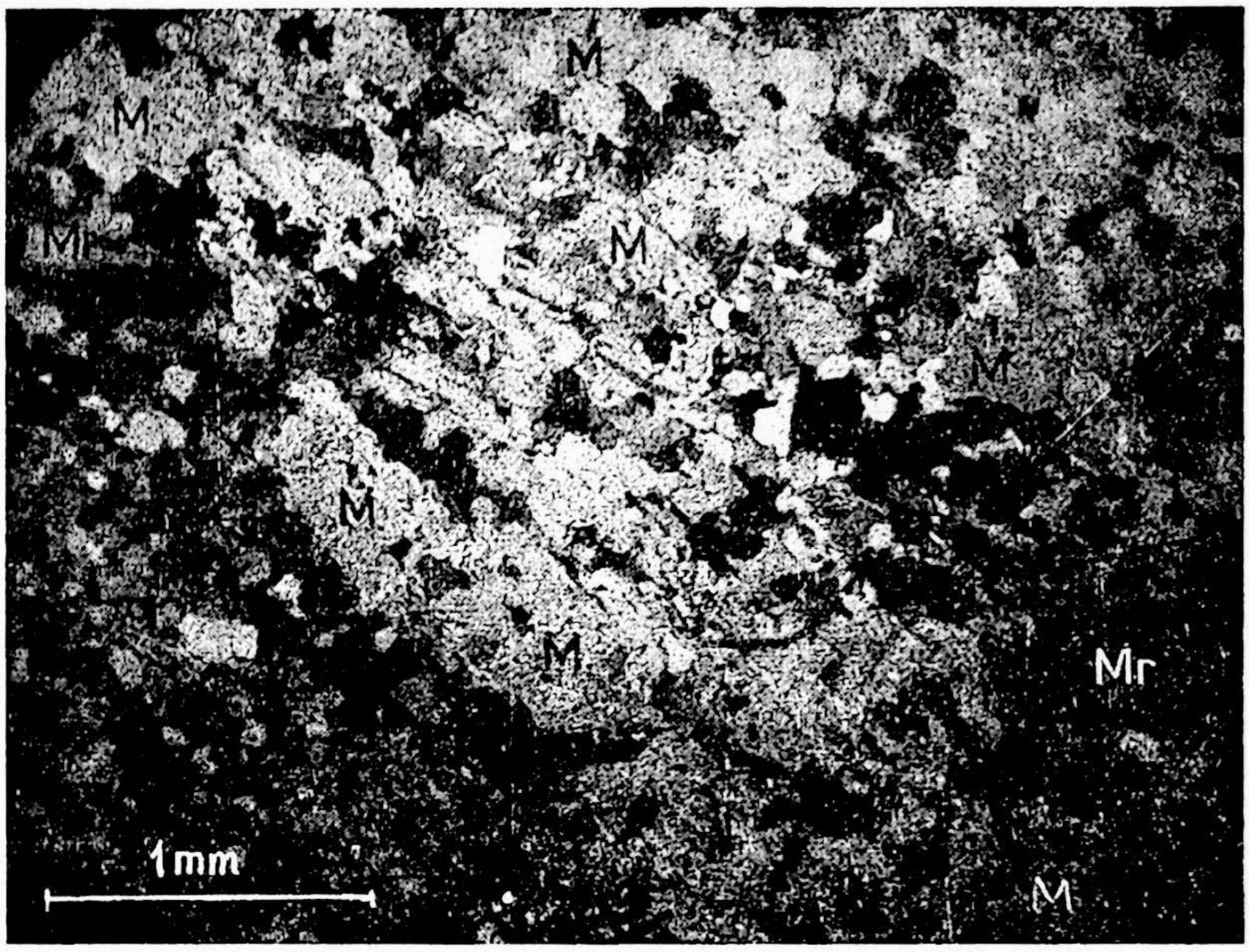

Sl. 8
Fig. 8



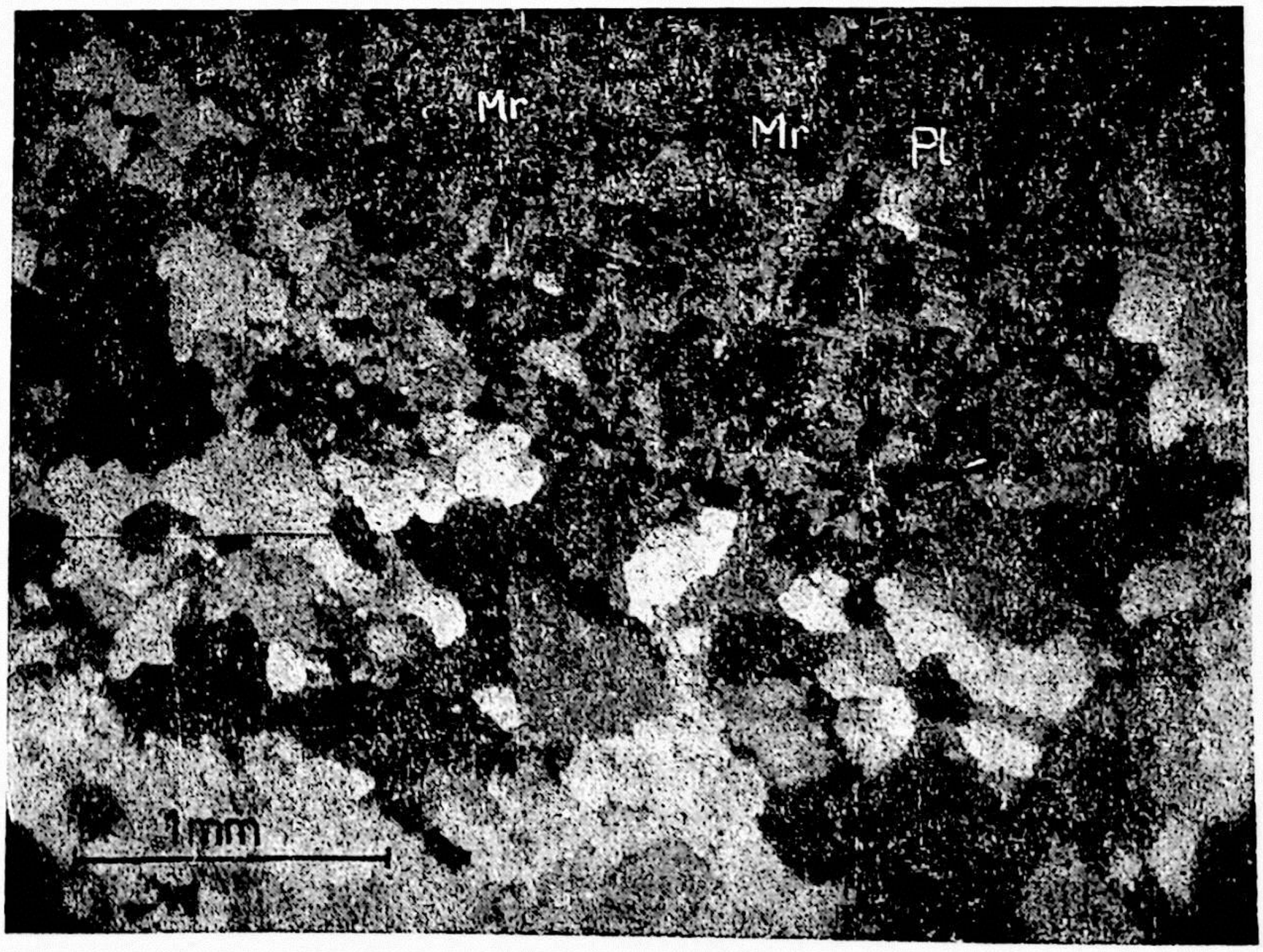

Sl. 9
Fig. 9



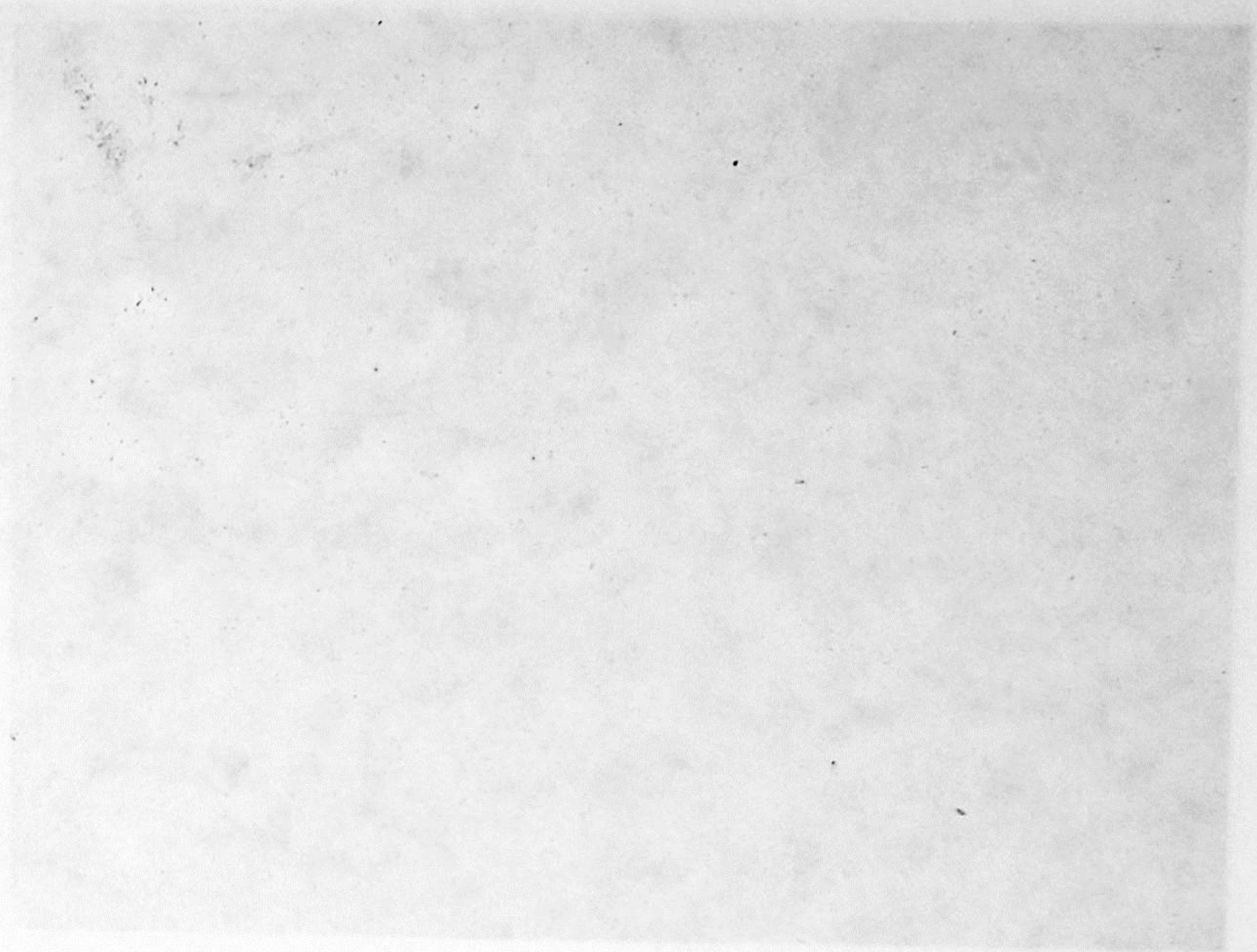

Sl. 10
Fig. 10

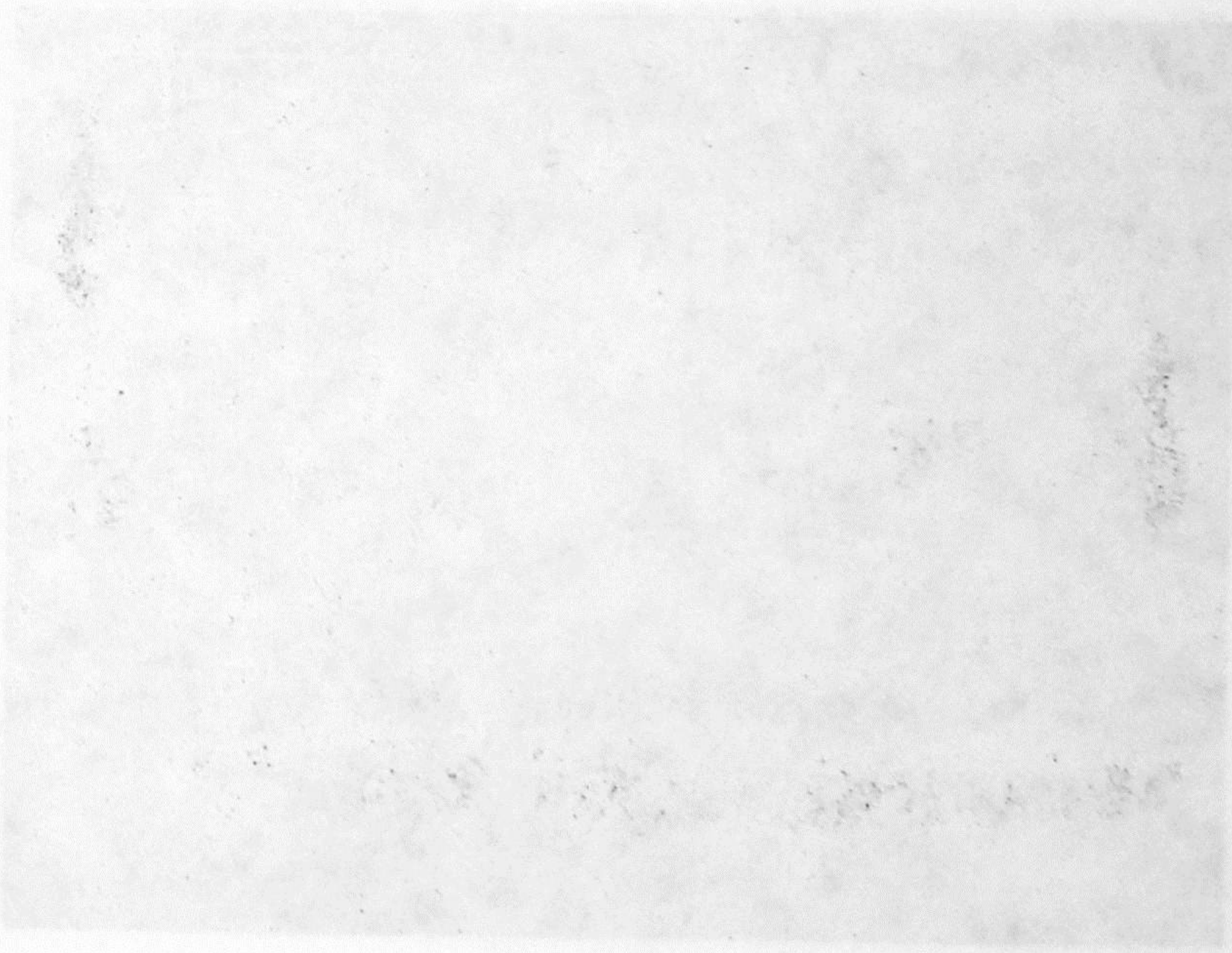



Sl. 11
Fig. 11




Sl. 12
Fig. 12





R A D O V I Geoinstituta, knjiga 16, god. 1983., Beograd.
P R O C E E D I N G S of Geoinstitute, vol. 16, 1983, Belgrade.

**Veljko Omaljev**

UDK 553(497.11)
Stručni rad

# IZRADA METALOGENETSKE I PROGNOZNE KARTE SR SRBIJE BEZ POKRAJINA I FAZE, PO LISTOVIMA RAZMERE 1:100.000

(sa 2 slike i 6 tabela)

Ključne reči: metalogenija, Srbija.

Povodom završetka izrade metalogenetske i prognozne karte SR Srbije bez pokrajina I faze oseća se potreba za stručnom i naučnom raspravom po ovom kompleksu pitanja i problema. Autor se odlučio za kritički osvrt na izradu metalogenetske i prognozne karte I faze, koju će izložiti u tri posebne publikacije.

U ovom radu, kao prvom, učinjen je pokušaj analize situacija i stanja koja su pratila izradu metalogenetske i prognozne karte I faze, po listovima razmere 1:100.000 pariske podele.

Autor se ne smatra najkompetentnijim, niti najpozvanijim, da daje ovakve kritičke analize (osvrte), ali smatra da je učestvovanjem u izradi metalogenetske i prognozne karte I faze stekao potreban minimum kompetencije da pokrene raspravu o ovom važnom problemu.

Ubeđenje je autora da se samo kroz rad uz stručnu i naučnu raspravu može osvajati i unapređivati metodologija i tehnologija izrade metalogenetskih i prognoznih karata. Takođe sam ubeđen da se samo kopiranjem tuđih iskustava ne može postići savremen nivo naučne i tehnološke osposobljenosti za izradu ovakvih karata.

Biti na savremenom naučnom nivou znači, po mome mišljenju, imati ideje i inicijativu u razvoju naučne misli i tehnologije rada. Oslanjanjem samo na ostvarenja izneta u svetskoj literaturi znači svesno prihvatiti situaciju stalne naučne i tehnološke inferiornosti. Put od ideje do ostvarenja u smislu tehnologije izrade metalogenetske i prognozne karte je veoma složen i dug. Pri tome je od najvećeg značaja dobijanje šanse da se ideje izlažu i kroz praksu proveravaju i usavršavaju.

Ostaje nada autora da će biti stvorena povoljna situacija za rasprave i razrade konkretnih ideja, koje će biti od koristi za naredna metalogenetska izučavanje II faze.

## UVOD

Metalogenetska i prognozna karta SR Srbije, bez pokrajina, po listovima razmere 1:100.000 pariske podele, označena je kao I faza metalogenetskih izučavanja čvrstih mineralnih sirovina. Na taj način ova metalogenetska izučavanja pripadaju I fazi Osnovnih geoloških istraživanja, koja su u oblasti izrade geoloških karata ekvivalentne Osnovnoj geološkoj karti. Po prirodnom redosledu osnovnih geoloških istraživanja u okviru I faze, izrada metalogenetske i prognozne karte predstavlja njihov praktičan završetak, što podrazumeva kompletan završetak svih vrsta osnovih geoloških istraživanja koja pripadaju I fazi.

Inicijativu za izradu metalogenetske i prognozne karte Srbije I faze dao je Republički fond za geološka istraživanja (sada Republička SIZ za geološka istraživanja) — Beograd raspisom Konkursa za izradu prethodne metalogenetske i prognozne karte SR Srbije po listovima u razmeri 1:100.000. U konkursu je dat Programski zadatak dana 25. marta 1974. godine, a ova institucija je preuzela obavezu investitora. Kao izvođači radova na izradi metalogenetske i prognozne karte I faze izabrane su radne organizacije Geozavod — Beograd i Goinstitut — Beograd, koje su zajednički realizovale ovaj projekat.

Prvobitno je bilo zamišljeno da se za tri godine realizuje izrada Prethodne metalogenetske i prognozne karte SR Srbije bez pokrajina, po listovima razmere 1:100.000. Međutim, rad na realizaciji ovog veoma važnog i obimnog posla trajao je 8 godina i završen je marta meseca 1982. godine. U toku realizacije ova karta se više nije tretirala kao »Prethodna«, već kao »Metalogenetska i prognozna karta I faze«.

Nosioci izrade Metalogenetske i prognozne karte Srbije I faze su bili: Geozavod — Beograd (OOUR Institut za istraživanje metaličnih mineralnih sirovina, sada RO Institut za istraživanje mineralnih sirovina — nosilac projekta V e l i b o r V a n đ e l) i Geoinstitut — Beograd (OOUR Istraživanje mineralnih sirovina, inženjerska i hidrogeologija — nosilac projekta M i l a n R i s t i ć, a kasnije od 1979. godine V e l j k o O m a l j e v).

Autori izrade Tumača metalogenetske i prognozne karte za pojedine listove bili su (u zagradi broj tumača):

1 Iz Geozavoda

— kao nosioci zadataka: M. Jovanović (1), M. Vuković (4), M. Vukanović (1), V. Fotić (1+2 — nosilac + saradnik), D. Jadranin (2+1), R. Milošaković (1), V. Vanđel (9+1), A. Popević (2), R. Tomić (2+1), A. Marić (1+7), Lj. Kijanović (1), S. Marić (3), M. Ilić (1+2) i K. Mihajlović (1).

kao saradnici: M. Pejčić (1), P. Bilibajkić (2), M. Babović (1), J. Nikolić (3), D. Škerlj (3), M. Grbović (2), D. Bilibajkić (1), B. Krstić (1), N. Vukšić (20), V. Marković (4), S. Špadijer (3), V. Ralević (1), A. Smiljanić (1), D. Veljović (2), S. Pavlović (1), A. Pavlović (2), M. Matanović (2) i N. Kafol (1).

2. Iz Geoinstituta:

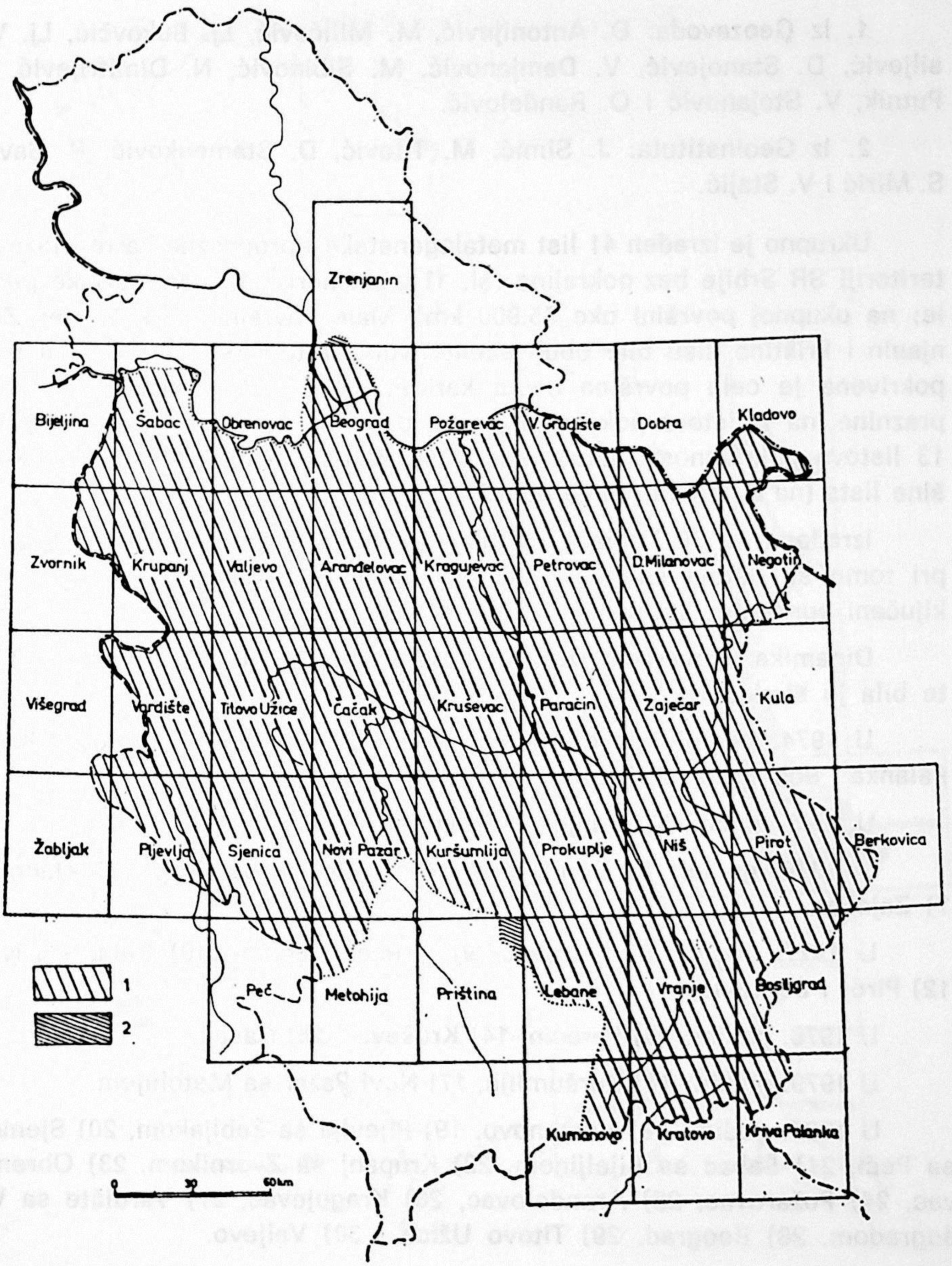
— kao nosioci zadatka: M. Ristić (11) i V. Omaljev (18).

— kao saradnici: S. Pokrajac (10), S. Vukašinović (20)*, N. Mihailović (16), M. Petrović (2), S. Višić (2), S. Konjević (4), V. Simić (20), M. Teofilović (5), Đ. Klajn (2), M. Mladenović (2), M. Galečić (2), S. Divljan (1), D. Naumović (1) i M. Protić (1).

Tehnički saradnici na izradi dokumentacije metalogenetske i prognozne karte I faze po listovima, bili su:

---

*) Greškom, u pet tumača nije naveden S. V u k a š i n o v i ć kao saradnik.




Sl. 1 — Pregledna karta Srbije bez pokrajina, listovi razmere 1:100.000 pariske podele.

1 — površina metalogenetske karte, 2 — površina na kojoj nije izrađena metalogenetska karta.

Fig. 1 — Index map of Serbia; 1:100.000 sheets, Paris sheets grid.

1 — surface covered by metallogenic maping, 2 — surface not covered by metallogenic maping.

1. Iz Geozavoda: D. Antonijević, M. Milićević, Lj. Bukovčić, Lj. Vasiljević, D. Stanojević, V. Damjanović, M. Sibinović, N. Dimitrijević, N. Putnik, V. Stojanović i O. Ranđelović.

2. Iz Geoinstituta: J. Simić, M. Titović, D. Stamenković, R. Savić, S. Mirić i V. Stajić.

Ukrupno je izrađen 41 list metalogenetske i prognozne karte I faze na teritoriji SR Srbije bez pokrajina (sl. 1) u razmeri 1:100.000 pariske podele; na ukupnoj površini oko 55.900 km$^2$. Male površine na listovima Zrenjanin i Priština nisu bile obuhvaćene ovom kartom (sl. 1). Na 13 listova pokrivena je cela površina ovom kartom, na 8 listova nalaze se male praznine, na 7 listova pokrivena je oko polovine površine lista, dok je na 13 listova pokrivenost metalogenetskom kartom manja od polovine površine lista (na 6 listova manje od 15%).

Izrađena su 30 Tumača metalogenetske i prognozne karte I faze a pri tome su listovi sa malim ili vrlo malim obrađenim površinama priključeni susednim listovima.

Dinamika ugovaranja izrade listova metalogenetske i prognozne karte bila je sledeća:

U 1974. godini ugovoreni su Tumači za listove: 1) Kratovo, Kriva Palanka i Bosiljgrad; 2) Lebane.

U 1975. godini: 3) Vranje, 4) Prokuplje.

U 1976. godini: 5) Donji Milanovac i Dobra, 6) Negotin i Kladovo, 7) Zaječar.

U 1977. godini: 8) Petrovac, 9) Veliko Gradište, 10) Kula, 11) Niš, 12) Pirot i Berkovica.

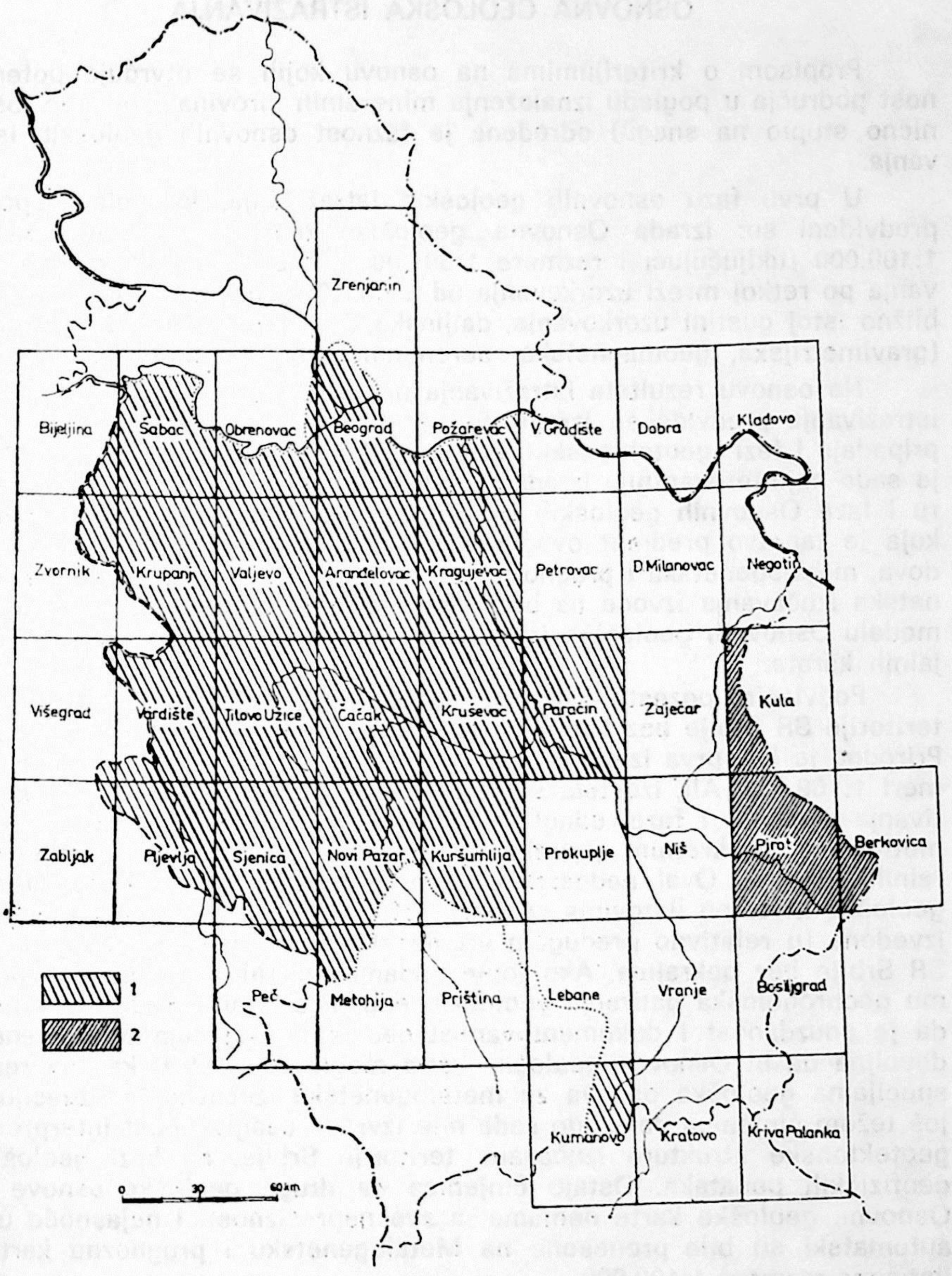
U 1978. godini: 13) Paraćin, 14) Kruševac, 15) Čačak.

U 1979. godini: 16) Kuršumlija, 17) Novi Pazar sa Metohijom.

U 1980. godini: 18) Kumanovo, 19) Pljevlja sa Žabljakom, 20) Sjenica sa Peći, 21) Šabac sa Bijeljinom, 22) Krupanj sa Zvornikom, 23) Obrenovac, 24) Požarevac, 25) Aranđelovac, 26) Kragujevac, 27) Vardište sa Višegradom, 28) Beograd, 29) Titovo Užice i 30) Valjevo.

---

U fondu stručne dokumentacije Geoinstituta nalazi se 18 Tumača sa kompletnom dokumentacijom (sl. 2), koju su izradili Jelka Simić (15) i Radivoje Savić (3). Veliku pomoć oko obrade obimnog materijala pružile su mi Milena Živanović i Biljana Anđelković, na čemu im najtoplije zahvalujem. Takođe zahvaljujem Jelki Simić na urađenim crtežima.




Sl. 2 — Pregledna karta Srbije bez pokrajina, listovi razmere 1:100.000 pariske podele.
1 — listovi sa potpunom dokumentacijom metalogenetske karte u fondu stručne dokumentacije Geoinstituta, 2 — listovi sa nepotpunom dokumentacijom metalogenetske karte u fondu stručne dokumentacije Geoinstituta.

Fig. 2 — Index map of Serbia; 1:100.000 sheets, Paris sheets grid.
1 — sheets covered by completed documentation deposited at Geoinstitut, 2 — sheets covered by incompleted documentation, deposited at Geoinstitut.

## OSNOVNA GEOLOŠKA ISTRAŽIVANJA

Propisom o kriterijumima na osnovu kojih se utvrđuje potencijalnost područja u pogledu iznalaženja mineralnih sirovina (koji nije još zvanično stupio na snagu) određena je faznost osnovnih geoloških istraživanja.

U prvu fazu osnovnih geoloških istraživanja, kao glavni poslovi, predviđeni su: izrada Osnovne geološke karte po listovima razmere 1:100.000 (uključujući i razmere 1:50.000 i 1:25.000), geohemijska ispitivanja po retkoj mreži uzorkovanja od 2 do 10 kom/km$^2$, šlihovanje po približno istoj gustini uzorkovanja, daljinska detekcija i geofizička isptivanja (gravimetrijska, geomagnetska, aeromagnetska, radiometrijska, i druga).

Na osnovu rezultata istraživanja u okviru I faze Osnovnih geoloških istraživanja predviđa se izrada specijalnih geoloških karata, koje takođe pripadaju I fazi (geotektonskih, geohemijskih, geofizičkih i drugih). Za nas je sada najinteresantnija izrada Metalogenetske i prognozne karte u okviru I faze Osnovnih geoloških istraživanja, kao vidu specijalnih karata; a koja je zapravo predmet ovog rada. Po sukcesiji geoloških istražnih radova, metalogenetska i prognozna karta dolazi poslednja, jer se metalogenetska izučavanja izvode na bazi svih rezultata istraživanja po potpunom modelu Osnovnih geoloških istraživanja I faze, uključujući i izradu specijalnih karata.

Podvlačim poznatu činjenicu da osnovna geološka istraživanja cele teritorije SR Srbije bez pokrajina nisu bila izvedena po potpunom modelu. Prirodno je kao prva izvedena Osnovna geološka karta po listovima u razmeri 1:100.000. Ali, izostala su sistematska geohemijska i šlihovska ispitivanja u okviru I faze, odnosno izvođenje ovih vrsta istraživanja bilo je motivisano konkretnim potrebama tekućih istraživanja čvrstih mineralnih sirovina. Ovaj nedostatak se prvo odrazio na kvalitet Osnovne geološke karte po listovima razmere 1:100.000, koja je jedino sistematski izvedena (u relativno predugom vremenskom intervalu) na celoj teritoriji SR Srbije bez pokrajina. Ako tome dodamo apsolutno nedovoljna po obimu geohronološka datiranja geoloških događaja imamo sadašnju situaciju da je pouzdanost i dokumentovanost geoloških događaja u vremenu nedovoljna da bi Osnovna geološka karta mogla da posluži kao savremena specijalna geološka osnova za metalogenetska izučavanja. Situaciju čini još težom činjenica da se do sada nije izvršila usaglašenost interpretacija geotektonske strukture izučavane teritorije Srbije, na bazi geoloških i geofizičkih podataka. Ostaje činjenica da druge geološke osnove sem Osnovne geološke karte nemamo, a sve nepreciznosti i nejasnoće u njoj automatski su bile prenesene na Metalogenetsku i prognoznu kartu po listovma razmere 1:100.000.

Možemo rezimirati da postignuti stepen geološke istraženosti cele teritorije SR Srbije bez pokrajina ne odgovara stepenu istraženosti koji je propisan za I fazu Osnovnih geoloških istraživanja. Samo za ograničene relativno male površine se može smatrati da je postignut pomenuti propisani stepen geološke istraženosti, što je svakako uslovno zadovoljavajuća situacija u celini prilikom izvođenja ovih metalogenetskih istraživanja.

Najviši stepen geološke istraženosti je postignut u neposrednoj okolini ležišta čvrstih mineralnih sirovna, koji nekad odgovara IV fazi Osnovnih geoloških istraživanja. Geološka istraženost šire okoline pomenutih ležišta najčešće odgovara III fazi Osnovnih geoloških istraživanja, ili nekad II fazi. Na osnovu podataka geoloških istraživanja viših faza ovih relativno malih površina uglavnom su izvršena metalogenetska izučavanja, a ovi podaci predstavljaju kostur Metalogenetske i prognozne karte pojedinih listova. Izrada prognoznih karata, kao oleata metalogenetske karte, uopšte ne bi bilo moguće bez podataka detaljnih i poludetaljnih geoloških istraživanja ležišta čvrstih mineralnih sirovina i njihovih neposrednih i širih okolina.

Međutim, stepen pripremljenosti podataka detaljnih i poludetaljnih geoloških istraživanja najčešće nije dovoljan da bi se ovi podaci mogli neposredno upotrebiti za metalogenetsku analizu. Radi se o izveštajima koji opisuju konkretne rezultate istražnih radova (prospekcije, raskopavanja, istražnog bušenja, rudarskih podzemnih istražnih radova), sa minimalnim uopštavanjem ili bez njega. Zbog obimnosti konkretnog faktografskog materijala o Osnovnim geološkim istraživanjima, koja odgovaraju III i IV fazi, nemoguće je (bez dodatnih uopštavanja) neposredno prići metalogenetskim izučavanjima u cilju dešifrovanja uzročno-posledične veze orudnjenja sa geološkim događajima (magmatizam, metamorfizam, metasomatizam, sedimentacija, hidrotermalna aktivnost, itd.). Neophodne su studije koje bi učinile potrebna uopštavanja po konkretnim temama, što bi u mnogome povećalo efikasnost istraživača pri metalogenetskim izučavanjima orudnjenja u prostoru i vremenu. Potrebno uopštavanje su izvodili autori metalogenetske i prognozne karte (po listovima), a ove neophodne i neplanirane studije su redovno izvođene u urgentno kratkim vremenskim rokovima.

Ležišta čvrstih mineralnih sirovina, sa izuzetkom građevinskog materijala, predstavljaju geohemjske anomalije najvišeg intenziteta (po. A. E. F e r s m a n u). Ove geohemijske anomalije — ležišta su genetski ili paragenetski vezane za stene kao određene geohemijske sredine. Tip, odnosno karakter konkretne geohemijske sredine, najčešće je kontrolisan geološkim događajima koji za rezultat ima nastanak novih stena ili izmenu postojećih (magmatizam, metasomatizam, hidrotermalna aktivnost, metamorfizam, sedimentacija, itd.). Orudnjenje kao posledica procesa akumulacije hemijskih (rudnih) elemenata, najčešće je kontrolisano u prostoru rasporedom puteva njihovih mogućih migracija (strukture sedimentacije, strukture tektonskih deformacija — ubiranje i razlamanje stena). Zato je neophodno kompleksno posmatrati orudnjenje kao posledicu određenih geohemijskih procesa, koji su bili prostorno kontrolisani pomenutim strukturnim deformacijama.

## PROGRAMSKI ZADATAK

Programski zadatak za izradu metalogenetske i prognozne karte SR Srbije bez pokrajina izradio je Republički fond za geološka istraživanja SR Srbije, 25. marta 1974. godine; a on podrazumeva izradu sledećeg:

— Uputstvo za izradu metalogenetske i prognozne karte.

— Prethodne metalogenetske i prognozne karte SR Srbije bez pokrajina.

— Program dopunskih metalogenetskih ispitivanja za izradu metalogenetske i prognozne karte SR Srbije po Uputstvu (II faza izrade metalogenetske i prognozne karte).

»Uputstvo treba da sadrži kriterijume, princip izrade, sadržaj i uslovne simbole metalogenetskih prognoznih karata različitih razmera. Predvideti izradu ovih karata po listovima i metalogenetskim jedinicama.

Prethodna metalogenetska i prognozna karta treba da bude izrađena na adekvatnoj geološkoj osnovi razmere 1:100.000 pariske podele. Završnu obradu metalogenetske karte treba izraditi u razmeri 1:200.000.

Program dopunskih ispitivanja i istraživanja treba da proistekne iz stepena metalogenetske izučenosti i istraženosti teritorije SR Srbije ili pojedinih metalogenetskih jedinica.

Rok za izradu I faze metalogenetske i prognozne karte SR Srbije bez pokrajina je tri godine«.

Ovako postavljen Programski zadatak izrade metalogenetske i prognozne karte je i ostvaren, naravno ne za tri godine nego za oko tri puta duže vreme (9 godina sa metalogenetskom kartom razmere 1:200.000). Možemo pretpostaviti da bi se eventualno moglo ostvariti predviđeno vreme izrade da je metalogenetska i prognozna karta bila »Prethodna«, uz uslov obezbeđenja potrebnih finansijskih sredstava. Međutim, ova metalogenetska karta ne nosi naslov »Prethodna«, već nosi u naslovu oznaku »I faza«. Rok izrade svakako je bio nerealno planiran, jer ovakav tempo izrade metalogenetske i prognozne karte I faze je prevazilazio optimalne kapacitete izvođača (Geozavoda i Geoinstituta), a takođe je verovatno prevazilazio i finansijske mogućnosti društva, odnosno investitora (Republička SIZ za geološka istraživanja). Da bi se skratio rok izrade na planirane tri godine bilo je neophodno posedovanje izvesnog iskustva u izradi ovakvih karata (što sada izvođači radova poseduju), a uz veću cenu izrade bilo bi moguće okupiti sve istaknute stručnjake koji rade na istraživanju mineralnih sirovina da se angažuju maksimalno na izradi metalogenetske i prognozne karte I faze.

Situacija u kojoj se pristupilo izradi metalogenetske i prognozne karte I faze nije bila optimalna. Nedovoljna pripremljenost podataka o istraživanju za metalogenetska izučavanja, koji su se uglavnom nalazili u godišnjm izveštajima (nedostatak potrebnih studija), nije mogla obezbediti potrebnu efikasnost za kratak rok izrade. Po mome mišljenju, ovakva neoptimalna situacija je destimulisala izvestan broj vodećih stručnjaka iz oblasti istraživanja mineralnih sirovina, te oni nisu učestvovali u izradi metalogenetske i prognozne karte. Sem toga, ovaj posao se najčešće obavljao uz ostale zadatke; izvođači uglavnom nisu uspeli da formiraju stalne timove od najistaknutijih specijalista koji bi se maksimalno (kao glavni posao) angažovali na izradi tekuće metalogenetske i prognozne karte I faze. Na taj način angažovani vodeći stručnjaci su uglavnom radili svoj list metalogenetske i prognozne karte, bez adekvatne saradnje sa ostalim specijalistima; čak i za susedne listove. To je u izvesnom

smislu uslovilo nejednake kriterijume naročito kod metalogenetske rejonizacije, a takođe i kod ostalih metalogenetskih problema u vezi sa definisanjem konkretnih metalogenetskih epoha.

Već smo ranije napomenuli da metalogenetska i prognozna karta po listovima razmere 1:100.000 u sebi nosi nedostatke propusta u osnovnim geološkim istraživanjima I faze (istraživanja po nepotpunom modelu), a ove nedostatke nije bilo moguće nadoknaditi u fazi metalogenetskog izučavanja. Takođe su prisutni i nedostaci zbog pomenutih neoptimalnih uslova same izrade, kao i ograničenom saradnjom angažovanih specijalista (nedovoljno zastupljen timski rad). Međutim, situacija nije tako crna kao što bi se moglo iz ovih redova zaključiti. Metalogenetska i prognozna karta kao završetak I faze osnovnih geoloških istraživanja urađena je maksimalno dobro u konkretnim uslovima. To je posledica velike angažovanosti relativno malog broja stručnjaka, kompetentnih za ovakve poslove. Ali ostaje uverenje autora ovoga rada da se moglo i bolje, što proizilazi iz uverenja da su postojale skrivene rezerve koje nisu bile aktivirane prilikom ovog obimnog, dugotrajnog i složenog zadatka. Međutim, ostaje činjenica da rad na geološkim istraživanjima mineralnih sirovina nije bio prekidan niti usporavan, što je vrlo često dovodilo do vremenskog preklapanja poslova dugoročnih istraživanja mineralnih sirovina sa relativno kratkoročnim radom na izradi metalogenetske i prognozne karte I faze.

## IZRADA UPUTSTVA

Uputstva za izradu metalogenetskih i prognoznih karata u razmerama 1:50.000 i 1:100.000 izradili su: Velibor Vanđel, Milutin Kandić, Ivan Antonijević, Mirjana Divljan i Predrag Bilibajkić iz Geozavoda; i Radosav Pantić, Milan Ristić, Svetislav Pejatović i Stanislav Višić iz Geoinstituta.

Ovi autori navode da je Uputstvo izrađeno na bazi sopstvenih i svetskih saznanja i iskustava, posebno onih postignutih od strane grupe naučnih radnika u IGEM AN SSSR.

U SSSR-u je daleko najveća pažnja u teorijskom i praktičnom pogledu posvećena rudnom rejonu, tako da je to postala ključna metalogenetska jedinica. Do sličnih zaključaka došlo se i u Francuskoj, gde je »aires« kao metalogenetska jedinica u prvom planu, a ona odgovara rudnom rejonu po sovjetskoj terminologiji. Zato se i kod nas rudnom rejonu posvećuje najveća pažnja, kao metalogenetskoj jedinici koja je u prvom planu.

Ovo Uputsvo je predviđeno za izradu metalogenetskih i prognoznih karata rudnih rejona ili listova zvanične topografske podele teritorije SFRJ. Za izradu metalogenetskih i prognoznih karata rudnih rejona obavezna je razmera 1:50.000, a za izradu istih karata po listovima moguća je i razmera 1:100.000.

Rudni rejon se definiše kao »celovita rudonosna teritorija površine između 500 i 2.000 km$^2$ (a može biti i veća), koja predstavlja deo veće metalogenetske jedinice (npr. metalogenetske zone) i koju karakterišu istovetni geološki uslovi i razvoj«.

Manje metalogenetske jedinice unutar rudnih rejona su: rudna zona, rudni čvor i rudno polje.

Rudno polje se definiše kao »relativno mala rudonosna površina (najmanje metalogenetske jedinice), površine od nekoliko do 100 ili više $km^2$, koju karakterišu prostorno bliska ležišta i rudne pojave koje su iste ili bliske starosti, genetski međusobno povezana. Rudno polje je od ostalih odvojeno bezrudnim ili slabo mineralizovanim prostorima«.

»Rudni čvor (centar) je veća metalogenetska jedinica od rudnog polja, površine od 100 do 250 $km^2$. On obuhvata najmanje dva rudna polja koja su međusobno genetski povezana ili pojedinačna ležišta i rudne pojave. Pojave orudnjenja se obično grupišu oko jedinstvenog metalogenetskog centra — intruziva — ili su vezana za određene elemente tenktonske građe (preseci ili približavanje razlomnih zona). Rudni čvor je od ostalih takođe odvojen bezrudnim površinama«.

»Rudna zona je veća metalogenetska jedinica od rudnog čvora, njena rudonosna površina je linearno izdužena, a karakteriše se ležištima i pojavama metala određenih rudnih formacija i tipova koji su obično situirani u razlomnim strukturama praćenih serijama dajkova subvulkanskih, žičnih ili intruzivnih stena. Rudna zona može da se sastoji od nekoliko rudnih čvorova razmeštenih u jednom pravcu. Dužina rudnih zona je obično nekoliko desetaka kilometara (najčešće 40—50 km), širine nekoliko kilometara do nekoliko stotina metara«.

Autori dalje navode da su ovim Uputstvom regulisani principi izrade i zadaci metalogenetske i prognozne karte. Metalogenetska karta obavezno mora imati geološku podlogu čija je sadržina prilagođena metalogenetskoj situaciji izučavanog prostora. Zato se geološko-strukturna podloga može označiti kao specijalna. Ona se radi prvenstveno na bazi osnovne geološke karte, ali uz korišćenje svih do tada raspoloživih geoloških podataka. Za izradu specijalne geološke karte ove vrste obavezno je koristiti i podatke geofizičkih i geohemijskih ispitivanja regionalnog karaktera.

Izdvajanje geoloških jedinica izvode se po starosti po geohronološkoj skali do serije (epohe), a takođe i po litolškom sastavu. U Uputstvu nije dovoljno jasno definisan karakter ovog izdvajanja, dali je u pitanju hronostratigrafski ili formacijski princip. Po detaljnosti izdvajanja po litološkom sastavu pretpostavljam da se ima u vidu formacioni princip, ali to nije nigde u Uputstvu pomenuto u jasnoj i nedvosmisljenoj formi. Za magmatske komplekse, izdvajanja jedinica ide po sastavu i starosti uzimajući u obzir morfologiju tela i dubinu savremenog erozionog nivoa. Za magmatske komplekse za koje je dokazana ili pretpostavljena genetska veza sa orudnjenjima obavezni su podaci o apsolutnoj geološkoj starosti i izotopnim odnosima karakterističnih hemijskih elemenata. Metamorfiti se obavezno razdvajaju po sastavu i stepenu metamorfizma, kao i po starosti. Slična izdvajanja su predviđena i za kontaktno-metamorfno promenjene stene.

U Uputstvu je predviđeno da se strukturni elementi građe izučavanog terena, na osnovu kojih se izvode metalogenetska rejoniranja (izdvajanje rudnog rejona i manjih jedinica unutar njega), kao i strukture koje

imaju vezu sa orudnjenjem, prikazuju na specijalnoj geološkoj karti najpotpunije. Ostali strukturni elementi građe nanose se dovoljno detaljno da se prikažu odnosi i deformacije stenskih masa. Ostali strukturni elementi (elementi pada, mali nabori, klivaž, pukotine i slično) nisu neophodni za specijalnu geološku podlogu metalogenetskoj karti.

Uputstvo određuje da mineragenetski elementi na adekvatnoj geološkoj podlozi predstavljaju osnovni sadržaj metalogenetske karte. Neposredni mineragenetski elementi su: r u d n a l e ž i š t a, r u d n e p o j a v e i m i n e r a l n e p o j a v e.

Definicija rudnog ležišta je veoma kratka, smatra se da je »rudno ležište definisano onda ako su mu utvrđene rudne rezerve i ustanovljen genetski tip, mineralni sastav, geološko-strukturni položaj i uslovi zaleganja«.

»Pod rudnom pojavom podrazumeva se rudni objekat za koji su konstatovane ali nisu istražene rudne rezerve, dok je ustanovljen genetski tip, mineralni sastav, geološko-strukturni položaj i uslovi zaleganja«.

Mineralne pojave se definišu kao »rudni objekat za koji je poznat samo mineralni sastav«.

Posredni mineragenetski elementi mogu biti: »a) endogene promene u stenama, b) oreoli rasejavanja rudnih elemenata i mineralizacija, c) geofizičke anomalije, d) prisutne magmatske stene čije geohemijske karakteristike omogućavaju genetsku vezu sa nekim orudnjenjem, e) regionalno poznate rudonosne formacije, f) egzogene tvorevine kao posledica transformacija rudnih izdanaka ili kore raspadanja«.

Glavni rudokontrolni faktori mogu predstavljati posredne mineragenetske elemente, a tada moraju biti obavezno analizirani i ocenjeni sa odgovarajućih pozicija. To su litološki (posebno magmatski) i strukturni faktori, koji se ocenjuju sa regionalnih pozicija kao i sa pozicija povoljnosti konkretne sredine (stene i struktura) za stvaranje orudnjenja.

Po Uputstvu se rudno-formacijski kriterijumi koriste za kvalitativnu i kvantitativnu prognozu rudonosnosti. Ovi kriterijumi se ocenjuju sa rudno-formacijske pozicije i pomoću matematičkih metoda.

Rudna ležišta i rudne pojave se u Uputstvu razvrstavaju na sledeće genetske tipove: »a) magmatski, b) pegmatitski, c) skarnovski, d) albititsko-gnajzenski, e) hidrotermalni, f) vulkanogeno-sedimentni, g) metamorfogeni, i) sedimentni i sedimentno-metamorfni, j) raspadanja i k) rasipni tip«. U okviru genetskih tipova obavezno je izdvajanje rudnih formacija.

Rudne formacije se u Uputstvu definišu kao »grupe ležišta koja imaju sličan mineralni sastav i bliske geološke uslove stvaranja — vezana su sa istim tektonskim strukturama, magmatskim formacijama i tipovima okolnih stena«.

Uputstvo predviđa da su za rudna ležišta obavezni podaci o apsolutnoj geološkoj starosti i izotopnom sastavu karakterističnih hemijskih elemenata.

Uputstvom se određuje da je prognozna karta rudnog rejona obavezni deo metalogenetske karte, kao njena oleata. Zadatak prognozne karte je »ocena perspektivnosti površina izdvojenih metalogenetskim rejoniranjem i njihovih prognoznih rudnih rezervi i utvrđivanje praktičnih pre-

poruka za postavljanje odgovarajućeg vida geološko-prospekcionih i istražnih radova i redosled izvršenja istih«. To se postiže šrafiranjem površina po sledećim kategorijama perspektivnosti:

»1) Površine perspektive za proširenje rudnih rezervi.

2) Površine na kojima su prisutni neposredni rudokontrolni elementi i otkrivene rudne pojave.

3) Površine na kojima su prisutni rudokontrolni elementi i povoljne strukture, bez otkrivenih pojava mineralizacije ili sa njihovim retkim manifestacijama.

4) Površine nedovoljno proučene za utvrđivanje njihove ekonomske perspektive«.

Mineragenetski elementi se označavaju uslovnim znacima po ovom Uputstvu. Za ležišta i rudne pojave, koje je celishodno nanositi na prognoznu kartu propisanim uslovnim znacima, prikazuje se i stepen njihove perspektivnosti — takođe uslovnim znacima.

Uputstvo određuje da se metalogenetska karta rudnog rejona izrađuje na topografskoj osnovi koju čine listovi razmere 1:50.000 griničke podele, odnosno razmere 1:100.000 iste podele. Prognozna karta se daje u istoj razmeri, kao oleata na kvalitetnom transparentnom materijalu.

Tumač je obavezni sastavni deo metalogenetske i prognozne karte, koji se izrađuje u formi knjige (sveske). Uputstvom su propisana obavezna poglavlja tumača.

Uz metalogenetsku i prognoznu kartu rudnog rejona obavezno se prilaže: metalogenetska karta veće metalogenetske jedinice u čijem se sastavu nalazi izučavani rudni rejon i shema geološke, geohemijske i geofizičke istraženosti.

Kao sastavni deo tumača obavezan je registar rudnih ležišta i rudnih pojava, sa propisanim obrascem podataka o svakom pomenutom objektu zasebno (pasošem rudnog ležišta — pojave).

Potrebno je napomenuti da ovo Uputstvo još uvek predstavlja samo »Predlog Uputstvu«, jer još nije zvanično usvojeno. Pretpostavljam da će ono biti usvojeno pre početka izrade metalogenetske i prognozne karte II faze (možda će biti osveženo novim rešenjima na bazi stečenog iskustva).

## IZRADA METALOGENETSKE I PROGNOZNE KARTE

Izrada metalogenetske i prognozne karte SR Srbije bez pokajina, I faze, po listovima razmere 1:100.000 pariske podele, bila je usmerena Programskim zadatkom investitora od 25. marta 1974. godine. Ovaj datum se može smatrati kao početak izrade ove karte. Principi izrade metalognetske i prognozne karte razrađeni su u ranije pomenutom Uputstvu, koje prvenstveno reguliše izradu metalogenetske i prognozne karte rudnih rejona u razmeri 1:50.000. Zato principi izrade ove karte nisu bili konstantno sprovedeni po svim propisanim tačkama pomenutog Uputstva (koje je izrađeno 1975. godine).

Prvo od bitnih odstupanja od Uputstva je odluka da se primeni napuštena i nezvanična podela na listove razmere 1:100.000 istočno od Pariza, dok je Uputstvo predviđalo primenu zvanične griničke podele na listove razmere 1:50.000 i 1:100.000. Ovo odstupanje je bilo unapred određeno samim Programskim zadatkom investitora, ali ova prethodna odluka svakako nije izazvala negodovanje izvođača koji su se sa njom saglasili.

Razloge za ovo odstupanje izvođači su dali u Programu izrade metalogenetske i prognozne karte iz 1974. godine. Prvi razlog je da su i listovi razmere 1:100.000 zvanične topografske podele istočno od Griniča na kojima je rađena Osnovna geološka karta dobijeni prekrajanjem listova pariske podele; te se tu očekivala izvesna olakšanja pri izradi geološke karte kao podloge metalogenetskoj karti. Drugi razlog je da su listovi pariske podele po površini znatno veći (za 50%) od listova griničke podele na kojima je rađena Osnovna geološka karta.

Međutim, ostaje evidentna činjenica, da ni jedan od ovil razloga nije bio opravdan. Izrada specijalne geološke karte kao podloge metalogenetskoj karti nije tehničko pitanje precrtavanja, već se radi o izradi specijalne karte; te se tu nije ni moglo očekivati bilo kakvo olakšanje pri izradi iste. Ali je zato bilo veoma mnogo otežavajućih okolnosti, jer se na svakom listu usvojene pariske podele sučeljavaju četiri lista Osnovne geološke karte; čije se geološke interpretacije u najvećem broju slučajeva razlikuju. Isto tako postoje i listovi griničke podele u razmeri 1:100.000 koji su iste veličine (50% veći od listova Osnovne geološke karte), što potpuno anulira drugi razlog. Na svakom listu pomenute griničke podele sučeljavaju se samo po dva lista Osnovne geološke karte (po vertikali), što znači upola manje posla oko usaglašavanja geoloških granica i strukturnih elemenata karte.

Ako se želelo da metalogenetska i prognozna karta I faze stvarno bude urađena za 3 do 4 godine, kako se predviđalo Programskim zadatkom investitora, trebalo je za geološku podlogu uzeti listove Osnovne geološke karte, a maksimalno se koncentrisati samo na metalogenetsku problematiku. Izrada nove geološke karte iste razmere, koja se ne razlikuje bitno od interpretacije na Osnovnoj geološkoj karti, uzimala je previše vremena i pažnje, što je između ostalog bio usporavajući faktor u tempu izrade metalogenetske i prognozne karte I faze, po listovima razmere 1:100.000.

Prilikom izrade geološke karte, kao podloge metalogenetskoj karti, vršilo se uopštavanje Osnovne geološke karte. To se odnosi na spajanje geoloških jedinica sličnih po starosti i litološkom sastavu. Pri tome je karakter nove geološke karte ostao nepromenjen, ona je i dalje ostala hronostratigrafska karta. Drugačije nije ni moglo biti. Upotreba geoloških karata krupnije razmere (do razmere 1:10.000) je bila veoma ograničena, jer se na pomenutim kartama uglavnom nalaze finije podele litostratigrafskih jedinica. A činjenica je da i detaljnost litostratigrafske rasčlanjenosti geoloških jedinica na Osnovnoj geološkoj karti je često prevelika i da je dolazilo do ukrupnjavanja pomenutih geoloških jedinica. Zbog nepromenjenog karaktera nove geološke karte ostaje pitanje da li se nova geološka karta može nazvati specijalnom geološkom kartom.

Kod nanošenja mineragenetskih elemenata, kao sadržaja metalogenetske karte, takođe je bilo odstupanja od Uputstva. Neposredni mineragenetski elementi koji su nanošeni na metalogenetsku kartu I faze su: rudna ležišta i rudne pojave. Mineralne pojave su najčešće tretirane kao rudne pojave (na metalogenetskoj karti nema mineralnih pojava).

Posredni mineragenetski elementi nisu nanošeni na metalogenetsku kartu, sem u izuzetnim slučajevima kada su već bili naneti i na Osnovnu geološku kartu. Neki od ovih elemenata nanošeni su na posebnim kartama-oleatama, kao što su: geohemijske anomolije (prvenstveno urana), adiometrijske anomalije, pojave korisnih minerala u šlihovima, geofizičke anomalije, i slično. Uslovni znaci za posredne mineragenetske elemenne nisu uvek bili iz Uputstva iz razloga njihove nepraktičnosti za ovu situ razmeru. Tako je u izvesnoj meri izvršena nadogradnja uslovnih znakova, u odnosu na Uputstvo.

Vrsta mineralnih sirovina rudnih ležišta i pojava označena su simbolima po Uputstvu: za hemijske elemente to su njihovi simboli, a za ostale mineralne sirovine to su početna slova (mala) njihovih naziva (npr. mg — magnezit, ku — kameni ugalj, itd.).

U okviru svake mineralne sirovine, uz simbol ide redni broj (npr. Cu-1 pa na dalje), ali se tada gubi preglednost celine. Zato su neki autori uveli redni broj svakog neposrednog mineragenetskog elementa, bez obzira da li je to rudno ležište ili rudna pojava. Na taj način se kontroliše celina, ali se tada gubi preglednost po pojedinim čvrstim mineralnim sirovinama. Mislim da je ovaj drugi način obeležavanja praktičniji za sitne razmere metalogenetske karte).

Uslovni znaci za rudna ležišta su većih dimenzija od uslovnih znakova za rudne pojave. Striktno se poštovala forma uslovnih znakova neposrednih mineragenetskih elemenata u odnosu na genetski tip, dubinu i temperaturu obrazovanja orudnjenja, okolne stene, vezu orudnjenja sa tektonskim elementima, kao i morfologiju rudnih tela u prostoru. Geološka starost orudnjenja je prikazana bojama unutar uslovnih rudnih pojava i rudnih ležišta, a ova starost ujedno označava pripadnost orudnjenja metalogenetskim epohama.

Po završenom nanošenju neposrednih mineragenetskih elemenata na geološku kartu kao podlogu, pristupilo se metalogenetskom rejoniranju — poštujući principe propisane Uputstvom. Granice najkrupnijih metalogenetskih jedinica — metalogenetskih provincija i metalogenetskih zona — već su od ranije bile poznate, jer ove jedinice svojom veličinom daleko prevazilaze konture pojedinih listova razmere 1:100.000 pariske podele. Glavna pažnja je usmerena na izdvajanja rudnih rejona i unutar njih rudnih polja. U ovoj fazi rada najviše je dolazilo do razlika u shvatanjima pojedinih autora, tako da se granice i nazivi rudnih rejona i rudnih polja nedovoljno poklapaju ili se uopšte ne produžavaju; nekad i kod istog autora na dva susedna lista, ako su rađena u različito vreme. To znači da je u radu bilo napredovanja u samoj metodologiji i tehnici metalogenetskog rejoniranja. Takođe postoje slučajevi da se za iste metalogenetske jedinice na susednim listovima daju različiti nazivi, kao i slučajevi da se neke veličini odgovaraju rudnom polju daju nazivi »rudni re- ustvari rudno polje istog naziva).

Bilo je i slučajeva neprecizno postavljenih granica rudnim poljima na je-
nom listu, a da na drugom (susednom) listu se takva granica mora izvla-
čiti hipotetično (da bi se kontura rudnog polja zatvorila).

U konkretnim slučajevima najvišeg (dostignutog) intenziteta izrada
ovih metalogenetskih karata, u poslednjoj godini rada, dolazilo je najviše
do ovih neusaglašenosti. Veća saradnja pojedinih autora svakako bi svela
ovakva neslaganja na neslaganja principijelnog karaktera. Sada, međutim,
najviše ovih neslaganja nisu principijelnog karaktera i ostaje da se izradi
konačna metalogenetska rejonizacija (u okviru I faze) na nivou rudnih
rejona prilikom izrade metalogenetske karte u razmeri 1:200.000.

Po završenom metalogenetskom rejoniranju pristupa se izradi prog-
nozne karte kao oleate metalogenetskoj karti. Uzimajući u obzir rezultate
svih istraživanja i ispitivanja, kao i rezultate metalogenetske analize, ce-
lokupna teritorija konkretnih listova se rejonira na površine koje su ran-
girane po stepenima potencijalnosti, striktno poštujući principe propisane
Uputstvom.

Površine 1. kategorije po perspektivnosti se nalaze uz poznata leži-
šta čvrstih mineralnih sirovina i na ovim površinama se može očekivati
proširenje rudnih rezervi istraživanjem. To su najmanje površine koje su
nekad jedva primetne u razmeri 1:100.000 -

Površine 2. kategorije po perspektivnosti nadovezuju se na prethod-
ne površine 1. kategorije. Ovde su prisutni neposredni rudokontrolni ele-
menti sa otkrivenim rudnim pojavama mineralnih sirovina. Okonturenje
ovih površina je delimično na osnovu ograničene ekstrapolacije prethod-
nih površina 1. kategorije, tako da obuhvataju poznate rudne pojave. Ovo
su takođe relativno male površine u datoj razmeri prognozne karte.

Površine 3. kategorije po perspektivnosti predstavljaju prostore gde
su prisutni rudokontrolni elementi, ali nisu poznate rudne pojave čvrstih
mineralnih sirovina. Ovde se radi o neograničenoj ekstrapolaciji identifi-
kovanih rudnih formacija kao geoloških tela (po litološkom sastavu) ili
kao rudonosnih zona kontrolisanih strukturnim elementima (rasedi i ra-
sedne zone, često sa hidrotermalno izmenjenim stenama neposredne oko-
line). Ove površine mogu biti značajnih veličina.

Površine 4. kategorije po perspektivnosti su one koje su nedovoljno
proučene da bi se utvrdile njihove ekonomske mogućnosti. Pretežni deo
površina listova zahvataju površine 4. kategorije, što veoma ilustravivno
iskazuje nedovoljnost postignutog stepena geološke istraženosti teritorij
SR Srblje bez pokrajina u pogledu nalaženja mineralnih sirovina.

**Tekst i dokumentacija metalogenetskih izučavanja**

Rezultati metalogenetskih izučavanja I faze iskazani su Tumačem
pratećom dokumentacijom.

Tumač metalogenetske i prognozne karte I faze za svaki list (ili
koliko listova) razmere 1:100.000 pariske podele predstavlja osnovni
menat metalogenetskih izučavanja. Kroz tekst Tumača autori su isk
celokupno znanje po problematici ležišta čvrstih mineralnih sirovina

je strogo zavisno od stepena geološke istraženosti u datom momentu izrade. Pri tome je dat pregled stepena istraženosti po pojedinim metodama, kao i rezultata koji su postignuti. Dat je pregled geološko-tektonske građe teritorije konkretnog lista metalogenetske i prognozne karte.

Metalogenetska analiza obuhvata izučavanje geoloških tvorevina u prostoru i vremenu, a naročito geoloških procesa koji su potencijalno ili konkretno rudonosni. To se postiže uopštavanjem geoloških događaja, isticanjem procesa koji su potencijalno rudonosni. Pri tome se najveća pažnja posvećuje rudnim ležištima i pojavama orudnjenja, koja se izučavaju kao specijalne geološke tvorevine postale kao zakonita pojava opštih geoloških procesa. Na osnovu konkretnih rudonosnih geoloških procesa dolazi se do određenih interpretacija o mogućim geološkim mestima koja bi bila orudnjena, ili za koje bi bila vezana orudnjenja i mineralizacije čvrstih mineralnih sirovina. Na taj način se iskazuje prognoza pojava orudnjenja, što predstavlja jedan od osnovnih ciljeva metalogenetskog izučavanja.

Osnovni podaci o svakom rudnom ležištu i svakoj rudnoj pojavi, iskazani su na propisanom formularu, koji se sakupljaju u Registru rudnih ležišta i pojava; koji kao tekstualni prilog ide uz Tumač. Prilog Registra nekad je ukoričen kao posebna knjiga, a nekad se nalazi uz tekst Tumača. Svako rudno ležište ili pojava su numerisani, a ovde se naročito pokazalo kao pregledno da numeracija ide po principu rednog broja, ne vodeći računa o karakteru mineragenetskog elementa da li se radi o rudnom ležištu ili rudnoj pojavi. Koristan je pregled rudnih ležišta i pojava po vrstama čvrstih mineralnih sirovina, što nije slučaj kod svakog Registra.

Grafička dokumentacija metalogenetske i prognozne karte I faze po listovima je prikazana u formi priloga koji idu uz Tumač. Redosled ovih priloga je sledeći:

Kao prvo, priložena je topografska karta konkretnog lista u razmeri 1:100.000 pariske podele, gde se nalaze svi topografski detalji potrebni za orijentaciju na teritoriji lista.

Dalje, priložena je metalogenetska karta lista u istoj razmeri, na kojoj se nalaze svi geološki i metalogenetski elementi, uključujući i metalogenetsku rejonizaciju površine lista. Uz ovu kartu ide legenda, na kojoj se pored geološkog dela daju svi metalogenetski elementi koji se nalaze na konkretnom listu.

Dalje je priložena prognozna karta, kao oleata metalogenetske karte (najčešće na muflonu). Na prognoznoj karti su propisanom šrafurom rangirane površine po četiri stepena perspektivnosti. Na prognoznoj karti, budući da je ona oleata metalogenetske karte, nema suvišnih detalja.

Dalje su priložene karte geološke, geohemijske, geofizičke i šlihovske istraženosti teritorije konkretnog lista, takođe kao oleate. Na njima su okonturene istraživane površine, a u zavisnosti od detaljnosti i vrste ovih istražnih radova, njihove konture su izrađene u posebnim bojama.

Rezultat geološke istraženosti je geološka karta, kao podloga metalogenetskoj karti, koja objedinjuje sva geološka saznanja do kojih se došlo višegodišnjim geološkim istraživanjima. Rezultat geološke prospekcije mineralnih sirovina predstavljaju rudne pojave, dok su rudna ležišta rezultat geoloških istraživanja posmatran u kompleksu svih geološ-

kih, geohemijskih i geofizičkih metoda, uz rudarske istražne radove i istražno bušenje. Na taj način sama metalogenetska karta najvernije odražava rezultat geološke istraženosti teritorije konkretnog lista. Tekst Tumača određuje geološko-tektonsku građu teoritorije lista, kao i rezultate svim metoda geoloških istraživanja u širem planu, zaključno sa metalogenetskom analizom.

Rezultati geohemijske istraženosti su prikazani kao karte u vidu oleata, na kojima su nanesene geohemijske anomalije kao kružići. Po pravilu, svaka označena geohemijska anomalija na oleati treba da ima svoj pasoš u Registru; na obrascu sličnom za rudna ležišta — pojave tekstom su sumirani svi potrebni podaci o geohemijskoj anomaliji. Ovaj metod rada nije konsekventno sproveden za sve mineralne sirovine, a najpotpunije je sproveden samo kod urana. Na taj način su izostali mnogi vrlo vredni rezultati geohemijskih istraživanja. Dešavalo se da već pripremljen materijal o geohemijskim anomalijama (pasoši) budu izostavljeni iz Registra (slučaj lista Beograd).

Rezultati geofizičkih ispitivanja prikazani su kao karte u vidu oleata, a one se odnose na različite vrste ovih ispitivanja. Kao dokumentacija posebno su priložene: aeroradiometrijska karta, aeromagnetska karta, karta izoanomala Za i karta bugeovih anomalija. Rezultati detaljnih geofizičkih ispitivanja (radiometrijskih, geoelektričnih, itd.) su često uprošćeno nanošeni direktno na karte geofizičke istraženosti. Radiometrijske anomalije (povećani intenziteti radioaktivnosti) su prikazivane direktno na aeroradiometrijskim kartama u vidu kružića.

Rezultati mineraloških ispitivanja šlihova najčešće su prikazivani na kartama rezultata geohemijskih ispitivanja, a ređe na posebnim kartama. Korisni minerali u šlihovima prikazivani su uslovnim znacima, kojih nema u Uputstvu. Ovi uslovni znaci su dobijeni kombinovanjem geometrijskih figura (trouglova, kvadrata) i boja (crna, crvena, žuta).

### Statistički pregled rudnih objekata

Izučavanje rudnih ležišta, rudnih pojava i mineralnih pojava kao rudnih objekata, neposredan je cilj metalogenetskih izučavanja i zato su u Uputstvu date definicije ovih rudnih objekata. Klasifikacija orudnjenja i mineralizacija čvrstih mineralnih sirovina (metaličnih i nemetaličnih) u smislu objašnjenja uslova i geološkog vremena njihovih stvaranja predstavlja sadržaj kompleksa metalogenetskih izučavanja.

U ovom radu dajemo statistički pregled broja identifikovanih rudnih objekata u okviru metalogenetske karte I faze, po listovima razmere 1:100.000 pariske podele. Genetsku klasifikaciju orudnjenja i mineralizacija metaličnih i nemetaličnih mineralnih sirovina daćemo u trećem radu ove trilogije, prilikom obrade rezultata metalogenetskih izučavanja cele teritorije Srbije bez pokrajina, u razmeri 1:200.000.

Kao što je napomenuto, u ovom statističkom pregledu razdvajamo samo metalične i nemetalične mineralne sirovine, dok su energetske mineralne sirovine kao treća grupa čvrstih mineralnih sirovina podeljena po materijalnoj pripadnosti između ove dve. Tako su fosilna goriva (ugalj,

bituminozni škriljci) pripojena nemetaličnim, a nuklearna goriva (uran i torijum) su pripojena metaličnim mineralnim sirovinama. Tretiranje energetskih mineralnih sirovina posebno prevazilazi cilj i namenu ovog kratkog statističkog prikaza raspodele rudnih objekata po listovima metalogenetske karte I faze.

Tabela 1

RASPODELA RUDNIH OBJEKATA PO LISTOVIMA METALOGENETSKE KARTE I FAZE
razmere 1:100.000 pariske podele

| Redni broj tumača | Redni broj lista | List | Rudne pojave: metala | Rudne pojave: nemetala | Rudne pojave: Σ | Rudna ležišta: metala | Rudna ležišta: nemetala | Rudna ležišta: Σ | Rudni objekti |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | Bijeljina | — | — | — | — | — | — | — |
| | 2 | Šabac | 33 | 4 | 37 | 4 | 29 | 33 | 70 |
| 2 | 3 | Obrenovac | — | — | — | — | 1 | 1 | 1 |
| 3 | 4 | Beograd | 31 | 32 | 63 | — | 2 | 2 | 65 |
| 4 | 5 | Požarevac | — | 2 | 2 | — | 2 | 2 | 4 |
| 5 | 6 | V. Gradište | 31 | 6 | 37 | 1 | 3 | 4 | 41 |
| 6 | 7 | Zvornik | 66 | — | 66 | 18 | 6 | 24 | 90 |
| | 8 | Krupanj | 65 | 17 | 82 | 14 | 15 | 29 | 111 |
| 7 | 9 | Valjevo | 25 | 107 | 132 | — | 26 | 26 | 158 |
| 8 | 10 | Aranđelovac | 62 | 22 | 84 | 13 | 26 | 39 | 123 |
| 9 | 11 | Kragujevac | 24 | 20 | 44 | — | — | — | 44 |
| 10 | 12 | Petrovac | 31 | 1 | 32 | 5 | 2 | 7 | 39 |
| | 13 | D. Milanovac | 174 | 14 | 188 | 32 | 3 | 35 | 223 |
| 11 | 14 | Dobra | 26 | — | 26 | 1 | — | 1 | 27 |
| 12 | 15 | Negotin | 2 | 4 | 6 | 1 | 1 | 2 | 8 |
| | 16 | Kladovo | — | — | — | 1 | — | 1 | 1 |
| 13 | 17 | Višegrad | — | — | — | — | — | — | — |
| | 18 | Vardište | 139 | 48 | 187 | — | 12 | 12 | 199 |
| 14 | 19 | Titovo Uužice | 15 | 16 | 31 | 2 | 19 | 21 | 52 |
| 15 | 20 | Čačak | 43 | 17 | 60 | 2 | 12 | 14 | 74 |
| 16 | 21 | Kruševac | 19 | 41 | 60 | 3 | 8 | 11 | 71 |
| 17 | 22 | Paraćin | 38 | 38 | 76 | — | 11 | 11 | 87 |
| 18 | 23 | Zaječar | 55 | 6 | 61 | 5 | 15 | 20 | 81 |
| 19 | 24 | Kula | 43 | — | 43 | 1 | 3 | 4 | 47 |
| 20 | 25 | Žabljak | — | — | — | — | — | — | — |
| | 26 | Pljevlja | 16 | 7 | 23 | 8 | 1 | 9 | 32 |
| 21 | 27 | Sjenica | 19 | 5 | 24 | — | 1 | 1 | 25 |
| | 28 | Peć | — | — | — | — | — | — | — |
| | 29 | Novi Pazar | 121 | 18 | 139 | 9 | 12 | 21 | 160 |
| 22 | 30 | Metohija | — | — | — | — | — | — | — |
| 23 | 31 | Kuršumlija | 60 | 7 | 67 | 9 | 5 | 14 | 81 |
| 24 | 32 | Prokuplje | 20 | 29 | 49 | — | 2 | 2 | 51 |
| 25 | 33 | Niš | 21 | 2 | 23 | 1 | 10 | 11 | 34 |
| 26 | 34 | Pirot | 69 | 4 | 73 | 8 | 1 | 9 | 82 |
| | 35 | Berkovica | 8 | 3 | 11 | — | — | — | 11 |
| 27 | 36 | Lebane | 84 | 23 | 107 | — | — | — | 107 |
| 28 | 37 | Vranje | 136 | 81 | 217 | 3 | 2 | 5 | 222 |
| 29 | 38 | Kumanovo | 39 | 12 | 51 | 2 | 12 | 14 | 65 |
| | 39 | Bosiljgrad | 14 | 1 | 15 | 6 | 9 | 15 | 30 |
| 30 | 40 | Kratovo | 52 | — | 52 | 12 | 20 | 32 | 84 |
| | 41 | Kriva Palanka | 25 | — | 25 | 6 | 13 | 19 | 44 |
| | | Ukupno: | 1606 | 587 | 2193 | 167 | 284 | 451 | 2644 |
| | | u % | 60,74 | 22,20 | 82,94 | 6,32 | 10,74 | 17,06 | 100,00 |

Ukupno je evidentirano 2.644 rudna objekta, od toga rudnih pojava 2.193 i rudnih ležišta 451 (tabela 1). Pri metalogenetskim izučavanjima I faze nisu posebno evidentirane mineralne pojave, već su neke od njih date kao rudne pojave. Kasnije pri selekciji rudnih objekata u okviru izrade metalogenetske karte u razmeri 1:200.000 neke od najsiromašnijih rudnih pojava su izostavljene, te bi se one mogle shvatiti kao mineralne pojave (koje će kasnije u trećem radu biti obrađene).

Rudne pojave učestvuju sa 82,94% u broju rudnih objekata (2.644) dok rudna ležišta učestvuju samo sa 17,06% (tabela 1). To znači da skoro svaki šesti rudni objekat predstavlja rudno ležište čvrstih mineralnih sirovina dok su ostalih pet rudne pojave. Apsolutno dominiraju rudne pojave metaličnih mineralnih sirovina ((1.606) sa učešćem preko 60% u broju rudnih objekata (2.644). Ovolika brojnost dovodi do apsolutnog preovladavanja (dvotrećinskog) rudnih objekata metaličnih mineralnih sirovina (1.773) u odnosu na nemetalične (871), tako da od tri rudna objekta dva su metalična, a samo jedan je nemetalična sirovina (tabela 2). Ovaj statistički podatak najbolje ilustruje situaciju da je glavna preokupacija istraživača (a sa tim i privrede) na metaličnim mineralnim sirovinama; što dovodi do svestranije evidencije rudnih objekata metalničnih mineralnih sirovina. Ostaje činjenica da je moguća evidencija znatno većeg broja nemetaličnih mineralnih sirovina, koje su prisutne kao rudne pojave i ležišta u svim geološkim formacijama, uključujući i kvartarne naslage (gline, ciglarske zemlje, aluvijalne naslage šljunka i peska, itd.).

Tabela 2

RASPODELA (APSOLUTNA I RELATIVNA) RUDNIH OBJEKATA PO VRSTAMA ČVRSTIH MINERALNIH SIROVINA

| Objekat | Metalične mineralne sirovine | | Nemetalične mineralne sirovine | | Mineralne sirovine | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | broj | % | broj | % | broj | % |
| Rudne pojave | 1.606 | 73,23 | 587 | 26,77 | 2.193 | 100,00 |
| Rudna ležišta | 167 | 37,03 | 284 | 62,97 | 451 | 100,00 |
| Rudni objekti | 1.773 | 67,06 | 871 | 32,94 | 2.644 | 100,00 |
| Rudne pojave | 1.606 | 90,58 | 587 | 67,39 | 2.193 | 82,94 |
| Rudna ležišta | 167 | 9,42 | 284 | 32,61 | 451 | 17,06 |
| Rudni objekti | 1.773 | 100,00 | 871 | 100,00 | 2.644 | 100,00 |

Rudna ležišta metaličnih mineralnih sirovina čine manje od 10% od broja rudnih objekata (tabela 2), što je svakako posledica prevelikog broja mineralnih pojava među rudnim pojavama metaličnih sirovina. Kod nemetaličnih mineralnih sirovina situacija je bitno drugačija, rudna ležišta čine blizu 1/3 od broja rudnih objekata. Činjenica da od tri rudna objekta nemetaličnih mineralnih sirovina jedan je rudno ležište znači da se nedovoljna pažnja poklanja evidentiranju rudnih pojava nemetaličnih mineral-

nih sirovina; kako prilikom geoloških istraživanja tako i prilikom metalogenetskih izučavanja u okviru I faze. To takođe ilustruje činjenicu da rudna pojava nemetaličnih mineralnih sirovina relativno brzo prerasta u rudno ležište, svakako bitno brže od slučaja kod metaličnih mineralnih sirovina (gde su po pravilu dugotrajnija geološka istraživanja u odnosu na nemetale).

Rudna ležišta metaličnih mineralnih sirovina su podređena u odnosu na ležišta nemetala; približno dva nemetalična ležišta dolaze na jedno metalično, sa učešćem poslednjeg sa oko 37% (tabela 2) u ukupnom broju rudnih ležišta čvrstih mineralnih sirovina. Smatram da je realno očekivati dalji porast učešća rudnih ležišta nemetala (koja sada učestvuju sa oko 63%) u odnosu na ležišta metala, jer su potrebe privrede za nemetaličnim mineralnim sirovinama velike. Njihovo veće aktiviranje biće aktuelno naročito sada, kada se uvoz sirovina sve teže realizuje.

Poznata je činjenica da rudni objekti nisu ravnomerno raspoređeni na celoj teritoriji Srbije bez pokrajina, njihov broj po pravilu raste u rudonosnim oblastima koja su poznata kao »rudni baseni« (okolina poznatih velikih rudišta, npr. Bora, Zajače, kopaonička rudna oblast, itd.). Maksimalan broj rudnih objekata na jednom listu iznosi 223 (list Donji Milanovac), a minimalan broj rudnih objekata na listu je nula; to su listovi metalogenetske karte bez rudnih objekata (tabela 1).

Učestanost broja rudnih objekata po listovima metalogenetske karte prikazujemo u tabeli 3. Maksimum frekvencije broja rudnih objekata po jednom listu je u klasi intervala od 51 do 100 rudnih objekata po jednom listu, a minimalna frekvencija je u klasi sa intervalom preko 200 rudnih objekata po jednom listu, a samo dva lista metalogenetske karte imaju tako veliki broj rudnih objekata (Donji Milanovac i Vranje — tabela 1). Bez rudnih objekata je pet obodnih listova, sa vrlo malim površinama koje pripadaju teritoriji SR Srbije bez pokrajina.

Tabela 3

FREKVENCIJA RASPODELE BROJA RUDNIH OBJEKATA PO LISTOVIMA METALOGENETSKE KARTE

| Broj rudnih objekata po jednom listu od — do | Frekvencija (broj listova) |
|---|---|
| Bez rudnih objekata | 5 |
| do 10 | 4 |
| 11 do 50 | 11 |
| 51 do 100 | 13 |
| 101 do 200 | 6 |
| preko 200 | 2 |
| Ukupno | 41 |

U tabeli 4 su prikazane frekvencije broja rudnih pojava na listove metalogenetske karte I faze, a po vrstama čvrstih mineralnih sirovina (metaličnih, nemetaličnih i ukupno). Bez rudnih pojava metaličnih mineralnih sirovina je osam listova sa malim površinama koje pripadaju Srbiji bez pokrajina. Maksimum frekvencije se dostiže u klasi na intervalu od

21 do 50 rudnih pojava po jednom listu, a četiri lista imaju preko 100 rudnih pojava po jednom listu. Maksimalan broj rudnih pojava metala se nalaze na listu Donji Milanovac (174 — tabela 1), a interesantno je da na drugo mesto dolazi list Vardište sa 139 rudnih pojava metaličnih mineralnih sirovina. Međutim, na listu Vardište nema ni jednog ležišta metaličnih mineralnih sirovina. Najveći broj ovih rudnih pojava su pojave hromita, a hromit najčešće služi i kao nemetalična mineralna sirovina za proizvodnju vatrostalnih opeka. Kada bi rudne pojave hromita tretirali kao nemetalične mineralne sirovine, na drugo mesto po broju rudnih pojava metala došao bi list Vranje (136 rudnih pojava metala); a to je list sa malim brojem ležišta (3) metaličnih mineralnih sirovina (tabela 1). Tek posle ovih listova dolazi list Novi Pazar i listovi Zvornik i Krupanj, koji se nalaze na teritoriji sa poznatim ležištima metala.

Tabela 4

FREKVENCIJA RASPODELE BROJA RUDNIH POJAVA PO LISTOVIMA METALOGENETSKE KARTE

| Broj rudnih pojava po jednom listu od — do | Metalične mineralne sirovine (broj listova) | Nemetalične mineralne sirovine (broj listova) | Mineralne sirovine (broj listova) |
|---|---|---|---|
| Bez rudnih pojava | 8 | 12 | 7 |
| do 5 | 1 | 9 | 1 |
| 6 do 10 | 1 | 4 | 1 |
| 11 do 20 | 6 | 7 | 2 |
| 21 do 50 | 13 | 7 | 12 |
| 51 do 100 | 8 | 1 | 12 |
| preko 100 | 4 | 1 | 6 |
| Ukupno: | 41 | 41 | 41 |

Bez rudnih pojava nemetaličnih mineralnih sirovina ima 12 listova (tabela 4), a maksimalna frekvencija se dostiže u klasi na intervalu do 5 rudnih pojava po jednom listu. Samo list Valjevo ima preko 100 rudnih pojava nemetala, dok se list Vranje sa 81 rudnom pojavom nemetala nalazi na drugom mestu (tabela 1). Međutim, na ovim listovima nema većeg broja rudnih ležišta nemetaličnih mineralnih sirovina, ali smatram da je od značaja veliki broj rudnih pojava nemetala, koji može služiti kao osnova za planiranje geoloških istraživanja nemetaličnih mineralnih sirovina.

Raspodela rudnih pojava čvrstih mineralnih sirovina uglavnom prati raspodelu metaličnih sirovina, koje po broju dominiraju. Bez rudnih pojava je 7 listova, a maksimum frekvencije se dostiže u klasama od 21 do 50 i od 51 do 100 rudnih pojava po jednom listu. Preko 100 rudnih pojava po listu ima 6 listova metalogenetske karte, a maksimum od 217 rudnih pojava dostiže se na listu Vranje, a slede mu listovi Donji Milanovac (188) i Vardište (187).

Rudne pojave čvrstih mineralnih sirovina predstavljaju objekte na kojima tek treba geološkim istraživanjem doći do rezervi mineralnih sirovina kao ekonomske kategorije. Tada rudne pojave prelaze u rudna ležišta. Veliki broj rudnih pojava metala uslovljen je nedovoljnom selekcijom u smislu poštovanja definicija rudnih objekata u ranije pomenutom Uput-

stvu. U rudne pojave ubrajan je znatan broj mineralnih pojava, ali njihova naknadna selekcija je operacija koja daleko premašuje obim ove publikacije. Zato bi bilo korisno da se nastavi sa studiranjem rezultata metalogenetskih izučavanja u okviru I faze, ne čekajući narednu II fazu metalogenetskih izučavanja teritorija rudnih rejona (koja će biti izvedena u narednom periodu, sada nesagledivog vremenskog trajanja).

Poseban je problem relativno malog broja rudnih pojava nemetaličnih mineralnih sirovina (u odnosu na metalične sirovine). Smatram da će se u narednom periodu posvetiti veća pažnja identifikaciji rudnih pojava nemetala, koje na taj način postaju evidentiran rudni objekat nemetaličnih mineralnih sirovina koje treba dalje istraživati. Sadašnje stanje, nakon završetka I faze metalogenetskih izučavanja, ne zadovoljava; smatram da se tu mogu očekivati daleko bolji rezultati u istraživanju mineralnih resursa na teritoriji SR Srbije bez pokrajina, od sadašnjeg stanja koje smatram trenutnim.

Relativno znatan broj rudnih pojava, naročito metaličnih mineralnih sirovina, nije rezultat geoloških istraživanja novijeg datuma. Tu se misli na one rudne pojave koje se pominju u literaturi starijeg datuma, a postoje i takve rudne pojave koje se ne pominju u literaturi ali na terenu ima tragova starih radova. Često se dešava da se zbog novih istraživanja nedovoljnog intenziteta i nedovoljnog vremenskog trajanja stare pojave samo obiđu, ponovo evidentiraju i ostave praktično na postojećem stepenu poznavanja. Mnoge rudne pojave su veoma starog datuma. Istina, najčešće nedostaju pisani dokumenti starih istražnih radova, koji se još uvek mogu na terenu prepoznati (stara raskopavanja, podzemni istražni radovi koji su često zarušeni), dok se tragovi bušenja bez sačuvane dokumentacije brzo brišu na terenu i kao istražni radovi brzo padaju u zaborav. Neophodni su istražni radovi na takvim lokalnostima većeg intenziteta, koji bi u razumnom roku dali ocenu znatnog broja rudnih pojava čvrstih mineralnih sirovina, sa predlogom za dalja istraživanja ili napuštanja. Sada u najvećem broju slučajeva nedostaje ocena ekonomske vrednosti rudnih pojava, što treba da bude predmet našeg nastojanja da se takvo stanje prevaziđe.

Frekvencija raspodele broja rudnih ležišta po listovima metalogenetske karte I faze, a po vrstama mineralnih sirovina (metaličnih, nemetaličnih i ukupno) je prikazana na tabeli 5. Potrebno je napomenuti da su pod »rudno ležište« svrstani rudni objekti kod kojih su postojale geološke rudne rezerve čvrstih mineralnih sirovina, bez obzira na kom se stepenu istraženosti one nalaze. Na taj način je u izvesnoj meri ublažena relativno stroga definicija rudnog ležišta u Uputstvu, gde se traži da su rudne rezerve istražene. Zato rudna ležišta u ovom radu ne treba posmatrati isključivo kao ekonomsku kategoriju u smislu eksploatacije, već ih treba posmatrati kao rudne objekte na kojima se istraživanjem ustanovile geološke rudne rezerve. Daljim detaljnim istraživanjem rudnih ležišta, u okviru III i IV faze Osnovnih geoloških istraživanja, u većini ovih rudnih objekata tek treba da se istraže rudne rezerve u smislu rezervi čvrstih mineralnih sirovina računatih po Pravilniku o klasifikaciji i kategorizaciji rezervi čvrstih mineralnih sirovina i vođenju evidencije o njima (sl. list SFRJ, br. 53 od 19. X 1979). Na znatnom broju ležišta mineralnih sirovina,

koja se brojčano tretiraju u ovom radu, nije bilo zvaničnog proračuna rudnih rezervi po kriterijumima pomenutog Pravilnika.

Statistički pregled raspodele broja rudnih ležišta u funkciji listova metalogenetske karte I faze nema ekonomsku težinu; ovaj statistički pregled isključivo služi kao kvalitativan prikaz stanja identifikacije rudnih objekata najvišeg stepena istraženosti na teritoriji SR Srbije bez pokrajina. Statistički se obrađuje i prikazuje samo broj rudnih ležišta po listovima, ne vodeći računa o ekonomskoj težini postojećih rezervi čvrstih mineralnih sirovina u njima. Ovaj prikaz ima za cilj izlaganje postignutog stepena geološke istraženosti kroz identifikaciju broja rudnih ležišta po listovima, bez obzira što sam broj rudnih ležišta na konkretnom listu ne daje uvid u ekonomski potencijal rudnih ležišta na konkretnoj teritoriji. Naravno, poznato je iz drugih izvora (pre svega iz udžbenika geografije i statističkih pokazatelja Jugoslavije), šta ekonomski znače naša najveća rudna ležišta; kao što su npr. Bor, Majdanpek, Zajača, Rudnik, Kostolac, Kolubara, Lece, itd. U ovom radu se direktno ne pominju konkretna ležišta, niti njihov ekonomski značaj ima veću statističku težinu od nepoznatog malog rudnog ležišta čvrste mineralne sirovine na bilo kojem listu metalogenetske karte, I faze.

Rudna ležišta čvrstih mineralnih sirovina evidentirana su na 33 lista ove metalogenetske karte, dok je teritorija 8 listova bez rudnih ležišta (tabela 1 i tabela 5). Broj listova na kojima nema rudnih ležišta nemetala povećan je na 10, a na 16 listova nema rudnih ležišta metaličnih mineralnih sirovina (ima ih samo na 25 listova). To pokazuje znatan stepen neravnomernosti raspodele evidentiranih rudnih ležišta na teritoriji SR Srbije bez pokrajina.

Tabela 5

FREKVENCIJA RASPODELE RUDNIH LEŽIŠTA PO LISTOVIMA METALOGENETSKE KARTE

| Broj rudnih ležišta po jednom listu od — do | Metalične mineralne sirovine (broj listova) | Nemetalične mineralne sirovine (broj listova) | Mineralne sirovine (broj listova) |
|---|---|---|---|
| Bez rudnih ležišta | 16 | 10 | 8 |
| Sa jednim ležištem | 6 | 5 | 4 |
| 2 do 5 | 8 | 9 | 7 |
| 6 do 10 | 6 | 4 | 3 |
| 11 do 15 | 3 | 8 | 8 |
| 16 do 20 | 1 | 2 | 2 |
| 21 do 30 | — | 3 | 5 |
| preko 30 | 1 | — | 4 |
| Ukupno: | 41 | 41 | 41 |

Maksimum frekvencije broja rudnih ležišta u kategoriji listova bez rudnih ležišta niti u jednoj vrsti mineralnih sirovina nije premašen u sledećim klasama (tabela 5), uvek je manji sem u slučaju klase od 11 do 15 rudnih ležišta po jednom listu (8) za ukupan broj ležišta čvrstih mineralnih sirovina. Raspodela rudnih ležišta po produktivnim listovima metalogenetske karte je u izvesnoj meri ravnomerna, bez nekih maksimuma. Po-

stoji samo jedan list sa preko 30 rudnih ležišta (Donji Milanovac sa 32) metaličnih mineralnih sirovina; a na četiri lista ima preko 30 ležišta čvrstih mineralnih sirovina (maksimum je na listu Aranđelovac sa 39, a sledi lista Donji Milanovac sa 35 rudnih ležišta). Na trećem mestu dolazi list Šabac (sa 33 ležišta), što je posledica najvećeg broja rudnih ležišta nemetaličnih mineralnih sirovina (29). Na četvrtom mestu se nalazi list Kratovo sa 32 rudna ležišta (20 metaličnih i 12 nemetaličnih), na delu površine koji pripada teritoriji SR Srbije bez teritorija pokrajina.

Geohemijske anomalije nisu po pravilu evidentirane, što se može smatrati za ozbiljan propust ovih metalogenetskih izučavanja. Učinjeni su pokušaji od strane saradnika Geoinstituta, koji su sistematski obradili (evidentirali) hidrogeohemijske anomalije urana, po sistemu obrazaca — pasoša sličnih onim za rudne objekte (rudne pojave i ležišta). Povremeno su evidentirane i geohemijske anomalije bakra, a u jednom slučaju olova; ove geohemijske anomalije su dokumentovane na kartama rezultata geohemijskih ispitivanja, ali bez pisanog obrasca — pasoša.

Bilo je slučajeva da se već pripremljen pisani materijal o hidrogeohemijskim anomalijama urana ne unese u Registar rudnih ležišta i pojava, a same hidrogeohemijske anomalije se nalaze u grafičkoj dokumentaciji. Takav je slučaj bio kod listova Beograd i Kragujevac.

Tabela 6

RASPODELA GEOHEMIJSKIH ANOMALIJA PO LISTOVIMA METALOGENETSKE KARTE

| List | Uran | Bakar | Olovo | Ukupno: |
|---|---|---|---|---|
| Šabac | 3 | — | — | 3 |
| Obrenovac | 2 | — | — | 2 |
| Beograd | 5 | — | — | 5 |
| Zvornik | 2 | — | — | 2 |
| Krupanj | 6 | — | — | 6 |
| Valjevo | 10 | — | — | 10 |
| Aranđelovac | 8 | — | — | 8 |
| Kragujevac | 2 | — | — | 2 |
| Petrovac | 17 | — | — | 17 |
| Donji Milanovac | 24 | 2 | — | 26 |
| Titovo Užice | 1 | — | — | 1 |
| Kruševac | 9 | 13 | — | 22 |
| Paraćin | 10 | — | — | 10 |
| Zaječar | — | 6 | — | 6 |
| Kula | 8 | — | — | 8 |
| Sjenica | 4 | — | — | 4 |
| Novi Pazar | 17 | — | — | 17 |
| Kuršumlija | — | 23 | 1 | 24 |
| Niš | 20 | — | — | 20 |
| Pirot | 18 | — | — | 18 |
| Ukupno | 166 | 44 | 1 | 211 |
| u % | 78,67 | 20,85 | 0,48 | 100,00 |

Ukupno je evidentirano 166 hidrogeohemijskih anomalija urana na teritorijama 18 listova metalogenetske karte (tabela 6). Najmanje je regi-

strovana jedna hidrogeohemijska anomalija urana (na listu Titovo Užice), a najviše 24 ovih anomalija (na listu Donji Milanovac).

Geohemijske anomalije bakra su registrovane samo na četiri lista, no ne može se prihvatiti ovaj podatak kao stanje koje izražava stepen geohemijskog poznavanja teritorije Srbije bez pokrajina sa aspekta bakronosnosti. Ovo još više važi za jedinu registrovanu geohemijsku anomaliju olova. Najmanje evidentiranih geohemijskih anomalija bakra nalazi se na listu Donji Milanovac (2), dalje slede listovi Zaječar (6) i Kruševac (13), a najviše evidentiranih anomalija nalazi se na listu Kuršumlija (23).

## ZAKLJUČAK

Završena je izrada metalogenetske i prognozne karte SR Srbije bez pokrajina, I faza, po listovima razmere 1:100.000 pariske podele.

Programski zadatak investitora (Republičke SIZ za geološka istraživanja — Beograd) od 25. marta 1974. godine predviđao je izradu: 1) Uputstva za izradu metalogenetske i prognozne karte; 2) Metalogenetsku i prognoznu kartu SR Srbije bez pokrajina, I faze; 3) Program Dopunskih osnovnih geoloških istraživanja za izradu metalogenetske i prognozne karte Srbije bez pokrajina, II faza. Rok za izradu ovog programskog zadatka bio je tri godine.

Radne organizacije: Geozavod — Beograd i Geoinstitut — Beograd, realizovale su ovaj programski zadatak u potpunosti.

Uputstvo za izradu metalogenetskih i prognoznih karata u razmerama 1:50.000 i 1:100.000 je izrađeno za godinu dana i predato je investitoru 1975. godine.

Metalogenetska i prognozna karta Srbije bez pokrajina, I faze, po listovima razmere 1:100.000 pariske podele, izrađena je za 8 godina; a poslednji listovi su predati investitoru krajem marta 1982. godine.

Program (Projekat): »Dopunska osnovna geološka istraživanja na celoj teritoriji i u rudnim rejonima Srbije bez pokrajina« izrađen je za 1 godinu i 6 meseci, a predat je investitoru decembra 1982. godine.

Metalogenetska karta Srbije bez pokrajina u razmeri 1:200.000, kao završna metalogenetska interpretacija u okviru I faze, završena je za 1 godinu i 6 meseci i predata je investitoru 28. decembra 1982. godine; a sa ovom predajom zvanično je završena I faza Osnovnih geoloških istraživanja u Srbiji, uključujući i metalogenetska. Izrada I faze metalogenetske i prognozne karte Srbije bez pokrajina trajala je 8 godina i 9 meseci.

Osnovni uzrok oko tri puta dužeg vremena izrade metalogenetske i prognozne karte I faze je u nerealnom planiranju vremena od tri godine za izradu ovog velikog i složenog posla, koji se kod nas prvi put izvodio sistematski na celoj teritoriji Srbije bez pokrajina.

Prva faza Osnovnih geoloških istraživanja teritorije Srbije bez pokrajina nije bila izvedena sistematski po potpunom modelu za ovu fazu. Sistematski je sprovedena izrada samo Osnovne geološke karte, koju nisu pratila ostala potrebna ispitivanja (geohemijska, šlihovska, izotopska, geohronološka i ostala specijalna ispitivanja).

Svi propusti i nedostaci učinjeni u Osnovnim geološkim istraživanjima I faze automatski su preneti na metalogenetsku i prognoznu kartu, kao završnu operaciju I faze ovih istraživanja. Zato ova metalogenetska karta predstavlja ogledalo stanja razvoja i organizacije geoloških istraživanja u Srbiji. Neblagovremeno donošenje preciznih i jasnih Uputstava za Osnovna geološka istraživanja u praksi se odražava stihijnim radom.

Za izradu metalogenetske karte I faze upotrebljeni su rezultati svih geoloških istraživanja, bez obzira kojoj fazi oni pripadaju. Značaj i uloga rezultata geološko-geohemijsko-geofizičkih prospekcija mineralnih sirovina, a naročito rezultati detaljnih istraživanja rudnih ležišta, bili su presudni; bez ovih rezultata ne bi mogla biti urađena kvalitetna metalogenetska i prognozna karta.

Najveći broj podataka prospekcijskih i istražnih radova nalazi se u godišnjim izveštajima u fondovima stručne dokumentacije Geozavoda, Geoinstituta i rudnika, kao i investitora ovih istraživanja. Nepostojanje odgovarajućih studija u potrebnom broju i obimu, odnosno nedostatak uopštavanja faktografskih materijala (podataka), bio je otežavajući faktor pri metalogenetskim izučavanjima. Uopštavanje rezultata geoloških istraživanja je najčešće izvođeno u uslovima nedostatka vremena pri metalogenetskim izučavanjima, što je dovodilo do produžetka vremena izrade metalogenetske karte.

Izbor napuštene i nezvanične topografske podele na listove u razmeri 1:100.000 istočno od Pariza, takođe je bila otežavajuća okolnost pri izradi geološke podloge za metalogenetsku kartu. Listovi pariske podele su trajno u koliziji sa svim ostalim geološkim kartama, koje su izrađene na topografskim osnovama zvanične granične podele na listove različitih razmera.

Metalogenetska analiza konkretnih teritorija je izložena u Tumaču metalogenetske i prognozne karte I faze, koji se po pravilu radi za svaki list posebno. Izuzetno je Tumač bio zajednički za dva lista (jednom za tri lista), kada se radilo o nepotpunim listovima bez rudnih objekata ili sa malim brojem istih.

Grafička dokumentacija metalogenetskih izučavanja je priložena uz Tumač, a ona se sastoji iz: 1) topografske karte lista, 2) metalogenetske karte lista, 3) prognozne karte lista, 4) karata geološke, geohemijske i geofizičke istraženosti i 5) karata rezultata geohemijskih i geofizičkih ispitivanja. Ove karte su izrađene na kvalitetnom transparentnom materijalu, kao oleate metalogenetskoj karti. Osnovni podaci o rudnim objektima dati su tekstom (u vidu obrasca — pasoša) u Registru rudnih pojava i rudnih ležišta; koji je tekstualni prilog Tumaču.

Ukupno je urađeno 30 tumača metalogenetske i prognozne karte I faze, koji objedinjuju 41 list metalogenetske karte u razmeri 1:100.000 pariske podele.

Male površine na dva lista (Zrenjanin i Priština) nisu bile obuhvaćene ovom metalogenetskom i prognoznom kartom.

Ukupno je evidentirano 2.644 rudna objekta na teritoriji SR Srbije bez pokrajina; od toga su 2.193 rudne pojave (82,94%) i 451 je rudno ležište (17,06%) čvrstih mineralnih sirovina. Preovlađuju rudne pojave me-

taličnih mineralnih sirovina (1.606 ili 73,23%) nad rudnim pojavama nemetaličnih mineralnih sirovina (587 ili 26,77%). Kod rudnih ležišta čvrstih mineralnih sirovina preovlađuju nemetalične (284 ili 62,97%) nad nemetaličnim (167 ili 37,03%).

Nisu posebno bile evidentirane mineralne pojave čvrstih mineralnih sirovina, one su pripojene rudnim pojavama.

Geohemijske anomalije po pravilu nisu evidentirane, izuzetno su evidentirane hidrogeohemijske anomalije urana (166). Ponekad su evidentirane geohemijske anomalije bakra (samo na 4 lista) i u jednom slučaju olova.

Predato za štampu 27. I 1983. Recenzent Vladimir Sarić

## LITERATURA


1. Jovanović, M., Pejčić, M., Pokrajac, S., Vukašinović, S., Mihailović—Vlajić i Petrović, M., 1976: Izveštaj uz metalogenetsku kartu lista Lebane, razmere 1:100.000. Fond stručne dok. Republičke SIZ za geol. istraživanja, Beograd.
2. Marić, S., Ristić, M., Babović, M., Bilibajkić, P., Nikolić, J., Škerlj, D., Grbović, M., Višić, S., Mihailović—Vlajić, N. i Pokrajac, S., 1976: Metalogenetska i prognozna karta SR Srbije, Prethodna metalogenetska karta listova Bosiljgrad, Kratovo i Kriva Palanka, razmere 1:100.000. Fond stručne dok. Rep. SIZ za geol. istraživanje, Beograd.
3. Vuković, M., Ristić, M., Bilibajkić, D. i Krstić, B., 1977: Metalogenetska karta lista Prokuplje 1:100.000. Fond stručne dok. Rep. SIZ za geol. istraživanja, Beograd.
4. Marić, S., Ristić, M., Vukanović, M., Bilibajkić, P., Vukašinović, S., Grbović, M., Petrović, M., Konjević, S., Pokrajac, S., Višić, S., Mihailović—Vlajić, N., Nikolić, J. i Škerlj, D., 1977: Metalogenetska i prognozna karta SR Srbije, prethodna metalogenetska karta list Vranje razmere 1:100.000. Fond stručne dok. Rep. SIZ za geol. istraž., Beograd.
5. Vuković, M., Ristić, M., Vukšić, N., Marković, V., Simić, V., Mihailović—Vlajić, N. i Teofilović, M., 1978: Tumač za metalogenetsku i prognoznu kartu SR Srbije I faze lista Veliko Gradište 1:100.000 pariske podele. Fond stručne dok. Rep. SIZ za geol. istraž. Beograd.
6. Fotić, V., Ristić, M., Jadranin, D., Vukšić, N., Simić, V., Teofilović, M., Mihailović—Vlajić, N., Klajn, Đ. i Vukašinović, S., 1978: Tumač za metalogenetsku il prognoznu kartu SR Srbije I faza, list Petrovac 1:100.000 pariske podele. Fond stručne dok. Rep. SIZ za geol. istraž., Beograd.
7. Jadranin, D., Ristić, M., Fotić, V., Marković, V. i Špadijer, S.. 1978: Tumač za metalogenetsku i prognoznu kartu SR Srbije, I faze, listovi: Donji Milanovac i Dobra 1:100.000 pariske podele. Fond stručne dok. Rep. SIZ za geol. istraž., Beograd.
8. Jadranin, D., Ristić, M., Fotić, V., Marković, V. i Špadijer, S., 1978: Tumač za metalogenetsku i prognoznu kartu SR Srbije, listova Negotin i Kladovo 1:100.000 pariske podele. Fond stručne dok. Rep. SIZ za geol. istraž., Beograd.
9. Milošaković, R., Ristić, M., Ralević, V., Špadijer, S. i Smiljanić, A., 1978: Metalogenetska i prognozna karta SR Srbije — I faza list Zaječar 1:100.000. Fond stručne dok. Rep. SIZ za geol. istraž., Beograd.

10. Ristić, M., Mladenović, M., Veljković, D., Teofilović, M., Galečić, M., Simić, V., Konjević, S. i Mihailović—Vlajić, N., 1978: Metalogenetska i prognozna karta SR Srbije, I faza, Tumač za prethodnu metalogenetsku i prognoznu kartu list Kula razmere 1:100.000. Fond stručne dok. Rep. SIZ za geol. istraž. i fond stručne dok. Geoinstituta, Beograd.

11. Vanđel, V., Ristić, M., Marković, V., Vukšić, N., Simić, V., Klajn, Đ., Mihailović—Vlajić, N., Teofilović, M. i Vukašinović. S., 1978: Tumač za metalogenetsku i prognoznu kartu I faze lista Niš 1:100.000 pariske podele. Fond stručne dok. Rep. SIZ za geol. istraž., Beograd.

12. Ristić, M., Vanđel, V., Mladenović, M., Veljović, D., Teofilović, M., Galečić M., Vukašinović, S., Simić, V., Konjević, S., Vlajić, N., Divljan, S., Pavlović, S., Naumović, D. i Protić M., 1978: Metalogenetska i prognozna karta SR Srbije I faza. Tumač za prethodnu metalogenetsku i prognoznu kartu list Pirot sa Berkovicom 1:100.000. Fond stručne dok. Rep. SIZ za geol. istraž. i fond stručne dok. Geoinstituta, Beograd.

13. Popević, A., Omaljev, V., Pavlović, A., Vukšić, N., Simić, V., Konjević, S. i Mihailović—Vlajić, N., 1979: Tumač za metalogenetsku i prognoznu kartu I faze lista Čačak 1:100.000 pariske podele. Fond stručne dok. Rep. SIZ za geol. istraž. i fond stručne dok. Geoinstituta, Beograd.

14. Vanđel, V., Omaljev, V., Marić, A., Vukšlć, N., Simić, V. i Mihailović—Vlajić, N., 1979: Tumač za metalogenetsku i prognoznu kartu lista Kruševac 1:100.000 pariske podele. Fond stručne dok. Rep. SIZ za geol. istraž. i fond stručne dok. Geoinstituta, Beograd.

15. Vanđel, V., Omaljev, V., Marić, A., Vukšić, N., Simić, V. i Mihailović—Vlajić, N., 1979: Tumač za metalogenetsku i prognoznu kartu I faze lista Paraćin 1:100.000 pariske podele. Fond stručne dok. Rep. SIZ za geol. istraž. i fond stručne dok. Geoinstituta, Beograd.

16. Vanđel, V., Omaljev, V., Marić,A., Vukšić, N., Simić, V., Pokrajac, S., Vukašinović, S. i Mihailović, N., 1980: Tumač za metalogenetsku i prognoznu kartu I faze lista Novi Pazar sa Metohijom 1:100.000 pariske podele. Fond stručne dok. Rep. SIZ za geol. istraž. i fond stručne dok. Geoinstituta, Beograd.

17. Vanđel, V., Omaljev, V. Marić, A., Vukšić, N., Simić, V. i Vukašinović, S., 1980: Tumač za metalogenetsku i prognoznu kartu I faze lista Kuršumlija 1:100.000 pariske podele. Fond stručne dok. Rep. SIZ za geol. istraž. i fond stručne dok. Geoinstituta, Beograd.

18. Tomić, R., Omaljev, V., Ilić, M., Vukšić, N., Pokrajac, S., Mihailović, N. Simić, V. i Vukašinović, S., 1981: Metalogenetska i prognozna karta SR Srbije, list Šabac sa Bijeljinom. Fond stručne dok. Rep. SIZ za geol. istraž. i fond stručne dok. Geoinstituta, Beograd.

19. Marić, A., Omaljev, V., Vanđel, V., Vukšić, N., Simić, V. i Vukašinović, S., 1981: Tumač za metalogenetsku i prognoznu kartu I faze lista Obrenovac 1:100.000 pariske podele. Fond stručne dok. Rep. SIZ za geol. istraž. i i fond stručne dok. Geoinstituta, Beograd.

20. Vanđel, V., Omaljev, V., Marić, A., Vukšić, N., Simić, V. i Vukašinović, S., 1981: Tumač za metalogenetsku i prognoznu kartu I faze lista Požarevac 1:100.000 pariske podele. Fond stručne dok. Republičke SIZ za geol. istraživanja i fond stručne dok. Geoinstituta, Beograd.

21. Vanđel, V., Omaljev, V., Marić, A., Vukšić, N., Simić, V. i Vukašinović, S., 1981: Tumač za metalogenetsku i prognoznu kartu I faze listova Vardište i Višegrad 1:100.000 pariske podele. Fond stručne dok. Rep. SIZ za geol. istraživanja i fond stručne dok. Geoinstituta, Beograd.

22. Kijanović, Lj., Omaljev, V. i Vukašinović, S., 1981. Tumač za metalogenetsku i prognoznu kartu I faze lista Pljevlja i Žabljak razmere 1:100.000 pariske podele. Fond stručne dok. Rep. SIZ za geol. istraž. i fond stručne dok. Geoinstituta, Beograd.

23. Vandel, V., Omaljev, V., Marić, A., Vukšić, N., Pokrajac, S., Simić, V. i Vukašinović, S., 1981: Tumač za metalogenetske i prognozne karte listova Sjenjica i Peć 1:100.000 pariske podele. Fond stručne dok. Rep. SIZ za geol. istraživanja i fond stručne dok. Geoinstituta, Beograd.

24. Marić, S., Omaljev, V., Nikolić, J,- Škerlj, D., Vukšić, N. i Vukašinović, S., 1981: Tumač za metalogenetsku i prognoznu kartu I faze lista Kumanovo 1:100.000 pariske podele. Fond stručne dok. Republičke SIZ za geol. istraživanje i fond stručne dok. Geoinstituta Beograd.

25. Vuković, M., Omaljev, V., Matanović, M., Vukšić, N., Pokrajac, S., Mihailović, N., Simić, V. Vukašinović, S., 1982: Tumač za metalogenetsku i prognoznu kartu I faze lista Beograd 1:100.000 pariske podele. Fond stručne dok. Rep. SIZ za geol. istraž. i fond stručne dok. Geoinstituta, Beograd.

26. Tomić, R., Omaljev, V., Ilić, M., Vukšić, N., Kafol, N., Pokrajac, S., Mihailović, N., Simić, V. i Vukašinović, S., 1982: Tumač za metalogenetsku i prognoznu kartu I faze lista Krupanj sa Zvornikom 1:100.000 pariske podele. Fond stručne dok. Rep. SIZ za geol. istraživanja i fond stručne dok. Geoinstituta, Beograd.

27. Ilić, M., Omaljev, V., Vukšić, N., Tomić, R., Pokrajac, S., Simić, V. i Vukašinović, S., 1982: Tumač za metalogenetsku i prognoznu kartu I faze lista Valjevo 1:100.000 pariske podele. Fond stručne dok. Rep. SIZ za geol. istraživanja i fond stručne dok. Geoinstituta, Beograd.

28. Mihajlović, K., Omaljev, V., Vukašinović, S., Vukšić, N., Pokrajac, S., Mihailović, N. i Simić, V., 1982: Tumač za metalogenetsku i prognoznu kartu I faze lista Aranđelovac 1:100.000 pariske podele. Fond stručne dok. Rep. SIZ za geol. istraživanja i fond stručne dok. Geoinstituta, Beograd.

29. Vuković, M., Omaljev, V., Matanović, M., Vukšić, N., Simić, V. i Vukašinović, S., 1982: Tumač za metalogneetsku i prognoznu kartu I faze lista Kragujevac 1:100.000 pariske podele. Fond stručne dok. Republičke SIZ za geol. istraživanja i fond stručne dok. Geoinstituta, Beograd.

30. Popević, A., Omaljev, V., Pavlović, A., Vukšić, N., Simić, V. i Vukašinović, S., 1982: Tumač za metalogenetsku i prognoznu kartu I faze lista Titovo Užice 1:100.000 pariske podele. Fond stručne dok. Republičke SIZ za geol. istraživanja i fond stručne dok. Geoinstituta, Beograd.

## Summary

# THE PREPARATION OF METALLOGENIC AND FAVOURABILITY MAP OF SR SERBIA PROPER, PHASE I, IN 1:100,000 MAP SHEETS

by

Veljko Omaljev

Key words: metallogeny, Serbia.

As regards the completion of the preparation of metallogenic and favourability map of SR Serbie proper, phase I, the need has arisen for scientific and expert analysis concerning this complex of problems. This author has made up his mind to make a critical review of the above mentioned. and to present it in three separate articles.

This article, being the firts one, tends to analyis the situations which have followed the preparation of metallogenic and favourability map, phase I, in 1:100,000 map sheets east of Paris.

It is this author's deep belief that the only way to promote and to cope with the methodology and technology of preparation metallogenic and fatourability maps is through practise imbued with the scientific and expert analysis. In addition to that I belive that by sheer copying of different experiences it is not possible to achieve the up-to-date level of scientific and technological qualification for preparation of such maps.

The metallogenic and favourability map, phase I, is a natural ending of the first phase of basic geological explorations on the territory of SR Serbie proper.

According to the Regulation, the first phase of basic geological exploration comprises: 1) the preparation of the basic geological map in 1:100,000 map sheets (including 1:50,000 and 1:25,000 scale), 2) geoshemical explorations over a sampling network of 2 to 10 pcs/km$^2$, 3) investigation of heavy-mineral concentrates at approximatelly the same sampling density, 4) geophysical explorations (gravimetric, geomagnetic, airmagnetic, radiometric, and others), 5) remote sensing, 6) special explorations (isotopic, geochronologic, preparation of special maps, and others).

Basic geological explorations of phase I have not been systematically carried out on the territory of SR Serbia proper as a whole. It is only the basic geological map that has been done systematically, but the systematic geochemical and other explorations have been left out. This lack has made an impact upon the basic geological map in 1:100,000 map shteets, and has, later on, influenced the geological basis of the metallogenic map.

The achieved degree of geological exploration of the territory of SR Srbia proper as a whole, does not match totally, with the degree of exploration which has been regulated for the phase I. It may be considered that only for the limited, relatively small areas, the regulated degree of exploration has been achieved.

The proposal for the preparation of metallogenetic and favourability map of SR Serbie proper, phase I, has been made by the Fund for geological explorations of SR Serbie proper (now, Self Management Interest Union for geological explorations) in Belgrade, by announcing an open competition with the Programme.

The working organizations »Geozavod« — Belgrade (project menager Velibor Vandjel) and »Geoinstitut« — Belgrade (project menager Milan Ristić, and from 1979 Veljko Omaljev) have been chosen as conctrators.

The Projects, as presented by the investitor on March 25, 1974, envisigated the following preparations:

— the Instructions for the preparation of metallogenic and favourabiliti map;

—the metallogenic and favourability map of SR Serbie proper;

— the Programme of additional metallogenic explorations needed for the preparation of metallogenic and favourability map of SR Serbie proper following the Instruction (plase II).

The metallogenic and favourability map should be prepared on an adequate geological base in 1:100,000 map sheets east of Paris. The final interepretation should be prepared in 1:200,000 scale.

The period for the preparation of the metallogenic and favourability map of SR Serbia proper is three years.

The Instruction for the preparation of metallogenic and favourability maps in 1:50,000 and 1:100.000 scales has been made by the group of experts of »Geozavod« and »Geoinstitut« in 1975. It contains the definitions of metallogenic units and ore objects, as well as the regulated methods of work, and all other necessary standards of preparation and standards of documentation of a metallogenic and favourability map (Explanatory Booklet for the metallogenic and favourability map and related graphics).

The metallogenic and favourability map of SR Serbia proper, phase I, in 1:100,000 map sheets east of Paris, has been made in 8 years, and the last sheets have been handed over to the investitor in March 1982. The final interpretation of metallogenic map of SR Serbia proper in 1:200,000 scale was finished and handed over of the investitor on December 28, 1982, that being the ending of phase I of basic geological explorations on the territory of SR Serbia proper. The preparation of metallogenic and fatourability map, phase I, has taken 8 years and 9 months.

The principal cause for such a prolonged time of preparation of the metallogenic and favourability map, phase I, lies in an unreally planned period of three years for carring out such an inportant and complicated task, which been performed for the first time in SR Serbie.

The choice of map sheets with unofficial and abonded topographic division east of Paris, has considerably affected the prolongation of preparation time of this map, as well (in my opinion). In addition, this choice has made the preparation of the new geological map, as a basis for the metallogenic map, more difficult in many respect, since the Basic geological map, has been prepared in map sheets with the official topographic

division east of Greenwich. If such a short period has been determined as necessary, the metallogenic map must have had printed sheets of Basic geological map as it's base. In that way all of the attention would be concentrated on metallogenic problems only, which would have shortened the preparation period of the metallogenic and favourability map, phase I.

For this preparation, the results of all previous geological explorations have been used, regardless of the phase they have belonged to.

Most of these data were found in annual report, which are stored in archives of »Geozavod«, »Geoinstitut« and mines, i.e. their investorst.

One of additional factors which has contributed to the prolongation of the preparation period is the lack of expert analysis which would generalice the immediate results of geological explorations. These generalizations were done, as a rule, by contractors of metallogenic explorations an extremly short periods.

The direct contents of metallogenic maps are one objects. These are ore deposits and ore occurrences, while mineral occurrences have not been noted separately, but added to ore occurrences.

The mineral raw materials types contained in these ore objects are designated according to the Instruction: for chemical elements it's their chemical symbol and for the rest of solid minerals raw materials it's the first letter of their name (small). Ordinal numbers are added to the designations, for example Cu-1 and so on. Some authors have used an ordinal numer of ore object, for clarity's sake, regardless of whether it's a ore deposit or a ore occurrence.

Symbols for ore deposits are of bigger dimensions that these of ore occurrences. The form of symbols of ore deposits has been strictly observed in respect of genetic type, depth and temperature of mineralization forming, type of surrounding rocks, connexion of mineralization with tectonic elements, and spacial morphology of ore bodies. The geological age of mineralization has been shown by colours within symbols for ore object. This age, at the same time, shows the belonging of mineralizations to different metallogenic epochs.

Metallogenic subdivision has been predominatly directed towards the separation of ore areas and ore fields. Since there is a slight descrepancy between some of the metallogenic map sheets it is up to the final interpretation to determine the final metallogenic subdivision on the level of ore areas (this will be presented in the third article).

The following cathegories of areas have been shoseh on favorability maps from the point of view of their feasibility:

1) Areas feasible for expansion of ore reserves.

2) Areas which contain immediate ore controlling elements, and where ore occurrences have been discovered.

3) Areas which exibit presence of ore controlling elements and favourable structures, but which do not contain mineralizations, or if so, with rare manifestations.

4) Areas which have not been studied for their economic feasibiliti.

Totally, 30 explanatory Booklets of the metallogenic and favourability map, phase I, have been prepared and they comprise 41 1:100,000 map sheets of Parisian division. Small areas of some sheets have been adjoined to bigger sheets (joint Explanatory Booklet).

The basic data concerning each of the ore objects (ore deposits and occurrences) have been given on separate forms which are all gathered in the Ore Depositcs and Occurrences Register. This Register goes as a textual appendix to the Explanatory Booklet.

Graphic documentation of the metallogenic and favourability map, phase I, goes with the Explanatory Booklet as well. This documentation comprises: 1) the topographic map of the sheet, 2) the metallogenic map of the sheet, 3) favourability map, 4) the maps of geological, geochemical and geophisical degree of exploration, and 5) the maps of geochemical and geophisical explorations results.

On the territory of SR Serbia proper, totally, 2,644 ore objects have been noted. It has been noted 2,193 (82,94%) ore occurrences of solid minerals, and 451 ore deposits (17,06%). Ore occurrences of metallic minerals (1,606) are predominant compared to ore deposits (167), that is to say that from this type of ore objects there are 9.42% ore deposits, only (table 2). There is only one ore deposit out of three ore objects of nonmetallic mineral raw materials which is, obviously, the consequence of an unsatisfactory notation of ore occurences of nonmetallic mineral raw materials.

There are 5 sheets of the metallogenic map without ore objects (table 3), while 2 sheets contain over 200 ore objects.

There are 7 sheets of the metallogenic map without a single ore occurrence of solid mineral raw materials (table 4), while there are 12 »empty« sheets for nonmetallic and 8 for metallic mineral solid mineral raw materials. Six sheets contain over 100 ore occurrences of solid mineral raw materials.

Eight sheets of the mtallogenic map do not contain a single ore deposit, 16 sheets ore without any metal deposits, and 10 sheets are without any nonmetallic ore deposit (table 5). More that 30 deposits are on 4 sheets, while on only one sheet there are in excess of 30 metallic mineral raw material deposits.

Geochemical anomalies have not been noted, as a rule, which is, for certain, a fault of this metallogenic map. As an exception, the hydrogeochemical anomalies of uranium have been noted. There are 166 of them on 18 sheets (table 6). Some of the sheets contain geochemical anomalies of copper (4 sheets) and lead (1 sheet).

R A D O V I Geoinstituta, knjiga 16, god. 1983., Beograd.
P R O C E E D I N G S of Geoinstitute, vol. 16, 1983, Belgrade.

Slobodan Vukašinović i
Žoržet Banović

UDK 550.83:55(497.11)
Stručni rad

# REZULTATI AEROMAGNETSKIH ISTRAŽIVANJA RUDNIH LEŽIŠTA NA PODRUČJU GOLIJA—STARI KOLAŠIN

(sa 1 prilogom)

Ključne reči: aeromagnetizam, rudna ležišta

U okviru sistematskih geološko-strukturnih istraživanja ležišta gvožđa u paleozoiku zapadne Srbije na području Golija—Stari Kolašin izvršena su detaljna aeromagnetska ispitivanja. Tom prilikom dobijeni su podaci koji doprinose razjašnjenju geološko-strukturnih odnosa i selekciji rudno perspektivnih terena.

Aeromagnetska ispitivanja u cilju istraživanja rudnih ležišta, prevashodno gvožđa, na području Golija—Stari Kolašin (na prostoru površine 1080 km$^2$) izvedena su 1981. godine. Investitori ispitivanja bili su Udruženje crne metalurgije Jugoslavije i Republički SIZ za geološka istraživanja.

Izvršena ispitivanja predstavljaju završetak aeromagnetskih istraživanja ležišta gvožđa u paleozoiku zapadne Srbije, započetih 1976. godine, na prostoru B. Bašta—T. Užice—Požega—Kosjerić—Boranja—Drina i nastavljenih 1978. godine u pravcu jugoistoka na području Požega—Ivanjica. Potreba proširenja ispitivanja i dalje ka jugu, do Starog Kolašina, proistekla je iz istih geološko-metalogenetskih odnosa koji su pokrenuli sistematska geološko-geofizička istraživanja ležišta gvožđa u paleozoiku zapadne Srbije. U ovom paleozoiku očekuju se rudna ležišta gvožđa sa uglavnom slabo magnetičnim rudama, analogno nekim drugim paleozojskim regionima Jugoslavije gde su otkrivena značajna Fe ležišta.

Na području Golija—Stari Kolašin i ranije su izvođena aeromagnetska ispitivanja, 1975. godine, ali to su bila ispitivanja regionalnog karaktera. Izvršena su u sklopu regionalnih geološko-geofizičkih ispitivanja sa kojima je prekrivena cela teritorija SR Srbije (uključujući i SA Pokrajine). U ovim regionalnim ispitivanjima međumaršrutno rastojanje iznosilo je 2 km a relativna visina leta u proseku oko 500 m, što suviše prevazilazi optimalne metodološke elemente za istraživanje slabo magnetičnih ruda Fe.

Aeromagnetska merenja 1981. godine, (detaljna) izvedena su iz aviona AN-2 sa protonskim magnetometrom osetljivosti 0,1 nT, po maršrutama pravca zapad—istok, čije je međusobno rastojanje iznosilo 500 m.

Prosečna relativna visina leta bila je oko 300 m, stim što su merenja duž jedne maršrute izvedena sa iste apsolutne visine.

**Konsignacija anomalnog magnetskog polja**

Anamolno magnetsko polje ispitanog područja grafički je predstavljeno na datom prilogu u vidu izoanomala $\Delta T$ intenziteta sa minimalnom ekvidistancom 50 nT, saglasno stepenu javnosti geomagnetskih podataka, i pomoću simbolično prikazanih uzročnika pojedinih anomalija. Na aeromagnetskoj karti uz Izveštaj o izvršenim ispitivanjima (8) ekvidistanca iznosi svega 2 nT.

Na osnovu dobijenih aeromagnetskih podataka proističe da je geomagnetsko polje ispitanog područja relativno slabo poremećeno, naročito u južnom delu. Intenzitet anomalnog polja je uglavnom ispod 50 nT, pri približno podjednakoj zastupljenosti pozitivnog i negativnog polja. Ekstremne merene vrednosti $\Delta T$ intenziteta iznosi —110 i +400 nT. Po karakteru anomalnog polja, intenzitetu i prostranstvu anomalija, na ispitanom području mogu se izdvojiti tri dela: prostor Golije i delovi severno i južno od Golije.

Na prostoru Golije anomalno polje je izraženo sa dva osnovna maksimuma (Hajdučka voda—Preko brdo i Radulovac—Oštro brdo), intenziteta preko 100 nT, koja obavijaju zajedničke izoanomale obeležavajući pozitivno polje, po pružanju približno saglasno masivu Golije. U celini gledano ističe se svojom specifičnošću, markantnošću, u odnosu na ostale delove ispitanog područja koje razdvaja — severno i južno. Skoro u celini je sa severa i juga okruženo anomalnim poljem negativnog znaka. Negativno polje sa južne strane završava se na obodu Golije jednom jasno individualisanom negativnom anomalijom kod Muhova, intenziteta —20 nT. Pored dva pomenuta osnovna maksimuma zapaža se i više anomalija lokalnog karaktera, koje predstavljaju najintenzivnije delove ovih složenih maksimuma ili se pojavljuju na njihovim bokovima. Brojnije su u okviru maksimuma Radulovac—Oštro brdo, u kome su objedinjena dva relativno manja maksimuma sa izraženom različitom orijentacijom (Radulovac i Oštro brdo). Sa južne strane maksimuma Radulovac—Oštro brdo, na pravcu Dobrotin—Grot, karakteristična je pojava naizmeničnog smenjivanja uskih zona povišenog i sniženog anomalnog polja.

Na severnom delu, severno od Golije, približno podjednako rasprostranjenje imaju anomalna polja pozitivnog i negativnog znaka. Pozitivna polja zauzimaju u osnovi dva prostora: Ravna gora—Nešović—Brkovići—Parezani i Crepuljnik—Rudno, koje negativno polje razdvaja, proširujući se dalje ka Goliji i severoistoku. Tu i tamo u regionalnim pozitivnim i negativnim poljima prisutne su individualisane anomalije suprotnog znaka, koje pri grupisanju ocrtavaju mozaička anomalna polja (npr. širi rejon Mirilovca). Anomalije u prvo navedenom prostoru (Ravna gora—Parezani) dostižu maksimum intenziteta od svega dvadesetak nT, dok su u drugom intenziteti uglavnom preko 100 nT, u okviru koga je registrovan i pomenuti maksimum intenziteta u ispitivanom području u celini (400 nT). U prostranom negativnom polju, u kome se nalazi nekoliko individualisa-

nih pozitivnih anomalija od desetak nT, ispoljena su dva markantna minimuma, intenziteta —110 nT, koji sa juga i severa opasuju anomalije u prostoru Crepuljnik—Rudno.

Na južnom delu ispitanog područja, južno od Golije, anomalno polje je u celini negativnog znaka. Intenzitet je pretežno dvadesetak nT. Minimum intenziteta od —100 nT registrovan je na krajnjem jugoistočnom delu, u predelu Grubetića, na strukturi koja je ostala otvorena. Jednoličnost polja »razbijaju« tri relativna maksimuma, povećanja $\Delta T$ od nekoliko nT, od kojih su dva na prostoru Glogovik—Boginje—Smaluća, a treći na pravcu Tubretine—Znuša.

Na kraju ovog poglavlja ističemo da je prikazano anomalno polje područja Golija—Stari Kolašin u globalu saglasno sa ranije utvrđenim regionalnim aeromagnetskim ispitivanjima (5). Određene razlike u detaljima konfiguracije polja posledica su, naravno, različitog međumaršrutnog rastojanja i visine leta.

## Litološka priroda uzročnika magnetskih anomalija

Kao i prethodnih godina, pri aeromagnetskim istraživanjima ležišta gvožđa u paleozoiku zapadne Srbije nije neposredno vršena provera registrovanih anomalija. Interpretacija anomalnog magnetskog polja područja Golija—Stari Kolašin zasniva se na Osnovnoj geološkoj karti, zatim na iskustvima stečenim proverom anomalija ranije aeromagnetski ispitanih delova zapadne Srbije (područja B. Bašta—Požega i Požega—Ivanjica), posebno proverom anomalija susednog terena prema Ivanjici. Naravno, u interpretaciji anomalija koristilo je i opšte poznavanje magnetskih karakteristika stena kakve izgrađuju ispitano područje.

Bazirajući se na svim raspoloživim geološko-geofizičkim podacima došli smo do zaključka da su osnovni uzročnici anomalnom polju tercijarni magmatiti, baziti i paleozojski škriljci. Evidentan doprinos poznatih rudnih ležišta sa magnetitom je neznatan, a nisu veliki izgledi da je neka od anomalija izazvana prekrivenim ili dosada nepoznatim orudnjenjima. Tercijarni magmatiti, a to znači granitoidi i vulkaniti (kvarclatiti, fenoliti), se iskazuju u različitom stepenu magnetičnosti: pojedine partije čak iste mase su prilično namagnetisane, dok su druge praktično nemagnetične. Baziti — serpentiniti, gabrovi i dijabazi, se odlikuju pretežno višim magnetskim susceptibilitetom. Magnetoaktivni članovi paleozojskih škriljaca su hloritski i drugi škriljci sa mestimičnim impregnacijama magnetita. Uzročnici magnetskih anomalija su u potpunosti otkriveni u recentnom erozionom nivou — baziti, paleozojski škriljci, vulkaniti ili delimično izdanjuju na površini terena — grantoidi, ne isključujući eventualno postojanje prekrivenih subvulkanskih intruziva.

Anomalno polje na prostoru Golije uslovili su u osnovi bez sumnje tercijarni magmatiti. Manji doprinos postojanju polja doprinela su verovatno i skarnovska orudnjenja sa magnetitom. Proučavajući ranije regionalne aeromagnetske podatke izrazili smo mišljenje da prostrana geološka anomalija sa dva osnovna maksimuma $\Delta T$ indicira dve intruzivne mase, koje su u dubljim delovima objedinjene u jedan plutonit (6). Tog shvatanja

smo i sada, bez obzira što ni pri detaljnim ispitivanjima pojedini izrađeni delovi granitoida nisu posebno magnetski istraženi (intenzivnije su izmenjeni ili se od postanka po magnetičnosti razlikuju od osnovne mase intruziva — plutonita). Sudeći po prostornom odnosu vulkanitskih masa na površini terena i anomalija, proizilazi da su ovdašnji vulkaniti pretežno slabije magnetični i da je njihov udeo postojanju anomalnog polja dosta manji. Može se očekivati da je doprinos vulkanita nešto više izražen kroz uticaj prekrivenih manjih subvulkanskih intruziva. Evidentan uticaj vulkanita, i to reversno namagnetisanih, ispoljen je individualisanom negatinom anomalijom kod Muhova. I neke druge anomalije lokalnog karaktera koje prostorno koincidiraju sa vulkanitima mogu se njima pripisati, isto kao što su lokalne promene $\Delta T$ prostorno vezane za poleozojske škriljce verovatno uslovljene magnetoaktivnim članovima škriljaca. S obzirom da neke lokalne anomalije mogu biti i proizvod svakovrsnih orudnjenja ili indirektno ukazati na prisustvo dugih, nemagnetičnih orudnjenja, biće potrebno da se za pouzdanu odredbu prirode i metalogenetskog značenja uzročnika izvrši provera. O potencijalno interesantnim anomalijama sa rudnog aspekta biće više reči u narednom poglavlju.

Na severnom delu aeromagnetski ispitanog područja, severno od Golije, anomalije su izazvane bazitima, tercijarnim vulkanitima i paleozojskim škriljcima, delimčno Fe orudnjenjima. Baziti su uslovili po intenzitetu najveću anomaliju područja, anomalno polje na prostoru Crepuljnik—Rudno i delimično anomalije u rejonu Mirilovca. Maksimumi anomalija su razmešteni zavisno od magnetskog susceptibiliteta pojedinih delova bazita i morfologije terena, odnosno relativne visine leta aviona. Pojavu bazita uslovio je dubinski razlom koji razgraničava Vardarsko-šumadijsku zonu na istoku od Paleozojske oblasti na zapadu. Tercijalni vulkaniti izazvali su svakako one anomalije koje su prostrano vezane za njih (Parezani, Nešovići, Brkići — v. prilog). Očito je da su vulkaniti heterogeno namagnetisani i da su magnetični vulkaniti prostorno u podređenom položaju u odnosu na praktično nemagnetične. Paleozojski škriljci izazvali su manje promene $\Delta T$ intenziteta na prostoru Ravna gora—Okruglica i delimično u rejonu Mirilovca (Radočelo) gde su ranije utvrđena i orudnjenja Fe sa magnetitom.

Na južnom delu područja, južno od Golije, anomalno polje slabog intenziteta i negativnog znaka posledica je geološko-strukturnih odnosa šireg regiona, kako gornjeg tako i donjeg dela Zemljine kore. Tri postojeća relativna maksimuma $\Delta T$ na prostoru Glogovik—Boginje—Smaluća i na pravcu Tubretine—Znuša uslovili su najverovatnije magnetoaktivni članovi djabaz-rožnačke formacije, odnosno paleozojskih škriljaca.

## O rudno-perspektivnim terenima

U okviru terena prikazanog aeromagnetskom kartom, koji sa severne strane nešto preklapa ranije ispitano područje (Požega—Ivanjica), dosadašnjim istraživanjima otkriveno je više rudnih pojava Fe, Pb—Zn i W (v. prilog), ali bez iskazane veće vrednosti. Pojave Fe predstavljene su oolitskim mineralizacijama na Radočelu (Mirilovac), zatim orudnjenjima

hematita u permotrijaskim sedimentima kod Skenderovca, magnetita u kontaktnoj zoni granitoida i predelu Radulovca na Goliji i limonitsko-hematitskim orudnjenjima u tvorevinama dijabaz-rožnačke formacije i u trijaskim sedimentima na prostoru Živce—Kovači (Stani Kolašin). Pojave Pb—Zn, hidrotermalne rude vezane za tercijarni magmatizam, otkrivene su na prostoru Pridvorice—Radojevići—Dragojlovići i neposredno uz granitsku intruziju u predelu Crnog Vrha na Goliji. Brojne pojave W (šelita) utvrđene su takođe u kontaktnom omotaču granitoida Golije.

Od poznatih orudnjenja aeromagnetski su direktno indicirane jedino pojave Fe sa magnetitom, što je i razumljivo s obzirom na njihove magnetske karakteristike. Zato se na bazi aeromagnetskih podataka može dati ocena o značaju do sada otkrivenih orudnjenja Fe sa magnetitom, kao i izgledima da se slična otkriju u drugim predelima. Po pitanju drugih sirovina iz aeromagnetskih podataka indirektno proizilaze izvesna saznanja; kroz anomalno polje sagledavaju se određeni geostrukturni odnosi i metalogenetske karakteristike ispitanog područja.

Ocenu Fe pojava na Radočelu izrekli smo u Izveštaju o aeromagnetskim ispitivanjima na području Požega—Ivanjica, kojima su takođe većim delom bile obuhvaćene. Tom prilikom smo naveli: »Orudnjenja Fe na Radočelu ne mogu se na osnovu aeromagnetskih podataka oceniti kao značajna, bar što se tiče sadržaja magnetita — anomalije su i po prostranstvu i po intenzitetu neznatne. S obzirom da je realno očekivati da je magnetit manje ili više prisutan u svim delovima rudne mase, i tako ovu čini magnetski detektabilnom, s velikom verovatnoćom zaključak o neperspektivnosti može se proširiti i na hematitsko-limonitsku rudu kao vodeću u rudnoj supstanci« (7). Pri ovom shvatanju ostajemo i dalje.

Odsustvo anomalija visokog intenziteta i u drugim delovima aeromagnetski ispitanog područja siguran je pokazatelj odsustva značajnijih magnetitskih ležišta. Eventualno prisustvo manjih skarnovskih ležišta sa magnetitom može se očekivati na lokalnim povećanjima $\Delta T$ u okviru Golijske anomaije — kontaktnog omotača granitoida. S tim u vezi ove bi anomalije trebalo prethodno proveriti (Radulovac i dr.).

Hematitska i limonitsko-hematitska orudnjenja post paleozojske starosti kod Skenderovca, odnosno na prostoru Žirce—Kovači, ne samo što se nisu magnetski odrazila već ne pripadaju ni određenoj regionalnoj magnetskoj strukturi, tako da se o njihovom eventualnom perspektivnom prostoru ne može ni indirektno suditi. Nešto severnije od Žirce—Kovači, u rejonu Smaluće, nalazi se relativni maksimum $\Delta T$, ali koji je najverovatnije isključivo stenskog karaktera i bez izgleda je da i posredno obeležava rudonosnu strukturu. Hematitske, limonitske i druge praktično nemagnetične Fe rude u paleozojskim škriljcima, kakve se javljaju na području B. Bašta—Požega i uglavnom zbog kojih su započeta sistematska geološko-geofizička istraživanja ležišta Fe u zapadnoj Srbiji, mogu se uslovno očekivati na anomalijama čije terene izgrađuju paleozojske tvorevine sa hloritskim škriljcima. Optimizam je realan jedino ukoliko je opravdano uverenje o postojanju ovakvih ležišta u prostorima hloritskih škriljaca (R. Popović, 1976—1981), koje odlikuje povišeni magnetski susceptibilitet.

U pogledu drugih mineralnih sirovina (Pb—Zn, W i dr.) na bazi aeromagnetskih podataka proizilaze neki zaključci opšteg karaktera.

Pre svega istakli bi, ustvari ponovili ranije izneto shvatanje zasnovano na regionalnim aeromagnetskim podacima (6), da se prostor pretpostavljenog granitoidnog plutonita Golije može smatrati potencijalno rudonosnim, prvenstveno u pogledu Pb—Zn ležišta i da ga kao takvog treba poluregionalno ispitati. Na bazi dobijenih podataka izvršilo bi se sužavanje prostora za dalja, detaljna istraživanja i sagledala bi se eventualna potreba proširenja ispitivanja i na relativno većoj daljini od plutonita. Po do sada otkrivenim rudnim pojavama deo magnetskog maksimuma Radulovac—Oštro brdo se iskazuje kao najperspektivniji teren.

Proverom aeromagnetskih anomalija na području Požega—Ivanjica, registrovanih ranijim ispitivanjima, konstatovano je da »vulkanitske« anomalije mogu biti interesantne sa aspekta Pb—Zn, Sb i dr. i kao takve predložene su za detaljnija istraživanja (R. P o p o v i ć, 1980). Saglasno ovome, i »vulkanitske« anomalije područja Golija—Stari Kolašin predložene su za prethodnu proveru. Posebno bi trebalo obratiti pažnju na anomaliju izazvanu reversno namagnetisanim vulkanitima kod Muhova, s obzirom da su na nekim drugim terenima (Srebrenice i dr.) u širem domenu reversno namagnetisanih vulkanita utvrđena značajnija Pb—Zn orudnjenja. U svakom slučaju treba ispitati da li i u kojim slučajevima postoji genetska i prostorna veza između magnetičnih tercijarnih vulkanita i rudnih ležišta. Ima izgleda da su neke anomalije posledica kombinovanog uticaja vulkanita i paleozojskih škriljaca, tako da je uputna provera bilo zbog ležišta gvožđa bilo zbog ležišta drugih sirovina.

Sa aspekta rudnih ležišta potencijalno interesantne anomalije, koje su kao takve predložene za određena ispitivanja, naznačene su na datom prilogu.

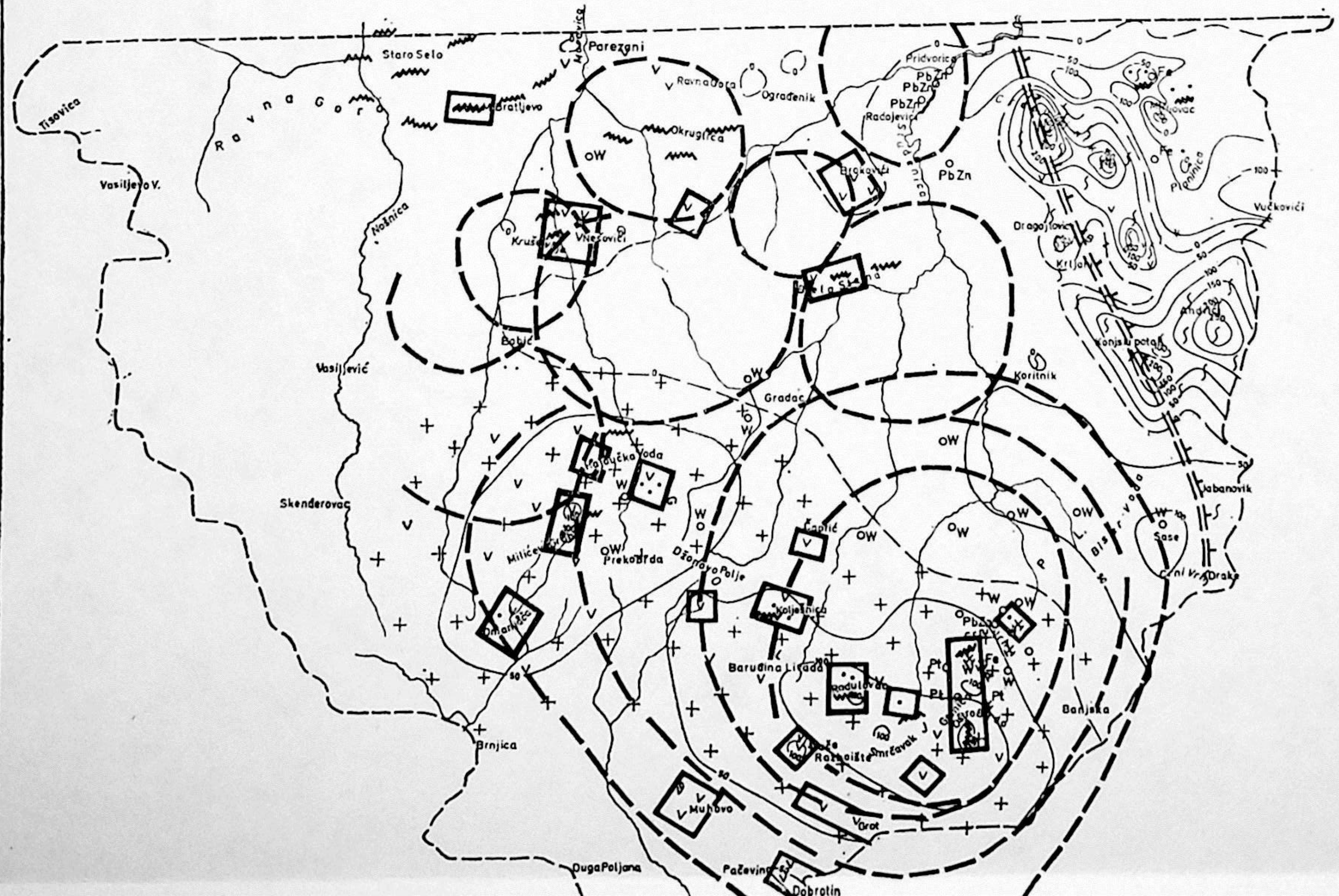
Širem području Golije rudnu interesantnost nesumnjivo daju i brojne prstenaste strukture. Na aeromagnetsko-strukturnoj karti (v. prilog) obeležili smo prstenaste strukture, one koje proizilaze po vulkanitskim masama u recentnom erozionom nivou. Zapaža se da je nekoliko prstenastih struktura koncentrično raspoređeno u odnosu na maksimum $\Delta T$ na prostoru Radulovac—Oštro brdo i da su ostali raspoređeni sa severne strane granitoidnog plutonita. Pri sada raspoloživim podacima nismo uspeli iz odnosa anomalnog magnetskog polja, prstenastih struktura i poznatih rudnih pojava (raspoređenih takođe sa severne strane plutonita) ustanoviti orudnjeniju međusobnu vezu (prostornu i dr.) koja bi olakšala selekciju rudno-perspektivnih terena. Vrlo verovatno da bliža veza postoji i treba nastojati da se ona u kontekstu nadalje prikupljenih podataka otkrije i adekvatno iskoristi u istraživanju skrivenih rudnih ležišta.

Na kraju bi istakli da u okviru anomalnog polja izazvanog bazitima, na prostoru Crepuljnik—Rudno, ima određenog opravdanja istraživati ležišta magnezita i hromita. Na osnovu dosadašnjeg našeg iskustva proizilazi da ležišta magnezita treba istraživati u delovima serpentinita koje karakteriše sniženo anomalno polje, a hromitska u serpentinitima obeleženim magnetskim maksimumima.

# AEROMAGNETSKA-STRUKTURNA KARTA PODRUČJA GOLIJA-STARI KOLAŠIN

## AEROMAGNETIC-STRUCTURAL MAP OF GOLIJA-STARI KOLAŠIN AREA

1Km 0 1Km



## ZAKLJUČAK

1. Aeromagnetska ispitivanja na području Golija—Stari Kolašin izvedena su 1981. godine. Predstavljaju nastavak i završetak aeromagnetskih istraživanja ležišta gvožđa u paleozoiku zapadne Srbije, započetih 1976. godine sa severozapada. Merenja totalnog intenziteta magnetskog polja Zemlje izvršena su protonskim magnetometrom, pri međumaršrutnom rastojanju 500 m i prosečnoj relativnoj visini od oko 300 m.

2. Dobijeni aeromagnetski podaci ukazuju da je geomagnetsko polje ispitanog područja relativno slabo poremećeno, naročito u južnom delu. Intenzitet anomalnog polja je uglavnom ispod 50 nT. Ekstremne merene vrednosti $\Delta T$ intenziteta su —110 i +400 nT.

3. Prema raspoloživim podacima (geološkim kartama i dr.) proizilazi da su osnovni uzročnici magnetskih anomalija tercijarni magmatiti, baziti i paleozojski škriljci. Praktično svi uzročnici izdanjuju na površini terena. Po anomalnom polju sagledavaju se određene karakteristike geološko-strukturnog sklopa ispitanog područja. Poseban geostrukturni značaj aeromagnetskih podataka se ogleda u indiciranju i prostornom determinisanju granitoidnog plutonita Golije.

4. Proučavajući aeromagnetske podatke sa aspekta selekcije rudno-perspektivnih terena, imajući pri tome u vidu i rezultate dosadašnjih geološko-geofizičkih istraživanja ležišta gvožđa u paleozoiku zapadne Srbije, došlo se do zaključka da bi neke magnetske strukture mogle direktno ili indirektno ukazivati na postojanje ležišta Fe i drugih mineralnih sirovina. Ove strukture treba svakako prethodno proveriti, odnosno poluregionalno ispitati (v. prilog).

Predato za štampu 17. I 1983.

Recenzent prof. dr Ranko Mužijević

## LITERATURA

1. Grupa autora, 1977: OGK SFRJ i Tumač list Ivanjica. ZGGI, Beograd.
2. Grupa autora, 1980: OGK SFRJ i Tumač list Sjenica. Ibid.
3. Popović, R., 1980: Prethodna provera i selekcija aeromagnetskih anomalija u Ivanjičkom paleozoiku (zapadna Srbija). Poglavlje izveštaja o geološko-geofizičkim istraživanjima rude gvožđa u paleozoiku zapadne Srbije, FSD Geoinstitut, Beograd.
4. Popović, R. i dr., 1981: Studija proterozoika i paleozoika Srbije kao potencijalnih nosioca ruda gvožđa. B. Zapadna Srbija. Ibid.
5. Vukašinović, S., 1976: Izveštaj o aeromagnetskim ispitivanjima na terenu JZ Srbije. Ibid.
6. Vukašinović, S., 1977: Geostrukturni sklop i rudnoperspektivni tereni zapadne Srbije kroz podatke aeromagnetskih ispitivanja. Zapisnici SGD, Beograd.
7. Vukašinović, S., 1978: Izveštaj o aeromagnetskim istraživanjima ležišta gvožđa na području Požega—Ivanjica. FSD Geoinstituta, Beograd.
8. Vukašinović, S., Banović, Ž., 1982: Izveštaj o aeromagnetskim istraživanjima ležišta gvožđa na području Golija—Stari Kolašin. Ibid.

## Summary

# RESULTS OF AEROMAGNETIC INVESTIGATION OF ORE DEPOSITS IN GOLIJA—STARI KOLAŠIN AREA

by

Slobodan Vukašinović*)

and

Žoržet Banović*)

The aeromagnetic investigation of Golija—Stari Kolašin area were conducted in 1981, and represent the final phase of aeromagnetic exploration of iron deposits in Paleozoic rocks of Western Serbia, which started in NW of this region in 1976. The total Earth's magnetic field intensity has been surveyed by a proton magnetometer; the flight-lines were spaced by 500 meters, and the relative ground clearance was about 300 meters.

The geomagnetic field of Golija—Stari Kolašin area in only slightly distributed, particularly in the southern parts of this area. The anomalous field is usually less than 50 nT. The extreme values of $\Delta T$ intensity were —110 and +400 nT.

According to the available geological data (maps and similar), the main sources of magnetic anomalies are the Tertiary magmatic rocks, basic rocks and the Paleozoic schists. The anomalous field indicates also the characteristics of geological and structural features of investigated area. Of particular geostructural importance are the aeromagnetic data indicating the spatial position of the granitic pluton of Golija.

When the aeromagnetic data are considered in respect of selecting the potential ore-bearing spaces, und within the context of the results of geological and geophysical explorations conducted so far in the Paleozoic rocks of Western Serbia, it can be concluded that some the magnetic structures can directly or indirectly indicate the presence of iron and other mineral deposits. These structures should be covered by a preliminary investigation (see the enclosure).


*) Geoinstitut, Beograd, Rovinjska 12

R A D O V I Geoinstituta, knjiga 16, god. 1983., Beograd.
P R O C E E D I N G S of Geoinstitute, vol. 16, 1983, Belgrade.

УДК 519.2:546.34:552.3(497.11)
Оригинални научни рад

Милорад Арсенијевић

# О СПЕЦИЈАЛИЗАЦИЈИ НА ЛИТИЈУМ НИЗА ГРАНИТОИДА У СРБИЈИ

(са 16 слика — графика и 10 таблица)

Кључне речи: Геохемија, гранитоиди, расподела Li, специјализација на Li, минералне воде.

Извршено је специјално проучавање расподеле Li у одређеном броју масива Србије у глобалном, регионалном и локалном смислу по типовима стена. Расподела је посматрана у циљу извођења коефицијената специјализације ($K_{sp}$) магме и њене литијумоносности. Помоћу $K_{sp}$ издвојени су првенствено церски а затим и букуљски гранитоиди. У церском масиву је запажена незнатна акумулација Li према пегматитима уз расејавање Li и других елемената (Sn, Be, Nb) у дволискунским гранитима и осталим продуктима.

Код букуљских гранитоида, упркос обогаћењу литијумом, изражено је његово силно расејавање, а такође и неких као Sn, Be, Nb и других састојака, у процесу грајзенизације.

Разматрањем методике изучавања специјализациіе гранитоида на Rb запазило се да у таквом тумачењу, у извесној мери, могу да се заокруже глобалне законитости и истакну регионалне и локалне особености гранитоидног магматизма (2, 3 . . .). У томе смислу, разматраће се и понашање садржаја Li а касније и других микроелемената. Првенствено литијум биће анализиран у ускоj вези са кретањем односа K/Rb или, у неким случајевима, и са Na/K како би се сагледали и утицаји главног хемијског састава, односно алкалитета, на кретање садржаја Li у процесу диференцијације магме и стварања гранитоида у времену и простору. Без обзира до кога се степена дошло у познавању стварног распореда литијума у природним условима наше територије, значајно је да се нагласи да овакво уобличавање ствара општу слику његове дистрибуције. У ствари, иако су до данас углавном упознати главни простори појављивања минерала овога и других елемената, потребно је да се на општи корелативан начин тумачења нагласе услови местимично јачег расејавања или слабијег концентрисања Li у виду појава минерала у посматраним областима.

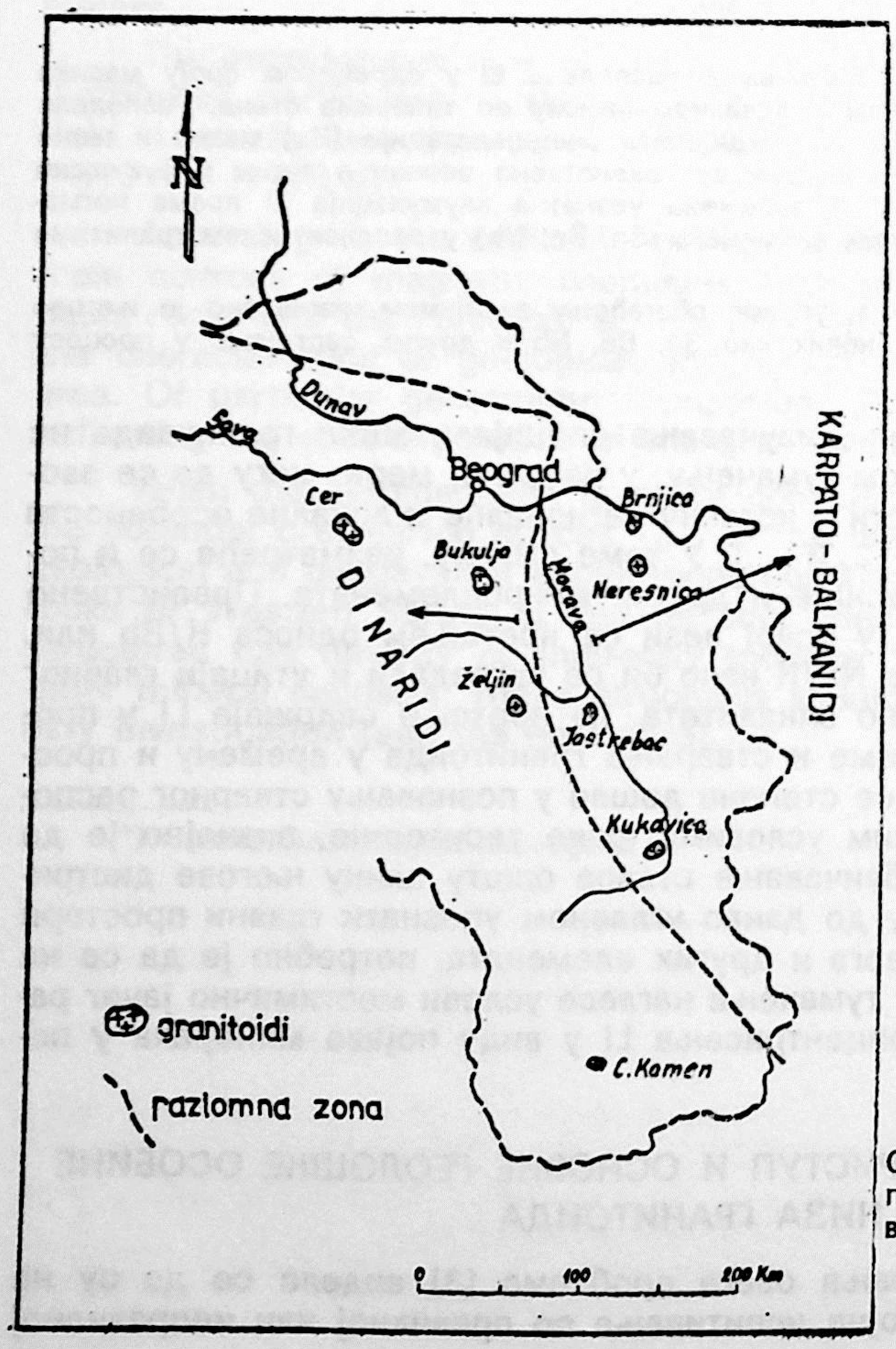
## ОПШТИ МЕТОДСКИ ПРИСТУП И ОСНОВНЕ ГЕОЛОШКЕ ОСОБИНЕ НИЗА ГРАНИТОИДА

Из ранијег разматрања овога проблема (3) видело се да су на гранитоидима вршена бројна испитивања по правилној или неправилној

мрежи. Обраду података о минералном саставу и хемизму стена обавили су: С. Дивљан, В. Ћебић, М. Цукуљан, Н. Креминац и др.), а на овој проблематици су радили и многи други истраживачи у прошлости (4—7, 10—11, 13—16, 18—21).

У овом случају, вршене су спектрохемијске анализе литијума (М. Арсенијевић), као и хемијска провера резултата (З. Червењак, Г. Мартиновић и др.). Осим тога, садржај K и Na одређиван је путем атомске абсорпције (З. Червењак, Г. Мартиновић и др.).

При проучавању и геохемијском тумачењу (М. Арсенијевић) обухваћени су гранитоиди Динарске провинције и то гранитоиди Цера, Букуље, Жељина, Јастребца, Кукавице, Црног Камена (Прилеп), као и упоредне области СИ Србије, односно Брњица, Нересница, Рудна Глава (Карпато-балканска геохемијска провинција).




Сл. 1 — Прегледна карта распореда масива по К. Петковићу (редуковани подаци) (10).

У области Цера гранитоиди су раније петролошки разврстани као гранодиорити, дволискунски гранити и пегматити. На Букуљи су захваћени било мусковитски, дволискунски или биотитски гранити представљајући једну популацију, а другу популацију чине пегматити. Масив Жељина је узет углавном као регион а слично њему и јастребачки гранодиоритски масив. Област Кукавице представља крупнозрни и ситнозрни гнајс-гранит (аплитоидни). Масиви Брњице, Нереснице и делом Рудна Глава сврстани су у јединствену скупину за изучавање просечне расподеле литијума.

На овим гранитоидима урађено је 25 корелационих анализа (М. Арсенијевић, М. Дромњак), а које су приказане на неким графицима (Љ. Јовановић). Употребљени су индекси X-log. односа K:Rb, Y-log садржаја Li, $\overline{X}$ и $\overline{Y}$ — средње вредности, $\delta x$ и $\delta y$ — варијације око X и Y, „a'' — тангенс угла регресионе праве, r — коефицијент корелације, $r_{kr}$ — ниво важности на 5% грешке, D — грешка $Y_c$, $K_{sp}$ — коефицијент специјализације, K. — горња граница значаја $K_{sp}$ и $K_b$ — доња граница (—), N — број узорака, Sy — варијација око функције и df — степени слободе.

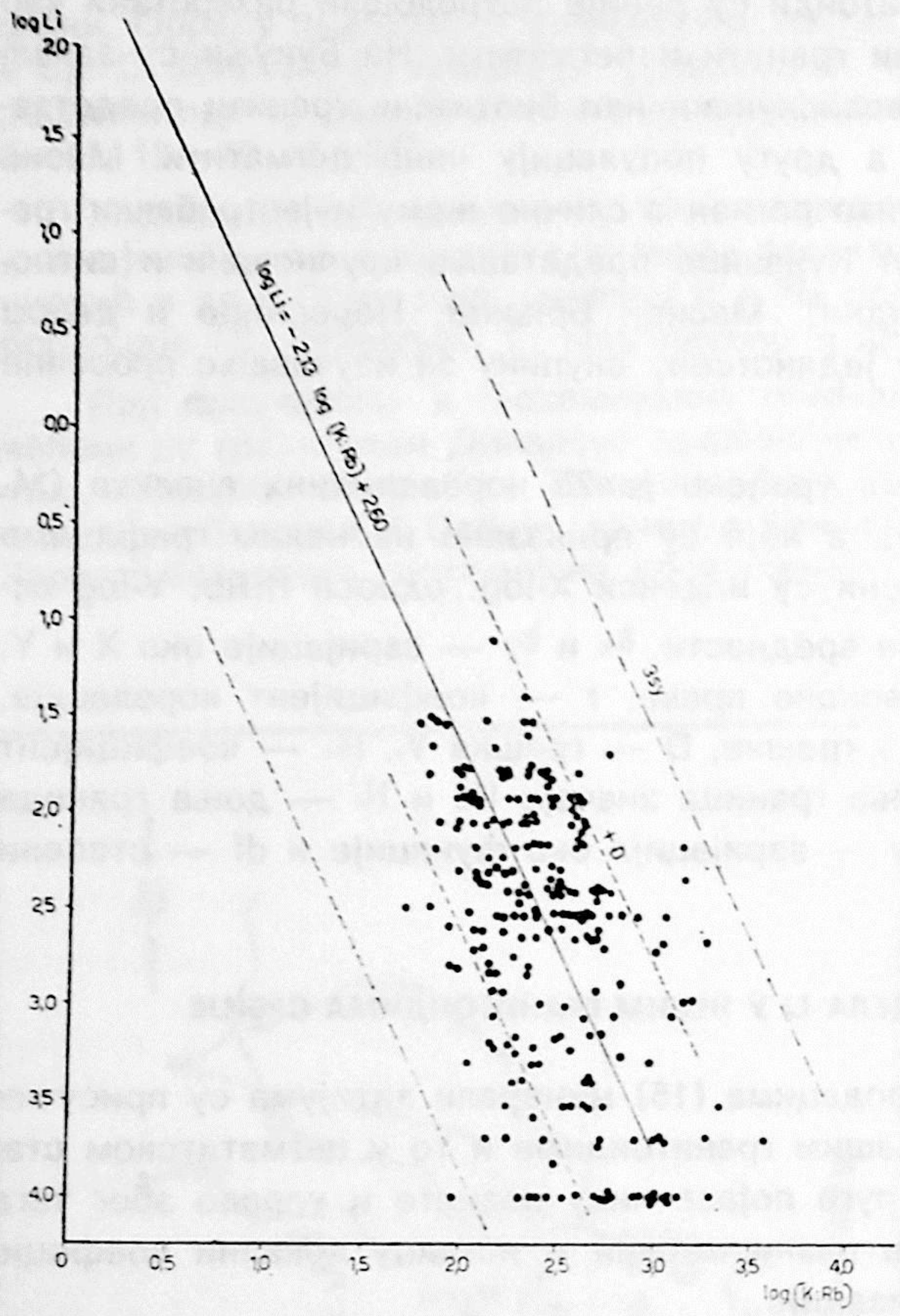
## ГЛОБАЛНА РАСПОДЕЛА Li У НЕКИМ ГРАНИТОИДИМА СРБИЈЕ

Према досадашњим подацима (15) минерали литијума су присутни само као ретка појава у нашим гранитоидима и то у пегматитском стадијуму у региону Цера. Друге појаве нису познате и управо због тога је значајно да се упореде разни масиви и истакну локални коефицијенти евентуалне специјализације.

Гранитоиди Србије, обухваћени овом анализом, садрже Li у границама од 1 до 800 g/t. Средња вредност $\overline{Y}=23$ gr/t Li (из $\Sigma$N-log y и $\Sigma$N) а $\overline{X}=281$ (из $\Sigma$N-log x K/Rb и $\Sigma$N). Расподела садржаја је испитана преко једначине:

$$\log Li = -2{,}13 \log (K:Rb) + 2{,}60 \qquad (1)$$

при чему је коефицијент корелације $r_1=0$. То значи да зависност расподеле литијума у овим гранитоидима не подлеже законитости кристализационе диференцијације, јер је $r_1<r_2<r_3$. Напротив, присутно је јако растурање иако се цело поље тачака налази под извесним нагибом због промене односа K:Rb који адекватно не прати садржаји литијума. То се посебно огледа у појави да ниске односе K/Rb следе и крајње ниски садржаји литијума или повишеним вредностима K/Rb одговарају исто тако ниске вредности овога састојка, што се не може очекивати у случају повезаности са K и рубидијумом.




Сл. 2 — Корелација log (K: :Rb):log Li у гранитоидима (Србија).

Таблица 1. — Статистички параметри Li за глобалну расподелу у низ гранитоида у Србији.

| N | X (Iz Σn u log K/Rb) | Y (Iz Σn u log Li) | δX | δY | a | $r_v$ | $r_{kr}$ (5%) | ±D | t5% | 3Sy |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 244 | 2,45 (281) | —2,62 (0,0023%) | 0,3399 | 0,7220 | —2,13 | 0,0 | —0,14 | 1,02 | 1,96 | 2,19 |

При овоме треба да се истакне да се регионални фактори значајно одражавају на укупној расподели у виду поменутог растурања садржаја Li. На ово, може да се напомене, вероватно утичу регионални и локални концентрациони нивои садржаја Li а сигурно је да у томе учествују гранитизациони, гнајзенизациони и чак алтерациони процеси. Ови главни чиниоци, уствари, значајно утичу и на одсуство зависности пара K/Rb:Li (Таблица 1, Сл. 2).

Понашање садржаја Li у магматским процесима на овим просторима треба да се посматра и на линији кретања садржаја K и Na, односно њиховог односа, и то преко једначине:

$$\log Li = -2{,}58 \log (Na:K) - 2{,}76 \qquad (2)$$

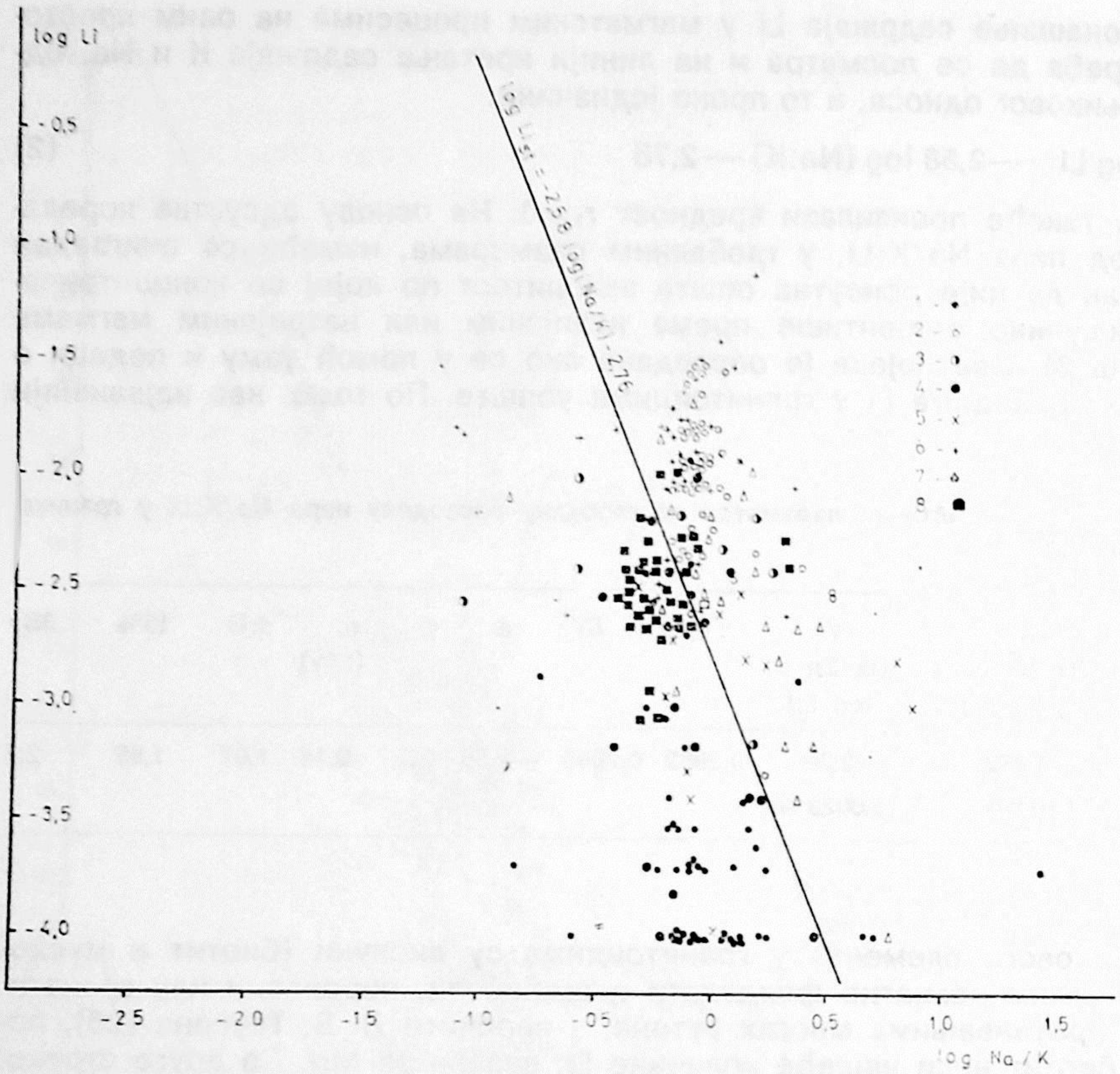
из које такође произилази вредност $r_1 = 0$. На основу одсуства корелације код пара Na/K:Li, у глобалним размерама, намеће се очигледан закључак да није присутна општа законитост по којој се концентрисање искључиво оријентише према калијским или натријским магмама (Таблица 2). Ова појава је оправдана ако се у помоћ узму и подаци о главним носиоцима Li у гранитоидима уопште. По томе, као најважнији

Таблица 2. — Статистички параметри за глобалну расподелу пара Na/K:Li у гранитоидима Србије.

| N | $\overline{X}$ (Iz Σn u log Na/K) | $\overline{Y}$ (Iz Σn u log Li) | δX | δY | a | $r_v$ | $r_{kr}$ (5%) | ±D | t5% | 3Sy |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 238 | —0,062 (0,87) | —2,62 (0,0023%) | 0,2859 | 0,7395 | —2,58 | 0,0 | 0,14 | 1,07 | 1,96 | 2,7 |

носиоци овога елемента у гранитоидима су лискуни (биотит и мусковит), а затим незнатно фелдспати и амфиболи, пироксени или гранати. Према проучавањима многих аутора, а нарочито Л. В. Таусона (25), посебно биотит носи највеће количине Li, везане за Mg. Са друге стране, наша испитивања (М. Арсенијевић 1968) су утврдила да постоји висока корелација Mg:Li у биотиту, односно јасна кристалохемијска зависност ових састојака у биотитима, а не у стени. Према томе, колебање садржаја литијума у овим гранитоидима уско је повезано и са варијацијама садржаја биотита у њима, као и мусковита, и што је од посебног значаја — од степена хидротермалних или епигенетских промена. Нарочито ови процеси који су проучени на неким нашим гранитоидима, односно на биотитима (М. Арсенијевић, 1968;5), показују да садржај литијума у свежим биотитима достиже и десети део процента, док у изразито измењеним силази до 0,003%, а праћени су изношењем низа других елемената.

С обзиром на све поменуте чињенице, изразито висока дисперзија садржаја литијума онемогућава било какву корелацију K/Rb:Li или Na/K:Li кроз гранитоиде имајући у виду глобалну расподелу ових састојака у њима. При томе, сигурно може да се истакне подређеност расподеле регионалним и локалним чиниоцима (2), који утичу да се на дијаграму глобалне расподеле односа log Na/K:log Li примећује само блага оријентација пораста садржаја Li према калијумовом или натријумовом карактеру магме. Све се то просечно одражава на одсуству праве корелације у једном или другом смислу (Сл. 3).




Сл. 3. — Корелација пара Na/K:Li у гранитоидима (Србија).

## Регионална расподела литијума

Размотре ли се особине регионалне расподеле Li, потребно је да се истакну и особености наглашене распонима садржаја по масивима без обзира на врсте стена у комплексима (Таблица 3).

Таблица 3 — Распони садржаја Li по гранитоидним комплексима Србије.

| Регион | Li g/t од — до |
|---|---|
| — Цер | 1—225 |
| — Букуља | 25—800 |
| — Жељин | 1—100 |
| — М. Јастребац (гранодиорити) | 5—316 |
| — Кукавица | 1—40 |
| — СЕ Србија (Брњица, Нересница, Р. Глава) | 1—316 |
| — Црни Камен (Прилеп, Македонија) | 2—50 |

Из тога је очигледно да је дисперзија садржаја у масивима значајна а разлике између масива изразите. Ова појава се оштро изражава посебно кроз геометријске средине литијума (Таблица 4). Услед тога, концентрисање овога састојка, односно литијумоносност ових гранитоида биће посматрана у оквиру зависности парова K/Rb:Li и коефицијента специјализације ($K_{sp}$).

Таблица 4. — Главни статистички параметри регионалне корелације односа log (K:Rb): log Li у гранитоидима, Србије.

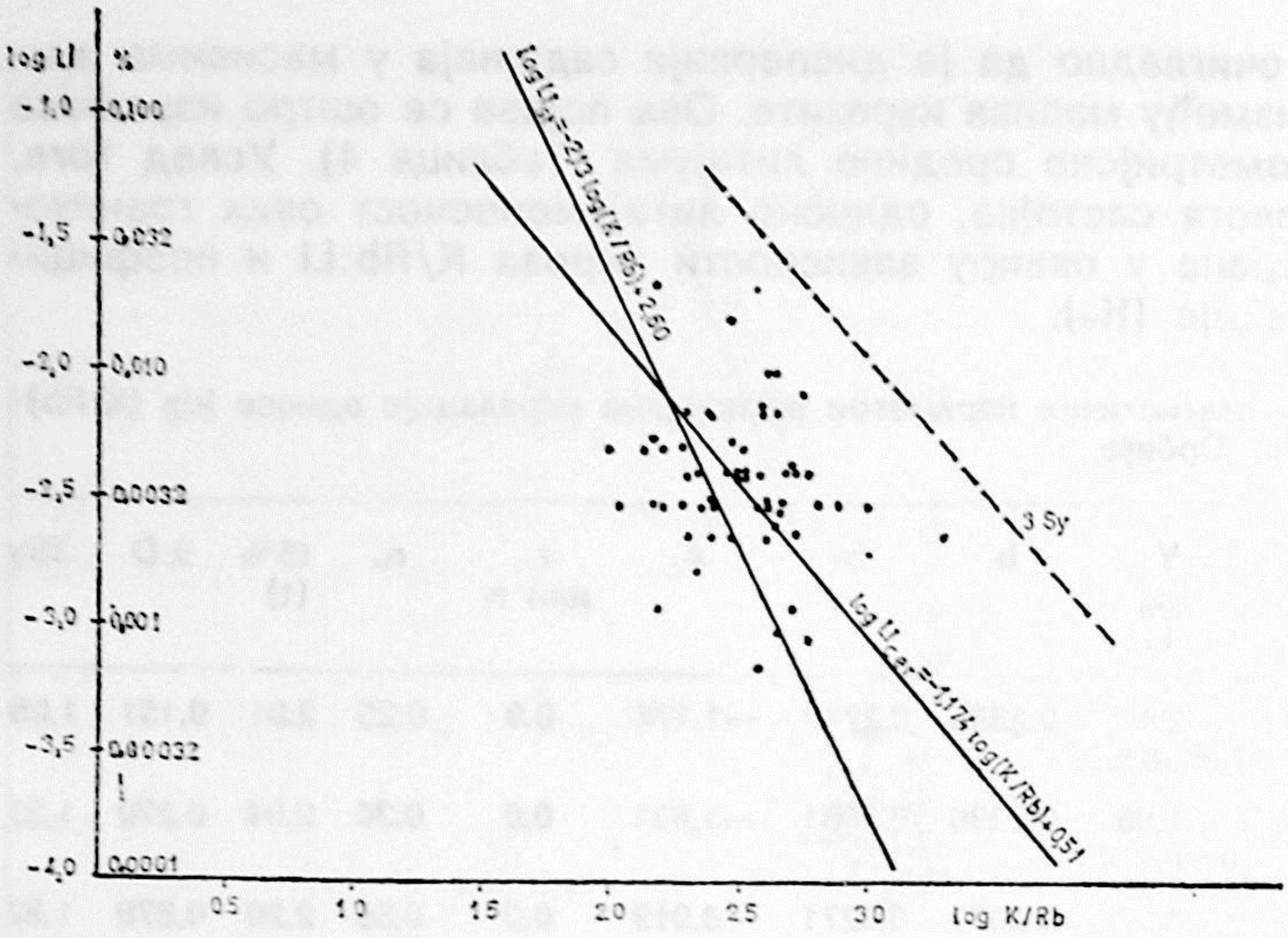
| Регион | N | $\bar{X}$ log K/Rb | $\bar{Y}$ log Li | $b_x$ | $b_y$ | a | $r_v$ или $r_1$ | $r_{kr}$ | t5% (t) | ±D | 3Sy |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Цер | 60 | 2,51 (323) | —2,44 (0,0036%) | 0,2335 | 0,2742 | —1,174 | 0,0 | 0,25 | 2,01 | 0,151 | 1,05 |
| Букуља | 33 | 2,37 (234) | —1,96 (0,0109%) | 0,2238 | 0,3651 | —1,631 | 0,0 | 0,36 | 2,04 | 0,270 | 1,23 |
| Жељин | 12 | 2,44 (275) | —3,02 (0,00095%) | 0,2077 | 0,6271 | —3,019 | 0,0 | 0,55 | 2,20 | 0,870 | 1,92 |
| Јастребац | 54 | 2,25 (178) | —2,01 (0,0098%) | 0,3054 | 0,3190 | —1,040 | 0,0 | 0,27 | 2,01 | 0,210 | 1,00 |
| Кукавица | 46 | 2,77 (589) | —3,62 (0,00024%) | 0,2841 | 0,4651 | —1,637 | 0,0 | 0,29 | 2,02 | 0,440 | 1,80 |
| СИ Србија | 20 | 2,25 (178) | —2,86 (0,0014%) | 0,3967 | 0,2749 | —1,322 | 0,0 | 0,44 | 2,09 | 0,570 | 1,95 |
| Црни Камен (Прилеп) | 15 | 2,22 (166) | —3,07 (0,00085%) | 0,0186 | 0,1365 | —2,590 | —0,30 | —0,51 | 2,13 | 0,042 | 1,01 |

Корелација односа K/Rb:Li се јасно сагледава преко следећих једначина:

log Li Цер = —1,1174 log (K:Rb) + 0,51 (2)
log Li Букуља = —1,631 log (K:Rb) + 1,952 (3)
log Li Жељин = —3,019 log (K:Rb) + 4,56 (4)
log Li Јастребац = —1,04 log (K:Rb) + 0,31 (5)
log Li Кукавица = —1,637 log (K:Rb) + 0,931 (6)
log Li СИ Србија = —1,322 log (K:Rb) + 0,110 (7)
log Li Ц. Камен = 2,59 log (K:Rb) + 2,68 (8).

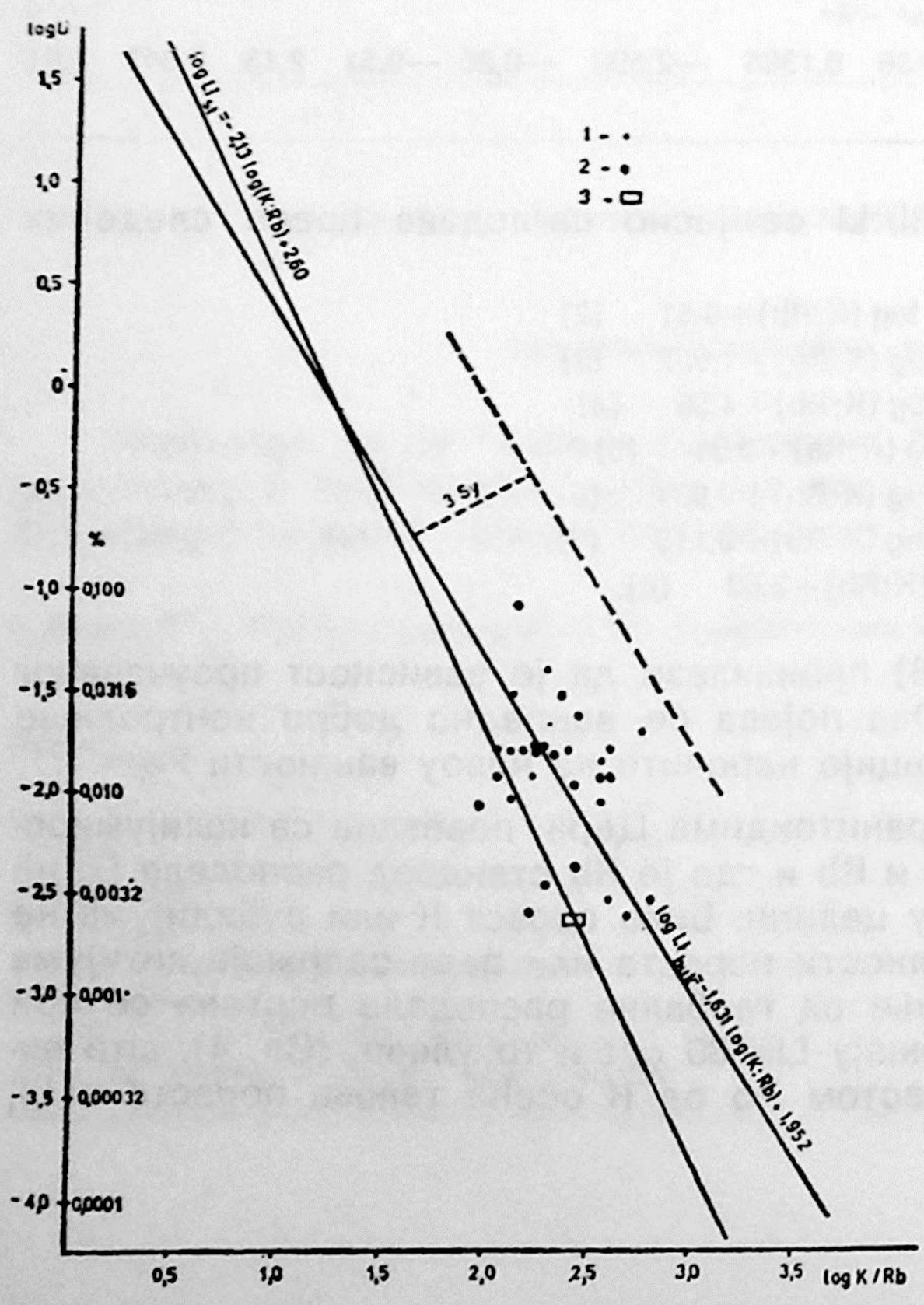
Из горњих израза (2—8) произилази да је зависност проучаваног пара одсутна (Таблица 4). Ова појава се ванредно добро контролише помоћу коефицијената корелације нарочито на нивоу важности $P_{005\%}$

Расподела литијума у гранитоидима Цера, повезана са калијумносношћу стена преко односа K и Rb и где је Rb стандард расподеле Li, не показује никакву зависност у целини. Било пораст K или рубидијума не одражава се на некој правилности пораста или пада садржаја литијума у стенама региона. Одступање од глобалне расподеле оцртава се при вредности K/Rb = 154 и садржају Li = 89 g/t и то улево. (Сл. 4), што означава да се са бржим порастом Rb од K осећа тежња пораста и Li,




Сл. 4 — Корелација пара K/Rb:Li у гранитоидима области Цера, Србија.

као и јаче теоријско ограничење његовог садржаја у односу на глобалну расподелу. Наравно, ове тежње се не потврђују у просечном регионалном смислу, а истичу се знаци да код глобалне расподеле пораст садржаја Li тежи независнијем понашању од утицаја K/Rb.

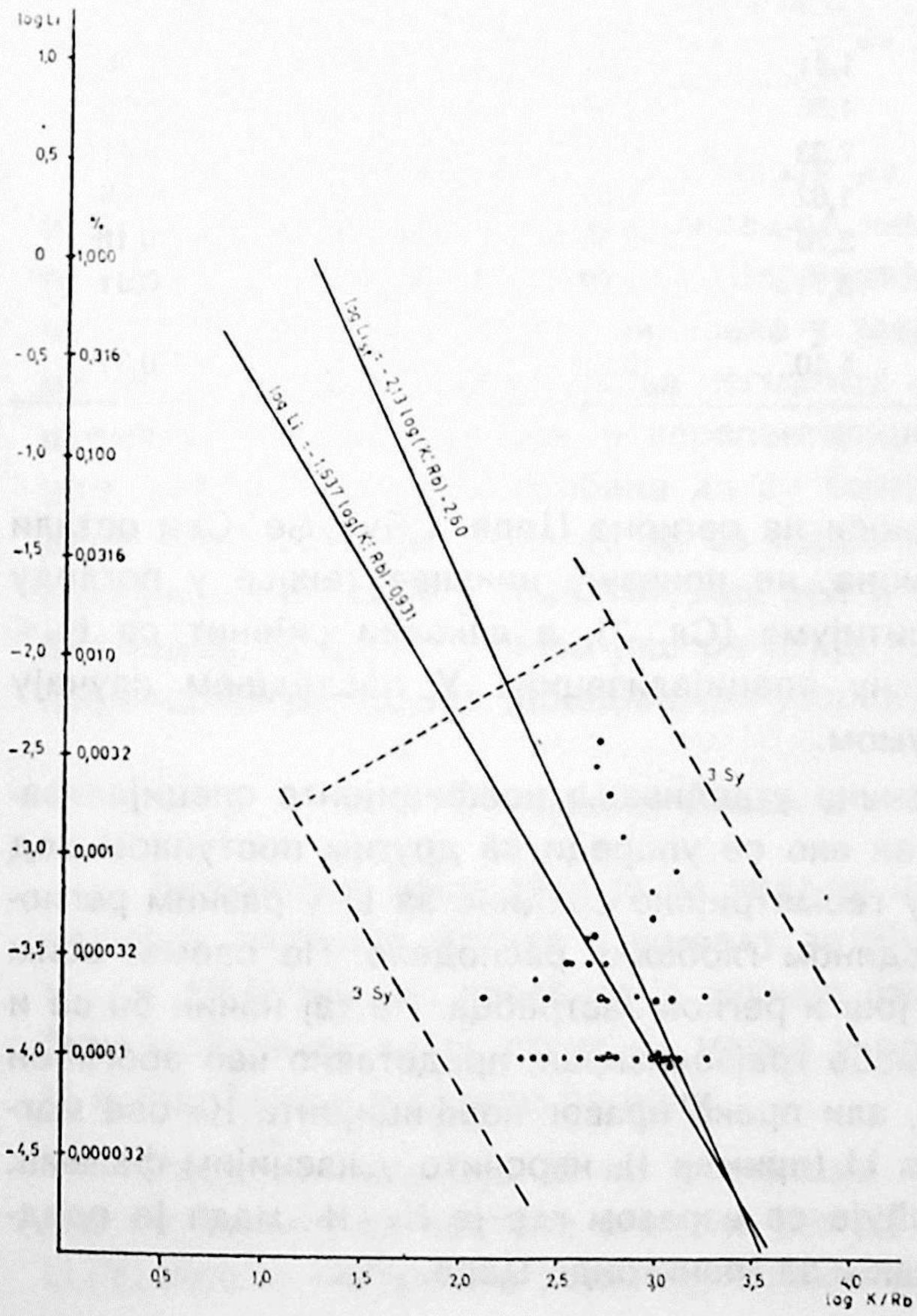



Сл. 5 — Корелација односа K/Rb:Li у гранитоидима Букуље, Србија; 1 — гранити, 2 — пегматит, 3 — глобална средина.

У случају расподеле литијума у гранитоидима Букуље (Сл. 5) такође није присутна зависност поменутих компонената, при иначе повишеном концентрационом нивоу Li, у односу на све гранитоиде. Тачка пресека са глобалном расподелом, односно одступање улево (Сл. 5), помера се према нижим вредностима K/Rb. Ова, уствари, лежи у области виших садржаја Li уз мање ограничење акумулације и јаче сужавање колебања вредности односа K/Rb у пољу растурања тачака него што је случај у гранитоидима Цера.

Слично одсуство зависности се среће и код масива Жељина, Јастребца. Кукавице и неких гранитоида СИ Србије, док су разлике јасно изражене у погледу распона садржаја а посебио у средњим вредностима (Таблица 3 и 4). Алкални сијенит Црног Камена показује тежње према зависности односа K/Rb и Li са $r_1 = -0{,}30$. Ипак, овај није значајан, јер се за $df = 13$ добија $r_2 = 0{,}51$ на нивоу важности P 0,05% и отуда је и $r_1 < r_2 < r_3$.

Масив гнајс-гранита Кукавице се одликује изузетно ниским садржајем Li и уским распоном (1—40 g/t) уз одсуство корелације пара K/Rb:Li у целини. То се огледа и у потпуно независном кретању садржаја Li у пољу растурања вредности односа K/Rb (Сл. 6).




Сл. 6 — Корелација K/Rb:Li у гранитоидима Кукавице, Србија: 1 — крупнозрнији гранит, 2 — ситнозрни (аплитоидни).

Прилазећи проблему утврђивања могућности специјализације ових гранитоида, неопходно је да се изврши анализа регионалне (јед. 2—7) у односу на глобалну расподелу (јед. 1) или преко просечних вредности геометријских средина. Такво упоредно посматрање података је, у исто време, и контрола која се изводи преко „контролних нивоа" ($K_a$ и $K_b$) коефицијената специјализације и других помоћних статистичких параметара.

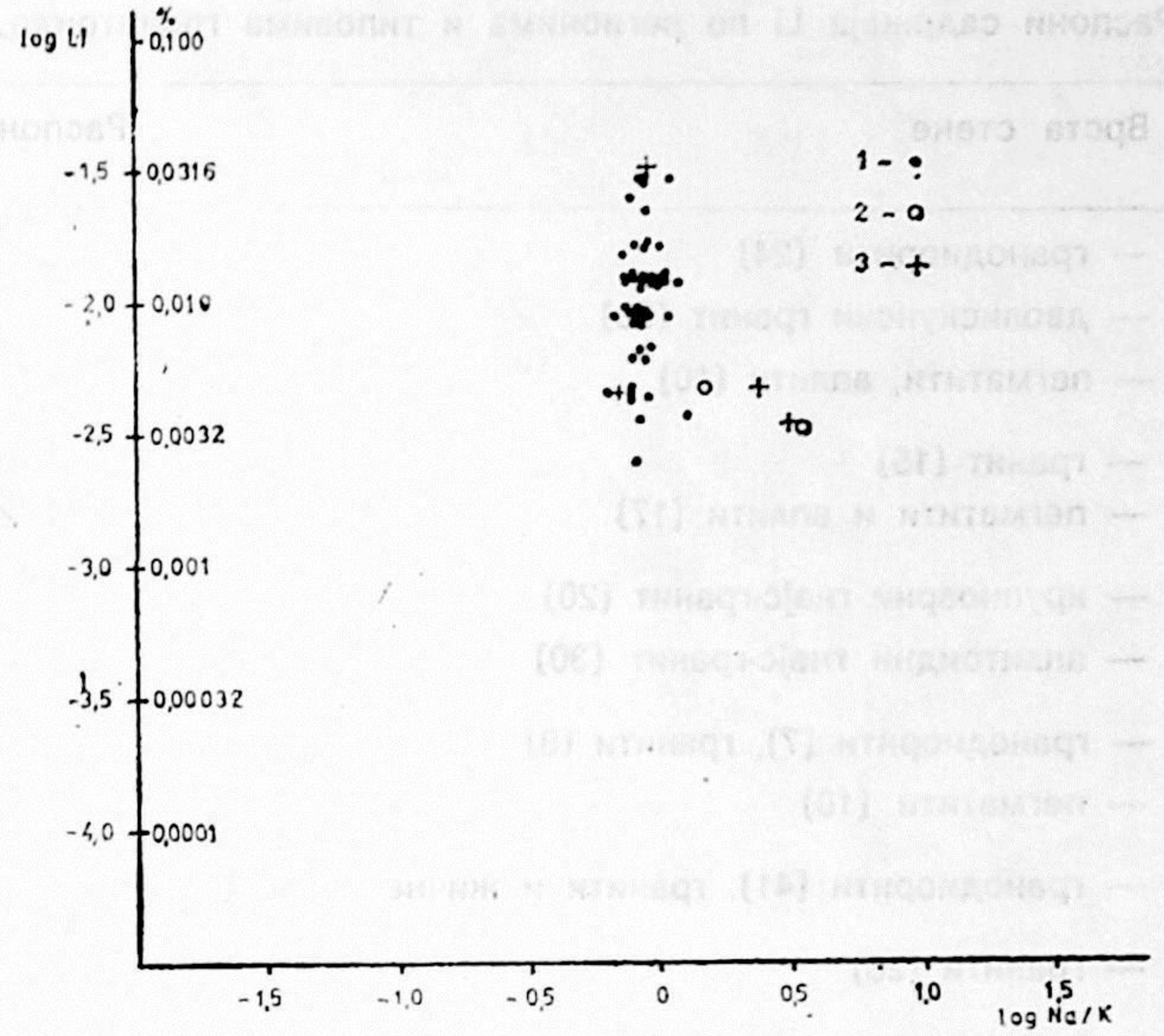
Ако се упореде подаци о коефицијентима специјализације за Li (Таблица 5), нема сумње да се одређене вредности јасно истичу у популацији изучаваних гранитоида.

Таблица 5 — Коефицијенти регионалне специјализације гранитоида на Li, Србија.

| Област | $K_{sr}$ (у односу на глобалну расподелу) | Контролни ниво $K_a$ | Контролни ниво $K_b$ | Однос $K_{sr}:K_a$ | $K_{sr}$ из геометријских средина у односу на глобалну средину за Li |
|---|---|---|---|---|---|
| Цер | 2,00 | 1,41 | 0,71 | $K_{sr} > K_a$ | 1,56 |
| Букуља | 3,20 | 1,86 | 0,54 | $K_{sr} > K_a$ | 4,70 |
| Жељин | 0,38 | 7,33 | 0,13 | $K_{sr} < K_a$ | 0,41 |
| Јастребац | 1,53 | 1,62 | 0,61 | $K_{sr} < K_a$ | 4,26 |
| Кукавица | 0,50 | 2,75 | 0,36 | $K_{sr} < K_a$ | 0,10 |
| СИ Србија | 0,22 | 3,71 | 0,27 | $K_{sr} < K_a$ | 0,61 |
| Црни камен (Прилеп Македонија) | 0,11 | 1,10 | 0,91 | $K_{sr} < K_a$ | 0,37 |

То се првенствено односи на регионе Цера и Букуље. Сви остали гранитоиди, из других региона, не показују никакве тежње у погледу стадијумске акумулације литијума (Сл. 7), а алкални сијенит са $K_{sr} < K_a > K_b$ указује на негативну специјализацију. У последњем случају магма је сиромашна литијумом.

Значај овога првог начина утврђивања коефицијента специјализације ($K_{sr}$) Li сагледава се тек ако се упореди са другим поступком код кога се директно упоређују геометријске средине за Li у разним регионима са геометријском средином глобалне расподеле. По овоме, осим Цера и Букуље, издваја се још и регион Јастребца. На тај начин би се и јастребачки гранодиорит, слабо грајзенизиран, представио као обогаћен Li. Он то, уствари, и јесте, али преко правог коефицијента $K_{sr}$ ова магма није специјализована на Li (пример I), нарочито у каснијим фазама. Запажено неслагање потврђује се изразом где је $K_{sr} < K_r$, мада је средња вредност Li виша него чак и за гранитоиде Цера.




**Сл. 7 — Корелација log Na/K: :log Li у гранитоидима Јастребца (Србија).**

Из ове анализе јасно произилази да су само гранитоиди Букуље и Цера показали знаке специјализације њихове магме у односу на друге масиве. У регионалном смислу одражаваjу се могућности и за извесну акумулацију Li и појаву минерала у завршним фазама — стадијумима грајзенизације и формирања пегматита са ретким елементима. Истовремено, никако није реч о перспективности налажења рудних лежишта, већ се индицира особина да су такве магме по своме карактеру дале вишак Li који је могао да се изрази такође и преко интензивног расејавања не само у гранитоидима већ и у ореолу гранитизације околних стена. О овоме управо још речитије говори анализа локалне и микролокалне расподеле (појединачни узорци).

### Локална расподела литијума

Регионална расподела је на видљив начин приказала разлике које одликују поједине масиве у погледу литијумоносне оријентације гранитоиде. Међутим, од посебног је значаја откривање литијумоносних особина појединих врста стена — магми у односу на глобалну расподелу Li и, још ближе, у сваком региону.

Распони садржаја Li по регионима биће још кориснији податак ако се повежу са врстама стена и ако се истакну просечне вредности Li ($\overline{Y}$) које их међусобно разликују. (Таблица 4, 6 и 7).

Таблица 6 — Распони садржаја Li по регионима и типовима гранитоида, Србија.

| Регион | Врста стене | Распон садржаја Li g/t |
|---|---|---|
| | — гранодиорити (24) | 1—225 |
| Цер: | — дволискунски гранит (36) | 9—100 |
| | — пегматити, аплити (10) | 7—100 |
| Букуља: | — гранит (15) | 25—400 |
| | — пегматити и аплити (17) | 25—800 |
| Кукавица: | — крупнозрни гнајс-гранит (20) | 2—40 |
| | — аплитоидни гнајс-гранит (30) | 1—40 |
| Жељин: | — гранодиорити (7), гранити (8) | 1—100 |
| | — пегматити (10) | 1—10 |
| М. Јастребац | — гранодиорити (41), гранити и жичне стене (8) | 5—316 |
| СИ Србија: | — гранити (26) | 1—316 |
| Црни камен (Прилеп): | — алкални сијенити (16) | 2—50 |

Како су поједине врсте стена мало заступљене у појединим масивима ,а с обзиром на избор узорака (>1,8% K), у локалној расподели неће да буду разматрани масиви Јастребца, Жељина, СИ Србије и Црног Камена, који су већ посматрани у регионалној расподели.

Литолошке типове из осталих масива проучићемо преко једначина:

$$\log Li \text{ гранодиорит — Цер} = -1{,}735 \log (K:Rb) + 2{,}01 \quad (9)$$

$$\log Li \text{ дволискунски гр. — Цер} = -1{,}094 \log (K:Rb) + 0{,}250 \quad (10)$$

$$\log Li \text{ пегматити, аплити — Цер} = -1{,}971 \log (K:Rb) + 2{,}360 \quad (11)$$

$$\log Li \text{ гранити — Букуља} = 1{,}886 \log (K:Rb) + 2{,}640) \quad (12)$$

$$\log Li \text{ пегматити, аплити — Букуља} = -2{,}066 \log (K:Rb) + 2{,}810 \quad (13)$$

$$\log Li \text{ крупнозрни гнајсгранит — Кукавица} = -1{,}485 \log (K:Rb) + 0{,}740 \quad (14)$$

$$\log Li \text{ аплитоидни гнајсгранит — Кукавица} = -1{,}438 \log (K:Rb) + 0{,}242 \quad (15)$$

Коефицијенти корелације ($r_v$ или $r_1$) за пар log (K:Rb):log Li, изведени из израза 9—15 (Таблица 7), крећу се од 0,0 до (—0,48). Само у неким случајевима поменути пар показује зависност садржаја Li од понашања односа K/Rb, затим изражава нејасну тежњу или је ова потпуно одсутна. Ове варијације зависности оцртавају се не само између региона већ и у истом региону код различитих врста стена.

Таблица 7 — Статистички параметри расподеле односа K/Rb:Li у литолошким типовима неких гранитоида, Србија.

| Регион литолошки тип | N | $\overline{X}$ log. (K:Rb) | $\overline{Y}$ log Li | δx | δy | a | $r_v$ или $r_1$ | $r_k$ (5%) $r_2$ | t5% | ±D | 3Sy |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Цер: гранодиорит | 24 | 2,61 (408) | —2,52 (0,0030%) | 0,2731 | 0,5225 | —1,735 | —0,44 | 0,40 | 2,06 | 0,45 | 1,05 |
| дволискун. гр. | 36 | 2,51 (323) | —2,50 (0,0032%) | 0,199 | 0,217 | —1,094 | 0,0 | 0,33 | 2,04 | 0,096 | 0,87 |
| пегм. аплити | 10 | 2,41 (257) | —2,39 (0,0041%) | 0,160 | 0,315 | —1,971 | —0,22 | —0,60 | 2,23 | 0,22 | 1,41 |
| Букуља: гранити | 18 | 2,43 (269) | —1,94 (115) | 0,237 | 0,447 | —1,886 | —0,48 | —0,46 | 2,10 | 0,33 | 1,18 |
| пегм. аплити | 15 | 2,30 (199) | —2,01 (0,0097%) | 0,186 | 0,383 | —2,066 | 0,0 | 0,53 | 2,16 | 0,32 | 1,52 |
| Кукавица: крупнозрни гнајс-гранит | 17 | 2,77 (589) | —3,37 (0,0004%) | 0,316 | 0,469 | —1,485 | 0,0 | 0,48 | 2,11 | 0,47 | 1,80 |
| аплитоидни гнајс-гранит | 29 | 2,79 (617) | —3,77 (0,0002%) | 0,280 | 0,402 | —1,438 | —0,05 | —0,36 | 2,04 | 0,45 | 1,20 |

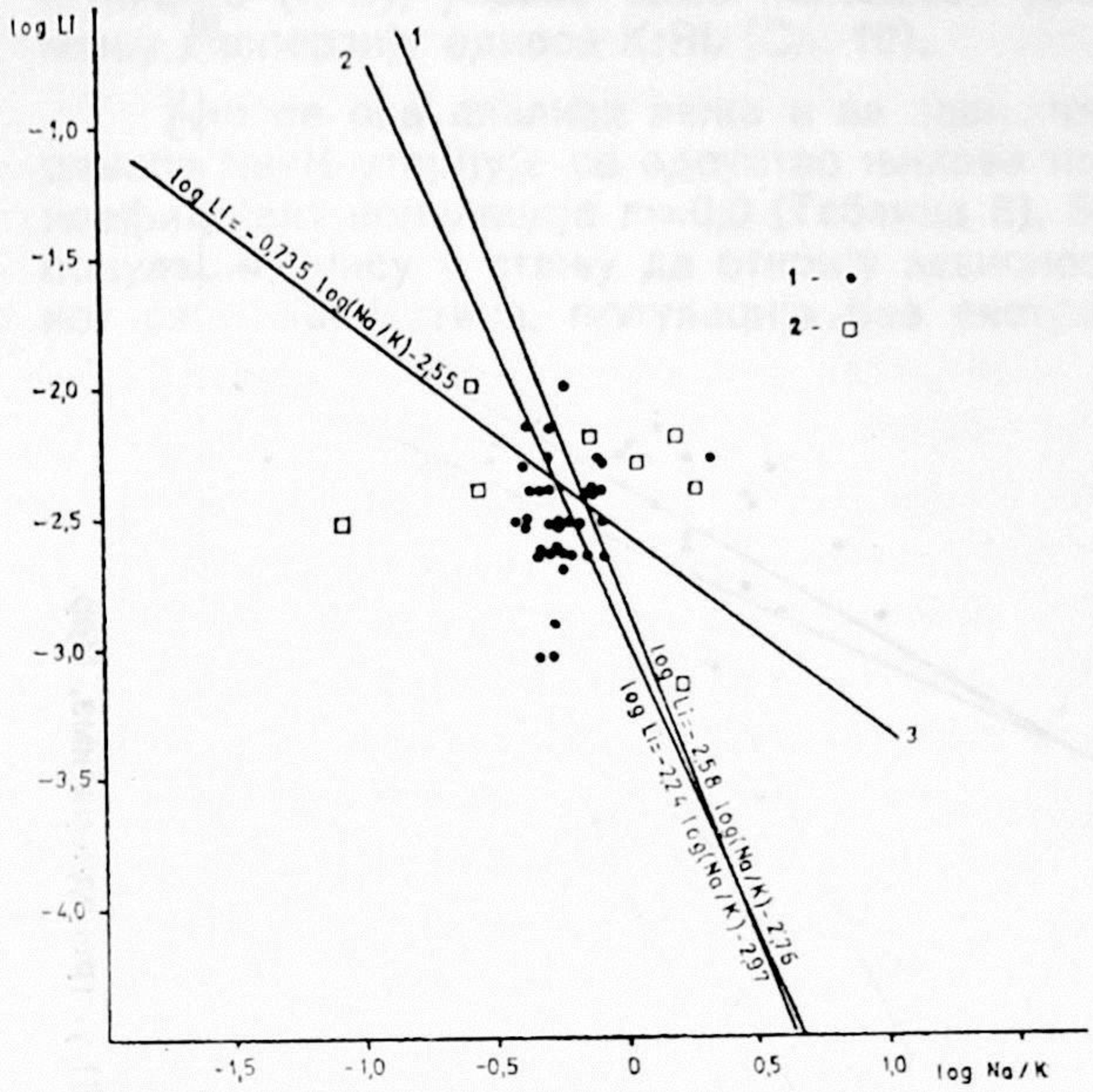
У региону Цера разлике геометријских средина Li нису тако оштро изражене између дволискунских гранита, гранодиорита и пегматетско-аплитских продуката. Слично се понаша и зависност садржаја Li од кретања односа K/Rb јер су опште тенденције зависности уочљиве само код гранодиорита ($r_v = -0,44$) и пегматита (Таблица 7). Међутим, контролни ниво $r_{kp} = -0,40$ за гранодиорит утврдио је његов коефицијент као важећи, док за пегматите остаје испод $r_{kp}$. Отуда, калијумоносност показује и тежње утицаја концентрисања K на концентрисање литијума само у гранодиоритима, што не карактерише дволискунске граните или пегматитско-аплитску фазу.

Ако се у овај проблем уведе анализа утицаја K или Na на кретање садржаја литијума у овоме региону, неоспорно, неке се тенденције и потврђују (Таблица 8). Тако, одмах се истиче да геометријски средњи садржај Li за гранодиорите износи $\overline{Y} = 0,0030\%$ рачунајући узорке и за садржаје $K < 1,80\%$. Раст садржаја литијума креће се незнатно према пегматитско-аплитској фази. Са друге стране, зависност пара Na/K:Li

Таблица 8 — Параметри корелације log Na/K:log Li у неким гранитоидима, Србија.

| Регион литолошки тип | N | $\overline{X}$ log Na/K | $\overline{Y}$ log Li | δx | δy | a | $r_v$ | $r_{kr}$ (5%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Цер: гранодиорит | 24 | 0,074 (1,19) | —2,53 (0,0030%) | 0,319 | 0,525 | —1,649 | —0,56 | —0,39 |
| дволискунски гранити | 36 | —0,21 (0,62) | —2,50 (0,0032%) | 0,099 | 0,222 | —2,240 | 0,0 | 0,33 |
| пегматити | 10 | —0,20 (0,63) | —2,39 (0,0041%) | 0,427 | 0,314 | —0,735 | 0,0 | 0,63 |
| Букуља: гранити | 19 | —0,18 (0,66) | —1,92 (0,0118%) | 0,266 | —1,352 | —1,324 | —0,0 | —0,46 |
| пегматити, аплити | 16 | —0,14 (0,72) | —2,01 (0,0002%) | 0,348 | 0,392 | —1,125 | 0,0 | 0,50 |
| Кукавица: крупнозрни гнајсгранит | 21 | —0,020 (0,95) | —3,43 (0,00027%) | 0,325 | 0,482 | —1,480 | —0,08 | —0,43 |
| аплитоидни гнајсгранит | 30 | —0,002 (1,00) | —3,77 (0,00017%) | 0,125 | 0,353 | —1,120 | 0,0 | 0,36 |

најбоље је изражена код гранодиорита (31%) и, имајући у виду цео литолошки комплекс, једино је код њега $r_v > r_k$ (5%), што значи да са опадањем садржаја Na просечно расте садржај литијума. Тиме се потврђује утицај калијума и извесно концентрисање литијума према пегматитско-аплитској фази која је првенствено деловала у раном стадијуму на апикални део гранитоида, у довољно затвореном систему. Ово је довело до грајзенизације, расејавања ретких елемената и најзад до стварања аплитско-пегматитских жица и местимичног образовања минерала Li (сподумен: 15) и других елемената у масиву. Оваква делом стадијумска и ниска акумулација литијума и других ретких метала праћена је у завршној фази и натризацијом (Сл. 8). Сасвим је очигледно да експериментални подаци и тенденција раста и кретања зависности наглашавају и одређена ограничења у погледу јачине концентрисања овога лемента. То се запажа код дволискунских гранита и чак код крајњег диференцијата — пегматита где је одсутна корелација литијума са односом Na/K. Блискост садржаја литијума у гранодиритима и дволис-

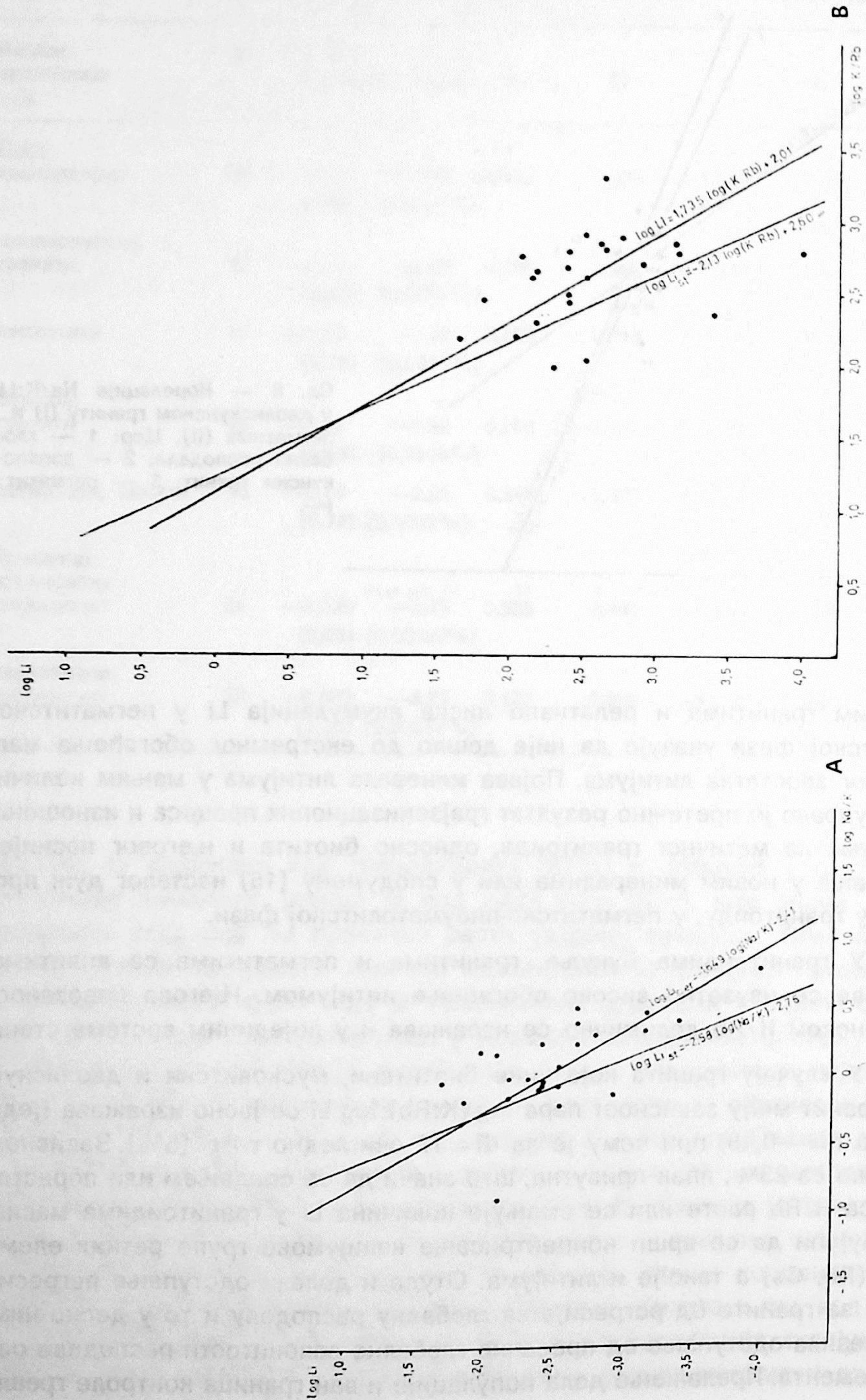



**Сл. 8 — Корелација Na/K:Li у дволискунском граниту (I) и пегматима (II), Цер: 1 — глобална расподела, 2 — дволискунски гранит, 3 — пегматит; I—.**

кунским гранитима и релативно ниска акумулација Li у пегматитско-аплитској фази указује да није дошло до екстремног обогаћења магматског заостатка литијума. Појава минерала литијума у мањим количинама управо је претежно резултат грајзенизационих процеса и изношења литијума из матичног гранитоида, односно биотита и његовог каснијег везивања у новим минералима или у сподумену (15) насталог дуж пукслина у гранитоиду, у пегматитско-пнеуматолитској фази.

У гранитоидима Букуље, гранитима и пегматитима са аплитима, открива се изузетно високо обогаћење литијумом. Његова повезаност са односом K/Rb делимично се изражава и у појединим врстама стена.

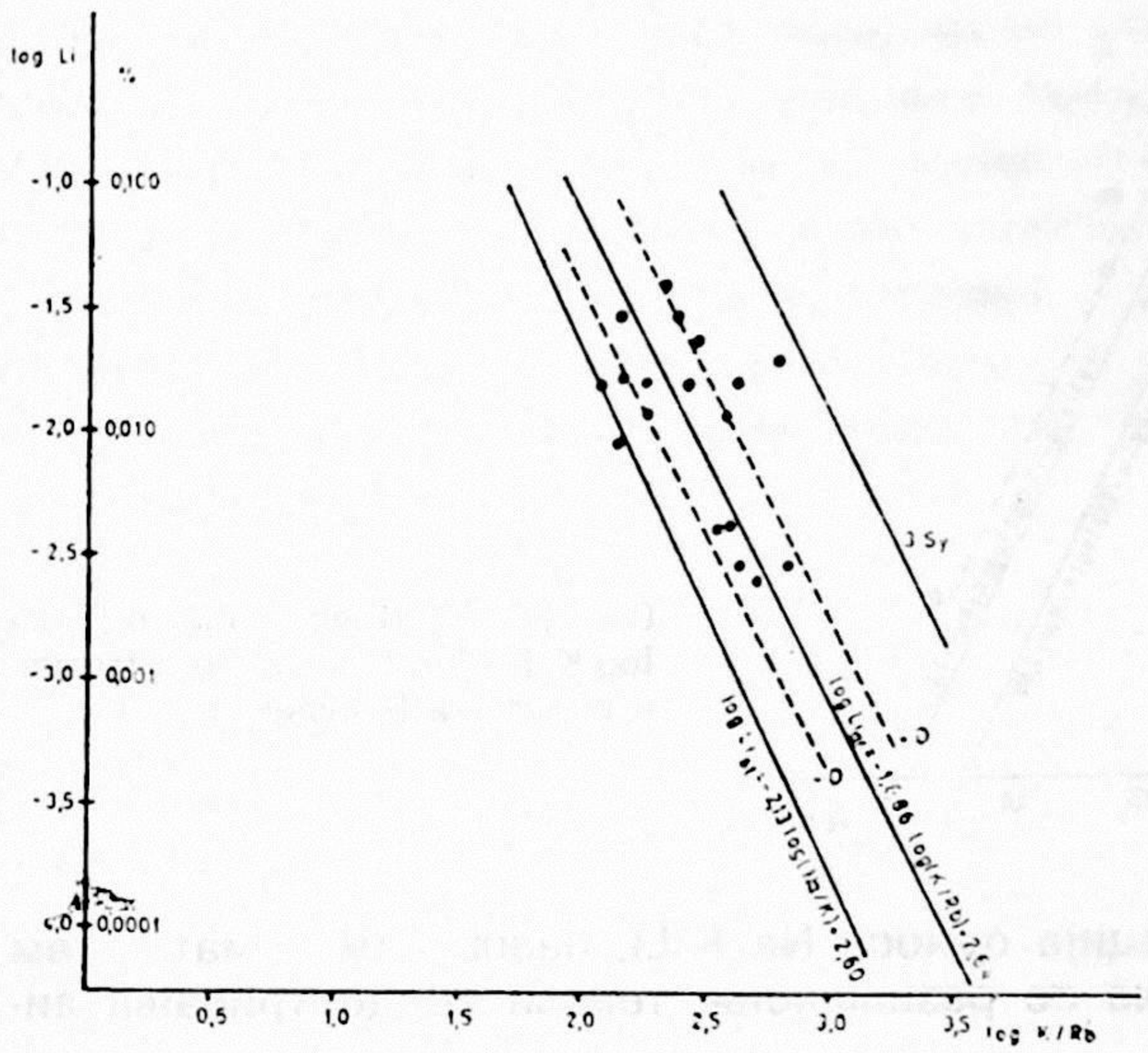
У случају гранита које чине биотитски, мусковитски и дволискунски гранит међу зависност пара log (K:Rb):log Li се јасно изражава (једн. 12) са r=—0,48, при чему је за df=17 очигледно $r_v > r_{kr}$ (5%). Зависност је, иако са 23%, ипак присутна, што значи да са опадањем или порастом односа K/Rb расте или се смањује количина Li у гранитоидима масива показујући да се врши концентрисање калијумове групе ретких елемената (Rb, Cs) а такође и литијума. Отуда и долази одступање регресије log Li за граните од регресије за глобалну расподелу и то у десно чиме се изазива одступање од просечне глобалне законитости расподеле овога елемента. Прелажење дела популације и ван граница контроле грешке




Сл. 9 — Корелација Na/K:Li (A) и (K;Rb):Li (B) у гранодиоритима, Цер.

функције (+D), управо само наглашава јаче обогаћење литијумом уз мању дисперзију односа K:Rb (Сл. 10).

Ако се ова анализа веже и за зависност садржаја Li од промене односа Na/K утврђује се одсуство њихове повезаности, јер је за df=17 коефицијент корелације r=0,0 (Таблица 8). Било које варијанте (Сл. 11) популација нису у стању да открију зависност Li од K или Na као главног састојка. Истина, популација без екстремног садржаја K показује



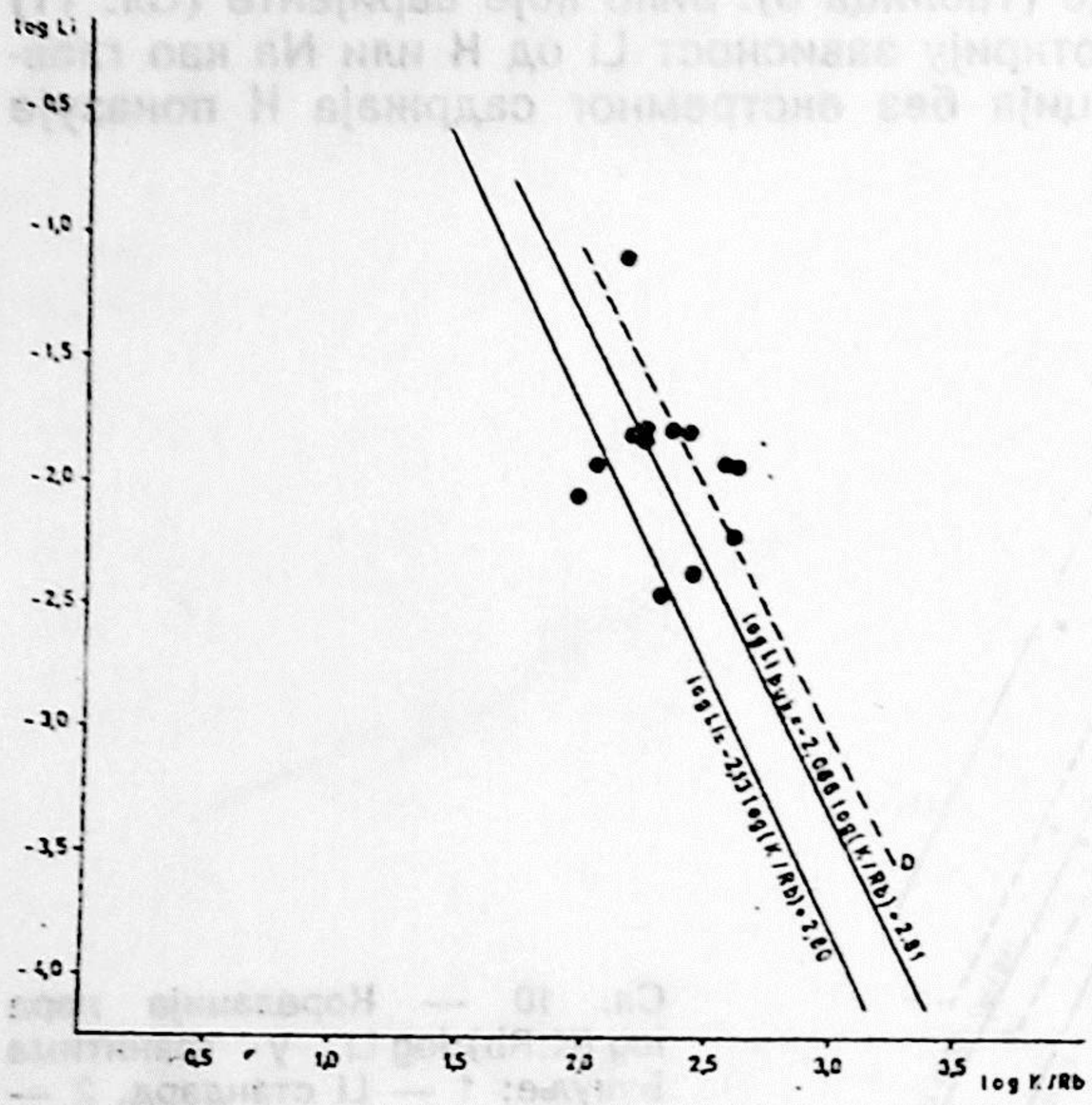

Сл. 10 — Корелација пара log (K:Rb):log Li у гранитима Букуље: 1 — Li стандард, 2 — гранити.

тежњу позитивне корелације, што би значило да са порастом садржаја Na у граниту расте садржај литијума. Међутим, и у томе случају за df=16 коефицијент $r_v=0,23$ је неважећ на нивоу P 0,05% грешке ($r_k=0,47$) (Таблица 8), што даје однос $r_v<r_{kr}$ (5%). Услед тога се у граниту не среће оптималније концентрисање литијума са оријентацијом магме према натријској а такође ни у јачој мери према калијској грани диференцијације. При томе однос Na/K просечно лежи у уским границама (Сл. 11). Код сличних односа Na/K литијум показује како повишене и високе, тако и ниске садржаје, што се види и на јако смањеним односима Na/K.

У аплитима и пегматитима ове појаве су још значајније за уочавање понашања литијума у финалном стадијуму формирања гранитоидног масива.

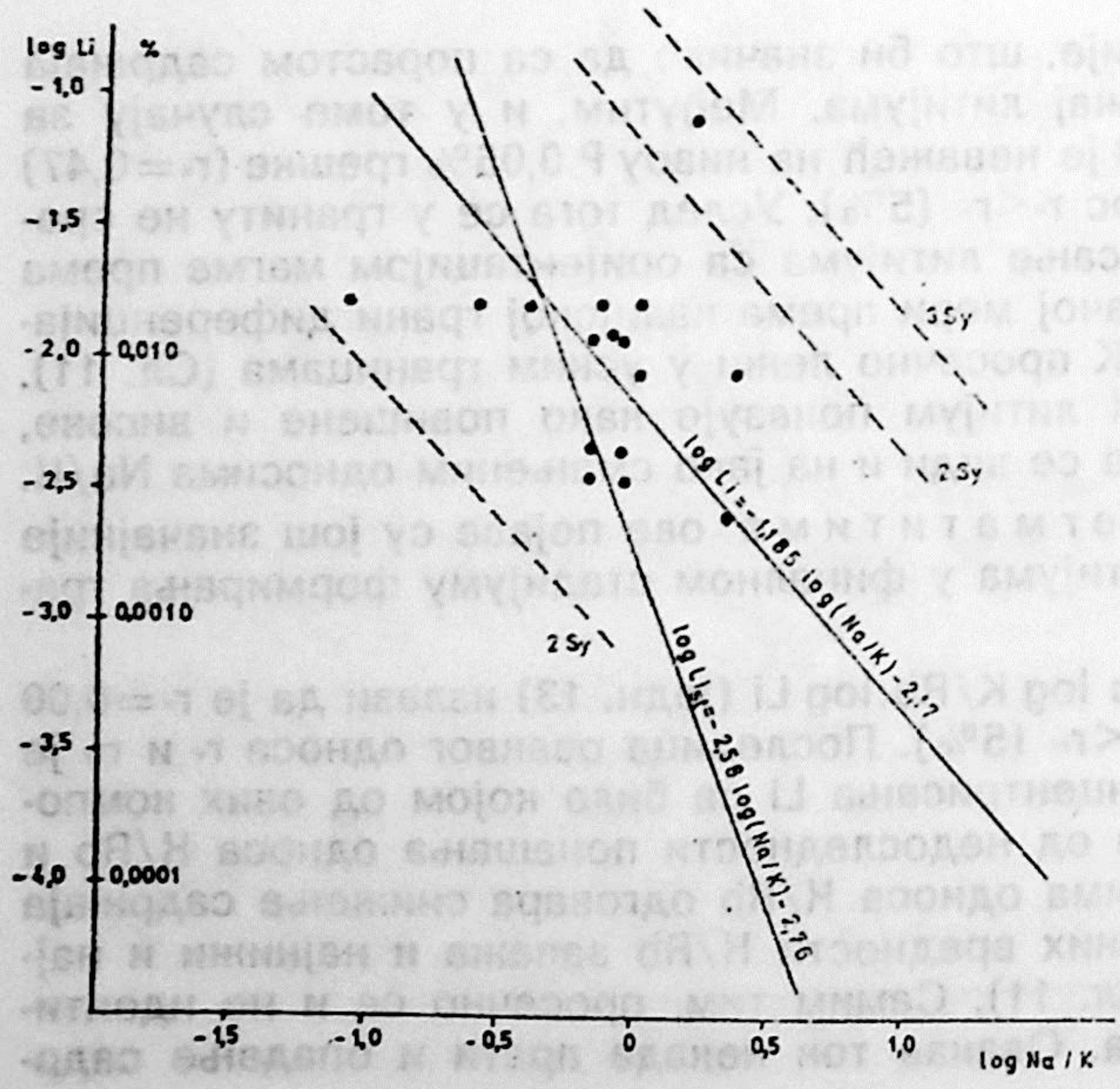
Употреби ли се однос log K/Rb:log Li (једн. 13) излази да је $r_v=0,00$ (Таблица 7) због чега је $r_v<r_{kr}$ (5%). Последица оваквог односа $r_v$ и $r_{kr}$ је потпуно одсуство везе концентрисања Li са било којом од ових компонената. Ова појава долази од недоследности понашања односа K/Rb и Li, јер највишим вредностима односа K/Rb одговара снижење садржаја литијума, или се код блиских вредности K/Rb запажа и најнижи и највиши садржај литијума (Сл. 11). Самим тим, просечно се и не идентификује никаква корелациіа. Овакав ток некада прати и опадање садр-

жаја K (1,99%), нормалан садржај Rb (140 g/t) и висока вредност Li (800 g/t) уз пораст натризације (4,1% Na) у пегматиту, што је редак случај. Обично нема правилности и пораст калијума и рубидијума не утиче на пораст садржаја литијума.




Сл. 11 — Корелација односа log K/Rb:log Li у пегматитима и аплитима Букуље.

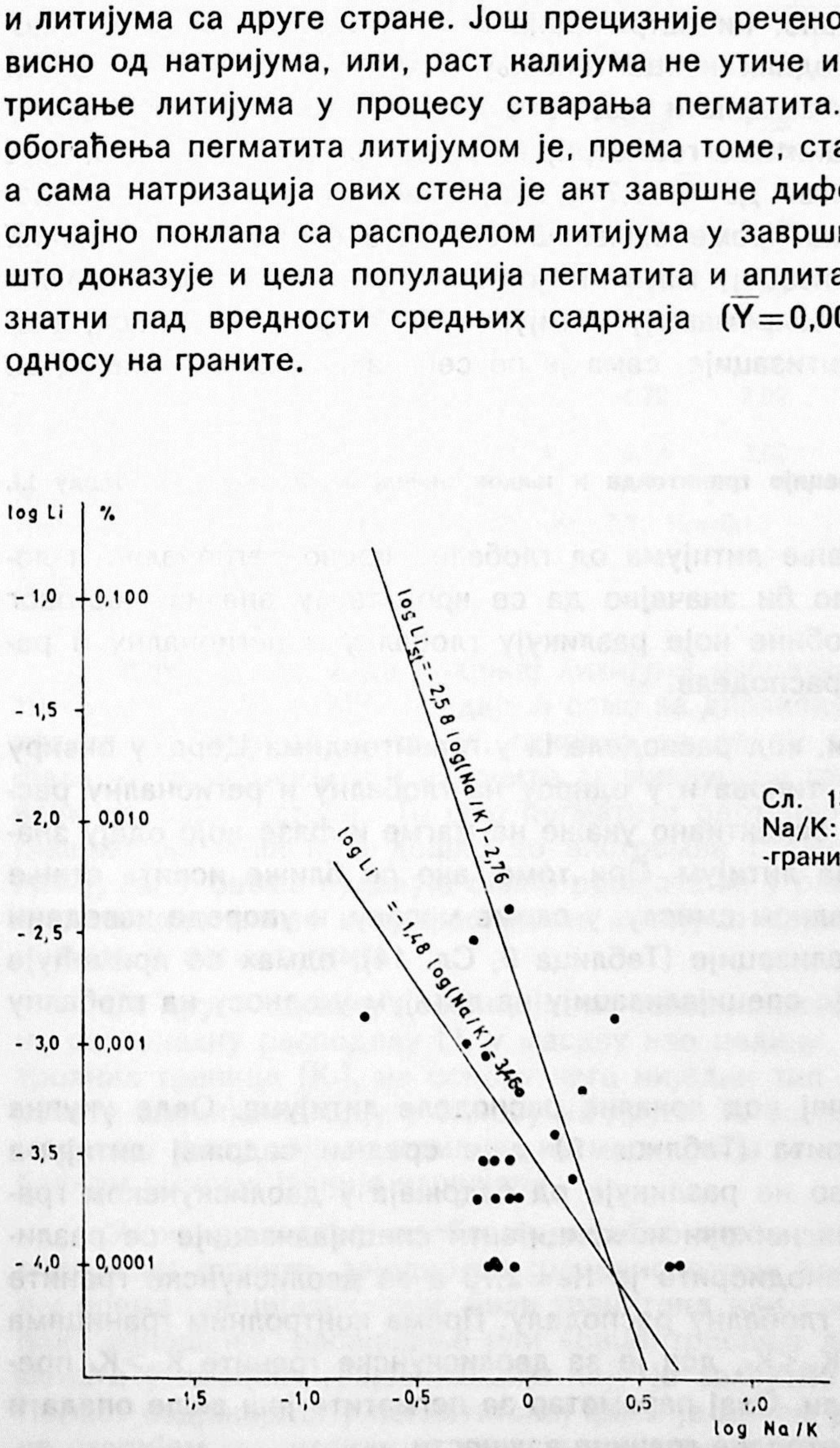
Ако се испита корелација односа Na/K:Li, пажљивим осматрањем дијаграма растурања запажа се разилажење тежњи концентрисања ли-




Сл. 12 — Корелација односа log Na/K:log. Li у пегматитима и аплитима Букуље.

тијума. Тако натризацију (4,1% Na и 1,99% K) прати највиши садржај Li (800 g/t). У ствари, у целој популацији нема правилности, пошто најјаче натризирани пегматити и аплити се исто тако одликују најнижим и ниским садржајима Li (Сл. 12) а више калијски типови, уз јаче ограничење домета пораста литијума, готово се изједначују са јаче натризираним.

Сва ова разматрања се потврђују коефицијентом корелације који износи $r_b = 0{,}0$ истичући одсуство зависности између Na или K са једне и литијума са друге стране. Још прецизније речено, кретање Li је независно од натријума, или, раст калијума не утиче искључиво на концентрисање литијума у процесу стварања пегматита. Местимична појава обогаћења пегматита литијумом је, према томе, стадијумског карактера а сама натризација ових стена је акт завршне диференциjације. Ова се случајно поклапа са расподелом литијума у завршној фази активности, што доказује и цела популација пегматита и аплита, као и просечни незнатни пад вредности средњих садржаја ($\bar{Y} = 0{,}0097\%$), (Таблица 7) у односу на граните.




Сл. 13 — Корелација односа Na/K:Li у крупнозрном гнајс--граниту, Кукавица.

Гранитоиди К у к а в и ц е, које чине крупнозрни гнајс-гранити и аплитоидни гнајс-гранити (С. Д и в љ а н, 1979), одликују се изузетно ниским садржајем Li и потпуним одсуством корелације односа K/Rb или Na/K са овим елементом, на што сигурно указује $r=0,0—0,08$ и услов да је $r_{\cdot}<r_{\cdot\cdot}$. (Таблица 7 и 8). У прилог овоме иде и појава да слабије или јаче натризиране стене показују веома ниске садржаје литијума (Сл. 13) или сличан карактер код нешто повишених садржаја.

По овоме, свакако, ни натризација а ни калијски процеси, у посебном виду, нису водили концентрисању литијума. Напротив, услови су такви да је присутан општи пад како Rb (3) тако и Li, при чему у крупнозрним гнајс-гранитима геометријске средине Li износи $\overline{Y}=3,7$ g/t а у аплитоидним силази до $\overline{Y}=1,7$ g/t Li. Овакви садржаји Li претпостављају метасоматске промене, изношење овога елемента из бојених састојака и фелдспатизацију матичних стена. Бојени састојци се повлаче (количински) или осиромашују литијумом а фелдспатска маса, значајна у процесу гранитизације, сама је по себи веома слаб носилац Li.

**Коефицијенти специјализације гранитоида и њихов значај за локалну расподелу Li.**

Пратећи понашање литијума од глобалне преко регионалне и локалне расподеле било би значајно да се кроз такву анализу његовог понашања запазе особине које разликују глобалну и регионалну и регионалну од локалне расподеле.

У даљој анализи, код расподеле Li у гранитоидима Цера, у оквиру локалних литолошких типова и у односу на глобалну и регионалну расподелу, циљ је да се селективно укаже на магме и фазе које одају знаке специјализације на литијум. При томе, ако се ближе испита стање садржаја Li у регионалном смислу, у овоме масиву, и упореде изведени коефицијенти специјализације (Таблица 9, Сл. 14), одмах се примећује да овај масив показује специјализацију на литијум у односу на глобалну расподелу.

Посебан је случај код локалне расподеле литијума. Овде укупна популација гранодиорита (Таблица 9) даје средњи садржај литијума (30 g/t) који се готово не разликује од садржаја у дволискунском граниту (32 g/t). Па ипак њихови коефицијенти специјализације се различито понашају: за гранодиорите је $K_{sp}=2,73$ а за дволискунске граните $K_{sp}=1,78$ у односу на глобалну расподелу. Према контролним границама код гранодиорита је $K_{sp}<K_{\cdot}$, док је за дволискунске граните $K_{sp}>K_{\cdot}$ према глобалној расподели. Овај параметар за пегматите још више опада и лежи знатно испод контролне границе важности.

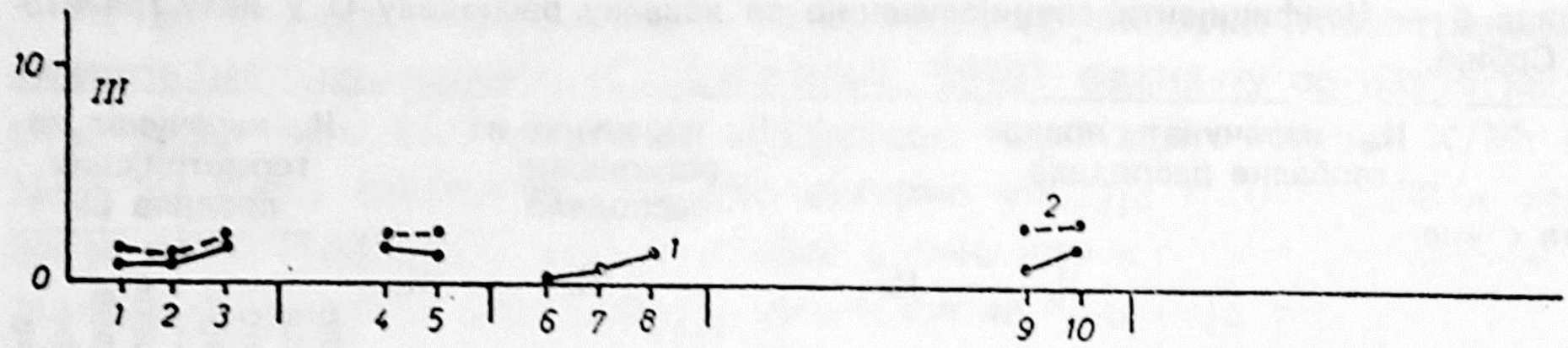
Таблица 9 — Коефицијенти специјализације за локалну расподелу Li у низу гранитоида Србије.

| Врста стене | $K_{sp}$ израчунат преко глобалне расподеле | | | $K_{sp}$ израчунат из регионалне расподеле | | | $K_{sp}$ израчунат из геометријских средина Li | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $K_o$ | $K_b$ | | $K_o$ | $K_b$ | | из глобалне расподеле | из регионалне расподеле |
| Цер: | | | | | | | | |
| гранодиорити | 2,73 | 2,82 | 0,35 | 1,07 | 2,81 | 0,31 | 1,30 | 1,20 |
| дволискунски гранити | 1,78 | 1,25 | 0,80 | 0,89 | 1,25 | 0,80 | 1,30 | 0,80 |
| пегматити | 1,41 | 1,65 | 0,60 | 0,85 | 1,60 | 0,60 | 1,70 | 1,10 |
| Букуља: | | | | | | | | |
| гранити | 4,22 | 2,13 | 0,47 | 1,21 | 2,13 | 0,47 | 5,10 | 1,08 |
| пегматити и аплити | 1,94 | 2,10 | 0,49 | 0,61 | 2,10 | 0,49 | 4,20 | 0,80 |
| Кукавица: | | | | | | | | |
| крупнозрни гнајс-гранит | 0,86 | 2,92 | 0,34 | 1,72 | 2,92 | 0,32 | 0,18 | 1,80 |
| аплитоидни гнајс-гранит | 0,38 | 2,82 | 0,74 | 0,74 | 2,82 | 0,74 | 0,07 | 0,70 |
| Жељин: | | | | | | | | |
| гранодиорит ($K_{sp}$ за регионалну=0,38; $K_o$=7,3; $K_b$=0,13 | | | | | | | 0,71 | 1,14 |
| гранити (Li =7,1 g/t; N=8) | | | | | | | 0,30 | 0,74 |
| пегматити (Li =2,7 g/t; N=11) | | | | | | | 0,11 | 0,20 |

Овим путем, мада садржај литијума незнатно расте према пегматитима, а вредности $K_{sp}$ опадају и само за дволискунске граните сигурно излазе из граница контроле, открива се да су матичне стене раније фазе — гранодиорити и нарочито дволискунски гранити — специјализовани на овај састојак. То што пегматити одступају ($K_{sp} < K_o$) само се наглашава да ипак није дошло до екстремне стадијумске концентрације литијума. У овоме суделуіе силно расејавање у ранијим фазама развића гранитоидне магме и прерасподеле литијума према дволискунским гранитима и пегматитима.

Са друге стране, коефицијенти локалне специјализације у односу на регионалну расподелу Li, у масиву као целини, налазе се испод контролних граница ($K_o$), на основу чега ниједан тип стене не показује изразиту специјализацију у односу на други. То се посебно односи на пегматитску фазу која произилази из магми чија је специјализација, у глобалном смислу, јасније изражена.

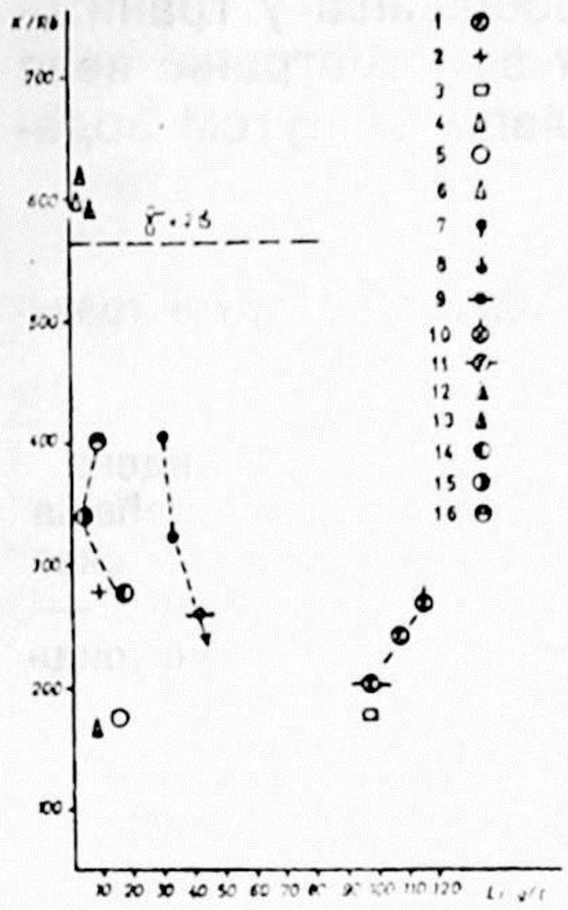
У оквиру читавог проблема посебно треба да се нагласи да су дволискунски гранити, заједно са гранодиоритима који само показују тежњу према специјализацији, били гранитоид или средина у којој се догађало изношење, расејавање или концентрисање литијума и других елемената у процесу грајзенизације коју је захватио магматски заостатак. Пораст садржаја Li у пегматитској фази је делом резултат ових процеса на старијем гранитоиду из кога је изношен литијум а вршен је вероват-




Сл. 14 — Понашање коефицијената специјализације у неким гранитоидима Србије: I-1 — регионални $K_{sp}$ у односу на глобалну расподелу; I-2 — граница важности ($K_a$); II-1 — локални $K_{sp}$ у односу на глобалну расподелу; II-2 — граница важности ($K_a$); III-1 — локални $K_{sp}$ у односу на регионалну расподелу, III-2 граница важности ($K_b$); Цер: 1 — пегматит, 2 — дволискунски гранит, 3 — гранодиорит; Букуља: 4 — пегматит, 5 — гранит; Жељин: 6 — пегматит, 7 — гранит, 8 — гранодиорит; Кукавица: 9 — крупнозрни гнајс-гранит, 10 — аплитоидни гнајс-гранит.

но и принос из магматских раствора. Услед тога је месгимично и дошло до стварања мањих концентрација сподумена (литијски пироксен) у слабо хибридизованим пегматитским творевинама вероватно на рачун Mg из минерала или из омотача. Све то поткрепљује претпоставку да није било снажног стадијумског концентрисања литијума из магме посебно обогаћене овим елементом. Напротив, откривају се само слабе тежње раста концентрације Li према завршној пегматитској фази (Сл. 15) за разлику од других региона.

Специјализација гранитоида Букуље је још оштрије изражена у односу на глобалну расподелу Li. Индекс $K_{sp}$ од гранита оштро пада ка пегматитима показујући да су само гранити специјализовани на Li. Однос гранита и пегматита, међутим, упоређених на основу регионалне расподеле, јасно показује одсуство специјализације. Ово се види из средњих садржаја литијума и K/Rb у гранитима (K/Rb=269) и пегматитима. Садржај литијума просечно пада у пегматитима који по односу K/Rb= =199 представљају млађу формацију у формирању гранитоида (Сл. 15). На овоме ерозионом пресеку, у пегматитима и гранитима нису откриве-



Сл. 15 — Кретање средњих садржаја Li кроз неке гранитоиде Србије: 1 — Букуља, 2 — Жељин, 3 — Јастребац, 4 — Кукавица, 5 — СИ Србија, 6 — Ц. Камен (Македонија), 7 — гранодиорит (Цер), 8 — дволискунски гранит (Цер), 9 — пегматити (Цер), 10 — гранит (Букуља), 11 — пегматити (Букуља), 12 — крупнозрни гнајс-гранит (Кукавица), 13 — ситнозрни гнајс-гранит (Кукавица), 14 — гранодиорит (Жељин), 15 — пегматит (Жељин), и 16 — гранит (Жељин).

ни минерали литијума. Расподела, напротив, показује значајно расејавање првенствено у гранитима (биотитски, мусковитски, дволискунски) и сигурно у ореолу гранитизације. Грајзенизациіа и расејавање Be, Sn и других састојака посредно указују и на расејавање литијума, односно на процесе у којима су постојале сличне могућности. Тиме се јасно потврђује да стадијумско концентрисање није могло посебно да обогати пегматитско-пнеуматолитску фазу због повољних услова за његово расејавање у масиву.

### Неке последице расподеле Li у гранитоидима

Ако се размотри расподела литијума по гранитоидним масивима и специјализација на овај елеменат, корисно је да се анализира и повезаност ендогене и секундарне миграције, концентрисање у другим срединама или, пак, могућност образовања лежишта овога елемента. При томе се мора имати у виду обогаћење гранитоида литијумом, промене у масиву, тектонски услови и уопште расејавање из гранитоида. Неки од ових фактора су уочљиви посебно у масиву Букуље, на коме ће се углавном осматрати и могуће последице расподеле литијума.

Букуљски масив чине гнајсеви, шкриљци са мермерима, кварцити и др. стене (палеозојска серија) и гранити са пегматитима (С. Урошевић, С. Павловић, К. Петковић, М. Илић, С. Максимовић, Д. Радусиновић, Ц. Марков, Б. Максимовић, С. Дивљан и др.). Карактерише се гранитизационим дејством у ореолу интрузије и процесима грајзенизације, а тектонска активност се огледа у пресецању структура динарског правца и праваца приближно И—З или СИ—ЈЗ. Чак и у самом масиву (М. Анђелковић) секу се раседи И—З и СЗ—ЈИ.

У овоме масиву обогаћење гранитоида литијумом је најизразитије међу свим посматраним. Упореде ли се геометријске средине за Li показује се да индекс обогаћења Li за букуљске гранитоиде достиже и до 49 пута (Таблица 10). Услед тога, због изражене грајзенизације и гра-

нитизационих утицаја на кристаласту серију, нижих просечних садржаја Li у пегматиту него у граниту и неоспорно јаког расејавања у гранитоидима и његовим производима, истиче се погодност за осматрање везе између ендогене и секундарне миграције — расејавања Li путем водених раствора у околној средини.

Таблица 10 — Обогаћење букуљског гранитоида литијумом у односу на друге гранитоидне масиве у Србији.

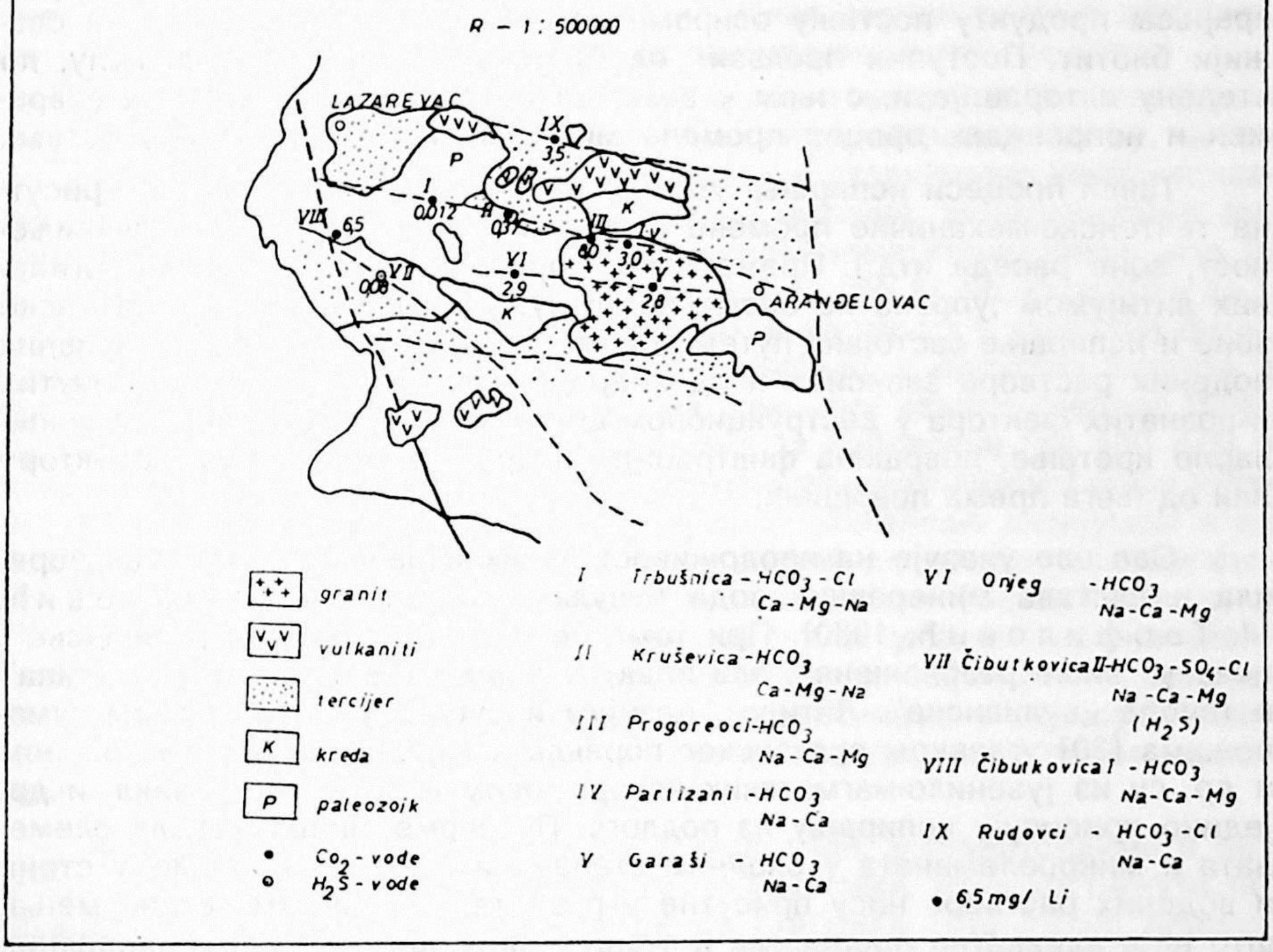
| Масив | Li геометријска средина $\bar{(y)}$ g/t | Однос према другим масивима гранитоида | Индекс обогаћења букуљског масива — гранитоида |
|---|---|---|---|
| — Букуља | 109 | | |
| — Цер | 36 | Букуља:Цер | 3,00 |
| — Жељин | 9,5 | Букуља:Жељин | 12,42 |
| — Јастребац | 98 | Букуља:Јастребац | 1,20 |
| — Кукавица | 2,4 | Букуља:Кукавица | 49,16 |
| — СИ Србија | 14 | Букуља:СИ Србија | 14 |
| — Црни Камен (Прилеп, Македонија) | 8,5 | Букуља:Црни Камен | 13,8 |

Воде су иначе погодни активни растварачи стенске подлоге, јаче или слабије алтерисане и мање или више тектонски здробљене. Њихов састав — гасни и јонски — је добар показатељ хемијског састава такве подлоге и води стварању хемијских ореола дисперзије зависећи од броіних геолошких, хидрогеолошких и геохемијских чинилаца познатих у области изучавања генезе вода уопште. Минералне воде са агресивним састојцима, нарочито са $CO_2$, су код гранитоида и теригених седимената погодни растварачи, било да су топле или хладне. Ове стене постају извор карбонатног и хидрокарбонатног јона и других састојака (П и т е в а, 1978) у водама.

Минералне воде угљенокиселог типа врло често се срећу на ужем и ширем подручју букуљског масива. Везане су за структуре или зоне пресецања са структурама динарског типа. Акумулирају се у гранитима, околним формацијама које контактирају са гранитима или се срећу у ширем подручју (гранитизовани гнајсеви, микашисти уз граните, кварцити, мермери, серицитски шкриљци и седименти). Поред главне особине да су обогаћене са $CO_2$, ове су хидрокарбонатно-натријско-калцијске, Na—Mg—Ca, Na—Ca—Mg, или хидрокарбонатно-хлоридне калцијско-магнезијско-натријске, слабокиселе и карактеристичне по садржају Li, Rb, Sr или Cs и другим састојцима у нижим садржајима (М. А р с е н и ј е в и ћ, 1975; С. П о к р а ј а ц и М. А р с е н и ј е в и ћ, 1976), елементима типоморфним за ово подручје киселих стена. Овде је изузетно значајно понашање литијума који достиже 0,012—8,0 mg/l у подземним минералним водама везаним за гранитоиде и њихов кристаласти омотач.

Наглашена расподела Li у гранитоидима, односно високо обогаћење магме литијумом и њено утврђено дејство на контактну кристаласту

серију, истиче да снажни процеси расејавања литијума у магматском процесу нису могли да се одиграју а да не оставе одраз на шири простор. То значи да је домет ореола расејавања литијума и других елемената у процесу очвршћавања гранитоида, гранитизације и грајзенизације, могао да захвати контактне делове серије и у дубљим нивоима. Седиментна серија неоспорно носи отисак металогених особина старијих магматских и других стена од којих је и настала.




Сл. 16 — Упрошћена карта геолошког састава букуљског масива (по М. Анђелковићу) и садржај Li у минералним водама (М. Арсенијевић, С. Покрајац): 1 — угљенокиселе воде, 2 — сумпороводоничне воде.

Минералне воде из гранита (Гараши, Партизани и др.) и из ободне серије (Чибутковица I и др.), с обзиром на угљенокиселн карактер и хидрокарбонатне и хидрокарбонатно-хлоридне алкално-земноалкалне хемијске особине, постају погодан фактор испирања и изношења састојака. Зато није случајно да су ове воде појачано концентрисале Li, Rb или Cs и Sr. Уз то, оне се јављају у таквоі литолошкој средини чији фактор обогаћења литијумом достиже 14—49 у односу на друге масиве или леже у лискуновитим биотитским или серицитским шкриљцима. Ове воде, у којима садржај Li достиже 8 mg/l, (Прогореоци), карактеришу се истовремено највишим садржајем који је запажен у минералним водама на нашим просторима (М. Арсенијевић, 1959—1981. године).

Оваква секундарна миграција Li, условљена микросаставом стена и испирањем хемијски активним воденим растворима, као и хидрогеолошким и геохемијским чиниоцима, веома је инструктивна на примеру једне бушотине са извора угљенокиселе минералне воде.

Околна стена је веома богата лискуном — биотитом и на протоку угљенокиселе воде трпи знатну алтерацију а садржи Li = 140 g/t, Cs = 80 g/t и Rb = 180 g/t. Биотит се преко нијансираних прелаза претвара све до готово безбојног „мусковита". При томе, свеж биотит садржи 400 g/t Li а „мусковитизиран" свега 50 g/t Li, а да се и не истичу Cs и Rb који у крајњем продукту постижу осиромашење 6—10 пута у односу на свежији биотит. Поступни прелази од биотита ка светлијем лискуну, по степену алтерације и, с њом у вези, по садржају Li, указују на савремен и непрекидан процес промене минерала и његовог микросастава.

Такви процеси испирања увек су интензивнији тамо где су присутне тектонско-механичке промене матичних стена (порозност, ушкриљеност, зоне раседа итд.). Према томе, појава минералних вода обогаћених литијумом ,управо на овоме подручју, уско је везана за тектонске зоне и испирање састојака путем дејства епигенетских процеса активних водених раствора зависиће и од хидродинамичких и других поменутих и познатих фактора у деструкционом циклусу (филтрација, брзина, капиларно кретање, површина филтрације, и др.), на путу према колектору или од њега према површини.

Све ово указује на неодрживост неких изречених тумачења порекла и састава минералних вода букуљског масива (В. Вујановић, М. Теофиловић, 1980). При томе се оне сврставају у „вулканске", неке у „више разблажене", али ипак, типичне воде „шумадијског типа" и такође „вулканске". Литијум, цезијум и рубидијум су, по овим тумачењима (30) углавном вулканског порекла и заједно са бакром, оловом и др. су из јувенило-магматских извора, осим што се хром, никл, и др. једино приписују испирању из подлоге. По овоме, прерасподела елемената и микроелемената у околним стенама и интеракција између стена и водених раствора нису присутне и равнотежа у систему се не мења, што није адекватно процесима и стању у природи. Порекло минералних вода и микросастава чак ни у вулкански активним подручјима се не везује за јувенилни довод (29, 31). Уколико се говори о јувенилном доводу састојака у активним областима и везује са водама, то се односи на учешће гасне фракције. Али, у смиреним областима сигурно није такав случај, што је веома очигледно код минералних вода букуљског масива где у интеракцији минералних вода и стена обогаћених литијумом долази до испирања из минерала и расејавања, односно концентрисања у угљенокиселим водама.

Друга последица овакве расподеле литијума у гранитоидима, односно јако израженог расејавања и прерасподеле у гранитизационим и грајзенизационим процесима, је просечно слабљење интензитета концентрисања Li у пегматитима. Због таквих услова и није дошло до стварања литијумових минерала у пегматитској фази. Расејавање елемената није само погодило литијум, цезијум, рубидијум, већ се овој законитости подвргава и калај који се расејава у гранитоидима и њиховом оре-

олу а налази се и у виду кварцкаситеритских жица. Слично њему понашају се и берилијум, ниобијум и други састојци. На тај начин је у знатној мери поремећен процес стадијумске концентрације свих ових елемената у пегматитској фази у виду јачих рудних концентрација.

У другим масивима, као што је у масиву Цера, веза ендогене и секундарне миграције није могла да буде посматрана. Упркос расејавању литијума, као и других састојака, ипак у пегматитској фази Цера долази до нешто јачег концентрисања и стварања минерала литијума — сподумена. Појачано расејавање литијума се запажа и у јастребачком гранитоиду и где није дошло до стадијумског концентрисања литијума, јер је пегматитска фаза веома слабо заступљена и чак одсутна.

Најзад, ако се посматра алкални сијенит и његови пегматити (Црни Камен, Прилеп), који представљају добро диференцирану магму, могло се очекивати, поред Rb и Cs (амазонит), још и стадијумско концентрисање Li. Међутим, ова магма је, као веома активна, хибридизована амфиболском серијом у сијенитској или њеној пегматитској фази, што је довело до силног расејавања разних елемената (Be, Li, Nb, Zr, U, Th и др.). Стварају се алкални пироксени и сијенити и нарочито у завршној фази, фиброзни вунасти агрегати и кристали амфибола. У одсуству биотита и мусковита или њихових већих количина, хемијски услови средине (Mg), присилили су Li да се првенствено везује за пироксене (до 100 g/t) и алкалне имфиболе. У хибридној пегматитско-пнеуматолитској фази иглични части и вунасти агрегати амфибола достижу обогаћење литијумом и до 250 g/t (Ц. Камен) и ређе до 1500 g/t у амфиболско-пироксенским стенама захваћеним алкалним магматским заостатком (Селце). Значи у условима асимилације и метасоматских процеса, уместо лискуна улогу главних концентратора Li преузимају пироксени и амфиболи — минерали са мање повољним кристало-хемијским особинама у односу на лискуне, максимално га расејавајући у ореолу интрузије и у самом алкалном сијениту (М. Арсенијевић, 8).

С обзиром на поменуту природу расподеле, у гранитоидима и пегматитима, а нарочито у натризованим пегматитима, није достигнута повољна концентрација литијума да би се створиле јаче рудне концентрације или чак нагомилања минерала литијума. Захваљујући структурно-геолошким особинама и интеракцијама околних стена и магматских раствора, главни процес расподеле литијума је усмерен на расејавање овога елемента у ендогеном или касније, у деструктивном стадијуму.

## ЗАКЉУЧАК

У гранитоидним масивима Кукавице, Јастребца, Жељина, Букуље, Цера, СИ Србије и Ц. Камена проучена је глобална, регионална и локална расподела литијума путем корелације односа K/Rb:Li и K/Na;Li у циљу изучавања геохемијске специјализације гранитоида на Li. Као основни закључци истичу се следећи:

1. Глобална расподела литијума у гранитоидима, показујући јако расејавање и одсуство корелације K/Rb:Li, открива да литијум, на први поглед, одступа од законитости кристализационе диференцијације. При

томе понашање K и Rb нису праћени одговарајућом зависношћу расподеле Li. Међутим, литијум у току диференцијације и очвршћавања магме следи претежно Mg у биотиту или Si—Al и расејава се кроз друге минерале у знатно слабијим количинама. На тај начин у извесном смислу следи процес кристализационе диференцијације у склопу деловања кристалохемијских законитости расподеле елемената. При томе, регионални и локални утицаји снажно делују на прерасподелу литијума било под утицајем метасоматских, грајзенизационих или пак деструктивних процеса.

2. На основу регионалних коефицијената специјализације, изведених из глобалне расподеле, истичу се букуљски ($K_{sp}=3,2$) и церски ($K_{sp}=2,0$) гранитоиди који у целини представљају најперспективније масиве у погледу литијумоносности у односу на друге масиве. Гранитоиди СИ Србије ($K_{sp}=0,22$) и калијски сијенит Ц. Камена ($K_{sp}=0,11$) показују чак и негативну специјализацију.

3. Локални коефицијенти специјализације, рачунајући односе између литолошких типова, не прелазе горњу контролну границу, услед чега се не изражава ни појачана просечна акумулација ни изразита стадијумска концентрација литијума. Напротив, више је наглашена прерасподела између литолошких чланова у гранитизационој, грајзенизационој и пегматитској фази. Услед тога није ни дошло до изразите акумулације литијумових минерала у било којој од њих а посебно у пегматитској фази. Расејавање и других елемената као калаја, берилијума, ниобијума и других састојака потврђује снажну прерасподелу у гранитоидима и мање значајно концентрисање (Цер) у пегматитима (Be, Li, Nb итд.).

4, У завршној пегматитској фази блага тежња пораста просечних садржаја Li потврђује се само у пегматитима Цера, што се поклапа са ранијим наласком Li-минерала у овим пегматитима. У другим регионима садржај Li углавном опада у односу на раније фазе.

5. Хипералкална калијска магма (сијенит Ц. Камен) се карактерише изразитим расејавањем Li (амфиболи, пироксени и др.) услед утицаја асимилације и хибридизације. Ни у њеној изразитој пегматитској фази није дошло до појачаног концентрисања овог елемента. Из тога излази да су ове магме биле и примарно дефицитарне литијумом на ширем подручју.

6. Као најизразитије јавља се обогаћење Li у гранитоидима Букуље са индексом до 49 у односу на садржај у гранитизованим гранитоидима. Појава минералних угљенокиселих вода обогаћених Li (до 8 mg/l) управо се везују за ове гранитоиде у којима је присутно изразито расејавање. Изношење литијума путем минералних водених раствора доводи до прерасподеле између стена и воде концентришући се у воденој средини. Тиме се јасно утврђује да минералне воде и њихов микросастав нису вулканског порекла, већ су, напротив, условљене узајамним дејством стена и раствора угљенокиселих минералних вода. Најзад, треба да се истакне да су минералне воде метеорског порекла а њихов састав је условљен стенском средином кроз коју циркулишу и из које су износиле Li и обогаћивале се овим елементом.

**Предато за штампу 24. I 1983.** **Рецензент др Стеван Дивљан**

## ЛИТЕРАТУРА


1. Александров В. И., 1976: — Содрежание Rb и отношение K/Rb и Na/Rb как показатели танталоносности гранитов, Геохеми N 2, Москва.
2. Александров В. И., 1978: — О геохемическох специализации гранитоидов, Геохеми N 2, Москва.
3. Арсенијевић М., Дромњак М., 1982: — Изучавање геохемијске специјализације гранитоида Србије на примеру Rb, Техника: Рударство, Геологија и Металургија, Београд.
4. Арсенијевић М., 1960: — Геохемијска испитивања калијских фелдспата из пегматитско-пнеуматолитских творевина (Прилепска област), Глас. Прир. муз., Серија А, књ. 13, Београд.
5. Арсенијевић М., 1968: — О геохемији Li у биотитско-амфиболском типу гранита (Р. Бучје—С. Планина) Радови Геоинститута св. 4, Београд.
6. Арсенијевић М., 1964/67: — Претходна разматрања расподеле Be, Sn, Na и Mo у минералима гранитоида као индикатора геохемијских поља у области Динарида и Карпато-балканског лука, Радови, Геоинститут, књ. 3, Београд.
7. Арсенијевић М., 1961: — О ореолима дисперзије урана и торијума, Симпозијум о уранској минерализацији Југославије и Италије, Рим.
8. Арсенијевић М., 1965: — Металометријска испитивања ореола дисперзије торијума и урана (Црни Камен), Глас. Прир. муз., Серија А, књ. 19—20, Београд.
9. Вујановић В., Цветић С., Теофиловић М., 1973: — Порекло гнајсева Србије и Македоније Записници Срп. геол. друштва за 1973. годину, Београд.
10. Дивљан С., Михаиловић-Влајић Н., Цветић С., 1978: — Приказ новијих схватања о генези гранитоидних стена Цера (з. Србија), IX конгрес геолога, Сарајево.
11. Дивљан С., 1979: Неке петролошке, минералошке и геохронолошке карактеристике стена Малог Јастребца (централна Србија), Радови Геоинститута, књ. 13, Београд.
12. Жиров К. К., Урсова М. А., 1962: — К геохимии шелочеи в гранитах Тараковского масива Енисеиского кржа, Геохими N 2, Москва.
13. Кнежевић В., 1959: — Постанак и петрохемијски карактер магматских и конт. мет. стена Цера, Зборник Радова Рударско геолошког факултета, св. 7, Београд.
14. Михаиловић-Влајић Н., Дивљан С., Марков Ц., 1974: — Општа разматрања о процесима гнајзенизације на територији СФРЈ, VIII конгрес геолога СФРЈ, Блед.
15. Николић Д., 1963: Пегматити СФРЈ, Фонд стручне документације Геоинститута, Београд.
16. Обреновић М., 1958: Геологија терена и истраживање радиоактивних минерала на локалности Црног Камена, Фонд стручне документације Геоинститута, Београд.
17. Овчиников Л. Н., 1964: — Елементи примеси как индикатори процессов рудообразовани и испол зование закономерности их распределени при поисках и разведке рудних месторождении в кн. „Хеми земнои кор", Москва.
18. Павловић С., 1964: — Проучавање гранитоидних масива Југославије Фонд стручне документације Геоинститута, Београд.
19. Павловић С., 1963: — Изучавање гранитоидних масива Сурдулице, Цера, Сталаћа, Горњана и Плавне, Фонд стручне документације Геоинститута, Београд.
20. Павловић С., 1962: Изучавање гранита Брњице, Букуље и Јастребца и њихова перспективност на уран, Фонд стручне документације Геоинститута, Београд.
21. Протић М., Цветић С., 1959: Алкални сијенити Црног Камена, геол. Анали Балканског полуострва, Београд.

22. Ставров О. Д., 1966: — Рубидии-индикатор процесса дифференциции гранитних магм, Советска геологи N 6, Москва.

23. Ставров О. Д., 1963: — Основние черти геохемии лити, рудиди и цези в процессе становљени гранитних интрузивов и св заних с ними пегматитов, Sb, „Геологи месторождени редких елементов" Вшп. 21, Госгеолиздат.

24. Ставров О. Д., 1971: — К проблеме гранита и его рудоносности в св зи с геохемиеи рубиди, Геохими N 10, Москва.

25. Таусон Л. В., 1961: — Геохими редких елементов в гранитоидах, Изд-во АН СССР, Москва.

26. Shaw M. D., 1968: — A review of K—Rb fractionation trends by covariance analysis, Geochemica and Cosmochemica Acta, Vol. 32, No. 6.

27. Whitney Ph., 1969: Variations of the K/Rb in migmatite paragneisses of the northhwest Adirondaks, Geochemica and Cosmochemica Acta, No. 10.

28. Jakeš P., White R. J. A., 1970: — K/Rb ratios of rocks from island areas, Geochemica and Cosmochemica Acta, No. 9.

29. Вопрос гидрогеологии минералних вод, труд Института, том. XXXIV, министерство здравоохранени, 1977., Москва.

30. Теофиловић М., Вујановић В., 1979: — Геохемија и генеза неких минералних вода Букуље и њене околине, Запис. срп. геолошког друштва за 1978, Београд.

31. Ферронскиј В. И., Пољаков В. А., 1982: — Происхождение гидросфери земли в свете изотопних и геологических исследованиа, АН СССР, Геохимија 5. Москва.

32. Максимовић С., 1961: — Минералошка испитивања наноса Букуље, Радови Геоинститута, књ. 1, Београд.

33. Радусиновић Д., Марков Ц., 1968: — Каситерит са Букуље, Радови Геоинститута, књ. 4, Београд.

Милорад Арсенијевић

## О СПЕЦИЯЛИЗАЦИИ РЯДА ГРАНИТОИДОВ В СЕРБИИ НА ЛИТИЙ

В гранитоидных масивах раионов Кукавица, Јастребац, Жељин, Букуля, Цер, Црни Камен (Македония) и др. изученно глобальное, региональное и локальное распределение Li с целю определения общих черт их специялизации. При этом, использовалась коррелация K/Rb:Li как бы выявился уровень завысимости между этим елементами.

Глобальное распределение Li в гранитоидах выразилось в сильном расеиваннию лития и в отсуствию корелации между парои (K:Rb):Li. Поэтому кажется что литий не следит закономерность кристаллызационнои дифференцияции. Вообще, литий в ходе процесса дифференцияции накопливается в биотите (Mg), в слюдах, или расеивается через другие минералы (Si—Al). В этом случае, литий необязательно подчиняется закономерности накопления в пегматитовом процессе. В таких своиств глобального распределения отдельную роль имеют региональ-

ние и локальние влияния которые очень наглядны в этих гранитоидах (гранитизация, граизенизация, алтерационние процесы, итд.).

Регионалние коеффициенты специялизации показивают что гранитоды масива Букули (Ksp = 3,2 > Ka) и масива Цера (Ksp = 2,0 > Ka) принадлежат перспективними в отношении к другими исследованным масивам. No в этих масивах прераспределение Li очены выраженно. Процессы граизенизации характерны, особенно в масиве Цер, а так же и в масиве Букули. Из этих причин расеивание лития резко выраженно а это относится и к другими елементами (Sn, Be, Nb, итд.) в магматической и пегматитовои фазе.

Локальние коеффициенты специялизации, основанные на глобальному распределению лития, утверждают что в масиве Букули граниты специялизованны на Li. Но такое обогащение магм в процессе граизенизации и пегматытого процесса закончено расеиванием лития в минералах гранитов а пегматытова фаза становилась беднои этым елементом и слабо выраженои. С другои стороне, в масиве Цер только „вторая фаза" двухслюданных гранитов (граизенизация) специялизованна на Li (Ksp = 1,78 > Ka = 1,25) не смотря что они близкие по содержании лития к гранодиритам (Табела 7). Можно считать что накопление этого елемента в пегматитах отличается от других гранитоидов в тоже самом раионе в виде незначительно повышенных средних содержаний и проявлениями литиевых минералов (следы сподумена).

В случае щелочних сиенитов и их пегматитов, у которых замечается асимиллация, рассеивание лития осуществляется через щелочние пироксены и амфиболы в отсуствии слюди (Црни Камен, Македония). Такие условия утверждают что эти щелочние магмы не показивают какои либо специялизации в отношении к литию, даже ни их пегматыты не смотря что это калиев тип магм. Значит, нет таких признаков о обязательнои стадйнои акумулации лития в присуствию обогащения калием и рубидием или сильно выраженнои натризации которая является у гранитизованных породах (Кукавица) или некоторых пегматитах (Цер, Букуля).

Из этого происходит что гранитоды Сербии можно расматривать как неперспектывние в отношении нахождения месторождений минералов лития а особенно в економическому смисле. Эты выводы полностю не относятся к гранитоидам Цера где встречаются литиевы минералы (сподумен) в пегматитовых жил которые тоже неперспективние как проявления.

Кроме того, сильно обогащены литием гранитоиды Букули, в интеракции с углекислими минеральними водами, которые встречаются в этих породах на тектонических разломах, позволяют концентрирование лития в водных растворах до 8 мг/л. Из этих причин углекислие минеральние воды невозможно охарактеризовать как вулканические (30) потому что их химически состав формировался как продукт интеракции породы и восходящеи подземнои углекислои воды гидрокабонатнощелочно (Na) и щелочно-земельного типа.

R A D O V I Geoinstituta, knjiga 16, god. 1983., Beograd.
P R O C E E D I N G S of Geoinstitute, vol. 16, 1983, Belgrade.

Slobodan Vukašinović

UDK 550:83:55(497.11)
Originalni naučni rad

# PRILOG ISTRAŽIVANJU GEOTERMALNE ENERGIJE I RUDNIH LEŽIŠTA NA ŠIREM PODRUČJU GORNJEG MILANOVCA, NA BAZI AEROMAGNETSKIH PODATAKA

(sa 1 prilogom)

Ključne reči: aeromagnetizam, geotermalna energija, rudna ležišta.

Detaljnim aeromagnetskim ispitivanjima šireg područja G. Milanovca dobijeni su podaci na bazi kojih su determinisane osnovne razlomne strukture i prekrivene tercijarne intruzivne mase. Zahvaljujući ovome izdvojeni su i prostori gde je opravdano istraživati izvore geotermalne energije i ležišta mineralnih sirovina.

U okviru kompleksnih istraživanja geotermalne energije na širem području Gornjeg Milanovca, na prostoru površine 780 km², 1981. godine izvršena su detaljna aeromagnetska ispitivanja. Pred aeromagnetska ispitivanja postavljeni su zadaci geostrukturnog karaktera, proučavanje odgovarajuće geološko-strukturne problematike čije rešavanje doprinosi iznalaženju izvora geotermalne energije. Ovde se prvenstveno misli na determinisanje razlomnih struktura i na izdvajanje prostora potencijalnih nosioca prekrivenih tercijarnih magmatita. U finansiranju ispitivanja učestvovali su Republička SIZ za geološka istraživanja, Regionalna SIZ za geološka istraživanja regiona Kraljevo i UTRO »Šumadija« iz Gornjeg Milanovca.

Na ovom prostoru i ranije su istim tehničkim uređajima vršena aeromagnetska ispitivanja — 1972. godine. Bila su to ispitivanja regionalnog karaktera (međumaršrutno odstojanje 2 km), izvedena u sklopu regionalnih geološko-geofizičkih ispitivanja sa kojima je prekrivena cela teritorija SR Srbije.

Aeromagnetska merenja izvršena su iz aviona AN-2 sa protonskim magnetometrom osetljivosti 0,1 nT, po maršrutama azimuta 45—225°, čije je međusobno odstojanje iznosilo 250 m. Merenja su izvedena sa iste apsolutne visine — 1000 m, sa izuzetkom najvišeg dela Rudnika gde je visina nešto povećana.

## Konfiguracija anomalnog magnetskog polja

Saglasno stepenu javnosti geomagnetskih podataka, anomalno magnetsko polje ispitanog područja prikazano je na datom prilogu izoanoma-

lama ΔT intenziteta sa minimalnom ekvidistancom 50 nT. Kao dopunska informacija o morfologiji polja označene su i ose anomalija nižeg intenziteta.

Na osnovu dobijenih aeromagnetskih podataka proizilazi da je geomagnetsko polje ispitanog područja u priličnoj meri poremećeno, naročito u jugozapadnom delu. Ustanovljeno anomalno polje izražavaju regionalne promene ΔT intenziteta, ispoljene kroz opšti tok izoanomala pravca SZ—JI preko skoro čitavog područja, i individualisane anomalije, prostorno različite veličine. Po površini variraju od anomalija »lokalnog« karaktera pa do veoma prostranih anomalija, koje integralno zauzimaju značajne delove terena, čineći anomalne zone po pravcu većinom saglasne generalnom toku izoanomala. Gledano po znaku zapaža se da prostorno nešto više preovlađuje anomalno polje negativnog znaka. Po intenzitetu anomalije su mahom više desetina, pa i stotina nT. Ekstremne merene vrednosti ΔT intenziteta iznose —500 i +320 nT, što je vrlo interesantno, da minimum po apsolutnoj vrednosti prevazilazi maksimum. Posmatrajući u globalu, po opštim karakteristikama u anomalnom polju se izdvajaju tri dela: jugozapadni, središnji i severoistočni.

Jugozapadni deo, teren na prostoru Leušići—Milićevci—Prislonca—Orlovac, karakteriše skoro u celini pozitivno anomalno polje. U pitanju je prostrana anomalna zona, ustvari segment jedne još daleko prostranije zone, koja se po podacima regionalnih aeromagnetskih ispitivanja prostire na pravcu Zvornik—Maljen—Leušići—Orlovac—Raška—Goleš. Na predmetnom delu u zoni se zapaža više maksimuma ΔT, dva relativna minimuma (Tešići, južno od Gliševića) i negativne anomalije na pravcu r. Čemernica—Leušići. Maksimumi ΔT intenziteta 100 do 320 nT se nadovezuju jedan na drugi menjajući u izvesnom stepenu orijentaciju, ali tako da zona u celini zadržava pravac severozapad—jugoistok. Sniženim poljem sa negativnim anomalijama 6 do 10 nT na potezu r. Čemernica—Leušići zona se ka severozapadu prividno isklinjava.

Središni deo ispitanog područja obuhvata prostor Borača, G. Milanovac, Sinoševica i Brezne, koga obeležava praktično u celini negativno polje regionalnog karaktera, sa izuzetkom Borača gde su izražena oštra lokalna kolebanja ΔT intenziteta, sa pojavom i anomalija pozitivnog znaka. U prostranom negativnom polju izvan Borača ističe se markantni pojas minimuma Borač—Mlakovac—Savinac—Brezna, sa nekoliko zatvorenih individualisanih minimuma (intenziteta do —500 nT), prostorno blisko vezanih za prethodno opisanu pozitivnu anomalnu zonu Leušići—Milićevci—Orlovac. Po apsolutnoj vrednosti intenziteta pojedini minimumi znatno prevazilaze vrednosti obližnjih maksimuma. Prema severoistoku od linije minimuma veliki horizontalni gradijent ΔT se ograničava na relativno kratko odstojanje, da bi na dalje postupno smanjio vrednost. Jednoličnost i postupnost promena ΔT, odsustvo lokalnih anomalija na ovako velikom prostoru, je nešto što na neki način iznenađuje. Na Boraču je velika varijabilnost horizontalnog gradijenta na kratkom rastojanju, pojava brojnih minimuma (intenziteta —100 do +250 nT) i maksimuma (30 do 120 nT) ΔT, koji u celini gledano odaju utisak anomalnog magnetskog polja »mozaičke« forme. Interesantno je da su pojedini ekstremi ΔT međusobno lučno povezani, čineći magnetske »prstenaste« strukture.

Na severoistočnom (ostalom) delu područja, severoistočno od linije Bečevica—Vraćevšnica—Svračkovci—Ozren, anomalno polje je relativno mirnije. Anomalije dostižu maksimum od 100 nT, na najvećem delu vrednosti su ispod 30 nT, a ima i prostranijih predela gde je horizontalni gradijent $\Delta T$ praktično nula. Po prostranstvu anomalije su raznolike, pojedine zahvataju dosta velike površine, kada su složenog karaktera — objedinjuju više magnetskih struktura. Kao takva ističe se Rudničko-kornetska anomalija, koja ustvari predstavlja prostrano pozitivno polje sastavljeno od dve osnovne anomalije — Rudničke (maksimum na pravcu Zlokuće—V. Laz) i Kornetske (prema Rajcu). U celini gledano polje ima pravac prostiranja približno zapad—istok, kakav ima i Kornetska anomalija dok je Rudnička skoro upravna na ovaj pravac, stim što se od nje izoanomale takođe orijentišu (razvlače) u pravcu zapad—istok, uz pojavu i dva manja povećanja $\Delta T$ ka Kameničkoj reci. Na pravcu Rudničke anomalije prema jugu nalazi se istočni deo boračkih anomalija, a ka severozapadu (Ostrovica, Malo selo) nekoliko i po prostoru i po intenzitetu manjih anomalija. Na Rudniku se dakle ukrštaju dve značajne magnetske struktnure. Prostrana pozitivna anomalija istočno od Vraćevšnice, intenziteta do 100 nT, je samo deo velike anomalne zone koja se po podacima regionalnih ispitivanja pruža na pravcu Avala—Stragari—Kamenica.

Prikazano anomalno polje, utvrđeno detaljnim aeromagnetskim ispitivanjima, u globalu je saglasno sa ranije ustanovljenim regionalnim ispitivanjima (5). Novo dobijeni detalji u konfiguraciji anomalnog polja, proistekli zahvaljujući dosta manjem međumaršrutnom odstojanju detaljnih ispitivanja, upravo su ti koji olakšavaju interpretaciju aeromagnetskih podataka sa aspekta geotermalne energije.

## Interpretacija anomalnog polja

Geološka interpretacija anomalnog magnetskog polja šireg područja G. Milanovca bazirana je prevashodno na Osnovnoj geološkoj karti, na opštem poznavanju magnetskih karakteristika stena kakve izgrađuju ispitano područje i, naravno, saznanjima stečenim na osnovu podataka ranijih regionalnih aeromagnetskih ispitivanja šireg prostora. Kvantitativnu interpretaciju anomalija izvršila je uglavnom Žoržet Banović.

## Litološka priroda uzročnika anomalija

Osnovni uzročnici anomalija su serpentiniti i tercijarni magmatiti. Magnetoaktivne stene su u potpunosti ili delimično otkrivene u recentnom erozionom nivou — serpentiniti i vulkaniti, ili u celini prekrivene — intruzivne mase subvulkanskog odnosno hipoabisalnog karaktera. Ove prekrivene intruzivne mase se pretpostavljaju na osnovu položaja i karaktera anomalija u kontekstu anomalnog polja i geološke građe šireg prostora.

Anomalnu zonu na jugozapadnom delu ispitanog područja, na prostoru Leušići—Orlovac izazvali su u celini serpentiniti (v. prilog). Približ-

no polovina serpentinitske zone je otkrivena, a druga prekrivena miocenskim sedimentima debljine do oko 1300 m. Na otkrivenom delu serpentiniti nekoincidiraju u potpunosti sa anomalnom zonom, što je posledica njihove primarne heterogenosti i kasnije izmenjenosti, zatim nagiba vektora magnetizacije i uticaja reversno namagnetisanih uzročnika iz susedne strukture sa severoistočne strane. Primarno magnetičniji i svežiji blokovi serpentinita odraženi su maksimumima $\Delta T$ intenziteta. Hidrotermalno izmenjene partije serpentinita karakteriše sniženo anomalno polje, koje je na potezu r. Čemernica—Leušići delom i negativnog znaka. Zona serpentinita se inače prostire daleko izvan ispitivanog područja, preko Maljena i Zvornika, odnosno Raške i Goleša.

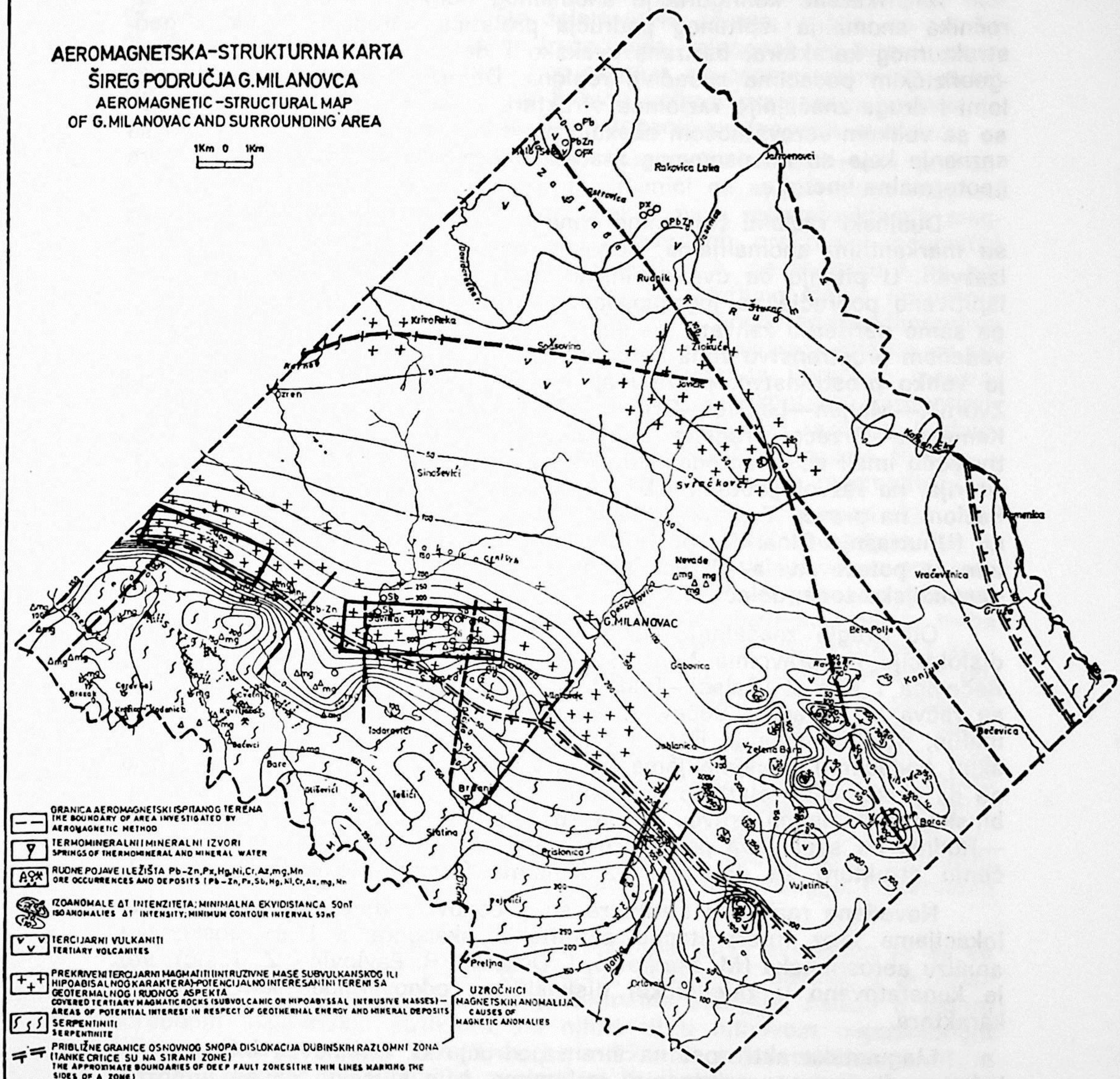
Na središnjem delu područja, na prostoru Borač—Brezna, anomalno polje posledica je uticaja uglavnom tercijarnih magmatita, a manjim delom je refleks navedene serpentinitske zone i geološko-strukturnih odnosa šireg terena (polje regionalnog karaktera). »Mozaičko« anomalno polje na Boraču uslovili su bez sumnje vulkaniti, sa kojima minimumi i maksimumi $\Delta T$ delimično prostorno koincidiraju. Po OGK nije ustanovljeno da se izdvojeni petrološki varijeteti karakterišu specifičnom magnetičnošću; mogu biti više ili manje magnetični, pa i praktično nemagnetični, reversno ili normalno namagnetisani. Po pojavi reversnog namagnetisanja, koje u vulkanitima Borača preovlađuje, sagledava se višefaznost vulkanske delatnosti. S obzirom da se negativne anomalije Borača »utapaju« u markantni pojas minimuma $\Delta T$, koji po intenzitetu prevazilazi pozitivnu anomalnu zonu Leušići—Orlovac izazvanu serpentinitima, smatramo da je pojas minimuma prevashodno (pored kosog namagnetisanja i pada zone serpentinita) uslovljen reversno namagnetisanim magmatitima. Ovi magnetiti, na potezu Mlakovac—Savinac—Brezna, su prekriveni; pojedini delovi magmatita se približavaju površini terena na nekoliko stotina metara (200—500 m), dok se dubina osnovnih masa procenjuje na oko 1,5 km. To znači da prekriveni magmatiti predstavljaju intruzivne mase subvulkanskog ili hipoabisalnog karaktera. Mišljenja smo da individualisani (zatvoreni) minimumi $\Delta T$ na prostorima Malo Kosovo—Savinac i Brezne indiciraju osnovne magmatogene strukture — prostore sa većim intruzivnim masama.

Anomalije na severoistočnom delu ispitanog područja, severoistočno od linije Bečevica—Vraćevšnica—Svračkovci—Ozrem uslovili su tercijarni magmatiti i serpentiniti. Tercijarni magmatiti izazvali su Rudničku anomaliju (maksimum na pravcu Zlokuće—V. Laz), deo polja ka Kornetu i manje anomalije severozapadno od Rudnika. Magnetoaktivni magmatiti Rudnika i dela prema Kornetu su uglavnom prekriveni, odgovaraju takođe subvulkanskim ili hipoabisalnim intruzivima; samo su neznatno na površini — kao vulkaniti, od kojih inače potiču i manje anomalije severozapadno od Rudnika, a moguće i manja povećanja $\Delta T$ ka Kameničkoj reci. Na Rudniku je najverovatnije u pitanju jedinstvena intruzivna masa koja u predelu Zlokuće i V. Laza ima morfološke maksimume, na dubini reda 500 m. Serpentiniti su izazvali anomaliju neposredno ograničenu na predeo Korneta i prostranu anomaliju istočno od Vraćevšnice, koja obeležava samo segment velike zone serpentinita na pravcu Avala—Stragari—Kamenica—Brzeće (Kopaonik).

# AEROMAGNETSKA-STRUKTURNA KARTA ŠIREG PODRUČJA G.MILANOVCA

## AEROMAGNETIC-STRUCTURAL MAP OF G.MILANOVAC AND SURROUNDING AREA

1Km 0 1Km




- GRANICA AEROMAGNETSKI ISPITANOG TERENA
  THE BOUNDARY OF AREA INVESTIGATED BY AEROMAGNETIC METHOD
- TERMOMINERALNI I MINERALNI IZVORI
  SPRINGS OF THERMOMINERAL AND MINERAL WATER
- RUDNE POJAVE I LEŽIŠTA Pb-Zn, Px, Hg, Ni, Cr, As, mg, Mn
  ORE OCCURRENCES AND DEPOSITS (Pb-Zn, Px, Sb, Hg, Ni, Cr, As, mg, Mn
- IZOANOMALE ΔT INTENZITETA; MINIMALNA EKVIDISTANCA 50nT
  ISOANOMALIES ΔT INTENSITY; MINIMUM CONTOUR INTERVAL 50nT
- TERCIJARNI VULKANITI
  TERTIARY VOLCANITES
- PREKRIVENI TERCIJARNI MAGMATITI (INTRUZIVNE MASE SUBVULKANSKOG ILI HIPOABISALNOG KARAKTERA) - POTENCIJALNO INTERESANTNI TERENI SA GEOTERMALNOG I RUDNOG ASPEKTA
  COVERED TERTIARY MAGMATIC ROCKS (SUBVOLCANIC OR HIPOABYSSAL INTRUSIVE MASSES) - AREAS OF POTENTIAL INTEREST IN RESPECT OF GEOTHERMAL ENERGY AND MINERAL DEPOSITS
- SERPENTINITI
  SERPENTINITE
- PRIBLIŽNE GRANICE OSNOVNOG SNOPA DISLOKACIJA DUBINSKIH RAZLOMNI ZONA (TANKE CRTICE SU NA STRANI ZONE)
  THE APPROXIMATE BOUNDARIES OF DEEP FAULT ZONES (THE THIN LINES MARKING THE SIDES OF A ZONE)
- NEKE DRUGE ZNAČAJNIJE DISLOKACIJE
  OTHER SIGNIFICANT DISLOCATIONS
- POTENCIJALNO NAJINTERESANTNIJI TERENI SA ASPEKTA IZVORA GEOTERMALNE ENERGIJE
  THE GEOTHERMALLY MOST INTERESTING SURFACES

UZROČNICI MAGNETSKIH ANOMALIJA
CAUSES OF MAGNETIC ANOMALIES

## Geostrukturne implikacije anomalnog polja, sa posebnim osvrtom na terene potencijalne nosioce izvora geotermalne energije

Iz prikazane konfiguracije anomalnog polja i litološke prirode uzročnika anomalija ispitanog područja proističu određena saznanja geostrukturnog karaktera, bazirana svakako i delom na različitim geološko-geofizičkim podacima susednih regiona. Determinisani su dubinski razlomi i druge značajnije razlomne strukture i ustanovljeni su prostori gde se sa velikom verovatnoćom očekuju prekriveni magmatiti. Upravo ovo su saznanja koja su od osnovnog značaja u problematici istraživanja izvora geotermalne energije.

Dubinski razlomi (razlomne zone sa snopom dislokacija) obeleženi su markantnim anomalijama, odnosno serpentinitima koji su anomalije izazvali. U pitanju su dva dubinska razloma, od kojih jedan ograničava ispitivano područje sa jugozapada, na pravcu Leušići—Orlovac, a drugi ga samo periferno zahvata, na delu istočno od Vraćevšnice. Saglasno navedenom prostranstvu zona serpentinita koje kontrolišu, ovi razlomi imaju veliko prostranstvo, pružaju se više stotina kilometara na pravcima Zvornik—Maljen—Leušići—Orlovac—Raška—Goleš i Avala—Stragari—Kamenica—Brzeće. Predstavljaju značajne geološke granice; svojom aktivnošću imali su izvanredan uticaj na geološku evoluciju pripadajućih teritorija, na razvoj geotektonskih, magmatskih i metalogenetskih procesa. Razlom na pravcu Zvornik—Goleš razgraničava Vardarsko-Šumadijsku zonu (Unutrašnje Dinaride) od Paleozojske oblasti Središnjih Dinarida. Razlom na potezu Avala—Brzeće prostire se približno središtem Vardarsko-Šumadijske zone, deleći je na istočni i zapadni deo.

Od drugih značajnijih razlomnih struktura magnetski se izdvajaju dislokacije na pravcima Malo Selo—Ostrovica—Rudnik—Borač, odnosno Bečevica i Kornet (Rajac)—Rudnik. Dislokacija Malo Selo—Rudnik, koja se račva ka Boraču i Bečevici, ispoljena je orijentacijom Rudničke anomalije, nekih anomalija Borača i Kotlenika (po regionalnim aeromagnetskim podacima) i anomalijama severozapadno od Rudnika; pretpostavlja se da predstavlja relativno udaljeniju dislokaciju iz snopa dislokacija dubinskog razloma na pravcu Avala—Brzeće. Postojanje dislokacije Kornet—Rudnik se sagledava po izduženju anomalnog polja i tektonskom značenju strukture sa dotičnim uzročnicima (serpentinitima, vulkanitima).

Navedene razlomne strukture su u osnovi saglasne izdvojenim dislokacijama kroz interpretaciju satelitskih skanograma i stereoskopsku analizu aerosnimaka (M. Marković, I. Đoković, R. Pavlović i Z. Tasić), što je konstatovano u zajedničkoj diskusiji uz odgovarajuće karte radnog karaktera.

Magmatska aktivnost na širem području G. Milanovca bila je svakako predisponirana prikazanim razlomima. Nije slučajno da se intenzivni magmatizam u Šumadiji odvijao baš na prostoru sučeljavanja dva dubinska razloma (na prostoru Borača i Rudnika), koji na neki način ocrtavaju magmatsko-sedimentnu »lepezu« (teren izgrađen od magmatita i sedimenata). Preseci pojedinih dislokacija bili su posebno povoljni za intruziju i izlivanje magme.

Površinski magmatiti, oni koji se nalaze u recentnom erozionom nivou, su geološkim kartiranjem prostorno dobro determinisani i proučeni. Uglavnom su zastupljeni na terenu Borača i Rudnika. Vezani su za magnetske strukture koje prostorno prevazilaze poznate (površinske) mase magmatita, prostiru se znatnim delom preko terena na čijoj se površini nalaze samo sedimentne stene (mezozoika, miocena). Po pitanju površinskih magmatita sa strukturološkog aspekta na osnovu aeromagnetskih podataka istakli bi i to da se na Boraču uočava prstenasto rejoniranje magnetičnih vulkanita, postojanje magmatogenih prstenastih struktura.

Postojanje prekrivenih tercijarnih magmatita na ispitanom području sagledava se zahvaljujući zapaženoj činjenici da se određene magnetske strukture nastavljaju i izvan površinskih masa magnetoaktivnih magmatita. Kao što je u prednjem poglavlju navedeno, prekriveni magmatiti se očekuju na pravcu Mlakovac—Savinac—Brezna, na Rudniku i na potezu Rudnik—Kornet (v. prilog). U pitanju su relativno manje intruzivne mase subvulkanskog ili hipoabisalnog karaktera, prekrivene sedimentima moćnosti i do oko 1,5 km. Magmatiti na pravcu Mlakovac—Brezna su reversno namagnetisani, isto kao i veći deo vulkanita Boračkog masiva. Njihovo intrudovanje izvršeno je na severoistočnom kontaktu serpentinitske zone, duž perifernih dislokacija iz snopa dubinskog razloma. Rudnički intruziv se nalazi na preseku dislokacija Borač—Rudnik i Rudnik—Kornet, koja prema Kornetu takođe kontroliše prekrivene magmatite.

Izdvajanje terena sa moguće prisutnim »slepim« magmatitskim masama je od vanrednog značaja u istraživanju geotermalne energije, jer je poznato da se ova energija može komercijalno koristiti upravo u prostorima prekrivenih tercijarnih magmatita. Pouzdano saznati gde se takvi prostori nalaze značilo bi da je posao dobrim delom obavljen. Nadalje treba proceniti geološku sredinu u kojoj je intruziv utisnut, kolektorska i konzervatorska svojstva, izvršiti odgovarajuća bušenja i konačno odabrati optimalan način eksploatacije energije. Na bazi aeromagnetskih podataka nisu istina pouzdano utvrđeni prekriveni tercijarni magmatiti, ali neosporna je činjenica da se oni sa velikim stepenom verovatnoće mogu očekivati na izdvojenim prostorima. U svakom slučaju izdvojeni su tereni gde ima bar nekih većih izgleda istraživati izvore geotermalne energije na ispitanom području. Da je izdvajanje terena zaista izvršeno sa visokim stepenom verovatnoće možemo se bar donekle uveriti kroz prostorni odnos površinskih manifestacija izvora geotermalne energije i utvrđenih magnetskih struktura.

Sa priložene aeromagnetske — strukturne karte evidentno je da se postojeći termomineralni izvori G. Trepča, Mlakovac, Savinac i Svračkovac, kao površinske manifestacije geotermalne energije, nalaze u okviru određenih magnétskih struktura, na njima ili u njihovom neposrednom domenu. Prva tri izvora vezana su za markantni pojas minimuma $\Delta T$, a izvor Svračkovac za Rudničku anomaliju. Ili, kako je napred prevedeno na jezik geologije, prva tri izvora vezana su za prekrivene tercijarne magmatite intrudovane na severoistočnom obodu dubinskog razloma (serpentinitske zone), dok se izvor Svračkovac nalazi u rejonu Rudničkog intruziva. Svakako da ovo nije slučajno te da aeromagnetska karta može u istinu doprineti istraživanju izvora geotermalne energije. Svi su izgledi

da aeromagnetska karta ukazuje na šire, pa čak i uže potencijalno interesantne terene, na skrivene zatvorene strukture sa primarnim ležištima energije.

Bazirajući se na prednjem, da određene geomagnetske strukture indiciraju prekrivene magmatske mase od kojih bar neke, dublje, predstavljaju »grejna tela« (temperature ispod Kirijeve), na aeromagnetsko-strukturnoj karti (v. prilog) obeležili smo šire i uže prostore gde je opravdano očekivati i istraživati izvore geotermalne energije. U pitanju su tereni na pravcu Mlakovac—Brezna, na Rudniku i na potezu Rudnik —Kornet.

Na pravcu Mlakovac—Brezna potencijalno interesantan teren u pogledu geotermalne energije opredeljuje u globalu markantni pojas minimuma $\Delta T$, odnosno zona prekrivenih magmatogenih struktura kojima se pojas minimuma uglavnom pripisuje. Sudeći po regionalnim aeromagnetskim podacima, pojas minimuma se u pravcu jugoistoka ne prostire dalje od Borača, a u pravcu severozapada produžava se i dalje od detaljno ispitivanog područja, dopire blizu Povlena, uz prethodno oštro bočno pomeranje izazvano poprečnim rasedom. S obzirom na formu i strukturno značenje, dotičnom prostoru bi mogao odgovarati naziv »Toplotni pojas« iil slično tome. Termomineralni izvori Mlakovac i Savinac su lokalizovani na samom pojasu, dok je izvor G. Trepča nešto udaljeniji, verovatno uslovljen poprečnom dislokacijom, isto kao i izvor sumporovite vode Brđani. Naravno, da se najveći efekti geotermalne energije očekuju na »»Toplotnom pojasu« — primarni izvori, a manji — sekundarni izvori i dalje od njega, prvenstveno na poprečnim dislokacijama. Posebno značajne akumulacije geotermalne energije očekuju se neposredno iznad osnovnih magmatogenih struktura, koje se prostiru duž ovog pojasa. Saglasno ovome na »Toplotnom pojasu«, kao nešto šire perspektivnoj geotermalnoj zoni, na aeromagnetskoj — strukturnoj karti (v. prilog) izdvojeni su i potencijalno najinteresantniji delovi, markirani individualisanim minimumima $\Delta T$, za koje je navedeno da najverovatnije indiciraju osnovne magmatogene strukture, da su njima (sa reversno namagnetisanim magmatitima) uglovnom uslovljene.

Na prostoru Rudnika potencijalno interesantan teren, praktično koincidira sa Rudničkom anomalijom, odnosno sa prekrivenim intruzivom koji je anomaliju u osnovi izazvao. Na mogući geotermalni značaj ovog terena ukazuje u izvesnom stepenu termomineralna voda Svračkovac, koja se nalazi uz anomaliju, odnosno uz intruziv.

Na potezu Rudnik—Kornet potencijalno interesantan prostor nalazi se u okviru dotične magnetske strukture (proširenje Rudničke i Kornetske anomalije), na delovima koji se pripisuju uticaju prekrivenih tercijarnih magmatita. Intruzivna masa je manjih dimenzija pa saglasno tome očekuje se i relativno manji izvor geotermalne energije, koja ovde nema nikakvih površinskih manifestacija.

Sve ove potencijalno interesantne terene sa geotermalnog aspekta, sa hipertermalnim karakteristikama, koji su izdvojeni na bazi aeromagnetskih podataka, treba detaljno geološki proučiti, uz određena nazemna geofizička ispitivanja — duboko električno sondiranje i dr. Potrebno je

potpunije geološki osvetliti uslove za postojanje skrivenih zatvorenih struktura pogodnih za akumulaciju i kasnije očuvanje geotermalne energije, sa izvorima komercijalnih razmera, iz kojih se može proizvesti neki od eksploatacionih fluida — pregrejana para, para pomešana sa pregrejanom vodom, topla voda i dr. Po našoj oceni, veliki su izgledi da će se bar jedan deo izdvojenog terena, posebno na pravcu Borač—Brezna (sa izuzetno povoljnim geostrukturnim, morfološkim i drugim karakteristikama), iskazati geotermalno produktivnim, što bi predstavljao nesumnjiv doprinos izvršenih aeromagnetskih ispitivanja.

## O rudno-perspektivnim terenima

Na ispitanom području dosadašnjim istraživanjima otkrivena su brojna orudnjenja različitih mineralnih sirovina: Pb—Zn, Sb, U, Hg, Ni, Mg i Cr (v. prilog). Kao ekonomski interesantna za sada su se iskazala orudnjenja Pb—Zn i Mg, nalaze se u eksploataciji (Pb—Zn —Rudnik, Mg — Brezak i dr.). Većina orudnjenja je genetski vezana za tercijarne magmatite, samo su Cr i Ni genetski i prostorno vezani za serpentinite, u kojima se takođe nalaze i značajnija ležišta magnezita. Poznate su i pojave sedimentnog magnezita, u seriji miocenskih sedimenata.

Nijedno od poznatih orudnjenja na ispitanom području nije se direktno aeromagnetski indiciralo, što je i razumljivo s obzirom na njihova magnetska svojstva. Međutim, većina od njih se nalazi na ili u domenu nekih magnetskih struktura, tako da se indirektno sagledavaju tereni gde se ova ležišta mogu očekivati, i van prostora do sada otkrivenih pojava.

Pojave i ležišta Pb—Zn nalaze se na prostoru Rudničke anomalije, na njenom severnom delu. To znači da se poznata orudnjenja nalaze iznad prekrivenog intruziva, koji je anomaliju uglavnom i uslovio. Veliki su izgledi da se mineralizacioni procesi nisu odvijali samo u okviru terena sa poznatim orudnjenjima, već i na pojedinim strukturama ostalog dela prostora sa intruzivom, pa i šire. Otuda smatramo da čitav prostor intruziva sa obodom treba detaljnije istražiti. Isto se odnosi i za teren na pravcu Rudnik—Kornet, na kome se takođe očekuju prekriveni magmatiti. Dobijeni rezultati iznad intruzivnih masa će pokazati da li su neke perspektivne strukture ostale otvorene, da li detaljna istraživanja treba proširiti i dalje. Vrlo verovatno da će se iz prostora sa intruziivma izaći bar na dislokaciji Malo Selo—Rudnik, kojoj se pridaje veliki značaj za magmatsku i metalogenetsku aktivnost.

Pojave i ležišta magnezita nalaze se uglavnom u okviru anomalnog polja koga su izazvali serpentiniti, u anomalnoj zoni Leušići—Orlovac. Nalazišta magnezita skoro su podjednako vezana i za snižene delove polja i za maksimume $\Delta T$. Zbog toga se na osnovu aeromagnetskih podataka ne može, bar za sada, pouzdano izvršiti selekcija potencijalno perspektivnih terena. Inače, rezultati dosadašnjih aeromagnetskih ispitivanja drugih serpentinskih masiva u našoj zemlji pokazuju da ležišta magnezita treba istraživati u delovima serpentinita koje karakteriše sniženo anomalno polje uslovljeno hidrotermalnim promenama, a hromitska u serpentinitima obeleženim magnetskim maksimumima. Na širem podru-

čju G. Milanovca na OGK naznačena je samo jedna Cr pojava (Bobeljka) i to u sniženom anomalnom polju, dakle takođe u netipičnom polju. Izuzetci su svakako mogući. Međutim, »izuzetak« na ovom području treba detaljnije proučiti, jer nije isključeno da se ipak sagleda mogućnost selekcije po Mg i Cr perspektivnih terena, na bazi magnetskih podataka.

Orudnjenja Sb i Hg ustanovljena su na prostoru markantnog minimuma ΔT Borač—Brezna, za koga je navedeno da markira prekrivene tercijarne magmatite — »Toplotni pojas«. U domenu minimuma zapažene su intenzivne hidrotermalne promene dotičnih stena — serpentinita, mezozojskih i miocenskih sedimenata (na prostoru Semedraž—Rudna glava—Takovo), koje su delom doprinele postojanju minimuma ΔT. Svi su izgledi da su promene stena i postanak orudnjenja u vezi sa prekrivenim magmatitima, čijem je uticaju u osnovi pripisan markantni pojas minimuma. Realno je oceniti da čitav »Toplotni pojas« pa i šire predstavlja potencijalno interesantan teren, ne samo sa aspekta Sb i Hg, već Pb—Zn i drugih sirovina, npr. urana čije su pojave otkrivene na prostoru istočnog krila Dičinske antiklinale (Mandre, Spasovina).

Kao što se iz navedenog vidi, u ovom i u prethodnom poglavlju, izdvojeni potencijalno interesantni tereni sa geotermalnog i rudnog (po Pb—Zn, Sb, Hg, U) aspekta velikim delom prostorno koincidiraju. To znači da istraživanja na izdvojenim terenima treba racionalizirati u smislu istovremenog istraživanja i izvora geotermalne energije i rudnih ležišta, uz objedinjenje finansijskih sredstava.

## ZAKLJUČAK

1. Detaljna aeromagnetska ispitivanja na širem području Gornjeg Milanovca izvedena su 1981. godine, u okviru kompleksnih istraživanja izvora geotermalne energije. Merenja totalnog intenziteta magnetnog polja Zemlje izvršena su protonskim magnetometrom, pri međumaršrutnom odstojanju 250 m i apsolutnoj visini leta 1000 m (sa izuzetkom najvišeg dela Rudnika gde je visina nešto povećana).

2. Na osnovu aeromagnetskih podataka proizilazi da je geomagnetsko polje ispitanog područja u priličnoj meri poremećeno, posebno u jugozapadnom delu. Ekstremne merene vrednosti ΔT intenziteta iznose —500 i +320 nT.

3. Osnovni uzročnici magnetskih anomalija su serpentiniti i tercijarni magmatiti. Magnetoaktivne stene su u potpunosti ili delimično otkrivene u recentnom erozionom nivou, ili su u celini prekrivene sedimentnim tvorevinama.

4. Po anomalnom magnetskom polju i litološkoj prirodi uzročnika proistekla su određena saznanja geostrukturnog karaktera. Determinisane su osnovne razlomne strukture i prekrivene tercijarne intruzivne mase, a zahvaljujući ovome izdvojeni su i prostori gde je opravdano očekivati i istraživati izvore geotermalne energije (v. prilog).

5. Proučavanje aeromagnetskih podataka izvršeno je i sa aspekta istraživanja ležišta mineralnih sirovina. Pokazalo se da su izdvojeni potencijalno interesantni tereni u pogledu geotermalne energije ujedno i

rudno interesantni (po Pb—Zn, Sb, Hg i U). Otuda na izdvojenim terenima izradu i realizaciju Programa istraživanja treba metodološki optimalno prilagoditi istovremenom istraživanju izvora geotermalne energije i ležišta mineralnih sirovina.

Predato za štampu 17. I 1983. Recenzent prof. dr Ranko Mužijević

LITERATURA

1. Grupa autora, 1968: — OGK SFRJ i Tumač, list Kraljevo. ZGGI, Beograd.
2. Grupa autora, 1978: — OGK SFRJ i Tumač, list G. Milanovac, Ibid.
3. Grupa autora, 1978: — OGK SFRJ i Tumač, list Čačak. Ibid.
4. Grupa autora, 1980: — OGK SFRJ i Tumač, list Kragujevac. Ibid.
5. Vukašinović S., 1973: — Izveštaj o aeromagnetskim ispitivanjima Šumadije (izvršenim 1972. g. sa protonskim magnetometrom). FSD Geoinstituta, Beograd.
6. Vukašinović S., 1975: — Izveštaj o aeromagnetskim ispitivanjima na terenu zapadne Srbije, Ibid.
7. Vukašinović S., Banović Ž., 1982: — Izveštaj o detaljnim aeromagnetskim ispitivanjima na širem području Gornjeg Milanovca. Ibid.

## Summary

# A CONTRIBUTION TO EXPLORATION OF GEOTHERMAL ENERGY AND MINERAL DEPOSITS IN GORNJI MILANOVAC AREA, BASED ON AEROMAGNETIC DATA

by

Slobodan Vukašinović*)

As a part of a complex exploration of geothermal energy, the detailed aeromagnetic survey of Gornji Milanovac area was conducted in 1981. The Earth's total magnetic field has been surveyed by a proton magnetometer, with flight-lines spacing of 250 meters, and at an absolute flying altitude of 1000 meters (except for the highest parts of Mt. Rudnik, where altitute was slightly higher).

According to aeromagnetic data, the magnetic field of the investigated area is appreciable disturbed, particularly in its southwestern part, where the extreme values of $\Delta T$ intensity are —500 and +320 nT.

The main sources of these magnetic anomalies are the serpentinites and Tertiary magmatic rocks. The magnetically active rocks are either partly or wholy exposed, or completely covered by sedimentary rocks.

*) Geoinstitut, Beograd, Rovinjska 12

Based on the magnetic field and lithological features of these sources, some important geostructural characteristics were determined, such as the deep fault zones and the extension of Tertiary intrusives under the sedimentary mantle, which helped in delineating the surfaces where the sources of geothermal energy can be expected (Encl.).

The aeromagnetic data were analysed related to mineral deposits as well. The surfaces delineated as the potential sources of geothermal energy are also of interest in respect of Pb—Zn, Sb, Hg and U deposits. Consequently, the exploration programs in this area should be, from a methodological point, optimalized both for exploration of geothermal energy and of mineral deposits.

R A D O V I Geoinstituta, knjiga 16, god. 1983., Beograd.
P R O C E E D I N G S of Geoinstitute, vol. 16, 1983, Belgrade.

Milan Milojević

UDK 553.495:550.83(497.11)
Stručni rad

# PRIKAZ METODOLOŠKOG POSTUPKA, PRVI PUT PRIMENJENOG U JUGOSLAVIJI PRI ISTRAŽVANJU RADIOAKTIVNIH SIROVINA IZ VAZDUHA I REZULTATI AEROGAMASPEKTROMETRIJSKIH ISTRAŽIVANJA JUGOISTOČNOG DELA STARE PLANINE

(8 slika)

Ključne reči: Aerogamaspektrometrija, Stara Planina, Srbija

Ovim radom želimo prvenstveno da informišemo našu geološku, a naročito geofizičku, javnost o rezultatima primene najnovijih metodoloških postupaka pri istraživanju radioaktivnih sirovina, novim više kanalnim aerogamaspektrometrom GR-800D.

Predmet ovog razmatranja biće deo rezultata dobijenih pri regionalnim aerogamaspektrometrijskim istraživanjima obavljenim u SR Srbiji u toku 1981. godine.

Na prikupljanju podataka u toku terenskih radova, obradi podataka i prikazu istih učestvovala je ekipa Geoinstituta (OOUR-a Primenjena geofizika).

## UVOD

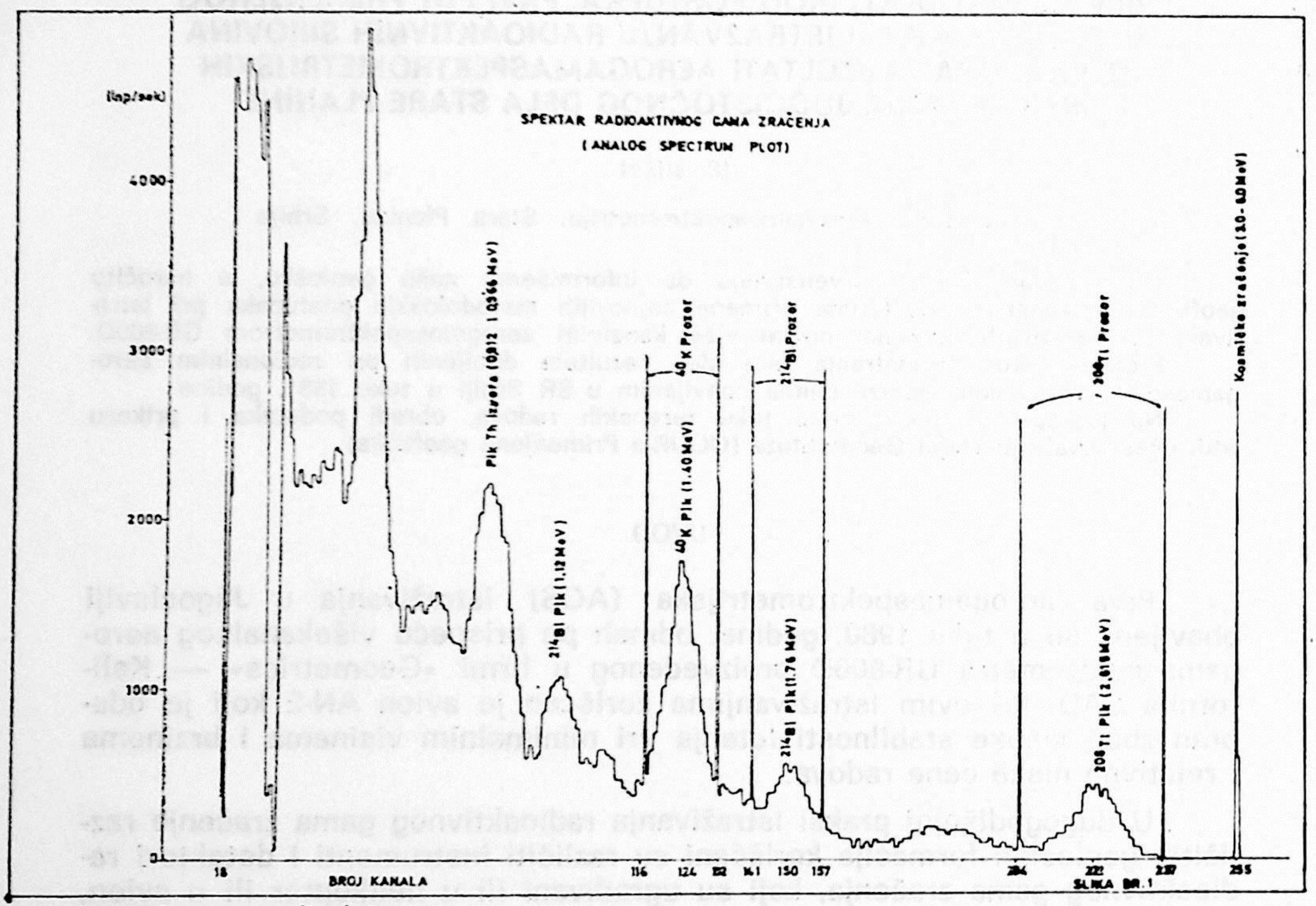
Prva aerogamaspektrometrijska (AGS) istraživanja u Jugoslaviji obavljena su u toku 1980. godine, odmah po prispeću višekanalnog aerogamaspektrometra GR-800D proizvedenog u firmi »Geometrics« — Kalifornija SAD. Pri ovim istraživanjima korišćen je avion AN-2 koji je odabran zbog visoke stabilnosti letenja pri minimalnim visinama i brzinama i relativno niske cene radova.

U dugogodišnjoj praksi istraživanja radioaktivnog gama zračenja različitih geoloških formacija korišćeni su različiti instrumenti i detektori radioaktivnog gama zračenja, koji su ugrađivani ili u helikopter ili u avion, od Gajger Milerovih cevi (AGSM-25, 1958. godine), plastičnih detektora (SPA-3, 1960. godine) do kristala natrijumjodida (NaJ) (ASG-46 1966. i AERS-2, 1970. godine). Ukupna zapremina kristala u to vreme bila je maksimalno od 1 do 3 litra.

Detektori korišćeni pri AGS istraživanjima Stare planine bili su kristali NaJ, koji je aktiviran talijumom. Pošto je efikasnost detektora zavisna od veličine kristala bilo je veoma važno posedovati kristale velike zapremine. Ovakve kristale NaJ bilo je moguće napraviti tek početkom sedamdesetih godina, zahvaljujući tehnološkom napretku. Kristali kojima su izvršena istraživanja prikazana u ovom radu su dimenzija $10 \times 10 \times 40$ cm, i ovakvih kristala ima ukupno 14.

Osnovne tehničke karakteristike kompletne opreme korišćene pri AGS istraživanjima Stare planine su:

— Aerogamaspektrometar je programiran da izdvaja iz spektra radioaktivnog gama zračenja energetske delove spektra »prozore«, unutar kojih se registruju prvenstveno energije radioaktivnog zračenja određenih prirodno radiaktivnih elemenata kao što su kalijum, uran i torijum, i da ih zajedno sa podatkom sumarnog radioaktivnog gama zračenja pošalje ka analognom i magnetnom rekorderu. Na slici br. 1 prikazan je spektar radioaktivnog gama zračenja i »prozori« koje iz tog spekta aerogamaspektrometar izdvaja.




Sl. 1. Spektar radioaktivnog gama zračenja.
Fig. 1. Analog spectrum plot.

Takođe postoji mogućnost registrovanja celog spektra radioaktivnog gama zračenja u 256 ili 512 kanala. Za registrovanje zračenja radioaktivnog gasa koji se nalazi u atmosferi oko letelice u trenutku istraživanja koristila su se dva kristala NaJ, ispod kojih su se nalazile olovne ploče debljine 2,5 cm. Za registrovanje radioaktivnog gama zračenja koje dolazi sa površine terena korišćeno je 12 kristala NaJ. Ukupna zapremina svih kristala je 58,6 litara.

Od prateće opreme u kompletu su se nalazili: akvizicioni sistem, uređaj za održavanje konstantne temperature kristala, časovnik, analogni

i magnetni rekorder. U magnetnom rekorderu registrovani su, u digitalnom obliku, sledeći podaci: broj profila, broj fotosnimka, radioaktivno gama zračenje iz vazduha, radioaktivno gama zračenje kalijuma, urana, torijuma i ukupno radiaktivno gama zračenje, dan, mesec, časovi, minuti, sekunde i na kraju visina leta aviona.

Metodologija istraživanja na terenu se sastojala u sledećem: istraživanja su izvođena duž pravolinijskih profila koji su bili na međusobnom rastojanju od 250 m. Visina leta aviona bila je između 100 i 200 m iznad površine terena. Navigacija je bila vizuelna, uz korišćenje četvorobojne topografske karte razmere 1:25.000. Na svakih 3 do 5 km kamerom, montiranom na podu aviona, načinjeni su fotosnimci terena, koji su korišćeni za rekonstrukciju položaja aviona u toku istraživanja.

## OBRADA PODATAKA I PRIKAZ REZULTATA

Korektno registrovani podaci AGS istraživanja omogućili su tačnu obradu podataka koja je obavljena u računskom centru Instituta »Boris Kidrič« u Vinči, na računaru CONTROL DATA CDC 3600.

Obrada podataka sastojala se u sledećim postupcima:

Mereni podaci korigovani su za uticaj aviona, kosmičkog zračenja, komptonovog efekta »rasejavanja«, promene temperature vazduha, promene atmosferskog pritiska i za uticaj radioaktivnog gama zračenja radioaktivnog gasa iz vazduha.

Posle svih ovih korekcija podaci su svedeni na nivo od 120 m iznad terena, preciznije svaki podatak je tako korigovan da je dobio onu vrednost koja bi se registrovala, bez navedenih uticaja, da je avion bio, u trenutku registrovanja, na visini od 120 m iznad površine terena. Ovo je urađeno da bi podaci bili međusobno uporedivi.

Na osnovu korigovanih i svedenih podataka moguće je izračunati različite odnose radioaktivnog gama zračenja na primer U/Th, U/K i Th/K.

Sledeća faza obrade podataka bila bi izrada različitih karata radioaktivnog gama zračenja uz pomoć računara na odgovarajućem ploteru. Pošto za sada nismo u mogućnosti da karte kompjuterski izradimo one su urađene ručno i predstavljaju kvalitativnu interpretaciju merenih podataka (slike 3—8).

## Geološko-tektonske karakteristike jugoistočnog dela Stare Planine

Istraživano područje prikazano je na listovima Pirot i Breznik, Osnovne geološke karte razmere 1:100.000, i zahvata krajnje jugoistočne delove Stare Planine (slika br. 2).

Najstarije stene su kristalasti škriljci rifeokambrijske starosti. Preko ovog kompleksa leži takozvana inovska serija čija starost je određena kao gornjo kambrijska. Stari magmati otkriveni su u rifeokambrijskom kompleksu Stare Planine i predstavljeni su gabrovima, granitima i njihovim varijetetima.

Među paleozojskim tvorevinama mlađim od kambrijuma izdvojeni su ordovicijum, silur, devon, karbon i perm i predstavljeni su peščarima, glincima, flišom, metamorfisanim krečnjacima, metamorfisanim peščarima i na kraju crvenim peščarima perma.

Trijaski sedimenti predstavljaju transgresivnu jedinicu i leže preko kristalastih škriljaca, granita ili sedimenata perma. Donji trijas je predstavljen konglomeratima i peščarima dok je srednji trijas predstavljen krečnjacima i krečnjačkim dolomitima.

Jurske tvorevine se samo mestimično razvijaju i predstavljene su krečnjacima, laporcima i peščarima.

Kredne tvorevine razvijene su na granici istraživanog terena i predstavljene su glincima, laporcima i peščarima.

Na osnovu geološkog razvoja, strukture pa i orografskih osobina istraživano područje pripada staroplaninskoj zoni sa visočkom zonom. Ovo područje pripada jugozapadnom krilu velike staroplaninske antiklinale koja je, nagnuta malo ka severoistoku a osa joj je pravca pružanja SSZ—JJI. Jugozapadno krilo staroplaninske antiklinale, posle taloženja gornjokrednih sedimenata, naglo se izvilo i ubralo. U daljem toku tektonskog procesa stvorena je visočka kraljušta koja se sastoji od više paralelnih reversnih raseda, duž kojih je došlo do najahivanja mezozojskih sedimenata.

U uslovima transgresione sedimentacije formiran je relativno moćan sloj permotrijskih peščara i konglomerata koji bi, obzirom na to da leži iznad ili u neposrednoj blizini granita i njihovih varijeteta, mogao pod povoljnim uslovima biti sredina u kojoj bi se obarao uran i formirale veće koncentracije urana.

Prethodnim geološkim radovima konstatovane su u permotrijaskim peščarima uranske mineralizacije u okolini sela Dojkinci i Senokos (slika br. 2).

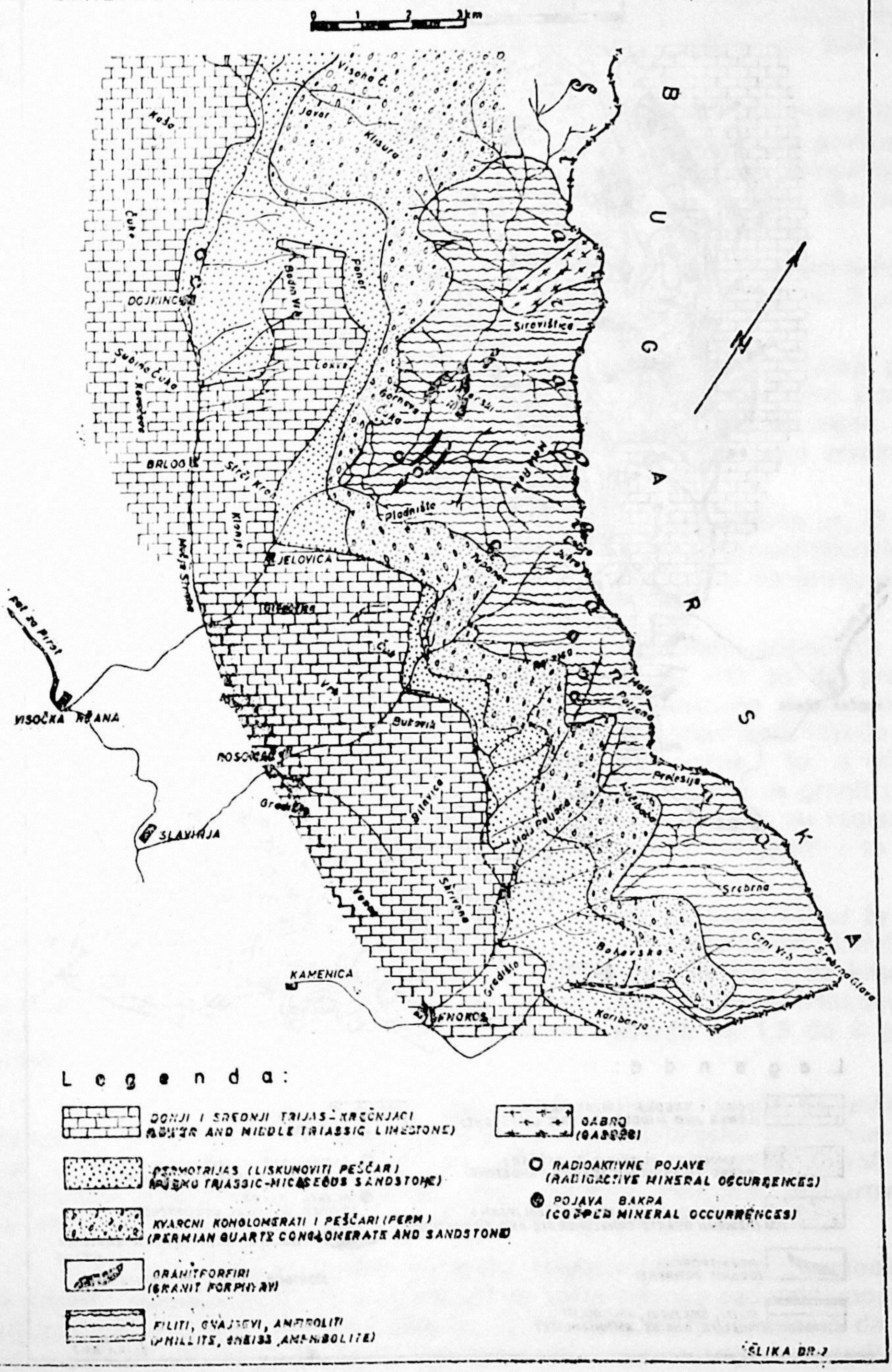
Ove činjenice ukazale su na mogućnost otkrivanja rudnih pojava urana u sedimentima permo-trijasa, a to je bio osnovni razlog da se na ovom terenu i preduzmu aerogamaspektrometrijska istraživanja.

## REZULTATI AEROGAMASPEKTROMETRIJSKIH ISTRAŽIVANJA

Rezultati AGS istraživanja prikazani su na prilozima 3—8. Metodološki postupak analize dobijenih podataka sastojao se u sledećem: Prvo je urađena karta ukupnog radioaktivnog gama zračenja istraživane oblasti (slika br. 3). Na osnovu ove karte određene su površine ukupnog radioaktivnog gama zračenja sa vrednostima iznad fonskih za različite geološke sredine.

Fonske vrednosti su određene tako što je za svaku geološku formaciju određen reprezentativni uzorak (deo geološke formacije sa minnim poljem radioktivnog gama zračenja) i izračunata srednja vrednost kako ukupnog tako i radioaktivnog gama zračenja koje potiče od kalijuma, urana i torijuma, koristeći u proseku sto rezultata obrađenih i svedenih na nivo 120 m iznad površine terena, odbacujući pri tom minimalne i maksimalne vrednosti.

PREGLEDNA GEOLOŠKA KARTA JI DELA STARE PLANINE
GENERAL GEOLOGICAL MAP OF SE PART OF STARA PLANINA

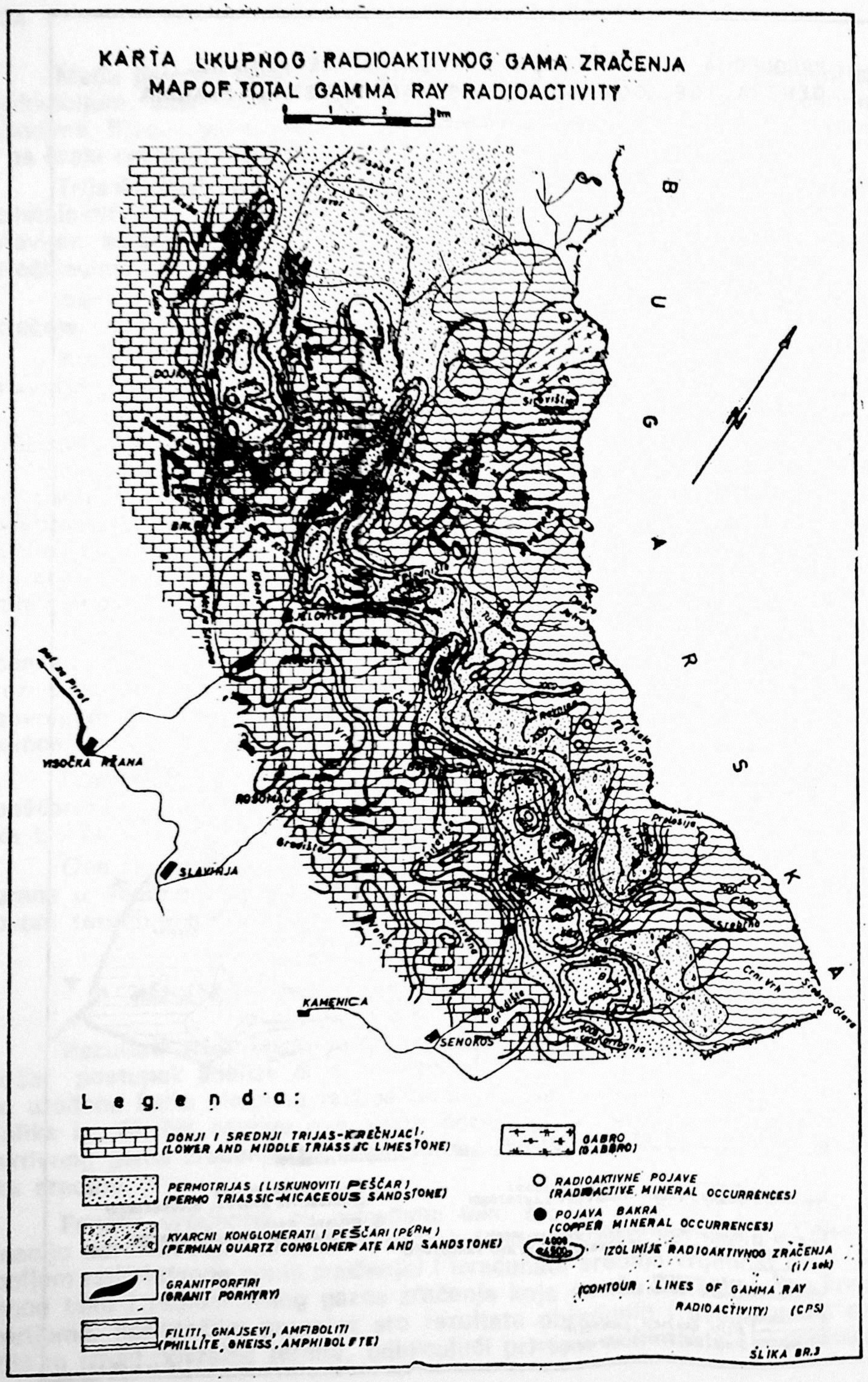



Legenda:

- DONJI I SREDNJI TRIJAS-KREČNJACI (LOWER AND MIDDLE TRIASSIC LIMESTONE)
- GABRO (GABBRO)
- PERM-TRIJAS (LISKUNOVITI PEŠČARI) (PERMO-TRIASSIC-MICA-BEARING SANDSTONE)
- RADIOAKTIVNE POJAVE (RADIOACTIVE MINERAL OCCURRENCES)
- POJAVA BAKRA (COPPER MINERAL OCCURRENCES)
- KVARCNI KONGLOMERATI I PEŠČARI (PERM) (PERMIAN QUARTZ CONGLOMERATE AND SANDSTONE)
- GRANITPORFIRI (GRANIT PORPHYRY)
- FILITI, GNAJSEVI, AMFIBOLITI (PHILLITE, GNEISS, AMPHIBOLITE)

SLIKA BR. 2

Sl. 2. Pregledna geološka karta JI dela Stare Planine.
Fig. 2. General geological map of SI part of Stara Planina.




Sl. 3. Karta ukupnog radioaktivnog gama zračenja.
Fig. 3. Map of total gamma ray radioactivity.

Za rifeokambrijske tvorevine izračunato je da su fonske vrednosti ukupnog radioaktivnog gama zračenja 2500 impulsa u sekundi (i/s, za permske i permotrijaske tvorevine konstatovano je da su fonske vrednosti 3500 i/s i za donjotrijaske i srednjetrijaske tvorevine od 2000 do 2500 i/s.

Obzirom da je u okolini sela Dojkinci utvrđena uranska mineralizacija u permotrijaskim peščarima obratili smo naročitu pažnju na povišene vrednosti intenziteta ukupnog radioaktivnog gama zračenja u permotrijaskim tvorevinama, naravno nezanemarujući povećanja intenziteta ukupnog radioaktivnog gama zračenja u ostalim geološkim formacijama.

Na slici br. 3 lako je konstatovati da povećanje ukupnog radioaktivnog gama zračenja u permotrijaskim tvorevinama iznosi od 1,5 do 2 puta fonska vrednost odnosno 5500 do preko 6500 i/s.

Sledeći postupak u analizi dobijenih podataka bio je određivanje prirode uzročnika povećanja intenziteta ukupnog radioaktivnog gama zračenja. To se postiglo izradom karata radioaktivnog gama zračenja urana, torijuma, kalijuma i, na kraju, karte odnosa radioaktivnog gama zračenja urana i torijuma.

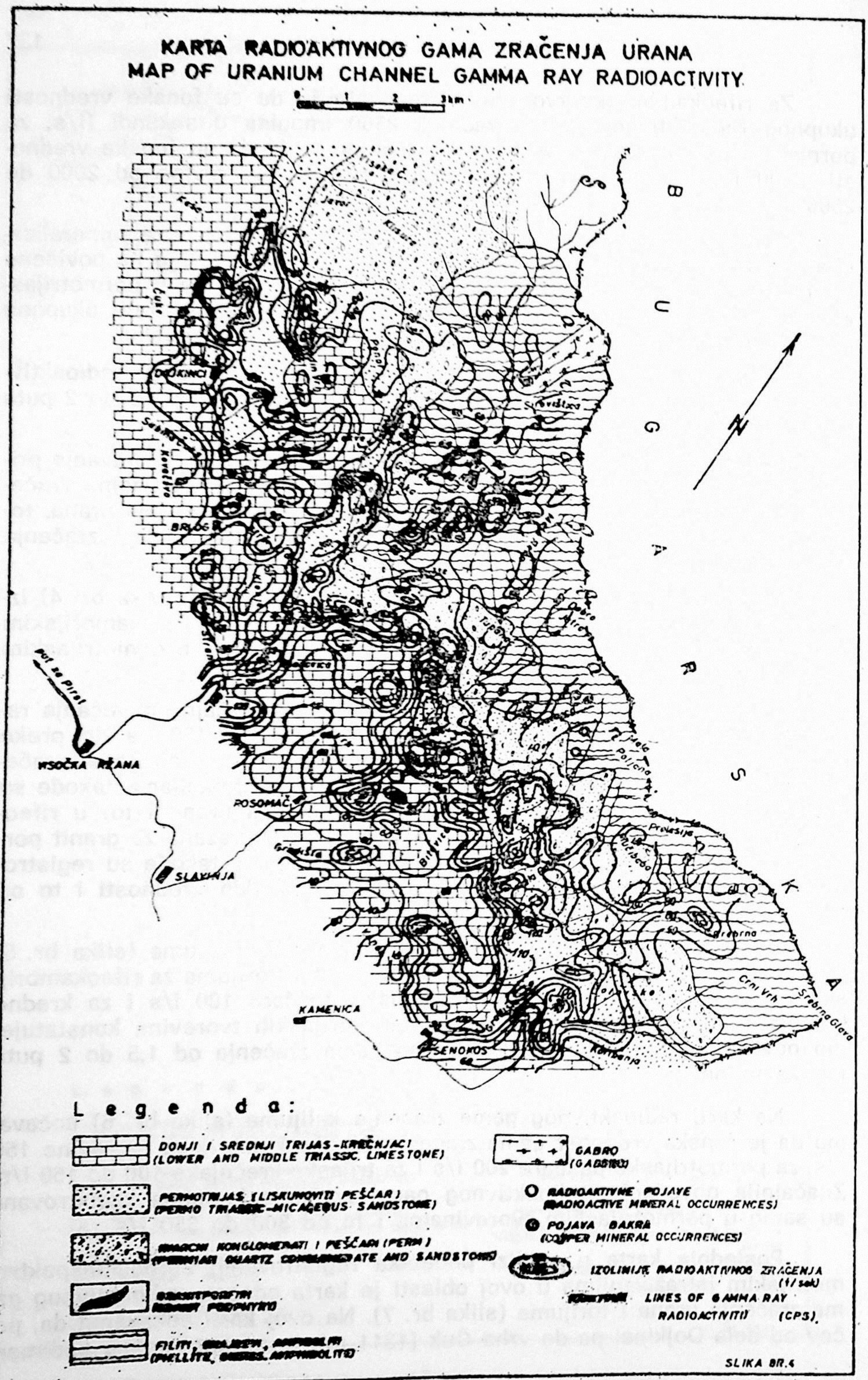
Na osnovu karte radioaktivnog gama zračenja urana (slika br. 4) izračunato je da je fonska vrednost gama zračenja urana u rifeokambrijskim tvorevinama 60 i/s, u permotrijaskim peščarima 90 i/s i u donjotrijaskim i srednjetrijaskim krečnjacima 60—80 i/s.

U permotrijaskim peščarima registrovana su značajna povećanja radioaktivnog gama zračenja urana sa intenzitetom od 130 pa do preko 140 i/s. U okolini sela Dojkinci registrovana su radioaktivna gama zračenja urana od 100 do 110 i/s. U ostalim geološkim formacijama takođe su registrovana povećanja radioaktivnog gama zračenja urana i to: u rifeokambrijskim tvorevinama od 100 do 110 i/s, koja su vezana za granit porfire, u okolini Javorskog rida. U trijaskim krečnjacima, takođe su registrovana radioaktivna gama zračenja znatno iznad fonskih vrednosti i to od 110 do 120 i/s.

Na osnovu karte radioaktivnog gama zračenja torijuma (slika br. 5) izračunato je da je fonska vrednost gama zračenja torijuma za rifeokambrijske tvorevine 60—80 i/s za permotrijaske peščare 100 i/s i za kredne krečnjake 80—100 i/s. Samo unutar permotrijaskih tvorevina konstatujemo povećanje intenziteta radioaktivnog gama zračenja od 1,5 do 2 puta fonska vrednost.

Na karti radioaktivnog gama zračenja kalijuma (slika br. 6) uočavamo da je fonska vrednost gama zračenja za rifeokambrijske tvorevine 150 i/s, za permotrijaske peščare 200 i/s i za trijaske krečnjake 100 do 150 i/s. Značajnija povećanja radioaktivnog gama zračenja kalijuma registrovana su samo u permotrijaskim tvorevinama i to od 300 do 350 i/s.

Poslednja karta u analizi podataka registrovanih aerogamaspektrometrijskim istraživanjima u ovoj oblasti je karta odnosa radioaktivnog gama zračenja urana i torijuma (slika br. 7). Na ovoj karti uočavamo da, počev od sela Dojkinci pa do vrha Čuk (1311 m), u permotrijaskim sedimen-




Sl. 4. Karta radioaktivnog gama zračenja urana.

Fig. 4. Map of uranium channel gamma ray radioactivity.

KARTA RADIOAKTIVNOG GAMA ZRAČENJA TORIJUMA

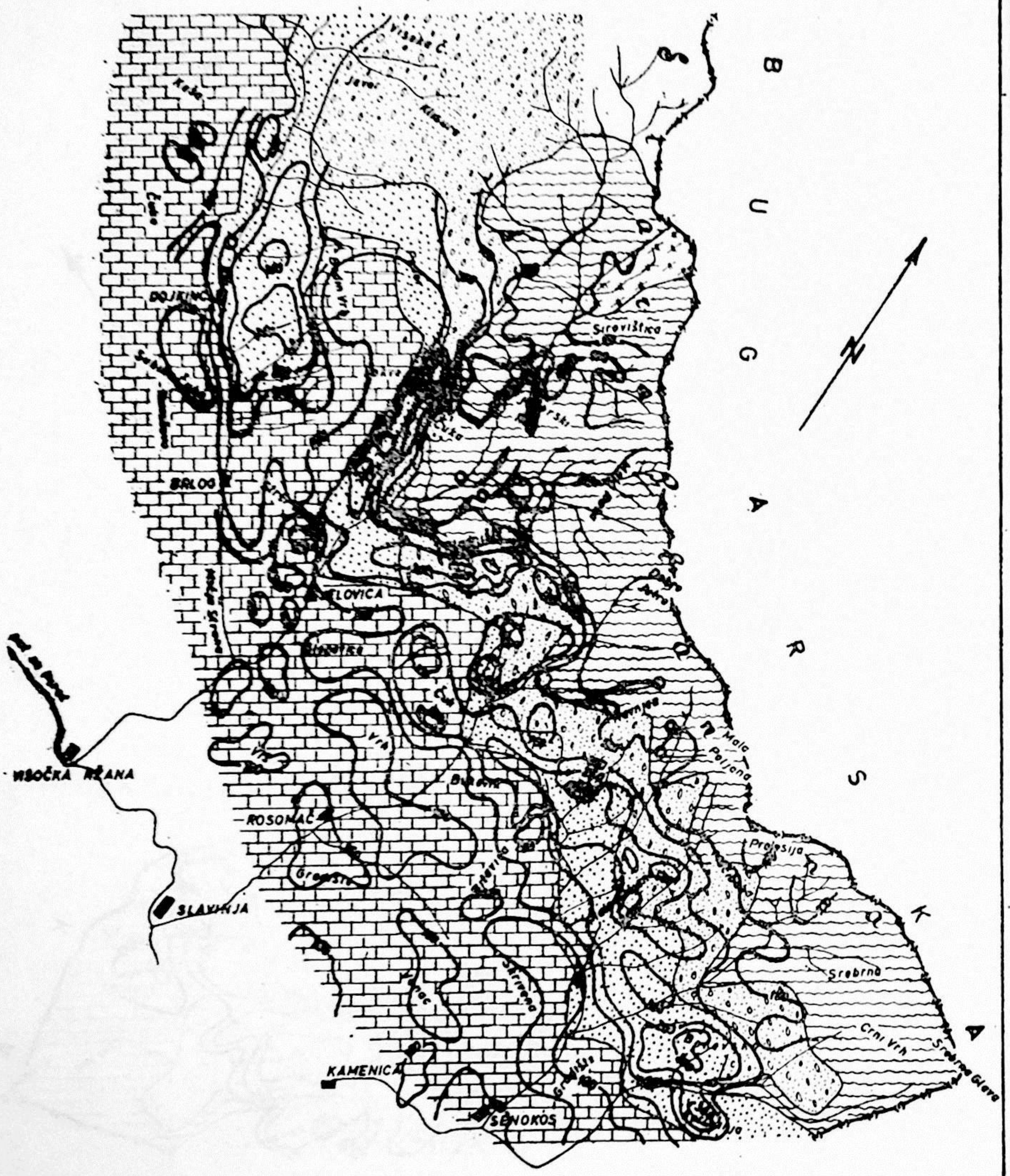
MAP OF THORIUM CHANNEL GAMMA RAY RADIOACTIVITY



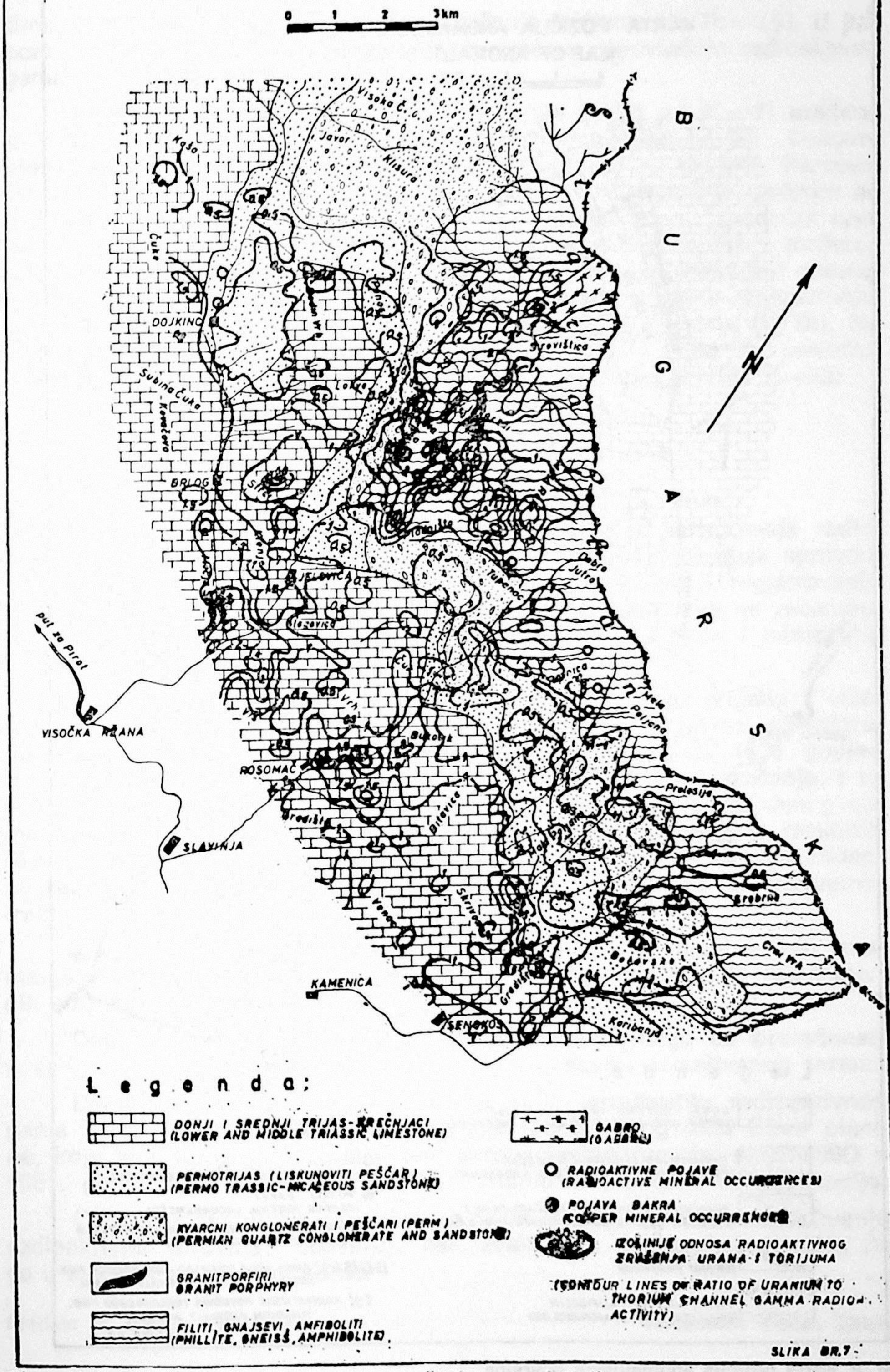

Sl. 5. Karta radioaktivnog gama zračenja torijuma

Fig. 5. Map of thorium channel gamma ray radioactivity.

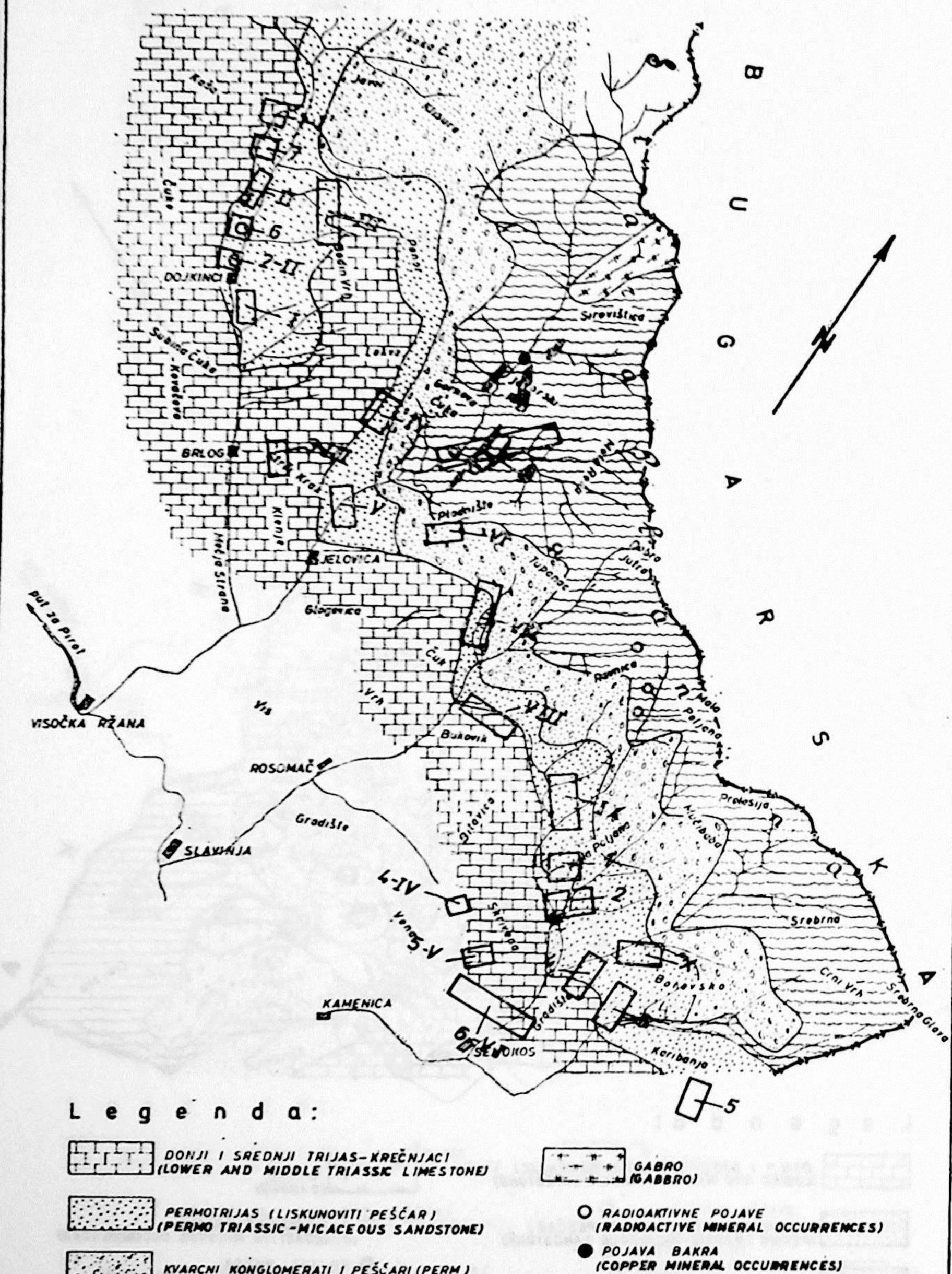
KARTA RADIOAKTIVNOG GAMA ZRAČENJA KALIJUMA
MAP OF POTASSIUM CHANNEL GAMMA RAY RADIOACTIVITY


km
DOJKINO
BRLOG
KLOVIĆA
HRAST
HRAST
HRAST

KARTA ODNOSA RADIOAKTIVNOG GAMA ZRAČENJA URANA I TORIJUMA
MAP OF RATIO OF URANIUM TO THORIUM CHANNEL GAMMA RADIOACTIVITY


0 1 2 3km
Visoka Č.
Javor
Kisura
Kosa
Ćuka
DOJKINO
Subina Ćuka
Kamenjara
BRLOG
Jelovica
Slosovica
Tupenac
Pobro Jutro
Provišlica
Mala Poljana
Prelesje
Srebrna
Crna Rta
Karibanja
Pul za Pirot
VISOČKA RŽANA
ROSOMAČ
SLAVINJA
KAMENICA
SENOKOS
Bukovik
Dilovica
Vrnik
Gradište
Sedlarica
Jovanovo
Jovanovo Brdo
Brodilo
Ravni Dol
Ravni Do
Ravni Dol
Ravni Dol
Ravni Dol

KARTA POZICIJA ANOMALIJSKIH POVRŠINA
MAP OF ANOMALOUS AREAS




Legenda:

- DONJI I SREDNJI TRIJAS – KREČNJACI (LOWER AND MIDDLE TRIASSIC LIMESTONE)
- PERMOTRIJAS (LISKUNOVITI PEŠČAR) (PERMO TRIASSIC – MICACEOUS SANDSTONE)
- KVARCNI KONGLOMERATI I PEŠČARI (PERM) (PERMIAN QUARTZ CONGLOMERATE AND SANDSTONE)
- GRANITPORFIRI (GRANIT PORPHYRY)
- FILITI, GNAJSEVI, AMFIBOLITI (PHILLITE, GNEISS, AMPHIBOLITE)
- GABRO (GABBRO)
- RADIOAKTIVNE POJAVE (RADIOACTIVE MINERAL OCCURRENCES)
- POJAVA BAKRA (COPPER MINERAL OCCURRENCES)
- 1-12 ANOMALIJSKE POVRŠINE URANSKOG POREKLA (URANIUM ANOMALY AREAS)
- (I-II 6-VI) ANOM. POVR. URANSKO-TORIJUMSKOG POR. (URANIUM THORIUM ANOMALY AREAS)
- 1-X ANOMALIJSKE POVRŠINE TORIJUMSKOG POR. (THORIUM ANOMALY AREAS)

SLIKA BR. 8

Sl. 8. Karta pozicija anomalijskih površina.
Fig. 8. Map of anomalious areas.

tima, preovlađuje radioaktivno gama zračenje torijuma (U/Th=0,5). U južnom i jugoistočnom delu permotrijaskih peščara preovlađuje radioaktivno gama zračenje urana (U/Th=1—2).

Na osnovu analize svih prikazanih karata (slike od 3 —7) urađena je prognozna karta pozicija anomalijskih površina (slika br. 8) . Osnovni elementi za izdvajanje anomalija radioaktivnosti bili su sledeći: Perspektivnost geološke formacije, uranonosnost geološke formacije obzirom na prethodna istraživanja i regionalnu metalogenetsku ocenu, prosečni nivo ukupne radioaktivnosti i radioaktivnosti koja potiče od urana i torijuma nad geološkim formacijama u kojima se javlja povećan intenzitet anomalija gama radioaktivnosti, prostorna veličina anomalija gama radioaktivnosti i na kraju odnos radioaktivnog zračenja urana i torijuma (U/Th). Na karti su izdvojene anomalije uranskog porekla (od 1 do 8), uransko-torijumskog porekla od 1—I do 6—VI) i torijumskog porekla (I—X).

## ZAKLJUČAK

U radu je prikazan novi metodološki postupak istraživanja radioaktivnog gama zračenja, iz vazduha. Ovaj metodološki posutpak sprovodi se kroz više faza: merenje radioaktivnog gama zračenja i registrovanje podataka u digitalnom i analognom obliku, obrade podataka na računaru, izrade različitih karata radioaktivnog gama zračenja, analize i interpretacije dobijenih podataka.

Prednost nove generacije instrumenata, čijoj grupi pripada i višekanalni aerogamaspektrometar GR-800D, je u tome, za razliku od instrumenata starije generacije, koji su primenjivani kod nas do 1970. godine i koji su davali samo podatak ukupnog radioaktivnog gama zračenja, i to samo u analognom obliku, što pored podataka ukupnog radioaktivnog gama zračenja mogu da daju podatke radioaktivnih gama zračenja različitih radioaktivnih elemenata kao što su kalijum, uran, torijum i dr. Ovi podaci se registruju u digitalnom obliku u magnetnom rekorderu na magnetnoj traci.

Znači, u mogućnosti smo da odredimo prirodu registrovanih anomalija i odmah eliminišemo one koje sa gledišta istraživanja radioaktivnih sirovina, nisu interesantne.

Dobijeni podaci radioaktivnog gama zračenja mogu se preračunati u sadržaj radioaktivnog elementa koji ulazi u sastav istraživanog terena.

Dakle, da zaključimo, nova metodologija istraživanja radioaktivnog gama zračenja primenjena pri istraživanju jugoistočnog dela Stare planine, koju smo sproveli više kanalnim aerogamaspektrometrom GR-800D u 1981. godini, omogućila nam je da utvrdimo 8 uranskih mineralizacija.

Ovakav metodološki postupak je veliki korak napred u istraživanju radioaktivnih sirovina i obavezuje nas, kvalitetom dobijenih podataka, da ga u budućnosti više koristimo.

Predato za štampu 24. I 1983. Recenzent Vladan Simić

## LITERATURA

1. Aerial gamma Ray and magnetic survey Van Horn and Pecos quadrangles, Texas Final Report, Geometrics, California 1977.
2. Airborne radiometrics Surveying, B. W. Sharbanneau Geological Survey of Canada 1978.
3. Applied Geophysics, Telford, Geldart, Sheriff, Keys 1976.
4. Principles of Applied Geophysics, D. S. Parasnis 1975.
5. Osnovna geološka karta i tumač razmere 1:100.000 list Pirot i Breznik, Više autora.
6. Izveštaj o regionalnim aerogamaspektrometrijskim istraživanjima u SR Srbiji, Milojević Milan, Geoinstitut, Beograd 1981.

## Summary

### APLICATION OF A NEW METHODOLOGICAL APPROACH FIRST TIME APPLIED IN YUGOSLAVIA IN AIRBORNE EXPLORATION OF NUCLEAR RAW MATERIALS AND STUDY OF RESULTS OF AIRBORNE GAMMA-RAY SPECTROMETRIC SURVEY OF SOURHEASTERN PART OF STARA PLANINA, SERBIA

by

Milan Milojević

A new methodological approach in airborne gamma-ray exploration has been suggested, which is carried out in several phases. These phases consist of actual airborne measurement of gamma-ray intensity, digital and analog recording of data, computer processing of collected data, preparation of different maps showing the distribution of differential gamma--ray field, and analysis and interpretation of data.

Relative to instruments of previous generations, the recently introduced instruments, which include the multichannel airborne gamma--ray spectrometer Geometrics GR-800D, have several advantages. Instead of total gamma-ray intensity, presented usually in an analog form, which was characteristic for the older instruments, the instruments of the new generation can supply the data on the contribution of different natural (and artificial) radioactive elements, such as uranium, thorium, and potessium, in the total gamma-ray field. These data are recorder, in a digital form, on the multichannel magnetic recorders.

In this way it is possible to determine the type of radioactive anomalies, and to eliminate instantly those considered as of no interest for further explorations. The gamma-ray spectrometric data can be eventually presented in form of concentrations of different radioaktive elements in the rocks and soils in the investigated area, but this represents a specific problem to be covered by a separate article.

It should be stated that the suggested methodology, applied in the southeastern part of Stara Planina, has helped in delineating 8 typical uraniferous anomalies in 1981. The applied instruments was a Geometrics GR-800D.

The suggested method represents an important step forward in exploration of nuclear raw materials and requests, by the new guality of data, to be applied more extensively in the future.

R A D O V I Geoinstituta, knjiga 16, god. 1983., Beograd.
P R O C E E D I N G S of Geoinstitute, vol. 16, 1983, Belgrade.

**Veljko Omaljev**

UDK 553.495:519.2(497.11)
Originalni naučni rad

# RASPODELA URANA U JUŽNOM DELU GRANITSKOG MASIVA BUKULJE

(sa 6 slika i 5 tabela)

Ključne reči: metalogenija, geohemija, statistika, radioaktivni elementi, granit, Bukulja, Šumadija

U ovom radu su statistički obrađeni podaci o koncentracijama urana u granitu Bukulje, uzimajući u obzir uticaje procesa hidrotermalne alteracije. Pri tome se karakter raspodele urana nije bitno izmenio, ali je došlo do znatnog povećavanja varijacionog intervala sa pojavom logaritamskog repa, što je dovelo do obogaćenja u uranu hidrotermalno promenjenih granita. Primenjena je originalna metodologija autora (dvojni histogrami) za izučavanje statističke raspodele urana u granitu Bukulje.

## UVOD

Prve podatke o pojavi uranove mineralizacije u granitu Bukulje dao je S. V i š i ć (1961). U ranijem periodu nije bilo sistematskih geohemijskih ispitivanja raspodele urana u granitoidnim stenama Bukulje. Tek ponovnim oživljavanjem istraživanja uranove mineralizacije u granitima Bukulje bilo je sistematskog geohemijskog uzorkovanja (V. F i l i p o v i ć, 1977, 1978) južnog dela granitskog masiva Bukulje, gde se nalaze i pojave i ležišta urana u rasednim hidrotermalno promenjenim zonama u granitu (V. F i l i p o v i ć, 1980). Velika pokrivenost granita, kao i podložnost površinskom raspadanju hidrotermalno promenjenih granita, znatno su otežala uzorkovanje, koje je izvođeno delimično uz primenu raskopavanja da bi se uzele geohemijske probe.

Sadržaji urana u geohemijskim probama određeni su kvantitativno hemijski, u hemijskoj laboratoriji Geoinstituta u Beogradu.

Granitoidni masiv Bukulje se nalazi oko 50 km južno od Beograda, neposredno zapadno od Aranđelovca, u Šumadiji. Ovaj pluton je nepravilne sočivaste forme, izdužene u pravcu istok—zapad (sl. 1), površine oko 40 km$^2$. Osnovu terena izrađuju metamorfisani paleozojski sedimenti, koji su pretvoreni u argilošiste, filite, grafitične škriljce, mermere, i drugo. Kontaktno-metamorfne promene su naročito izražene na pomenute stene neposrednog omotača tela plutona.

Granitoidi Bukulje u najvećoj masi pripadaju dvoliskunskom biotitsko-muskovitskom varijetetu granita, dok je čisto biotitski varijetet grani-

ta manje rasprostranjen (S. D i v l j a n, 1980). To je svakako posledica postmagmatskih procesa, uglavnom pneumatolitskog karaktera, koji su zahvatili celu dostupnu masu plutona. Biotitski tip granita se uglavnom javlja u dubljim nivoima plutona, na mestima gde je erozija dublje zasekla telo plutona Bukulje.

Bukuljski granitski pluton je pretežno izgrađen od zrnastih varijeteta granit-monconita, uz malo učešće porfiroidnih varijeteta granit-monconita koji su zastupljeni po obodu plutona. U obodnoj zoni plutona zastupljeni su mestimično sitnozrni varijeteti, kao i aplitoidne facije granita.

Postoje različita mišljenja o starosti granitske intruzije Bukulje. Ranije se smatralo da su graniti Bukulje mladopaleozojske starosti, vezani za hercinsku orogenezu. Geohronološka ispitivanja (G. D e l e o n, i dr., 1965; 1969) su dala dvojaku starost ovih granita: 1) metodom Pb/U su dobijene vrednosti 165 i 168 miliona godina (srednja jura), i 2) metodom Sr/Rb je dobijena starost od 13 do 23,5 miliona godina (kraj oligocena — donji miocen). I. F i l i p o v i ć, i saradnici su (1978) usvojili srednjejursku starost, smatrajući da nema indicija o postojanju kontaktnog metamorfizma u sedimentima gornje krede šire okoline. Međutim, T. B r k o v i ć, i saradnici (1980) smatraju da graniti Bukulje probijaju i kontaktno-metamorfišu sedimente gornje krede i zato usvajaju donjemiocensku starost za ove granite.

Hidrotermalna aktivnost je prvenstveno bila usmerena na južni, tektonski više zdrobljeni deo granitskog masiva Bukulje. Na severnom delu plutona uglavnom su zastupljeni dvoliskunski graniti, a idući prema južnom delu plutona granit postepeno prelazi u zdruzgani, grusirani i uškriljeni i hidrotermalno alterisani tip dvoliskunskih i biotitskih granita (sl. 1).

Populacije urana u raznim vrstama granita (po mineralnom sastavu i stepenu hidrotermalne alteracije) kao određenim geohemijskim sredinama, na određenoj teritoriji, predstavljene su statističkim uzorcima. Srednji sadržaji urana su upoređivani sa klarkom urana zemljine kore ili njenih geosfera, odnosno sa klarkom urana kiselih magmatskih stena, odnosno granita. Pri tome su vršene kombinacije odsecanja najbogatijih proba logaritamskog repa, koje predstavljaju orudnjenje ili mineralizaciju urana.

Statistička izučavanja raspodele urana su izvedene originalnom metodologijom autora i za razumevanje ove materije neophodno je upoznati se sa osnovnim publikacijama izlaganja iste (V. O m a l j e v, 1977, 1978a, 1978b). Sva ispitivanja raspodele urana izvedena su u logaritamskim statističkim razmerama log 1:20 ppm. Napominjemo da pojam statističke razmere nema nikakve veze sa pojmom grafičke razmere u kojoj su dvojni histogrami nacrtani.

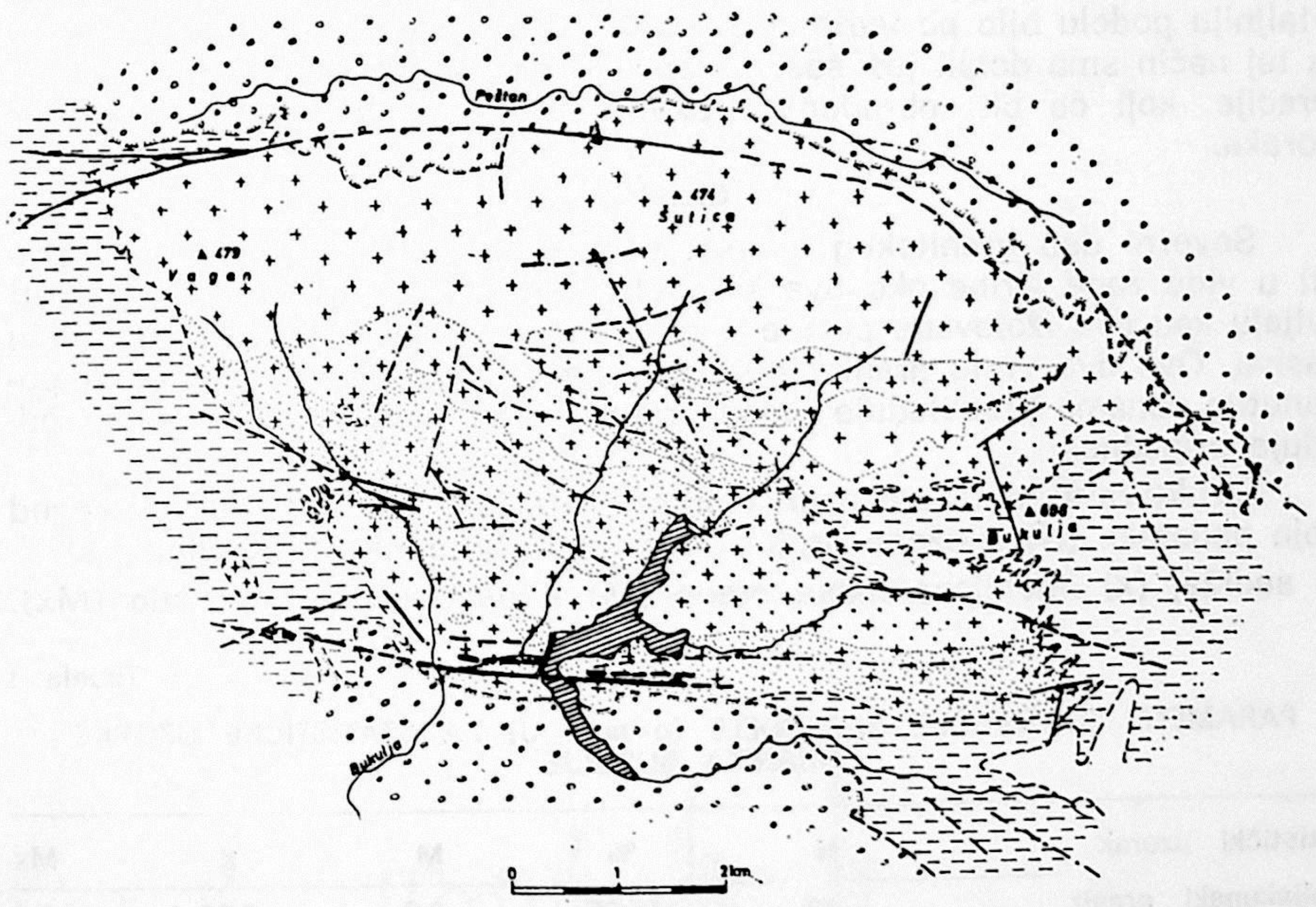
Zahvalan sam koleginicama: V. F i l i p o v i ć na ustupanju podataka geohemijskih proba, M. Ž i v a n o v i ć i B. A n đ e l k o v i ć na pomoći oko formiranja statističkih uzoraka i J. S i m i ć na crtanju dvojnih histograma.

## STATISTIČKI UZORCI GRANITA BUKULJE

Geohemijsko uzorkovanje je pokrilo površinu južnog dela bukuljskog granitskog masiva, zahvatajući približno polovinu ukupne površine masiva. Nije uzorkovana severna zona granita širine do dva kilometra, kao ni istočni deo masiva do oko jedan kilometar zapadno od vrha Bukulje (sl. 1). Na istočnom delu plutona uzorkovanje nije pokrilo celu površinu alterisanih granita severne zone, niti celu površinu alterisanih i izbeljenih granita južne zone.

Graniti Bukulje su izgrađeni od kvarca, mikroklina, ortoklasa, plagioklasa, muskovita i biotita. Od akcesornih minerala stalno su prisutni apatit i cirkon, dok su alanit, epidot, sfen, turmalin i granat ređi i po pravilu se javljaju u obodnim facijama plutona.

U procesu hidrotermalne alteracije granita dolazi do degradacije feldspata i liskuna, a najznačajniji produkt je kaolinit. Najviši stepen hi-




Sl. 1 — Pregledna geološka karta granitskog masiva Bukulja.
1 — klastični sedimenti neogena; 2 — granit; 3 — alterisani (hidrotermalno) graniti; 4 — izbeljenii granit; 5 — kristalasti škriljci; 6 — rased; 7 — eroziona diskordancija; 8 — intruzivni kontakt.

Fig. 1 — Geological map of Bukulja granite massif.
1 — clastic sediments of Neogene; 2 — granite; 3 — alterated (hydrothermal) granite; 4 — bleached granite; 5 — crystaline schists; 6 — fault; 7 — erosional unconformity; 8 — intrusive contact.

drotermalne alteracije granita je doveo do potpune promene prvobitnog mineralnog sastava, ove stene su definisane kao izbeljeni granit koji je pretežno izgrađen od kvarca i minerala glina (uz kaolinit poljavljuju se monmorionit i ilit).

Da bi ispitali ponašanje urana u procesu hidrotermalne alteracije bukuljskih granita pristupilo se selektivnom formiranju statističkih uzoraka. Pri tome smo se služili geološkom kartom hidrotermalnih alteracija V. Filipović, koja je prezentirana na sl. 1. Pri tome su razlikovana tri stepena u smislu hidrotermalnih alteracija granita: 1) granit (»neizmenjen«), 2) alterisani granit, i 3) izbeljeni granit; a geohemijske probe uzete u ovim litološkim predstavnicima granita čine parcijalne statističke uzorke istog imena. Spajanjem proba iz alterisanog granita i izbeljenog granita dobijamo zajednički (kolektivni) statistički uzorak koji predstavlja ukupno hidrotermalno izmenjene granite ovog dela plutona. Sve probe (660) čine kolektivni statistički uzorak »ukupno granit«, koji predstavlja ispitivanu polovinu granitskog plutona Bukulja.

Parcijalni statistički uzorci: granit, alterisani granit i izbeljeni granit takođe predstavljaju kolektivne statističke uzorke koji u sebi sadrže detaljniju podelu bilo po varijetetu granita ili po teritorijalnoj pripadnosti. Na taj način smo dobili još šest parcijalnih statističkih uzoraka druge generacije, koji će biti obrađeni u okviru glavnih parcijalnih statističkih uzoraka.

### Granit

Severni deo granitskog masiva Bukulja izgrađuju dvoliskunski graniti u vidu zone širine oko dva kilometra (sl. 1), dok se biotitski graniti javljaju kao dve izolovane partije u alterisanom granitu na istočnom delu masiva. Ove dve vrste granita nisu potpuno diferencirane, tako da u pomenutim zonama preovlađuje jedna vrsta granita nad drugom, što im određuje pripadnost.

Struktura statističkog uzorka granit data je u tabeli 1, gde su pored broja podataka (N) izložene brojne vrednosti parametara raspodele: srednji sadržaj ($\bar{x}$), medijana mase stene (M) i medijana mase urana (Mx).

Tabela 1

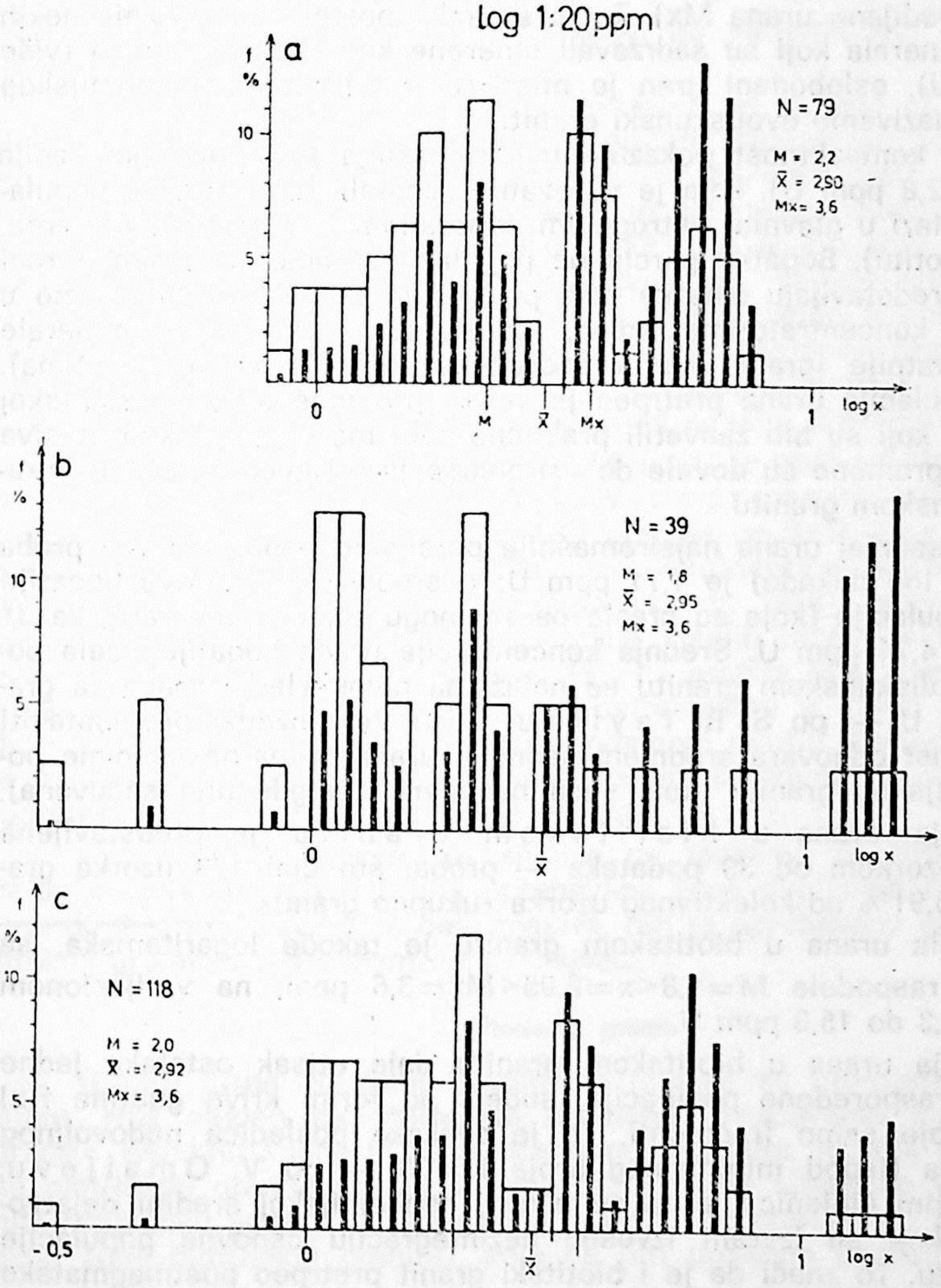
PARAMETRI STATISTIČKE RASPODELE (u ppm U) ZA STATISTIČKE UZORKE GRANITA BUKULJE

| Statistički uzorak | N | % | M | $\bar{x}$ | Mx |
|---|---|---|---|---|---|
| Dvoliskunski granit | 79 | 66,95 | 2,2 | 2,90 | 3,6 |
| Biotitski granit | 39 | 33,05 | 1,8 | 2,95 | 3,6 |
| Granit | 118 | 100,00 | 2,0 | 2,92 | 3,6 |

Praktično nema razlike u srednjem sadržaju urana između dvoliskunskih i biotitskih granita, medijana mase granita (M) se vrlo malo razlikuje po brojnoj vrednosti, dok je vrednost medijane mase urana (Mx) identična. Jedino medijana mase granita (M) pokazuje da ima nekih razlika između populacija urana u pomenutim varijetetima granita na ispitivanom delu bukuljskog masiva.

Populacija urana u dvoliskunskom granitu reprezentovana je statističkim uzorkom od 79 podataka-proba, što čini 66,95% od uzorka granit; a njegovo učešće u kolektivnom statističkom uzorku iznosi samo 11,97%.

Raspodela urana u dvoliskunskom granitu je logaritamska, pokorava se 2. logaritamskom zakonu raspodele (V. Omaljev, 1978b), sa parametrima raspodele $M=2,2<\bar{x}=2,90<Mx=3,6$ ppm, na varijacionom intervalu od 0,8 do 7,4 ppm urana.




Sl. 2 — Dvojni histogrami raspodele urana u granitu Bukulje.
a — dvoliskunski granit; b — biotitski granit; c — granit.

Fig. 2 — Dual histograms of uranium distribution in the Bukulja granite.
a — two-mica granite; b — biotite granite; c — granite.

Forma krive gustine f(x), koja na sl. 2 (pod a) nije konstruisana ali se lako može zamisliti nad histogramom, je složena, u osnovi je trimodalna. Sada u dvoliskunskom granitu postoje tri parcijalne populacije urana, a pretpostavljam da su ove parcijalne populacije ostaci jedne kompaktne lognormalno raspoređene populacije postale u uslovima magmatske kristalizacije granita. Kasniji procesi promena u pneumatolitskoj, i verovatno hidrotermalnoj fazi su doveli do »razbijanja« ove primarne osnovne populacije urana. Na sredini dvojnog histograma (sl. 2, pod a) kao da nedostaje deo populacije u srednjem delu (u oblasti srednjeg sadržaja i desno od medijane urana Mx). To je svakako posledica razaranja nekih petrogenih minerala koji su sadržavali umerene koncentracije urana (više od 2,2 ppm U), oslobođeni uran je migrirao iz sadašnjeg geohemijskog sistema koji nazivamo dvoliskunski granit.

Najveću kompaktnost pokazuje najsiromašnija parcijalna populacija urana (ispod 2,8 ppm U), koja je verovatno zaostala od primarne populacije jer se nalazi u glavnim petrogenim mineralima (feldspatima i kvarcu, ograničeno biotitu). Bogatije parcijalne populacije urana, na desnoj strani histograma, predstavljaju ostatke dela populacije urana koji se nalazio u intenzivnijim koncentratorima urana, uključujući i akcesorne minerale (koji najverovatnije igraju veoma podređenu ulogu u ovim granitima). Ovaj deo populacije urana pretrpeo je velike promene u pneumatolitskoj fazi promena, koji su bili zahvatili praktično celu masu granitskog masiva Bukulje. Ove promene su dovele do osiromašenja osnovne populacije urana u dvoliskunskom granitu.

Srednji sadržaj urana najsiromašnije parcijalne populacije (48 proba do 9. klase I log dekade) je 1,71 ppm U; a srednji sadržaj dve bogatije parcijalne populacije (koje su srasle pa se mogu zajedno tretirati), za 31 probu, iznosi 4,74 ppm U. Srednja koncentracija urana bogatijeg dela populacije u dvoliskunskom granitu se nalazi na nivou klarka urana za granite (4,8 ppm U — po S. R. Tayloru, 1964), te možemo pretpostaviti da ova vrednost odgovara srednjem sadržaju urana primarne osnovne populacije bukuljskog granita (koja sada na površini nigde nije sačuvana).

Populacija urana u biotitskom granitu je predstavljena statističkim uzorkom od 39 podataka — proba, što čini 1/3 uzorka granita, a samo 5,91% od kolektivnog uzorka »ukupno granit«.

Raspodela urana u biotitskom granitu je takođe logaritamska, sa parametrima raspodele $M=1{,}8<\bar{x}=2{,}95<Mx=3{,}6$ ppm, na varijacionom intervalu od 0,3 do 15,8 ppm U.

Populacija urana u biotitskom granitu daje utisak ostataka jedne logaritamski raspoređene populacije, sudeći po formi krive gustine f(x) od koje postoje samo fragmenti. To je svakako posledica nedovoljnog broja podataka (ispod minimalnog broja $N=50$ — po V. Omaljevu, 1978b). Međutim činjenica je da su u ovoj geohemijskoj sredini dejstvovali procesi koji su izvršili izvesnu dezintegraciju osnovne populacije urana u granitu. To znači da je i biotitski granit pretrpeo postmagmatske promene, čak u većem stepenu od dvoliskunskog granita. Sem slabih promena u pneumatolitskoj fazi, dolaze relativno dobro izražene promene koje možemo vezati za hidrotermalnu fazu. Tom prilikom je došlo do velikog izluženja urana iz ovih stena, tako da nedostaje desna strana na

dvojnom histogramu (sl. 2, pod b). Najbogatije probe verovatno predstavljaju ostatke primarne populacije urana koja se nalazila u akcesornim mineralima. Jedino najsiromašniji deo populacije, na levoj strani histograma, predstavlja ostatke migracije urana koja je postojala prilikom hidrotermalnih promena.

Spajanjem ova dva parcijalna statistička uzorka dobijamo zajednički uzorak granit od 118 podataka — proba, koji učestvuje sa 17,88% u kolektivnom statističkom uzorku »ukupno granit«.

Raspodela urana u granitu je takođe logaritamska, sa parametrima raspodele $M=2,0<\bar{x}=2,92<Mx=3,6$ ppm, na varijacionom intervalu nasleđenom iz biotitskog granita.

Forma krive gustine f(x) je polimodalna (sl. 2, pod c), u osnovi je slična krivoj gustine iz dvoliskunskog granita. Izdvaja se kompaktna populacija, koja je takođe polimodalna ali bez diskontinuiteta kao kod parcijalnih statističkih uzoraka. Ova relativno kompaktna populacija, sa 109 podataka ima srednji sadržaj urana od 2,69 ppm. Najbogatije probe na desnoj strani histograma svakako su sastavni deo osnovne populacije, koja je veštački razdvojena razaranjem primarne populacije u pomenutim procesima pneumatolitske i delom hidrotermalne alteracije granita. Najsiromašnije probe su posledica pomenutih procesa alteracije i u stvari ne pripadaju osnovnoj populaciji urana (u užem smislu) u granitu.

Srednji sadržaj urana u granitu (2,9 ppm) je veći od klarka urana za zemljinu koru (2,5 ppm — po A. P. Vinogradovu, 1962), odnosno klarka urana za kontinentalnu koru (2,7 ppm — po S. R. Tayloru, 1964), odnosno od klarka urana za granitski sloj kontinentalne kore (2,7 ppm — po A. B. Ronovu i A. A. Jarošev skom, 1976). Istovremeno, ovaj srednji sadržaj je manji od klarka urana kiselih magmatskih stena (3,5 ppm — po A. P. Vinogradovu, 1962) i granita (4,8 ppm — po S. R. Tayloru, 1964). Graniti Bukulje su osiromašeni u uranu u odnosu na granite i kisele magmatske stene u globalnom merilu. Pretpostavljamo da je ovo osiromašenje bilo u postmagmatskom stadijumu pneumatolitskih i hidrotermalnih promena bukuljskih granita.

Ove rezultate statističke analize ne možemo proširiti na granite celog masiva Bukulja, jer nije oprobavana zona dvoliskunskih granita širine do 2 km na severnom delu masiva, niti je oprobavana cela masa biotitskog granita na istočnom delu masiva.

### Alterisani granit

Graniti južne polovine bukuljskog masiva su hidrotermalno promenjeni. Niži stepen hidrotermalne promene označavamo kao »alterisani granit«. Karakteristično je da u alterisanom granitu postoje dve male mase biotitskog granita (sl. 1), a zone maksimalne alteracije (izbeljeni granit) razdvajaju severnu i južnu zonu alterisanog granita (uz pomoć i izdužene zone biotitskog granita), koje će biti posebno analizirane.

Najbogatija proba iz južne zone alterisanog granita pripada parcijalnoj populaciji mineralizacije urana, te su izvedene kombinacije odsecanja u statističkoj analizi.

Struktura statističkog uzorka alterisani granit data je u tabeli 2.

Tabela 2

PARAMETRI STATISTIČKE RASPODELE (u ppm U) ZA STATISTIČKE UZORKE ALTERISANOG GRANITA BUKULJE

| Statistički uzorak | N | % | M | $\bar{x}$ | Mx |
|---|---|---|---|---|---|
| Alterisani granit severne zone | 196 | 71,01 | 2,7 | 4,10 | 5,8 |
| Alterisani granit južne zone | 80 | 28,99 | 3,3 | 6,55 | 10,8 |
| | 79 | | 3,3 | 4,80 | 6,3 |
| Alterisani granit | 276 | 100,00 | 2,9 | 4,81 | 6,6 |
| | 275 | | 2,9 | 4,18 | 6,0 |

Postoje značajne razlike, po parametrima statističke raspodele, između severne i južne zone alterisanog granita; južna zona je znatno obogaćena uranom u odnosu na severnu zonu. Međutim, odsecanjem najbogatije probe u alterisanom granitu južne zone, ova razlika postaje minimalna (tabela 2). U svakom slučaju postoji razlika između severne i južne zone alterisanog granita, a to najbolje otkrivaju položaji medijana, koje su uvek desno pomerene (veće brojne vrednosti) u južnoj zoni u odnosu na severnu.

Populacija urana u alterisanom granitu severne zone je reprezentovana statističkim uzorkom od 196 podataka — proba, što čini 71% od zajedničkog uzorka alterisani granit. Učešće ovog statističkog uzorka u kolektivnom uzorku »ukupno granit« iznosi 29,7%, a u kolektivnom uzorku »alterisani+izbeljeni granit« učestvuje sa 36,16%.

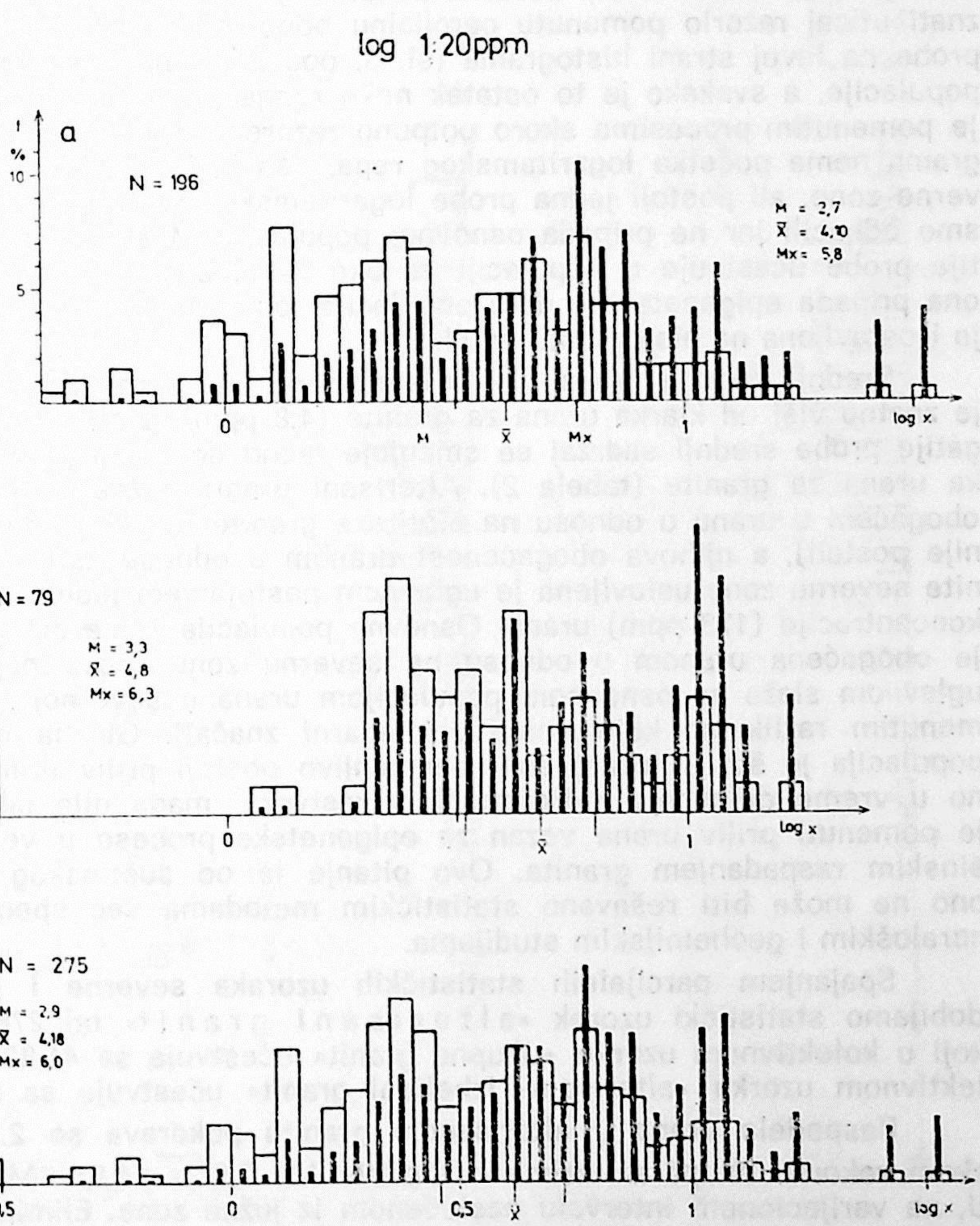
Raspodela urana u alterisanom granitu severne zone je tipična logaritamska, sa parametrima raspodele $M=2,7<\bar{x}=4,10<Mx=5,8$ ppm, na varijacionom intervalu od 0,4 do 32,0 ppm U.

Forma krive gustine f(x) je u osnovi polimodalna (sl. 3, pod a), što je svakako posledica veoma složenih uslova akumulacije, odnosno preraspodele urana u alterisanom granitu. Najveća količina urana se nalazi u polimodalnoj kontinuiranoj populaciji, od 2. klase I negativne log dekade do 5. klase II log dekade. Siromašniji deo ove populacije (do polovine I log dekade) ima srednji sadržaj urana 1,88 ppm (99 proba), što odgovara siromašnijoj parcijalnoj populaciji urana u dvoliskunskom granitu. Bogatiji deo ove populacije ima srednji sadržaj od 6,29 ppm U (88 proba) i to je mlađi deo populacije koji je stvoren dejstvom hidrotermalnih procesa na granite. Najbogatije probe imaju karakter početka logaritamskog repa (V. Omaljev, 1979), ali intenzitet nove akumulacije urana nije bio dovoljan da se pomenuti logaritamski rep formira.

Srednji sadržaj urana u alterisanom granitu severne zone (4,1 ppm) je viši od klarka urana za kisele magmatske stene (3,5 ppm), a istovremeno niži od klarka urana za granite (4,8 ppm). Alterisani graniti ove zone su znatno obogaćeni uranom u odnosu na dvoliskunske granite, od kojih su najverovatnije postali. U procesu hidrotermalne alteracije vršila se preraspodela urana, uran je iz feldspata i drugih promeni podložnih minerala oslobođen, ali je odmah nakon toga bio vezan glinovitom materijom koja je nastala u procesu hidrotermalne promene alumosilikata.

Nema indicija da je bilo intenzivnijeg priliva urana sa strane, zato pretpostavljam da se srednji sadržaj urana nalazi negde na nivou primarnog srednjeg sadržaja nepromenjenih granita, kojih sada najverovatnije nigde na površini masiva Bukulje nema.

Populacija urana u alterisanom granitu južne zone je predstavljena statističkim uzorkom od 80 podataka, što čini 29% od zajedničkog uzorka alterisani granit. U kolektivnom statističkom uzorku »ukupno granit« alterisani granit južne zone učestvuje sa 12,12%, a u kolektivnom uzorku »alterisani+izbeljeni granit« učestvuje sa 14,76%.




Sl. 3 — Dvojni histogrami raspodele urana u alterisanom granitu Bukulje.
a — severna zona; b — južna zona; c — alterisani granit.

Fig. 3 — Dual histograms of uranium distribution in the Bukulja alterated granite.
a — Northern part; b — Southern part; c — alterated granite.

Raspodela urana u ovom statističkom uzorku je logaritamska, sa parametrima raspodele $M=3{,}3<\bar{x}=6{,}55<Mx=10{,}8$ ppm, na varijacionom intervalu od 0,1 do 178 ppm U. Odsecanjem najbogatije probe dolazi do promena parametara raspodele: $M=3{,}3<\bar{x}=4{,}80<Mx=6{,}3$ ppm, na varijacionom intervalu od 0,1 do 17,7 ppm U.

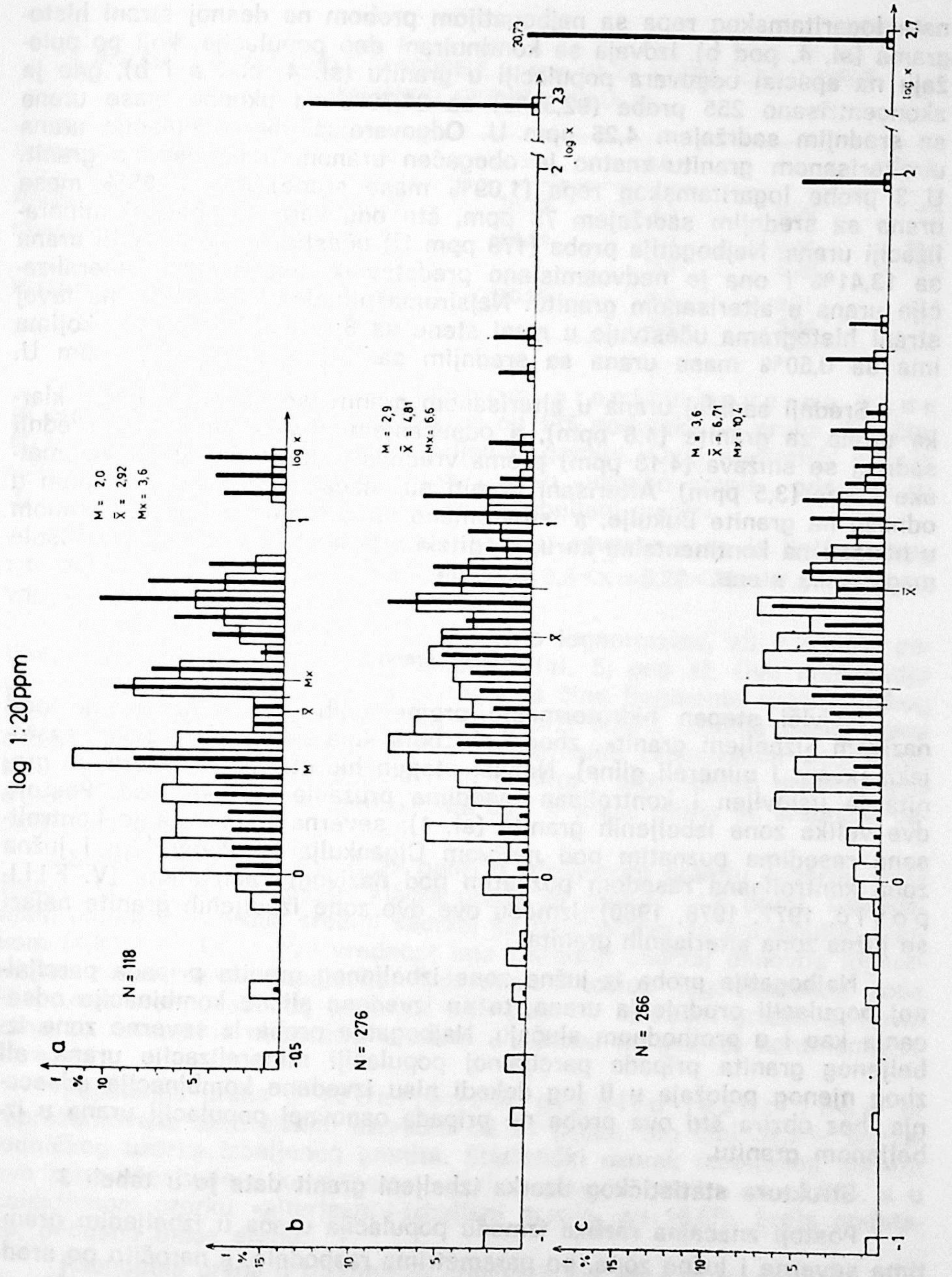
Forma krive gustine f(x) je u osnovi polimodalna, a istovremeno znatno različita od prethodnog primera (sl. 3). Potpuno nedostaje jedan deo siromašne parcijalne populacije, kao da je ona potpuno razorena u procesu hidrotermalne alteracije. U tom slučaju stepen alteracije južne zone je viši u odnosu na severnu zonu, ili je u pitanju neki nama nepoznati uticaj razorio pomenutu parcijalnu populaciju urana. Najsiromašnije probe na levoj strani histograma (sl. 3, pod b) nemaju karakter posebne populacije, a svakako je to ostatak neke ranije postojeće populacije koja je pomenutim procesima skoro potpuno razorena. Na desnoj strani histograma nema početka logaritamskog repa, kao kod alterisanih granita severne zone, ali postoji jedna proba logaritamskog repa (178 ppm U) koju smo odbacili jer ne pripada osnovnoj populaciji. Masa urana te najbogatije probe učestvuje u populaciji sa oko 34%, zato smo je odbacili jer ona pripada epigenetskom delu populacije logaritamskog repa (ova proba je izostavljena na histogramu na sl. 3).

Srednji sadržaj urana u alterisanom granitu južne zone (6,55 ppm) je znatno viši od klarka urana za granite (4,8 ppm), a eliminacijom najbogatije probe srednji sadržaj se smanjuje tačno do nivoa pomenutog klarka urana za granite (tabela 2). Alterisani graniti južne zone su znatno obogaćeni u uranu u odnosu na biotitske granite (od kojih su najverovatnije postali), a njihova obogaćenost uranom u odnosu na alterisane granite severne zone uslovljena je uglavnom postojanjem jedne probe visoke koncentracije (178 ppm) urana. Osnovna populacija južne zone minimalno je obogaćena uranom u odnosu na severnu zonu i ova populacija se uglavnom slaže sa osnovnom populacijom urana u severnoj zoni (sa pomenutim razlikama koje imaju sekundarni značaj). Glavna razlika ovih populacija je što u južnoj zoni nesumnjivo postoji priliv urana, verovatno u vreme delovanja hidrotermalnih rastvora; mada nije isključeno da je pomenuti priliv urana vezan za epigenetske procese u vezi sa površinskim raspadanjem granita. Ovo pitanje je od suštinskog značaja, a ono ne može biti rešavano statističkim metodama već specijalnim mineraloškim i geohemijskim studijama.

Spajanjem parcijalnih statističkih uzoraka severne i južne zone dobijamo statistički uzorak »a l t e r i s a n i g r a n i t« od 276 podataka; koji u kolektivnom uzorku »ukupno granit« učestvuje sa 41,82%, a u kolektivnom uzorku »alterisani+izbeljeni granit« učestvuje sa 50,92%.

Raspodela urana u alterisanom granitu pokorava se 2. logaritamskom zakonu, sa parametrima raspodele $M=2{,}9<\bar{x}=4{,}81,<Mx=6{,}6$ ppm U, na varijacionom intervalu nasleđenom iz južne zone. Eliminacijom najbogatije probe dobijamo sledeće parametre raspodele: $M=2{,}9<\bar{x}=4{,}18<Mx=6{,}0$ ppm, na varijacionom intervalu od 0,1 do 32,0 ppm U.

Kriva gustine f(x) je u osnovi polimodalne forme i relativno je slična sa krivom severne zone (sl. 3), glavna razlika je u postojanju fragme-




Sl. 4 — Dvojni histogrami raspodele urana u kolektivnim statističkim uzorcima Bukulje.
a — granit; b — alterisani granit; c — izbeljeni granit.

Fig. 4 — Dual histograms of uranium distribution in the additive statistic samples of Bukulja.
a — granite; b — alterated granite; c — breached granite.

nata logaritamskog repa sa najbogatijom probom na desnoj strani histograma (sl. 4, pod b). Izdvaja se kontinuirani deo populacije, koji po položaju na apscisi odgovara populaciji u granitu (sl. 4, pod a i b), gde je skoncentrisano 255 proba (92,39%) sa 81,70% od ukupne mase urana sa srednjim sadržajem 4,25 ppm U. Odgovarajući deo populacije urana u alterisanom granitu znatno je obogaćen uranom u odnosu na granit. U 3 probe logaritamskog repa (1,09% mase stene) ima 17,85% mase urana sa srednjim sadržajem 79 ppm, što odgovara siromašnoj mineralizaciji urana. Najbogatija proba (178 ppm U) učestvuje u populaciji urana sa 13,41% i ona je nedvosmisleno predstavnik epigenetske mineralizacije urana u alterisanom granitu. Najsiromašniji deo populacije, na levoj strani histograma učestvuje u masi stene sa 6,52% (18 proba) u kojima ima sa 0,50% mase urana sa srednjim sadržajem svega 0,32 ppm U.

Srednji sadržaj urana u alterisanom granitu se nalazi na nivou klarka urana za granite (4,8 ppm), a odsecanjem najbogatije probe srednji sadržaj se snižava (4,18 ppm) prema vrednosti klarka za kisele magmatske stene (3,5 ppm). Alterisani graniti su značajno obogaćeni uranom u odnosu na granite Bukulje, a istovremeno su značajno obogaćeni uranom u odnosu na kontinentalnu koru, granitski sloj kontinentalne kore i kisele magmatske stene.

### Izbeljeni granit

Najviši stepen hidrotermalno promenjenih granita izdvajamo pod nazivom »izbeljeni granit«, zbog bele boje koja dolazi od glavnih sastojaka (kvarc i minerali glina). Najviši stepen hidrotermalne alteracije granita je uslovljen i kontrolisan rasedima pružanja istok—zapad. Postoje dve velike zone izbeljenih granita (sl. 1): severna zona koja je kontrolisana rasedima poznatim pod nazivom Cigankulja — Podgroblje i južna zona kontrolisana rasedom poznatim pod nazivom Paun stena (V. F i l i p o v i ć, 1977, 1978, 1980). Između ove dve zone izbeljenih granita nalazi se južna zona alterisanih granita.

Najbogatija proba iz južne zone izbeljenog granita pripada parcijalnoj populaciji orudnjenja urana, te su izvedene slične kombinacije odsecanja kao i u prethodnom slučaju. Najbogatija proba iz severne zone izbeljenog granita pripada parcijalnoj populaciji mineralizacije urana, ali zbog njenog položaja u II log dekadi nisu izvedene kombinacije odsecanja, bez obzira što ova proba ne pripada osnovnoj populaciji urana u izbeljenom granitu.

Struktura statističkog uzorka izbeljeni granit data je u tabeli 3.

Postoji značajna razlika između populacija urana u izbeljenim granitima severne i južne zone, po parametrima raspodele, a naročito po srednjem sadržaju urana. Eliminacijom najbogatije probe ove razlike iščezavaju, što znači da među populacijama urana ovih zona nema suštinske razlike (tabela 3). Razlike u brojnim vrednostima medijana mase (M) i medijana urana (Mx) su slučajnog karaktera.

Tabela 3

PARAMETRI STATISTIČKE RASPODELE (u ppm U) ZA STATISTIČKE UZORKE IZBELJENOG GRANITA BUKULJE

| Statistički uzorak | N | % | M | $\bar{x}$ | Mx |
|---|---|---|---|---|---|
| Izbeljeni granit severne zone | 175 | 65,79 | 3,5 | 5,29 | 7,0 |
| Izbeljeni granit južne zone | 91 | 34,21 | 3,7 | 9,44 | 20,0 |
| | 90 | | 3,7 | 5,43 | 7,2 |
| Izbeljeni granit | 266 | 100,00 | 3,6 | 6,71 | 10,4 |
| | 265 | | 3,6 | 5,34 | 7,1 |

Populacija urana u izbeljenom granitu severne zone je predstavljena statističkim uzorkom od 175 podataka — proba, što čini 65,8% od zajedničkog uzorka izbeljenog granita. Ovaj statistički uzorak učestvuje sa 26,52% u kolektivnom uzorku »ukupno granit«, odnosno sa 32,3% u kolektivnom uzorku »alterisani+izbeljeni granit«.

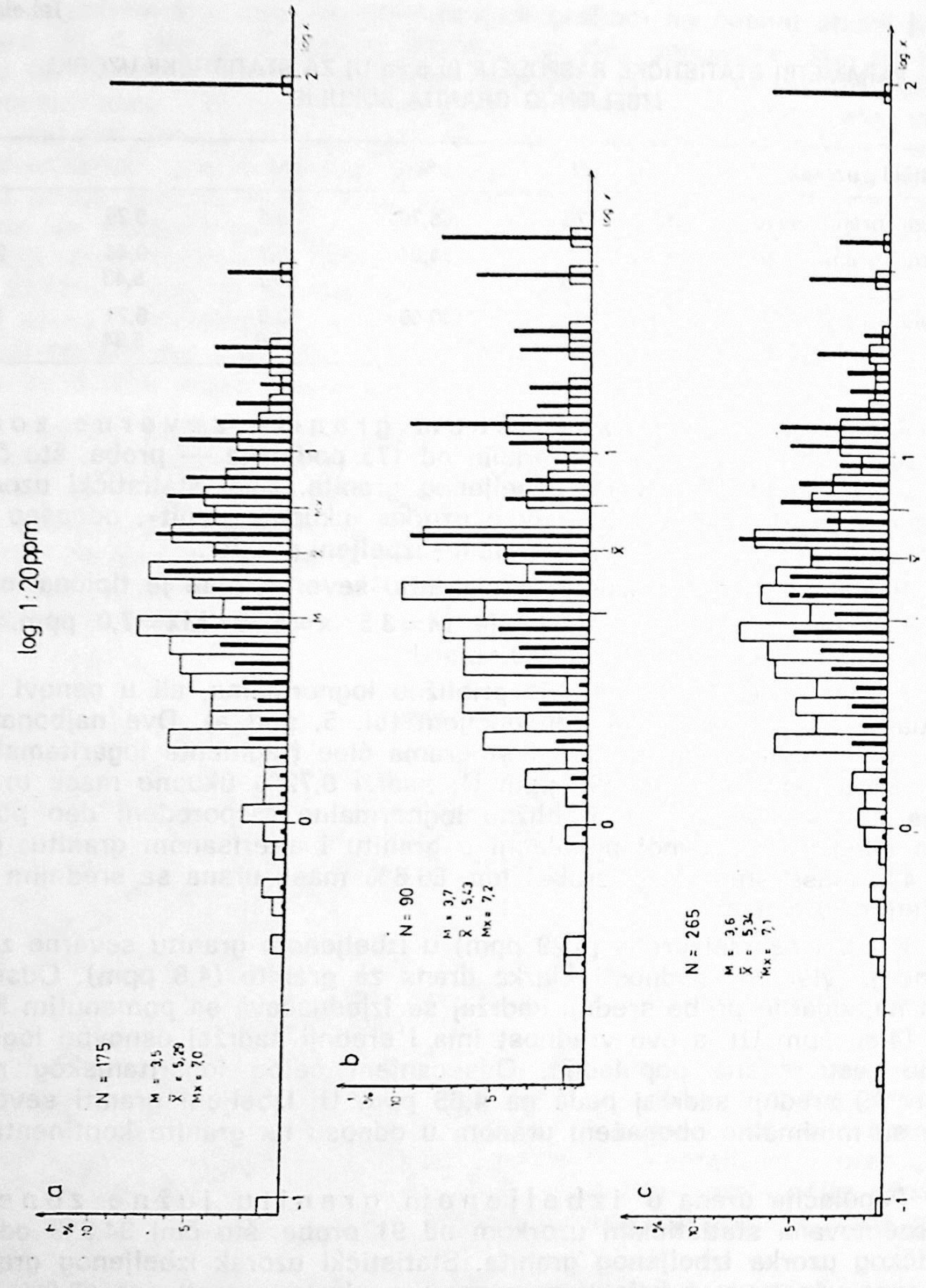
Raspodela urana u izbeljenom granitu severne zone je tipična logaritamska, sa parametrima raspodele $M=3,5<\bar{x}=5,29<Mx=7,0$ ppm, na varijacionom intervalu od 0,1 do 90 ppm U.

Forma krive gustine f(x) je približno lognormalna, ali u osnovi polimodalna sa lognormalnom tendencijom (sl. 5, pod a). Dve najbogatije probe na desnoj strani apscise histograma čine fragmente logaritamskog repa, a najbogatija proba (90 ppm U) sadrži 9,72% ukupne mase urana ovoga statističkog uzorka. Približno lognormalno raspoređeni deo populacije odgovara osnovnoj populaciji u granitu i alterisanom granitu; gde u 95,4% mase stene (167 proba) ima 86,6% mase urana sa srednjim sadržajem 4,80 ppm U.

Srednji sadržaj urana (5,29 ppm) u izbeljenom granitu severne zone znatno je viši od vrednosti klarka urana za granite (4,8 ppm). Odsecanjem najbogatije probe srednji sadržaj se izjednačava sa pomenutim klarkom (4,80 ppm U), a ovu vrednost ima i srednji sadržaj osnovne lognormalno raspeređene populacije. Odsecanjem celog logaritamskog repa (2 probe) srednji sadržaj pada na 4,65 ppm U. Izbeljeni graniti severne zone su minimalno obogaćeni uranom u odnosu na granite kontinentalne kore.

Populacija urana u izbeljenom granitu južne zone je reprezentovana statističkim uzorkom od 91 probe, što čini 34,2% od zajedničkog uzorka izbeljenog granita. Statistički uzorak izbeljenog granita ove zone učestvuje u kolektivnom uzorku »ukupno granit« sa 13,8%, a u kolektivnom uzorku »alterisani+izbeljeni granit« sa 16,8% broja podataka, odnosno mase stene.

Raspodela urana u izbeljenom granitu južne zone je logaritamska, sa parametrima raspodele $M=3,7<x=9,44<Mx=20,0$ ppm, na varijacionom intervalu od 0,2 do 370 ppm U. Odsecanjem najbogatije probe dobijamo sledeće parametre raspodele: $M=3,7<\bar{x}=5,43<Mx=7,2$ ppm, na varijacionom intervalu od 0,2 do 39 ppm U.




Sl. 5 — Dvojni histogrami raspodele urana u izbeljenom granitu Bukulje.
a — severna zona; b — južna zona; c — izbeljeni granit.

Fig. 5 — Dual histograms of uranium distribution in the Bukulja bleached granite.
a — Northern part; b — Southern part; c — bleached granite.

Dobro je izražena lognormalna tendencija u formi krive gustine f(x) i pored izraženih varijacija intenziteta relativnih frekvencija mase stene iz klase u klasu (sl. 5, pod b). Nije jasno gde bi bio početak loga-

ritamskog repa. Deo populacije koji odgovara po položaju na apscisi opisanog iz severne zone ima srednji sadržaj 5,16 ppm urana; u 95,6% mase stene (87 proba) ima 52,24% mase urana. Najbogatija proba (370 ppm U) učestvuje u masi urana sa 43,09% i njenom eliminacijom bitno se snižava srednji sadržaj urana u statističkom uzorku ove zone izbeljenog granita (tabela 3).

Srednji sadržaj urana u izbeljenom granitu južne zone je najviši (9,44 ppm) od svih parcijalnih statističkih uzoraka koje ispitujemo; skoro je dva puta viši od vrednosti klarka urana za granite (4,8 ppm). Eliminacijom najbogatije probe srednji sadržaj se snižava do vrednosti 5,43 ppm U, što je takođe znatno više od vrednosti klarka za granite kontinentalne kore. Daljom eliminacijom još jedne probe (verovatno početka logaritamskog repa) srednji sadržaj pada do vrednosti 5,05 ppm U. Izbeljeni graniti ove zone su značajno obogaćeni uranom u odnosu na granite kontinentalne kore. Ovo obogaćenje verovatno ima genetske veze sa pojavom uranovog orudnjenja na lokalnosti Paun stena (V. F i l i p o v i ć, 1980), a najbogatija proba je sigurno njen predstavnik u ovom statističkom uzorku.

Izrazita obogaćenost osnovnog dela populacije urana dostiže maksimum, ali se iz forme krive gustine ne može steći utisak da ta obogaćenost ima direktne genetske veze sa prisutnom uranovom mineralizacijom u rasednoj zoni Paun stene. Nedostaje izrazit i bogat logaritamski rep, kakav je prisutan kod populacije urana u peščarima Žirovskoga vrha (V. O m a l j e v, 1979). Ako bi uzeli da 5 najbogatijih proba čine fragmente logaritamskog repa dobili bi srednji sadržaj urana 95,5 ppm U, ali bez najbogatije probe srednji sadržaj populacije logaritamskog repa bi pao na 26,8 ppm urana (što svakako ne može da predstavlja interesantnu mineralizaciju urana).

Oseća se potreba za kompleksnim izučavanjima primarnih oreola uranovih orudnjenja na Bukulji, a takva izučavanja do sada nisu izvedena niti na jednom našem ležištu urana.

Spajanjem statističkih uzoraka severne i južne zone dobijamo zajednički statistički uzorak »i z b e l j e n i g r a n i t« od 266 podataka, što čini 40,3% od kolektivnog uzorka »ukupno granit« ili 49,08% od kolektivnog uzorka »alterisani + izbeljeni granit«.

Raspodela urana je kao i uvek logaritamska, sa parametrima raspodele $M = 3{,}6 < \bar{x} = 6{,}71 < Mx = 10{,}4$ ppm, na varijacionom intervalu od 0,1 do 370 ppm U. Eliminacijom najbogatije probe parametri raspodele dobijaju vrednosti: $M = 3{,}6 < \bar{x} = 5{,}34 < Mx = 7{,}1$ ppm, na varijacionom intervalu nasleđenom od statističkog uzorka severne zone.

Relativno je dobro izražena lognormalna tendencija raspodele relativnih frekvencija mase izbeljenog granita (sl. 4, pod c). Najsiromašniji u uranu deo populacije, na levoj strani dvojnog histograma predstavlja dezintegrirani deo osnovne populacije sa srednjim sadržajem od samo 0,42 ppm U. Osnovni deo populacije je kontinuirano povezan, u osnovi je polimodalan sa izraženom lognormalnom tendencijom; u 94,73% mase izbeljenog granita (252 probe) nalazi se 68,38% mase urana sa srednjim

sadržajem 4,84 ppm U. Fragmentirani logaritamski rep na desnoj strani histograma u 1,88% mase izbeljenog granita (5 proba) ima 31,4% mase urana sa srednjim sadržajem 112 ppm U. Odsecanjem najbogatije probe (sl. 5, pod c) logaritamski rep se osiromašuje do srednjeg sadržaja od 47,6 ppm urana. Najbogatija proba učestvuje u populaciji sa 20,73% po masi urana.

Srednji sadržaj urana u izbeljenom granitu (6,71 ppm) znatno je viši od vrednosti klarka urana za granite (4,8 ppm). Odsecanjem najbogatije probe srednji sadržaj se smanjuje do vrednosti 5,34 ppm U, a odsecanjem celog logaritamskog repa smanjujemo srednji sadržaj na 4,69 ppm U (što je manje od klarka urana za granite). Izbeljeni graniti su značajno obogaćeni uranom u odnosu na granite kontinentalne kore.

Promene srednjih sadržaja urana eliminacijom najbogatijih proba (iznad 100 ppm) date su u tabeli 4.

Tabela 4

PROMENE SREDNJIH SADRŽAJA ELIMINACIJOM NAJBOGATIJE PROBE
(iznad 100 ppm U)

| Statistički uzorak | Cela populacija | | Eliminisana 1 proba | |
|---|---|---|---|---|
| | N | $\bar{x}$ | N | $\bar{x}$ |
| Granit | 118 | 2,92 | | |
| Alterisani granit | 276 | 4,81 | 275 | 4,18 |
| Izbeljeni granit | 266 | 6,71 | 265 | 5,34 |

Srednji sadržaji urana zakonito se povećavaju sa stepenom hidrotermalne alteracije, tako da je srednji sadržaj urana u izbeljenom granitu više nego dva puta veći u odnosu na granit. Eliminacijom po jedne najbogatije probe iz alterisanog i izbeljenog granita, ova tendencija je samo ublažena (tabela 4), a zakonitost pojave se ogleda u porastu srednjih sadržaja urana i nakon ove eliminacije.

Osnovna populacija urana u granitima, koja je potpuno zastupljena samo u dvoliskunskom granitu, u procesu hidrotermalne alteracije trpi velike promene. Razaranjem petrogenih minerala dolazi do dezintegracije populacije u smislu osiromašenja u uranu celog izučavanog geohemijskog sistema; tada se stvaraju siromašne populacije na levoj strani dvojnih histograma. U daljem toku hidrotermalnih promena dolazi do priliva urana, odnosno do preraspodele; a tada se izvestan deo urana izdvaja u vidu bogatih parcijalnih populacija logaritamskog repa. Osnovni deo populacije i pored promena zadržava svoje osnovne karakteristike, koje se ogledaju u tendenciji lognormalne raspodele relativnih frekvencija mase stene, što se može grafički izraziti preko forme krive gustine raspodele. U tabeli 5 date su osnovne karakteristike tri parcijalne populacije: 1) siromašne, 2) osnovne, i 3) logaritamskog repa.

Tabela 5

SREDNJI SADRŽAJI URANA (u ppm) PARCIJALNIH POPULACIJA U STATISTIČKIM UZORCIMA BUKULJE

| Statistički uzorak | Siromašna | | Osnovna | | Logaritamski rep | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | N | $\bar{x}$ | N | $\bar{x}$ | N | $\bar{x}$ |
| Granit | 3 | 0,43 | 115 | 2,98 | — | |
| Alterisani granit | 18 | 0,32 | 255 | 4,25 | 3 | 79 |
| Izbeljeni granit | 9 | 0,42 | 252 | 4,84 | 5 | 112 |

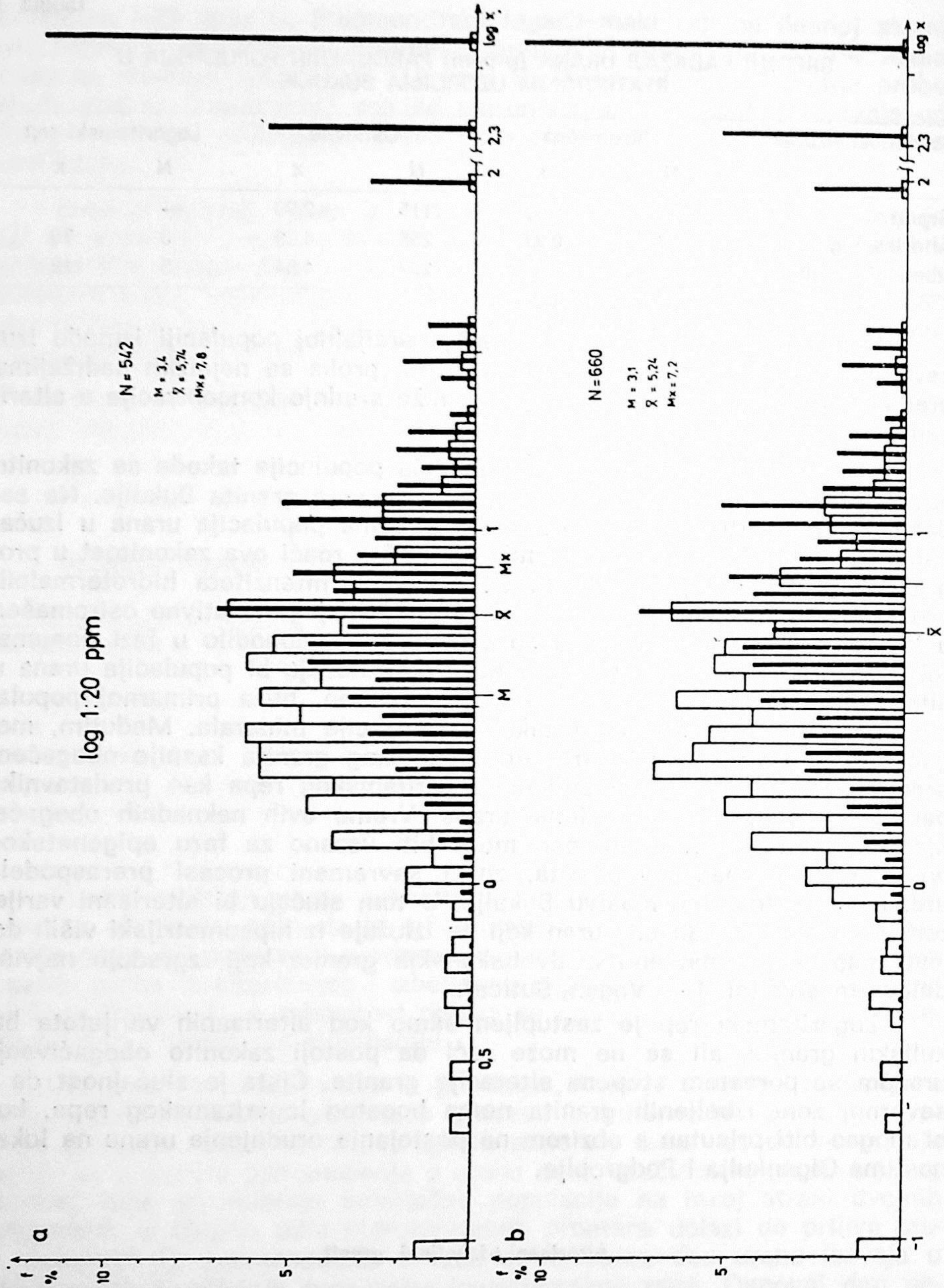
Nema bitnih razlika u siromašnoj parcijalnoj populaciji između izučavanih statističkih uzoraka, povećani broj proba sa najnižim sadržajima urana (reda 0,1 ppm) dovodi do nešto niže srednje koncentracije u alterisanom granitu.

Srednji sadržaji urana osnovnog dela populacije takođe se zakonito povećavaju sa stepenom hidrotermalne alteracije granita Bukulje. Na sadašnjem (niskom) stepenu poznavanja osobina populacija urana u izučavanim geohemijskim sredinama nije jasno šta znači ova zakonitost u progresivnom obogaćivanju uranom sa porastom intenziteta hidrotermalnih promena u granitima. Polazna stena je granit koji je relativno osiromašen u uranu, a pretpostavljamo da se osiromašenje dogodilo u fazi pneumatolitskih promena u granitu Bukulje. U tom slučaju bi populacija urana u alterisanim varijetetima granita bila, verovatno, bliža primarnoj populaciji postaloj za vreme magmatske kristalizacije minerala. Međutim, moguće je da su alterisani varijeteti bukuljskog granita kasnije obogaćeni uranom, za šta svedoči postojanje logaritamskog repa kao predstavnika parcijalnih populacija orudnjenja urana. Vreme ovih naknadnih obogaćenja uranom nije određeno, ono može biti vezano za fazu epigenetskog površinskog raspadanja granita, znači savremeni procesi preraspodele urana u granitoidnom masivu Bukulje. U tom slučaju bi alterisani varijeteti granita zadržavali sav uran koji se izlužuje iz hipsometrijski viših delova masiva, prvenstveno iz dvoliskunskih granita koji izgrađuju najviše delove masiva (sl. 1 — Vagan, Šutica).

Logaritamski rep je zastupljen samo kod alterisanih varijeteta bukuljskih granita, ali se ne može reći da postoji zakonito obogaćivanje uranom sa porastom stepena alteracije granita. Čista je slučajnost da u severnoj zoni izbeljenih granita nema bogatog logaritamskog repa, koji bi mogao biti prisutan s obzirom na postojanje orudnjenja urana na lokalnostima Cigankulja i Podgroblje.

**Alterisani + izbeljeni granit**

Spajanjem statističkih uzoraka alterisanog i izbeljenog granita, što uslovljava činjenica da je izbeljeni granit sastavni deo alteracija najvišeg intenziteta, dobijamo ovaj statistički uzorak koji ima osobinu kolektivnog uzorka. Njegovo učešće u kolektivnom statističkom uzorku »ukupno granit« iznosi 82,12% (542 probe).




Sl. 6 — Dvojni histogrami raspodele urana u kolektivnim statističkim uzorcima Bukulje.
a — alterisani granit+izbeljeni granit; b — ukupno granit.
Fig. 6 — Dual histograms of uranium distribution in the additive statistic samples of Bukulja.
a — alterated granite+bleached granite; b — granite in general.

Raspodela urana u alterisanom+izbeljenom granitu se pokorava 2. zakonu, što znači da je logaritamska, sa parametrima raspodele $M=3,4<\bar{x}=5,74<Mx=7,8$ ppm, sa maksimalnim varijacionim intervalom od 0,1 do 370 ppm urana.

Lognormalna tendencija raspodele relativnih frekvencija mase stene je maksimalno izražena (sl. 6, pod a), ali postoje relativno izražene varijacije intenziteta funkcije f(x) iz klase u klasu. Međutim, ove varijacije nisu toliko izražene da bi kriva gustine f(x) bila polimodalna, ali se ne može reći ni da je unimodalna. Siromašna parcijalna populacija je malo zastupljena. Fragmenti logaritamskog repa nalaze se na desnoj strani histograma. Najbogatija proba učestvuje samo sa 11,89% u masi urana populacije.

Maksimalna kompaktnost uranove populacije, veća od kompaktnosti svih do sada izučavanih u ovom radu, takođe ukazuje na jedinstvene procese akumulacije urana u alterisanom i izbeljenom granitu. Siromašna parcijalna populacija (0,36 ppm U) sadrži samo 0,32% mase urana u 4,98% mase stene (27 podataka). U osnovnom delu populacije u 93,54% mase stene (507 proba) ima 74,06% mase urana sa srednjim sadržajem 4,55 ppm U. Logaritamski rep sadrži 25,62% mase urana u 1,48% mase stene (8 podataka) sa srednjim sadržajem oko 100 ppm U.

Srednji sadržaj urana u kolektivnom statističkom uzorku »alterisani+izbeljeni granit« (5,74) je znatno viši od vrednosti klarka urana za granite (4,8 ppm). Odsecanjem najbogatije probe dolazi do malog sniženja srednjeg sadržaja, koji iznosi 5,07 ppm U. Odsecanjem celog logaritamskog repa srednji sadržaj se snižava do vrednosti 4,33 ppm urana, što je znatno više od klarka urana za kisele magmatske stene (3,5 ppm), ali niže od klarka urana za granite kontinentalne kore. Alterisani sa izbeljenim granitima su obogaćeni uranom u odnosu na kisele magmatske stene i granite kontinentalne kore.

### Ukupno granit

Spajanjem svih parcijalnih statističkih uzoraka koji reprezentuju južnu polovinu granitskog masiva Bukulja, dobijamo kolektivni statistički uzorak koji nazivamo »ukupno granit«. Napominjemo da reprezentativnost ovog uzorka je ograničena na južnu polovinu bukuljskog masiva, nikako se njegova reprezentativnost ne može proširiti na celi masiv Bukulje. U ovom kolektivnom statističkom uzorku ima 660 podataka — proba.

Raspodela urana je takođe kao kod svih parcijalnih uzoraka logaritamska, sa parametrima raspodele $M=3,1<\bar{x}=5,24<Mx=7,2$ ppm, na maksimalnom varijacionom intervalu od 0,1 do 370 ppm urana.

Forma krive gustine f(x) je u osnovi polimodalna, ali je veoma izražena lognormalna tendencija raspodela relativnih frekvencija mase stene (sl. 6, pod b). Ova kriva gustine dosta je slična sa krivom gustine statističkog uzorka »alterisani+izbeljeni granit«, glavna razlika je izdvajanje izrazitog modusa mase stene u 7. klasi I log dekade. Modus urana je kao i u ve-

ćini ranijih slučajeva u poslednjoj klasi i vezan je za najbogatiju probu, koja u masi urana populacije učestvuje sa 10,71%. Ova populacija je takođe velike kompaktnosti, što nam daje osnova za pretpostavku da ne postoji bitna razlika u populacijama između granita i njegovih alterisanih varijeteta. Razlika je u obogaćivanju uranom u procesu hidrotermalne alteracije, a ovaj fenomen zaslužuje detaljna izučavanja.

U siromašnoj parcijalnoj populaciji (0,36 ppm U) se nalazi malo urana (0,31% od cele mase). Najveći deo urana se nalazi koncentrisan u osnovnom delu populacije, gde u 94,24% mase stene (622 probe) ima akumulirano 76,61% mase urana sa srednjim sadržajem 4,26 ppm U. U logaritamskom repu je skoncentrisano relativno mnogo urana (23,07% od cele mase) u maloj masi stene (1,21% cele mase stene, odnosno 8 proba), sa srednjim sadržajem oko 100 ppm urana.

Srednji sadržaj urana u južnoj polovini masiva Bukulje je relativno visok (5,24 ppm), što je znatno više od kraka urana za granite (4,8 ppm) i za kisele magmatske stene (3,5 ppm). Eliminacijom najbogatije probe srednji sadržaj se smanjuje na 4,68 ppm U, što je blisko klarku urana za granite. Odsecanjem celog logaritamskog repa srednji sadržaj urana se smanjuje na 4,08 ppm, što je takođe znatno više od klarka urana za kisele magmatske stene. Južna polovina granitskog masiva Bukulje je znatno obogaćena uranom u odnosu na kisele magmatske stene i granite kontinentalne kore.

## ZAKLJUČAK

Izučavanje raspodele urana u granitu južne polovine masiva Bukulje izvedeno je metodologijom dvojnih histograma autora, u statističkoj razmeri log 1:20 ppm.

Populacije urana u granitnim stenama su predstavljene statističkim uzorcima, formiranih od proba koje su uzete na površini terena, u zavisnosti od karaktera geohemijske sredine. Formirane su tri grupe parcijalnih statističkih uzoraka koje reprezentuju: 1) granit, 2) alterisani (hidrotermalno) granit, i 3) izbeljeni granit.

Raspodela urana je uvek bila logaritamska, sa fragmentima logaritamskog repa u alterisanom i izbeljenom granitu; što nesumnjivo determiniše ove granite kao potencijalno rudonosne.

Srednji sadržaj urana u granitu je nizak (2,9 ppm), niži od klarka urana za kisele magmatske stene (3,5 ppm) i granite (4,8 ppm). U procesu hidrotermalne alteracije zakonito se povećavaju srednji sadržaji urana: u alterisanom granitu na 4,8 ppm i u izbeljenom granitu na 6,7 ppm; što je na nivou klarka ili iznad klarka urana za granite kontinentalne kore.

**Predato za štampu 8. VII 1982.** Recenzent Slaviša Gojković

## LITERATURA


1. Brković, T., Radovanović, Z. i Pavlović, Z., 1980: Tumač za list Kragujevac 1:100.000 OGK. Savezni geološki zavod, Beograd.
2. Deleon, G., Červenjak, Z., Martinović, G. i Filipović, R., 1965: Starost granita Bukulje. I simpozijum iz geohemije, Beograd.
3. Deleon, G., 1969: Pregled rezultata određivanja apsolutne geološke starosti granitoidnih stena u Jugoslaviji. Radovi IGRI, sv. 6, Beograd.
4. Divljan, S., 1980: Istraživanje provincija minerala retkih metala u nekim granitoidnim masivima SR Srbije (završni izveštaj). Fond stručne dokumentacije Geoinstituta, Beograd.
5. Filipović, I., i dr., 1978: Tumač za list Gornji Milanovac 1:100.000 OGK. Savezni geološki zavod, Beograd.
6. Filipović, V., i dr., 1977: Izveštaj o istraživanju urana u rejonu Bukulje u 1976. godini. Fond stručne dokumentacije Geoinstituta, Beograd.
7. Filipović, V., i dr., 1978: Izveštaj o istraživanju urana u rejonu Bukulje u 1977. godini. Fond stručne dokumentacije Geoinstituta, Beograd.
8. Filipović, V., 1980: Rudna ležišta i mineralizacije urana u širem području Bukulje. Savetovanje: Razvoj energetike Jugoslavije, knjiga 6, Opatija.
9. Omaljev, V., 1977: Geostatistički prikaz rudnog tela pomoću dvojnog histograma. Tehnika, RGM, br. 10, Beograd.
10. Omaljev, V., 1978a: Karakteristike krive raspodele frekvencija korisne komponente u orudnjenju. Tehnika, RGM, br. 10, Beograd.
11. Omaljev, V., 1978b; Teorijska osnova nove metodologije ispitivanja rasporeda korisnih komponenti u prirodnoj sredini. Radovi Geoinstituta, sv. 12, Beograd.
12. Omaljev, V., 1979: Raspodela urana, torijuma i kalijuma u gredenskim slojevima Žirovskog vrha. Radovi Geoinstituta, sv. 13, Beograd.
13. Omaljev, V., i dr., 1982: Izučavanje potencijalnosti na nuklearne sirovine geoloških formacija SR Srbije. Fond stručne dokumentacije Geoinstituta, Beograd.
14. Ronov, A. B. i Jaroševskij, A. A., 1976: Novaja modelj himičeskogo strojenija zemnoj kori. Geohimija, No. 12, Moskva.
15. Taylor, S. R., 1964: Abundance of chemical elements in the continental crust: a new table. Geochim. et Cosmochim. Acta, Vol. 28, No. 8.
16. Vinogradov, A. P., 1962: Srednie soderžanija himičeskih elementov v glavnih tipah izverženih porod zemnoj kori. Geohiminija, No. 7, Moskva.
17. Višić, S., 1961: Pojave i ležišta urana u oblasti planine Bukulje. Radovi Sektora INS ZNS, br. 1, Beograd.

## Summary

# DISTRIBUTION OF URANIUM IN THE SOUTHERN PART OF BUKULJA GRANITE MASSIF

by

Veljko Omaljev

Key words: metallogeny, geochemistry, statistics, radioactive elements, granite, Bukulja, Šumadija, Serbia.

The statistically elaborated data about concentration of uranium in the Southern part of Bukulja granite massif is given in this work. In the earlier period of research of uranium mineralization in Bukulja area there was no geochemical research, but later on geochemical sampling was carried out (V. Filipović, 1977, 1978) in the Southern part of this granite massif. The content of uranium in geochemical sapmles were determined by means of quantitative chemical analysel in the laboratory of »Geoinstitut« in Belgrade.

Granitic rocks of Bukulja in most cases belong to two-mica biotite--muscovite variety (S. Divljan, 1980), and in smaller part belong to biotite variety (which is found in depper erosional levels of plutonites). Two-mica granites are a results of postmagmatic, mostly pneumatolitic processes, which have taken hold of the whole exposed parts of plutonite. Hydrothermal activity was trended firstly towards South, tectonicaly more crushed part of Bukulja granite massif (Fig. 1).

There are several theories about the age of granite intrusions of Bukulja, and on the basis of geochronological research it is adopted as Miocene age (before 13 to 23,5 mill. years).

Population of uranium in various granites (according to mineral contents due to hydrothermal alteration), as particular geochemical areas in the particular territory, are shown by statistic samples. Statistic research was carried out by authors unique methodology and forthe understanding of given material it is necessary to get acqainted with the basic publications of the same material (V. Omaljev, 1977, 1978a, 1978b). All reareaches were carried out in logarithmic statistic scales log 1:20 ppm (Fig. 2 to 6).

For selective principle of forming statistical samples it is primary to determine the three stages of intensity of hydrothermal alteration of granite: 1) granite (»unchanged«), 2) alterated granite, and 3) bleached granite (the highest stage of intensity of hydrothermal alteration). Altogether 6 partial statistic samples were formed (two from each stage of alteration). For each stage of alteration the additive statistical sample of the same name was formed. Joining the samples from the alterated granite and bleached granite the collective statistical sample was gained which represents hydrothermaly alterated granites of South part of Bukulja massif. All samples (N=660) make up a collective statistical sample »granite in general«, which represents the South part of Bukulja massif.

The distribution of uranium in all partial and collective samples was always logarithmic, in accordance to second logarithmic law of distribution (V. O m a l j e v, 1978b). Generaly a lognormal tendency of form in the density curve can be seen, which can mostly be notified in collective statistical samples. Basicaly the polymodality of the density curve f(x) was represented, which means that numerous partial populations of uranium were always represented.

Practicaly there is no difference in average content of uranium between two-mica and biotite granite, which is 2,9 ppm U. That is more than the clarke of Earths crust (2,5 ppm — acc. to A. P. V i n o g r a d o v, 1962) and clarke of the uranium for the continental crust (2,7 ppm — acc. to S. R. T a y l o r, 1964), as well as the clarke of uranium for the granite layer of the continental crust (2,7 ppm — acc. to A. B. R o n o v and A. A. J a r o š e v s k i j, 1976) At the same time this average content of uranium in Bukulja granites is smaller than the clarke of uranium for the acidic magmatic rocks (3,5 ppm — acc. to A. P. V i n o g r a d o v, 1962) and the clarke of uranium for the granites (4,8 ppm — acc. to S. R. T a y l o r, 1964). The granites of Bukulja are poorer in uranium than the magmatic rocks of the same acidity. We assume that this difference is secondary (there is no compact unimodal population of uranium) and that it has taken place in postmagmatic stage of pneumatolitic changes of these granites. These data applies only to the South part of Bukulja massif which was the subject of geochemical research.

There are significant differences, according to the distribution parameters (Table 2), between Southern and Northern part (Fig. 1) of alterated granite; the Southern part is enriched by uranium in comparison to the North. However, by elimination of the richest sample in the altered granite of the Southern part this difference becomes minimal in dimension, which means that there is no real difference betwen these populations.

Average contents of uranium in alterated granite are on the same value level with the clarke of the uranium granites (4,8 ppm), and with the elimination of the richest sample the average contents drop down to 4,18 ppm U. Alterated granites are significantly enriched by uranium in comparison to the Bukulja granites, and at the same time enriched by uranium in comparison to acidic magmatic rocks.

There is also a significant difference, according to the distribution parameters and especially according to the average contents of uranium, betwen Southern and Northern part of bleached granite; the Southern part is very enriched by uranium (Table 3). By elimination of the richest sample these differences vanish, which means that there are no significant differences between the populations in these two parts.

The average contents of uranium in the bleched granite (6,7 ppm) are much higher than the values of clarke of uranium for the granites (4,8 ppm), and by elimination of the richest sample the average contents drop down to 5,34 ppm U. The bleached granites are significantly enriched by uranium in comparison to the granites of the continental crust, these rocks have the highest accumulation of uranium of all the reached granite rocks of the South part of Bukulja granite massif.

The average contents of uranium lawfuly increase according to the degree of hydrothermal alteration, so that the average contents of uranium more than doubles in the bleached granite compared to the granite. By eliminating the richest samples (concentrations of more than 100 ppm U) from the alterated and bleached granite this tendency is only mildened (Table 4).

Polymodality of the density curves shows the existance of numerous partial populations of uranium in the researched rocks, but generally we can divide population on: the poor part of population, the basic part of population and the logarithmic tail (rich part of the population). In two-mica granite only the basic part of population is represented (Fig. 1, under a), and in the other statistic samples there is also a poorer part of the population (Table 5). By means of hydrothermal reactors the petrogenic minerals become decomposed, which enables the accurence of redistribution of uranium by making up poorer and richer partial population. During further hydrothermal changes comes an inflow of uranium and then a certain part of uranium precipitates in form of rich partial populations of the logarithmic tail. The basic part of the population although it had undertaken changes keeps its basic characteristics which are expressed by the lognormal tendency of the distribution of relative frequencies of rock mass; but this basic part of population is enriched by uranium during the process of hydrothermal alteration.

The logarithmic tail is represented (in fragments) only in alterated varieties of Bukulja granites, which determines these geochemical areas as potentially uranic bearing (ore bearing). The richest samples represent the mineralisation of uranium, which is represented in this area (V. F i l i p o v i ć, 1980).

The average content of uranium in the alterated and bleached granite (in the manner of collective statistic sample) is much higher than the values of clarke of uranium for the granites (5.74:4,8 ppm). Alterated together with the bleached granites are enriched by uranium in comparison to the acidic magmatic rocks and the granites of the continental crust.

The average contents of uranium in the collective statistic sample »granite in general« which represents the Southern part of Bukulja massif is relatively high (5,24 ppm), which is much more than the value of clarke of uranium for the granites (4,8 ppm). The Southern part of Bukulja granite massif is significantly enriched by uranium in comparison to the acidic magmatic rocks and the granites of the continental crust.

R A D O V I Geoinstituta, knjiga 16, god. 1983., Beograd.
P R O C E E D I N G S of Geoinstitute, vol. 16, 1983, Belgrade.

Slađan Timotijević

UDK 553.492(497.11)
Stručni rad

# GEOLOŠKE KARAKTERISTIKE BOKSITA TARE

(sa 2 slike i 2 tabele)

Ključne reči: trijas, kreda, boksit, planina Tara zapadna Srbija

Dugo se smatralo da na teritoriji SR Srbije bez SAP nema ekonomski interesantnih ležišta boksita i ako su bile poznate pojave ove sirovine na planini Tari koja predstavlja jugoistočni nastavak boksitonosnog područja Vlasenice, poznatog po značajnim ležištima boksita koja se eksploatišu duži niz godina.

Ovim radom želimo da upoznamo geološku javnost o dosadašnjim rezultatima istraživanja boksita na planini Tari, kao i mogućnost pronalaženja ekonomski interesantnih količina boksita. Ležišta boksita treba očekivati u ostalim terenima koji na teritoriji SR Srbije pripadaju zoni Unutrašnjih Dinarida.

## UVOD

Proučavanju boksitonosnosti uže teritorije SR Srbije nije posvećivana posebna pažna sve do pre 6—7 godina, već su vršene samo pojedinačne ocene pojava koje su bile dostupne u obliku izdanaka. Činjenica je da ima područja u SR Srbiji u kojima postoje uslovi za nalazak ležišta boksita, ali je njihovo definisanje moguće samo kroz neophodna sistematska istraživanja.

Na potrebu vršenja ovih sistematskih istraživanja ukazuje prisustvo pojava i ležišta boksita u Srbiji bez SAP (Tara, Poćuta, Bela Palanka i okolnim terenima). Pojave boksita i rudnih tela (ležišta) na planini Tari i u boksitonosnom području Poćute kod Valjeva, pripadaju istom stratigrafskom nivou u kome se nalaze vrlo značajna ležišta boksita u istočnoj Bosni (Vlasenica).

Kao početak sistematskog istraživanja može se smatrati 1974/75. godina kada je »Geozavod« prišao rešavanju ove složene geološke problematike u okviru naučno-istraživačkog projekta »Geologija ležišta raspadanja na teritoriji SR Srbije — boksiti«. Utvrđena je boksitonosnost terena jugozapadno od Valjeva i istočnoj Srbiji južno od Bele Palanke, i prvi put pronađene pojave boksita u Poćuti i Babušnici.

### Pregled dosadašnjih istraživanja

Boksiti Tare kao i boksiti u susednim terenima istočne Bosne — Vlasenički boksiti nalaze se u perspektivnoj zoni Unutrašnjih Dinarida.

Osnovno obeležje ove zone je da su u njoj boksitonosni rejoni retki a ležišta su grupisana, složena i mogu biti izuzetnih dimenzija (A. Grubić, 1976). Za sada su u ovoj zoni, na području Srbije boksiti konstatovani na planini Tari i oko Poćute kod Valjeva.

Prve podatke o pojavama boksita na području planina Tare i Zvijezde potiču od B. Milovanovića (1933) koji je radeći na listu Vardište 1:50.000 pojave boksita svrstao u oolitske rude gvožđa. Međutim, prvu prospekciju boksita u selu Rastištu izvršili su S. Ostojić, M. Jovičić, M. Bukvić i M. Bojić krajem 1968. godine. Oni su konstatovali četiri pojave boksita u području Aluga, Sedaljke i Kamenjače i procenili debljinu boksita na 1,5 m, a kvalitet od slabog do odličnog.

Najdetaljniju ocenu boksita Tare u to vreme (1969) izvršio je B. Jović, ali je boksite u Alugama ocenio kao neperspektivne. Pri tome je bilo upotrebljeno detaljno krokiranje i oprobavanje u raskopima i plićim bušotinama. Tim istraživanjima je potvrđena stratigrafska sličnost tih boksita sa boksitima Vlasenice, i to kako u pogledu geološkog položaja tako i u pogledu relativnog sadržaja osnovnih komponenti. Međutim, njihove rezerve su ocenjene kao neznatne, a kvalitet slabiji od vlaseničkih boksita.

Na osnovu ranijih istraživanja na lokalnosti Aluge utvrđeni su sledeći sadržaji glavnih komponenti boksita ili boksitičnih glina: $Al_2O_3$ od 25 do 55%, $SiO_2$ od 7 do 32%, $Fe_2O_3$ od 17 do 50%, $TiO_2$ od 2 do 16%, CaO od 0,0 do 0,7%. Boja boksita je najčešće crvena.

Prema podacima sa kojima raspolažemo, pri tim ranijim istraživanjima, nije bio korišćen niz prospekcijskih i tehničkih postupaka koji se daleko više i sa velikim uspehom koriste u svetu i kod nas u istraživanju boksita. Nisu bile primenjene kombinovane geološko-geofozičko-rudarske metode istraživanja, kao i dubinsko bušenje sa pratećim laboratorijskim ispitivanjima u većem obimu, koja bi bila mnogo kompetentnija za sigurniju i trajniju ocenu boksita na Tari.

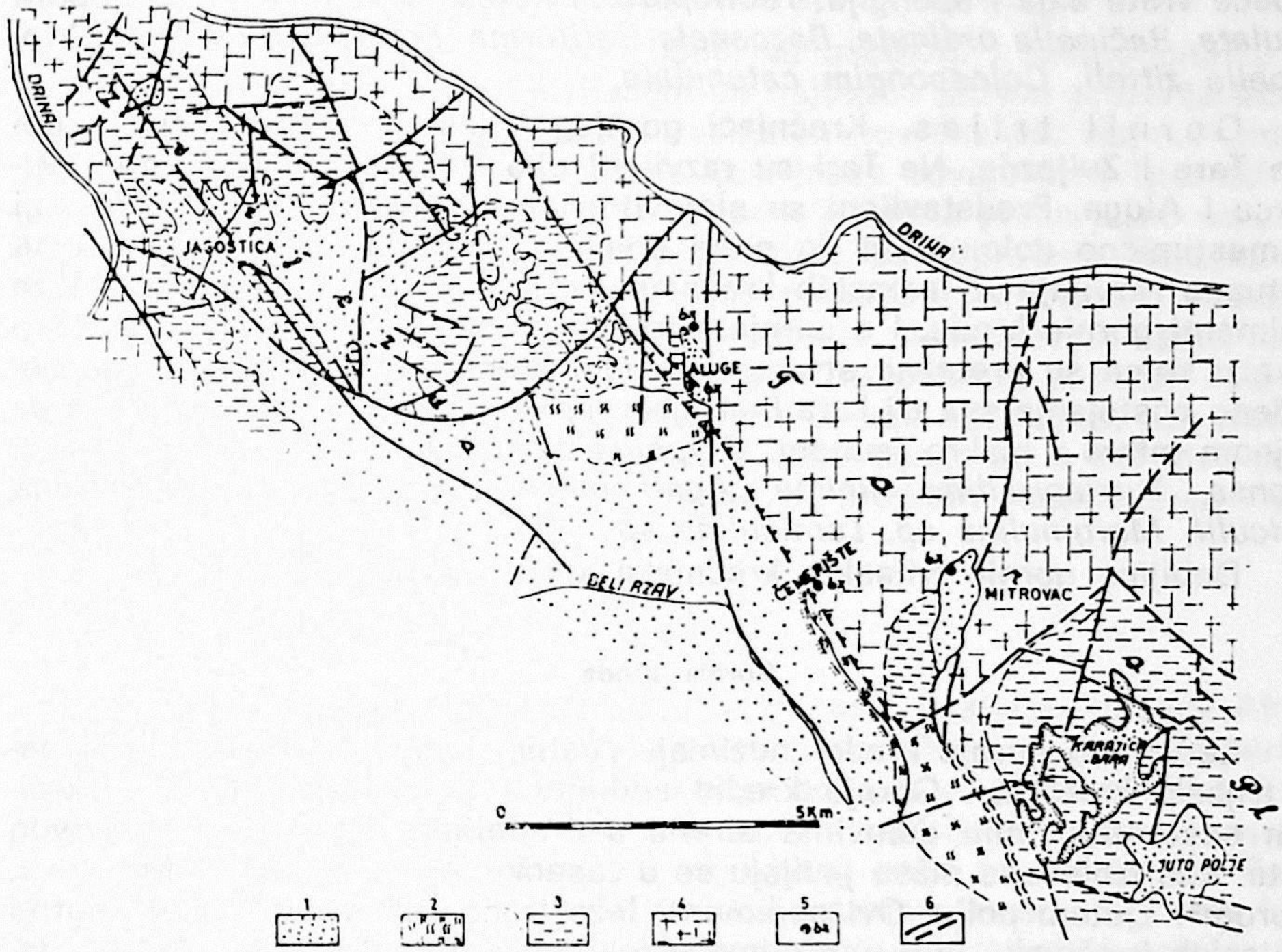
Prva sistematska traganja za boksitima na području planine Tare i Zvijezde započeta su 1978. godine, kada je ekipa Geoinstituta počela kompleksna istraživanja u ovom delu Unutrašnjih Dinarida. Koristeći savremenu metodologiju u svom radu došli smo do podataka koji prevazilaze tvrdnje ranijih istraživača o neperspektivnosti ovog područja za pronalaženje boksita. Na osnovu dobijenih rezultata, tokom protekle tri godine, može se reći da se na planini Tari i Zvijezdi mogu očekivati ležišta kvalitetnog boksita i da započeta istraživanja treba nastaviti u tom pravcu.

## Geološko-strukturna građa područja

Zapadna Srbija, kojoj pripada i planina Tara, odlikuje se složenom geološkom građom u čijoj izgradnji učestvuju raznolike sedimentne i metamorfne paleozojske i mezozojske tvorevine, ultrabaziti i baziti i dijabaz-rožnačka formacija, zatim mlađe tercijarne i kvartarne sedimentne naslage. Intenzivni tektonski pokreti manifestovali su se kroz niz plikativnih i rupturnih oblika.

## GEOLOŠKA GRAĐA TERENA

Uže područje Tare, interesantno za pronalaženje boksita, izgrađeno je uglavnom od sedimenata trijaske i kredne starosti a podređeno su zastupljeni serpentiniti i serpentinisani peridotiti (slika 1).




Sl. 1. — Pregledna geološka karta planine Tare po podacima OGK.
1. peščari, konglomerati, gline, krečnjaci gornje krede, 2. peridotiti, 3. bankoviti masivni krečnjaci gornjeg trijasa, 4. bankoviti i masivni krečnjaci srednjeg trijasa, 5. pojave boksita, 6. rasedi.

Fig. 1. — Generalised geological map od Tara mountain — according OGK data.
1. upper cretaceous sandstone, conglomerate, clay and limestone, 2. peridotite, 3. upper triassic thick bedded and massive limestone, 4. middle triassic thick bedded and massive limestone, 5. bauxite occurrences, 6. fault.

### Trijas

Najveće rasprostranjenje imaju karbonatni sedimenti srednjeg i gornjeg trijasa preko kojih diskordantno leže gornojkredni sedimenti.

S r e d n j i  t r i j a s ima najveće rasprostranjenje. Najvećim delom je otkriven na padinama prema Drini gradeći ostenjake, a delimično i na platou Tare, a postupno se razvija iz donjotrijaskih krečnjaka. Predstavljen je slojevitim, bankovitim i masivnim krečnjacima i podređeno dolomitičnim krečnjacima. Česte su i brečizirane partije do prave karbonatne breče. Na osnovu mikrofaune konstatovano je prisustvo anizijskog i ladinskog kata.

U slojevitim i bankovitim krečnjacima anizijskog kata određena je sledeća mikrofauna: *Meandrospira dinarica, Neoendothyra reicheli, Duostomina alta.*

Ladinski kat izgrađuju slojeviti, bankoviti i pretežno sprudni masivni krečnjaci prepuni spongija, algi, krinoida i ređe foraminifera. Određene su sledeće vrste alga i spongija: *Teutloporelta herculea, T. nodosa, Diplopora annulata, Bačinella ordinata, Baccanela floriforma, Folicatena cautica, Criptocoelia zitteli, Colospongim catenulata.*

G o r n j i  t r i j a s. Krečnjaci gornjeg trijasa izgrađuju najviše delove Tare i Zvijezde. Na Tari su razvijeni oko Dobrog i Ljutog polja, Mitrovca i Aluga. Predstavljeni su slojevitim do masivnim krečnjacima koji su mestimično dolomitični do pravi dolomiti. Gornjotrijaski krečnjaci se postupno razvijaju iz ladinskih krečnjaka, a preko njih transgresivno leže sedimenti gornje krede. I u gornjem trijasu nastavlja da egzistira neritsko more u kome su pretežno stvarani sprudni krečnjaci. Paleontološki je potvrđeno postojanje sva tri kata (karnijski, norički, retski) gornjeg trijasa sa brojnom mikro i makro faunom: *Clypeina bašići, Juvolutina communis, J. sinonsa, Turriapirallina minima, Agathammina austroalpina, Gyroporella vesiculif, Marginulina sp. Lenticulina sp.* i dr.

Debljina gornje trijaskih krečnjaka kreće se oko 300 m.

### Gornja kreda

Sedimenti gornje krede zauzimaju znatno manje rasprostranjenje nego trijaski krečnjaci. Gornje kredni sedimenti su najzastupljeniji u krajnjim severozapadnim delovima terena u predelima Jagoštice i Predovog Krsta. Kao izolovane mase javljaju se u zaseoku Aluge, zatim na Mitrovcu, Dobrom i Ljutom polju. Ovi sedimenti leže transgresivno preko peridotita i trijaskih krečnjaka ili su sa njima u tektonskom kontaktu. Na osnovu faune u ovim sedimentima konstatovani su cenomanski i turonski kat.

Cenomanski kat je uglavnom predstavljen terigeno-klastičnim sedimentima koji transgresivno leže preko trijaskih krečnjaka i peridotita. Ovi sedimenti počinju konglomeratima iz kojih se postupno razvija flišolika serija koja je izgrađena od smene peščara i konglomerata sa izraženom gradacionom slojevitošću. Oni naviše prelaze u sive peščare i crvene alevrolite sa rožnacima. Iz ovih sedimenata se postepeno razvijaju glinovito-vapnoviti sedimenti cenoman-turonske starosti.

U predelu Ljutog polja bušenjem je utvrđeno da se kredni sedimenti sastoje od smene sivoplavičastih glinaca sa peščarima koji najverovatnije pripadaju cenomanu. U zaseoku Aluge bušenjem je takođe utvrđeno da se kredni sedimenti sastoje od smene raznobojnih glina (žute, sive, crvene), peščara i sivih do tamno-sivih bituminoznih krečnjaka sa ostacima ugljevite materije. Jasno odredljiva fauna u gornje krednim sedimentima na ovom terenu nije konstatovana.

Debljina gornjekrednih sedimenata je određena na oko 100 m, a na osnovu analogije sa susednim terenima. U nastavku ovih sedimenata na susedne terene faunistički je konstatovano prisustvo cenomana, odnosno turona.

## Tektonika

Regionalno posmatrano Tara pripada geosinklinali Unutrašnjih Dinarida. Uže područje čini severne, odnosno severoistočne delove sinklinorijuma Tare i Zvijezde sa blagim tonjenjem ka JI. Padni uglovi trijaskih krečnjaka koji izgrađuju krila sinklinorijuma imaju vrednosti 25—44°.

Međutim, razlomni tektonski oblici su uočljiviji i zastupljeniji u opštoj tektonskoj građi područja. Rasedi su najčešće pravca pružanja SZ—JI i SSI—JJZ sa strmim i vertikalnim rasednim površinama. Najmarkantnija je longitudinalna reversna dislokacija koja jasno odvaja blok Tare od Zvijezde, sa pružanjem SZ—JI. Ona se od sela Rastišta pruža južno od zaseoka Aluge i nastavlja dalje prema jugoistoku. Od poprečnih disjunktivnih oblika značajnijih za ovo područje treba pomenuti: Mitrovački rased uz koji se danas nalaze sačuvani kredni sedimenti na Mitrovcu, zatim rased Derventa potoka koji je markiran značajnim milonitnim zonama i Aluški rased na čijem su zapadnom krilu sačuvani kredni sedimenti, kao povlata boksitnim pojavama u zaseoku Aluge. Na tom rasedu su u isti nivo dovedeni sedimenti srednjeg i gornjeg trijasa sa krednim sedimentima i boksitom.

## BOKSITI

U širem području planine Tare, u ataru sela Rastište—zaseok Aluge, zatim u predelu Mitrovca, na krečnjacima iznad Perućca i na Čemeristu registrovane su pojave boksita. Indikacije boksita — degradirani boksiti, boksitične gline, mrko-crveni humus sa oolitima javljaju se na više mesta počev od Jagoštice na severozapadu do Ljutog polja na jugoistoku. Pojavljivanje boksita vezano je za stratigrafsku prazninu između trijaskih krečnjaka i gornjekrednih sedimenata. Obzirom da je stratigrafski položaj ovih boksita Isti kao i boksita u istočnoj Bosni, može se smatrati da boksitonosno područje Tare predstavlja jugoistočni nastavak boksitonosng područja Vlasenice, poznatog po značajnim ležištima boksita koja se eksploatišu duži niz godina.

Najznačajnije i do sada najbolje proučene pojave boksita na Tari su one koje se nalaze u zaseoku Aluge. Duž otkrivene stratigrafske granice gornjetrijaskih krečnjaka i gornjekrednih sedimenata koji su ovde sačuvani od erozije u jednom uzanom pojasu pružanja više km, a širine do 400 m otkriveno je više izdanaka boksita. Na ovoj lokalnosti su pojave boksita proveravane istražnim bušenjem pri čemu je grubo okontureno jedno rudno telo, dok je drugo rudno telo samo nabušeno. Zbog toga u narednom izlaganju biće uglavnom reči o boksitima ove lokalnosti.

### Oblik i građa rudnog tela Aluge

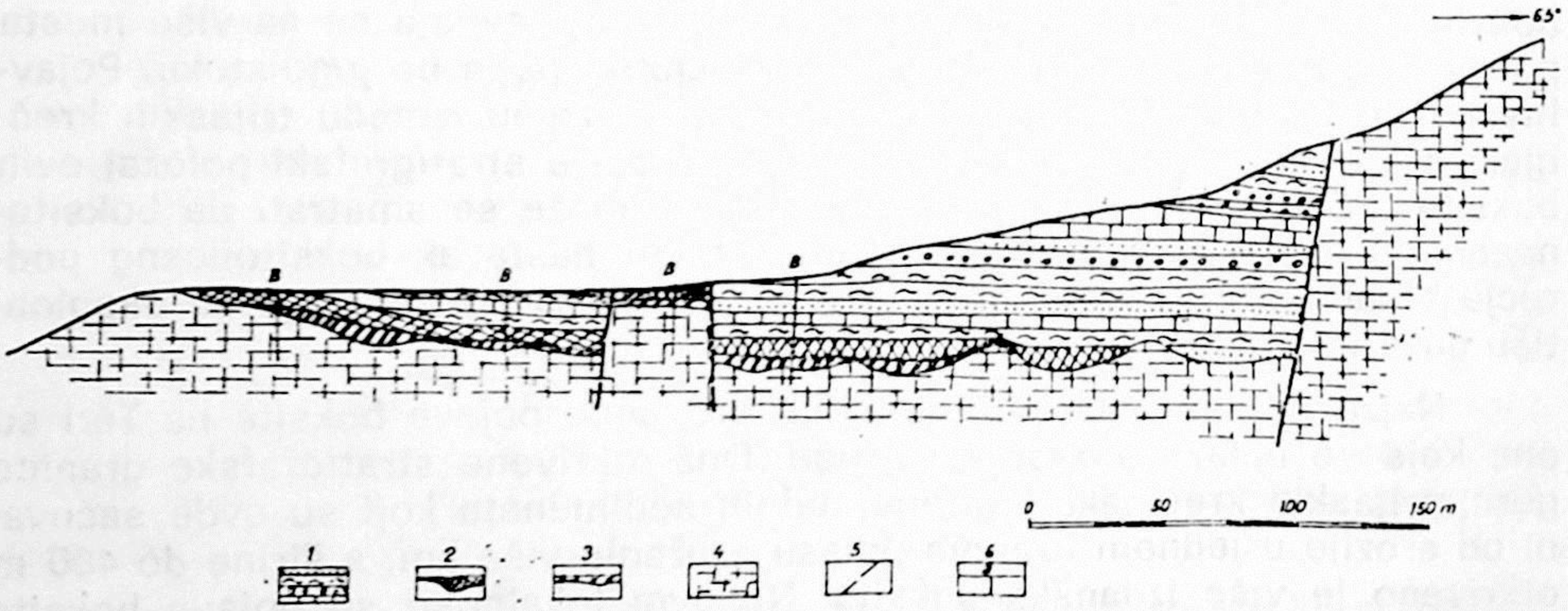
Dosadašnjim istražnim radovima, odnosno raskopavanjem i istražnim bušenjem, na lokalnosti Aluge grubo je okontureno rudno telo u predelu groblja. Jugoistočno od ovog rudnog tela nabušeno je i drugo, ali nije okontureno.

Boksiti na ovoj lokalnosti, kao i u susednim terenima, javljaju se u obliku većih ili manjih nepravilnih sočivastih rudnih tela, zapunjavajući paleokarstna udubljenja na srednjetrijaskim i gornjetrijaskim krečnjacima. Nabušeno rudno telo boksita je nepravilno sočivastog oblika dužine preko 260 m, dok mu je širina dosta neujednačena i iznosi od 100 do 200 m.

U podini rudnog tela i pojava boksita na lokalnosti Aluge javljaju se svetlo-sivi i sivi pretežno kristalasti i prekristalisali, delom dolomitični krečnjaci gornjeg trijasa. Neposredna krovina boksita je dosta heterogenog sastava. Predstavljena je raznim peščarima, peskovima, raznobojnim peskovitim glinama i glinama, ređe slabo vezanim kvarcnim konglomeratima, peskovito-laporovitim krečnjacima, i bituminoznim krečnjacima sa ostacima organske materije. Na osnovu slabo očuvane faune i analogije sa susednim terenima ovi sedimenti odgovaraju gornjoj kredi, odnosno cenoman-turonu.

S obzirom da boksiti Tare, kao i boksiti u istočnoj Bosni pripadaju istoj boksitonosnoj zoni, može se smatrati da su nastali u intervalu između sedimentacije urgonskih tvorevina i gornjeg cenomana (A. Grubić, 1975). Po A. Grubiću »Dosta je logično da se smatra za ove boksite da su cenomanski, jer potpuno u identičnom stubu gornje krede Mokre Gore B. Milovanović (1935) je izdvojio gornji cenoman, a u poslednje vreme su ga podrobno dokumentovale i D. Pejović i R. Radoičić (1971)«.

Jedna od karakteristika građe ovog rudnog tela je da se neposredno iznad trijaskih krečnjaka, a u podini boksita javljaju boksitične gline (sl. 2).




Sl. 2. — Geološki profil ležišta boksita Aluge.
1. povlatni gornjekredni sedimenti, 2. crveni boksiti, 3. boksitične gline, 4. podinski gornjotrijaski krečnjaci, 5. rasedi, 6. istražne bušotine.

Fig. 2. — Geological Cross section of Aluge bauxite deposit.
1. overlying upper cretaceous sediments, 2. red bauxite, 3. Bauxitic clay, 4. under lying upper triassic limestone, 5. fault, 6. exploratory drill holes.

Iznad boksitičnih glina mestimično se javlja crveno-mrki boksit slabog kvaliteta, a iznad ovog boksit boljeg kvaliteta. Kvalitetniji boksit je crvene do crveno-mrke boje sa dosta oolita metaličnog sastava.

Debljina kvalitetnog boksita nije ujednačena i varira u granicama od 1,4 do 7,0 m, dok debljina boksita slabijeg kvaliteta varira u granicama od 1,0 do 4,0 m. Debljina boksitičnih glina je takođe različita i kreće se u granicama od 1,0 do 5,0 m. Boksit je kompaktne teksture, oolitično-pizolitične strukture i nepravilnog je preloma. Na osnovu laboratorijskog ispitivanja (DTA, TGA, IC, Rö) pripadaju bemitsko-kaolinitskom i kaolinitsko-bemitskom tipu, dok je čisto bemitski tip boksita sa neznatnim učešćem kaolinita identifikovan na manjem broju uzoraka.

U zavisnosti od eroziono-denudacionih procesa krovina, odnosno kredni sedimenti su različito očuvani. Naime, na pojedinim delovima rudnog tela krovinski sedimenti su potpuno erodovani tako da se boksit javlja odmah ispod humusnog pokrivača ili izbija na površinu. Na pojedinim mestima erodovan je i boksitni sloj tako da su ostali samo njegovi najniži delovi, odnosno boksitične gline. Debljina krednih sedimenata iznad rudnog tela varira u granicama od 3 do 50 m.

## MINERALNI I HEMIJSKI SASTAV BOKSITA

**Mineralni sastav.** Ispitivani boksiti su pretežno bemitsko-kaolinitskog i kaolinitsko-bemitskog tipa. Stalni mineralni sastav boksita je sledeći: bemit, kaolinit, hematit, anatas i kalcit.

Hidrargilit se javlja u takvim količinama koje nisu od uticaja na mineralni sastav, već stoji činjenica da su od hidroksida aluminijuma prisutni bemit i hidrargilit.

Sadržaj osnovnih minerala boksita u rudnom telu je jako varijabilan. Njihovo procentualno učešće vidi se u tabeli 1.

Tabela 1

| Vrsta minerala | od % | — | do % |
|---|---|---|---|
| Bemit | 34,25 | — | 49,39 |
| Kaolinit | 17,50 | — | 33,67 |
| Hematit | 22,76 | — | 36,30 |
| Anatas | 1,68 | — | 3,88 |
| Kalcit | 0,01 | — | 1,72 |

Pored boksita na ispitivanom terenu su identifikovane gline kaolinitskog tipa i boksitne gline. U boksitnim glinama se javlja hidroksid aluminijuma u formi bemita, a u minimalnim količinama i u obliku hidrargilita. Sadržaj bemita u boksitnim glinama varira u granulama od 2,00 do 14,00%.

Uočava se da je sadržaj hidrargilita nešto naglašeniji u boksitnim glinama u odnosu na boksite, kao i prisustvo getita samo u glinama. Pored navedenog uočava se da postoje prelazi između boksitnih glina i boksita, tako da neki ispitivani uzorci mogu pripadati i jednima i drugima.

**Hemijski sastav boksita.** Dobijeni rezultati hemijskih analiza jasno ukazuju da je kvalitet boksita u tesnoj vezi sa njihovim mineralnim sastavom, odnosno tipom boksita. Naime, ukoliko boksit pripada bemitskom ili bemitsko-kaolinitskom tipu sadržaj $Al_2O_3$ je veći nego u boksitima kaolinitsko-bemitskog tipa. Analogno tome sadržaj $SiO_2$ je manji, odnosno veći u boksitima kaolinitsko-bemitskog tipa.

Boksiti na lokalnosti Aluge izgrađeni su pretežno od hidroksida aluminijuma, oksida i hidroksida gvožđa i oksida titana. Ovi boksiti sadrže i hidratisane alumosilikate uglavnom kaolinit, ali je njegovo učešće veoma neujednačeno. Pored ovoga boksiti sadrže i veliki broj mikroelemenata, ali njihovo procentualno učešće je veoma malo (oko 1%) od ukupnog sastava boksita.

Boksiti u okonturenom rudnom telu odlikuju se velikom promenljivošću hemijskog sastava, čija je varijabilnost izražena kako u horizontalnom tako i u vertikalnom smislu tabela 2.

Tabela 2

| Elemenat | od % | — | do % |
|---|---|---|---|
| $Al_2O_3$ | 37,35 | — | 50,00 |
| $SiO_2$ | 8,14 | — | 22,00 |
| $Fe_2O_3$ | 20,80 | — | 38,69 |
| $TiO_2$ | 1,64 | — | 3,88 |
| CaO | 0,01 | — | 3,47 |
| GŽ | 9,56 | — | 13,52 |

Varijabilnost sadržaja osnovnih komponenti boksita naročito je izražena u boksitnim glinama i glinovitim boksitima. Sadržaj $Al_2O_3$ se kreće u granicama od 17,78 do 39,26%, $SiO_2$ od 11,00 do 52,00% i $Fe_2O_3$ od 9,57 do 24,92%.

Prema važećem pravilniku o klasifikaciji i kategorijaciji rezervi crvenih boksita rudno telo bi pripadalo drugoj grupi prema strukturno-morfološkim karakteristikama, veličini i ekonomskom značaju, dok bi prema hemijskom i mineralnom sastavu odgovarao četvrtoj vrsti.

## ZAKLJUČAK

Boksiti Tare kao i boksiti u susednim terenima istočne Bosne nalaze se u perspektivnoj zoni Unutrašnjih Dinarida i predstavljaju direktan nastavak Vlaseničkih boksita. Za sada su u ovoj zoni na području Srbije boksiti pronađeni na planini Tari, oko Poćute i novijim istraživanjima u toku 1981. godine, u širem predelu Mačkata. Sve ovo ukazuje da u SR Srbiji ima boksita i da sistematskim istraživanjima treba obuhvatiti i ostale delove Unutrašnjih Dinarida.

Pojave boksita u širem području planine Tare registrovane su u ataru sela Rastišta—zaseok Aluge, zatim u predelu Mitrovca, na krečnjacima iznad Perućca i na Čemeristu, dok su indikacije boksita registrovane na više mesta.

Najznačajnije i do sada najbolje proučene pojave boksita na Tari su one koje se javljaju u zaseoku Aluge. Dosadašnjim istražnim radovima grubo je okontureno jedno rudno telo, dok je drugo rudno telo samo konstatovano istražnim bušenjem. Boksiti na ovoj lokalnosti se javljaju u obliku većih ili manjih rudnih tela zapunjavajući paleokarstna udubljenja. U podini boksita javljaju se svetlosni i sivi pretežno kristalasti i prekristalisali, delom dolomitični krečnjaci gornjeg trijasa. Neposredna krovina boksita predstavljena je raznim peščarima, peskovima, glinama, kvarcnim konglomeratima, peskovito-laporovitim krečnjacima i bituminoznim krečnjacima gornje krede.

Jedna od karakteristika građe boksita je da se neposredno iznad trijaskih krečnjaka, a u podini boksita javljaju boksitične gline debljine 1,0—5,0 m. Debljina kvalitetnog boksita nije ujednačena i varira u granicama od 1,4 do 7,0 m. Boksit je kompaktne teksture, oolitično-pizolitične strukture i nepravilnog je preloma.

Na osnovu laboratorijskih ispitivanja utvrđeno je da boksiti pripadaju bemitsko-kaolinitskom i kaolinitsko-bemitskom tipu. Pored bemita i kaolinita značajno učešće imaju još i hematit, anatas i kalcit. Kvalitet boksita je u tesnoj vezi sa njihovim mineralnim sastavom. Boksiti se odlikuju velikom promenljivošću hemijskog sastava, čija je varijabilnost izražena kako u horizontalnom tako i u vertikalnom smislu. Sadržaji osnovnih komponenti boksita kreću se u granicama: $Al_2O_3$ od 37,35 do 50,00%, $SiO_2$ od 8,14 do 22,00% i $Fe_2O_3$ od 20,80 do 38,69%.

Dobijeni rezultati istraživanja boksita ukazuju nam da se na planini Tari i Zvijezdi mogu očekivati ležišta kvalitetnog boksita. Nažalost, istraživavnja koja su trebala da daju odgovor na ovo pitanje prekinuta su 1981. godine, tako da je ostalo sve nedorečeno.

Predato za štampu 9. II 1983. Recenzent Dragan Simić

## LITERATURA

Grubić A., 1975: — Geologija Jugoslovenskih boksita, posebna izdanja SANU, knjiga 44, Beograd.

Grubić A., Milovanović D., Petković M., i dr., 1976: — Ocena pesperktivnosti pronalaženja ležišta mezozojskih boksita u Jugoslaviji. IV jugoslovenski simpozijum o istraživanju i eksploataciji boksita, Herceg Novi.

Žolnaj S., 1979: — Izveštaj o istraživanju boksita na području Tare u 1978. godini, fond stručne dokumentacije Geoinstituta, Beograd.

Janković S., 1967: — Ležišta metaličnih mineralnih sirovina, RGF, Beograd.

Janković S., 1967: — Metalogenetske epohe i rudonosna područja Jugoslavije, RGF, Beograd.

Karović J., 1973: — Tumač za osnovnu geološku kartu SFRJ 1:100.000, list Višegrad (srpski deo), Fond stručnih dokumenata SIZ za geološka istraživanja SR Srbije.
Kirpal G. R., 1977: Promišlennie tipi mestoroždenil boksitov i ih geologo-ekonomičeskaja ocenka, Nedra, Moskva.
Mojsilović S i dr., 1978: — Tumač za list OGK Titovo Užice, SGZ, Beograd.
Pejović D., Arsić B., 1977: — Izveštaj o proučavanjima po temi »Geologija ležišta raspadanja na teritoriji SR Srbije — boksiti«, Fond stručne dokumentacije SIZ-a za geološka istraživanja SR Srbije, Beograd.
Pejović D., Radoičić R., Arsić B., 1978: — Izveštaj o proučavanjima po temi »Geologija ležišta raspadanja na teritoriji SR Srbije — boksiti«, Fond stručne dokumentacije SIZ-a za geološka istraživanja SR Srbije, Beograd.
Ranković M., 1973: — Neke pravilnosti o pojavljivanju boksitnih ležišta na području istočne Bosne, II jugoslovenski simpozijum o istraživanju i eksploataciji boksita, Tuzla.
Timotjiević S., 1980: — Izveštaj o istraživanju boksita na planini Tari u 1979. godini, Fond stručne dokumentacije Geoinstituta, Beograd.
Timotijević S., 1981: — Izveštaj o istraživanju boksita na planini Tari u 1980. godini, fond stručne dokumentacije Geoinstituta, Beograd.
Timotijević S., 1982: — Izveštaj o istraživanju boksita na planiti Tari i Mačkatu u 1981. godini, Fond stručne dokumentacije Geoinstituta, Beograd.

## Summary

## GEOLOGICAL CHARACTERISTICS OF TARA MOUNTAIN BAUXITE

by

Sladjan Timotijević

The Tara mountain bauxite was known since about fifty years ago, but in that time it was considered as oolitic iron ore. By later exploration it was classified as of no economical importance and that it is not worthy of further investigation.

The first systematic research of bauxite of Tara and Zvijezda mountain was started in 1978. Using modern methodology it was found that this area is perspective as bauxitebearing one.

The most important and best studied occurrences of bauxite of Tara mountain are those of Aluge village. By recent exploratory works the ore body on this locality was rougly delineated. Another ore body was sisci-vered by drilling, but it is not yet delineated. The bauxite on this locality as well as on the neigbouring areas occur in form of bigger and smaller, more or lass irregular lenslike ore bodies that fill paleocarstic hollowes. Underlijing sediments are represented by upper triassic limestone. The bauxite il overlied by upper crelaceous sediments. Both bauxite of Tara mountain and eastern Bosnia bauxite belong to the same bauxitebering zone, so it san be considered that it was developped during the interval between deposition of urgonic and upper cenomanien sediments.

The investigated bauxite is mostly of boehmito — kaolinitic and kaolinito-boethimit type. Except boehmite and kaolinite there are also hematite, anatasa and calcite. The composition of main bauxitic minerals as well as of bauxite in general is variable both in horizontal and vertical sense. This fact bas considereble influence in ist quality.

R A D O V I Geoinstituta, knjiga 16, god. 1983., Beograd.
P R O C E E D I N G S of Geoinstitute, vol. 16, 1983, Belgrade.

UDK 56:551.762(497.15)
Originalni naučni rad

# CONODONT SUCCESSION IN THE ILLYRIAN OF PRIDVORICA NEAR SARAJEVO (INNER DINARIDES, YUGOSLAVIA)

by

Milan N. Sudar* and Kiril J. Budurov**

Key words: conodont biostratigraphy, Bulog Limestones, Illyrian.

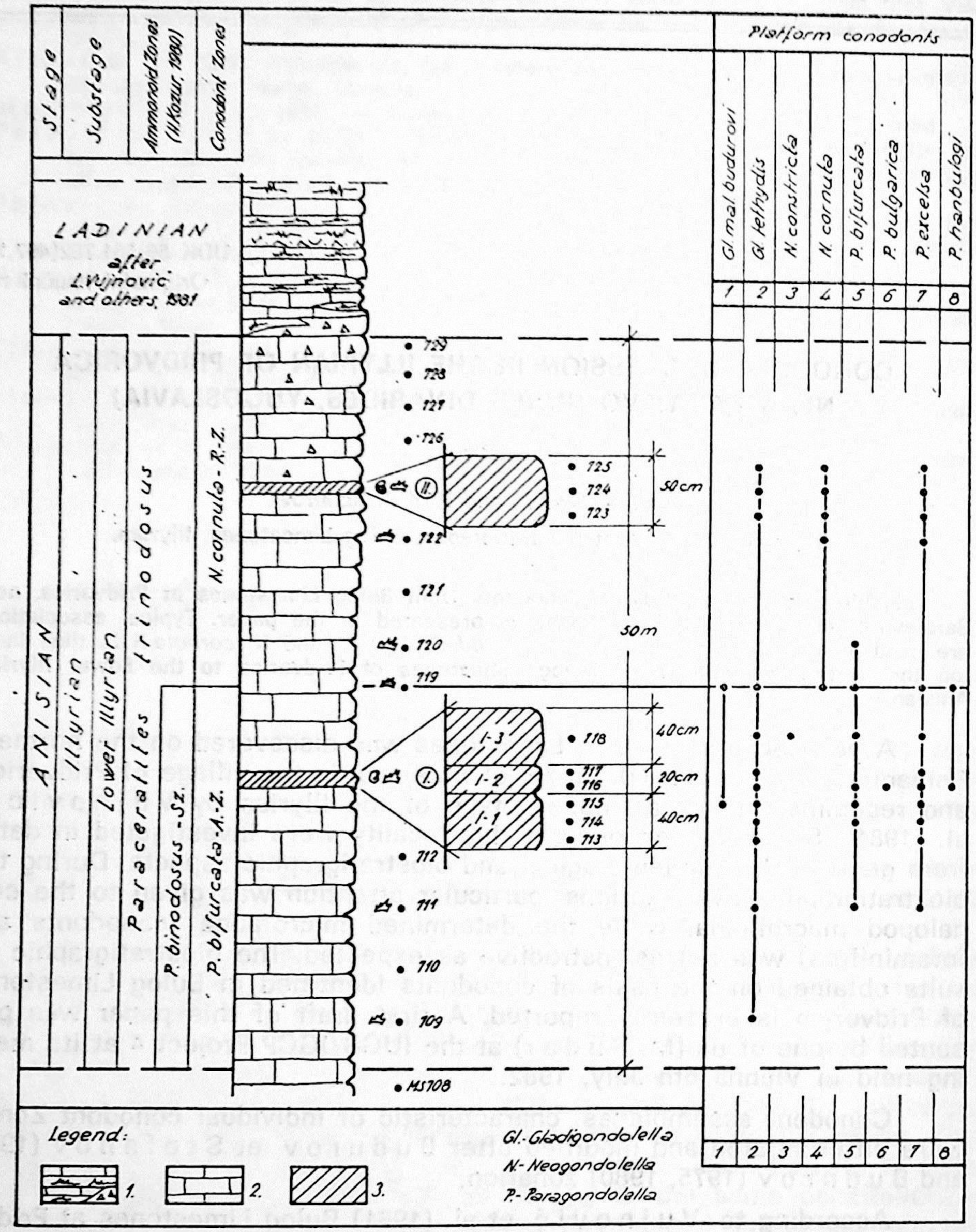
A biostratigraphic study of conodonts from Bulog Limestones at Pridvorica, near Sarajevo (Inner Dinarides, Yugoslavia), is presented in the paper. Typical associations are used in identifying conodont Zones *P. bifurcata*-A.-Z. and *N. cornuta*-R.-Z. thus limiting the vertical distribution of Bulog Limestones of Pridvorica to the Lower Illyrian, Anisian.

A new locality of Bulog Limestones was discovered on the northern Romanija slopes, about 60 km NE of Sarajevo, in the village of Pridvorica, and recommended as a Neostratotype of the Illyrian by V u j n o v i ć et al. (1981). Sediments exposed at this locality were investigated in detail from geological, sedimentological and biostratigraphic aspects. During the biostratigraphic investigations, particular attention was given to the cephalopod macrofauna, while the determined microfauna (conodonts and foraminifers) was not as instructive as expected. The biostratigraphic results obtained on the basis of conodonts identified in Bulog Limestones of Pridvorica is presently reported. A first draft of this paper was presented by one of us (M. S u d a r) at the IUGS/IGCP Project 4 at its meeting held in Vienna 6th July, 1982.

Conodont assemblages, characteristic of individual conodont Zones, were differentiated and modified after B u d u r o v et S t e f a n o v (1972) and B u d u r o v (1975, 1980) zonation.

According to V u j n o v i ć et al. (1981) Bulog Limestones at Pridvorica locality are underlain by Anisian limestone beds of »Brachiopod Zone« (=Pelsonian). They could not be clearly separated, because the first ammonitic level lies above 50 m thick complex of red limestone in which these authors could not detect fossils and determined them in relation to lithological characteristics (V u j n o v i ć et al., 1981, p. 21).

* Institute for Reg. Geology and Palentology, Faculty of Mining and Geology, University of Belgrade, Belgrade.
** Geological Institute, Bulgarian Academy of Sciences, Sofia.




Sl. 1. Geološki stub lokaliteta Pridvorica sa prikazanim vertikalnim rasprostranjenjem platformnih konodonata utvrđenih u buloškim krečnjacima.

Legenda: 1. uslojeni krečnjaci, breče, kvrge rožnaca, tuf. 2. crveni uslojeni krečnjaci (buloški krečnjaci). 3. amonitski nivoi.

Fig. 1. Geological column of Pridvorica locality with vertical distribution of the determined platform conodonts from the Illyrian Bulog Limestones.

Legend: 1. bedded limestone, breccia, platy chert and tuff. 2. red bedded limestone (Bulog Limestones). 3. ammonitic levels.

On the basis of our research, the lower Illyrian boundary within the Bulog Limestones of Pridvorica is located, with some reserve, at about 20 m below the first ammonitic level.

The first ammonitic level (all three layers) together with the floor and direct roof belong to the Lower Illyrian, i.e. *Paragondolella bifurcata* — Assemblage Zone, as determined with the occurrence of *P. bifurcata* Budurov et Stefanov. Throughout the interval of this Assemblage Zone, in many samples, the identified species were *Gladigondolella tethydis* (Huckriede) and *P. excelsa* Mosher. *Gl. malayensis budurovi* Kovács et Kozur, *P. bulgarica Budurov* et Stefanov and *P. hanbulogi* Sudar et Budurov, also typical of the Pelsonian, were represented in *P. bifurcata* — A.—Z. of Bulog Limestones at Pridvorica only by several specimens in no more than two samples. The upper parts of this Zone (sample MS 718) yielded some specimens of *Neogondolella constricta* (Mosher et Clark).

The occurrence of the *N. cornuta* Budurov et Stefanov first specimens, several meters above in the section (sample MS 719) marks the presence of *Neogondolella cornuta* — Range Zone, which, in Bulog Limestones of Pridvorica, is equivalent probably only to the upper Lower Illyrian. According to the identified conodont association of *Gl. tethydis* (Huckriede), *N. cornuta* Budurov et Stefanov and *P. excelsa* Mosher, the second ammonitic level and the levels directly underlying it belong to this Zone. Two specimens of *P. bifurcata* Budurov et Stefanov are found only in sample MS 720, in conformity with its stratigrafic range, because this species is represented by single specimens also in the lowermost *N. cornuta* — R.—Z.

Upward in the geological column at Pridvorica locality, according to Vujnović et al. (1981), follow red brecciated limestones, limestone breccias, intercalations of platy chert and chert lenses, tuffs, etc. Since we have not found any conodonts, the boundary of Illyrian (Bulog Limestones) and Ladinian sediments is located, in conformity with Vujnović et al. (1981, p. 27), at about 10 m above the second ammonitic level.

* * *

Biostratigraphic analysis of conodonts from Bulog Limestones at Pridvorica was used to separate the conodont Zones (*Paragondolella bifurcata* — Assemblage Zone and *Neogondolella cornuta* — Range Zone) in relation to the typical assemblages, clearly differentiated and distributed in upward succession. Based on this separation on the available data, it can be inferred that the vertical distribution of Bulog Limestones of Pridvorica is restricted to *Paraceratites trinodosus* Zone, i.e. Lower Illyrian (Anisian Stage).

The determined conodont assemblages in Bulog Limestones at Pridvorica did not contain conodonts typical of the younger sediments (Ladinian); therefore there were not any indicators of a mixed conodont microfauna that would vary in age.

## REFERENCES — LITERATURA


Budurov K., 1975: Die Triassischen Conodontenprovinzen auf dem Territorium Bulgariens, C. R. Acad. bulg. Sci., 28, 12, 1681—1684, Sofia.

Budurov K., 1980: Conodontstratigraphy of the Balkanide Triassic. Riv. Ital. Paleont., 85, 3—4, 767—780, Milano.

Budurov K. and Stefanov S., 1972: Plattform-Conodonten und ihre Zonen in der Mittleren Trias Bulgariens. Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud., 28, 829—852, Innsbruck.

Kozur H., 1980: Revision der Conodontenzonierung der Mittel- und Obertrias der tethyalen Faunenreichs. Geol. Palönt. Mitt. Innsbr., 10, 3—4, 78—172, Innsbruck.

Sudar M., 1979—1980: Trijaski konodonti unutrašnjih Dinarida Jugoslavije. Geol. anali Balkan. pol., XLIII—XLIV, 229—238, Beograd.

Sudar M., 1982: Konodonti buloških krečnjaka unutrašnjih Dinarida Jugoslavije i njihov biostratigrafski značaj. Geol. anali Balkan. pol., XLVI, Beograd (u štampi).

Szabo I., Kovács S., Lelkes G. and Oravecz—Scheffer A., 1980: Stratigraphic investigation of a Pelsonian-Fassanian section at Felsoörs (Balaton Highland, Hungary). Riv. Ital. Paleont., 85, 3—4, 786—806, Milano.

Vujnović L., Mudrenović V. and Marić J., 1981: Report on the geological research of the sediments of Illyrian at the locality of Pridvorice (Proposal of the Illyrian Neostratotype). Proc. Workshop Meeting on IGCP Projects 4 and 106, 13—32, Sarajevo.


## Rezime

Milan N. Sudar i Kiril J. Budurov

### KONODONTI IZ ILIRA PRIDVORICA KOD SARAJEVA (UNUTRAŠNJI DINARIDI, JUGOSLAVIJA)

Ključne reči: biostratigrafija na osnovu konodonata, buloški krečnjaci, Ilir.


U radu su prikazani rezultati detaljnih biostratigrafskih istraživanja konodonata utvrđenih u buloškim krečnjacima lokaliteta Pridvorica, koji se nalazi na severnim padinama planine Romanija, oko 60 km. SI od Sarajeva. Od strane Vujnović et al. (1981). buloški krečnjaci ovog lokaliteta su predloženi za neostratotip ilira.

Biostratigrafskom analizom prisutnih konodonata utvrđene su karakteristične konodontske asocijacije jasno izdiferencirane među sobom i raspoređene sukcesivno po vertikali što je omogućilo da se izdvoje sledeće konodontske zone:

*Paragondolella bifurcata* — Assemblage Zone i

*Neogondolella cornuta* — Range Zone.

Na osnovu utvrđenih konodontskih zona može se zaključiti da je vertikalno rasprostranjenje buloških krečnjaka Pridvorica, prema podacima sa kojima za sada raspolažemo, ograničeno na amonitsku zonu *Paraceratites trinodosus* u okviru donjeg ilirskog potkata (anizijski kat).

Posebno je značajno konstatovati da se u utvrđenim konodontskim asocijacijama buloških krečnjaka Pridvorica ne nalaze konodonti karakteristični za mlađe sedimente (ladinski kat) tako da nema nikakvih elemenata koji bi mogli da ukažu da se u ovim krečnjacima nalazi mešana konodontska mikrofauna različite starosti.


Primljeno za štampu 11. III 1983. Recenzent prof. dr Milodrag Anđelković

R A D O V I Geoinstituta, knjiga 16, god. 1983., Beograd.
P R O C E E D I N G S of Geoinstitute, vol. 16, 1983, Belgrade.

Надежда Крстић

УДК 56:551.782(497.13/111)
Оригинални научни рад

# ВРСТЕ РОДА *SEMICYTHERURA* ИЗ СРЕДЊЕГ МИОЦЕНА СЛАВОНИЈЕ И ОКОЛИНЕ БЕОГРАДА

Кључне речи: остракоди, средњи миоцен, морска средина, Панонски басен, Југославија

Морски средњи миоцен југоисточног дела Панонског басена садржи доста остракода који до сада нису таксономски обрађени. Микрофауна остракода није систематски прикупљана, па ипак располажемо лепим збиркама из северне Србије и северне Босне, укључујући по једну локалност из Славоније и Трансилваније. Микрофауна је прикупљана приликом рада на различитим задацима, или је добијена од колега а у неким случајевима, то је музејски материјал.

Врсте рода *Semicytherura* нису подједнако бројне у свим локалностима средњег миоцена, а најчешће недостају. Зато су у даљем тексту описани скоро искључиво примерци из Боровика код Ђакова у Славонији, где су семицитеруре бројне. У околини Београда семицитеруре су честе у боливинској зони куле Небојше, ређе су у Кнежевцу, а само спорадично се налазе у Вишњици.

Материјал је обрађиван у Hamburg-у (СР Немачка) у Зоолошком музију — одељења G. Hartmann-a, а у време кад је аутор тамо боравила као стипендиста Humboldt-ове фондације. Фотографије су снимљене на скан-електронском микроскопу (CEM) у Pau-у (Француска) у SNPA нафтној компанији — одељење H. Oertli-ja, а мањи део у Kiel-у (СР Немачка) у Геолошко-палеонтолошком институту — одељење K. Krömmelbein-a. Богату збирку савремених морских остракода из Напуљског залива, у којој има доста цитерурина добила сам као упоредни материјал од G. Bonaduce-a (Stazione zoologica, Napoli, Италија). Свој четворици дугујем највећу захвалност.

Текст је написан у Геоинституту, углавном још у току 1971. г., и требало је да буде део веће монографске студије. Како је све мање могућности да се та замисао оствари, то се сада, одвојено, приказује само род *Semicytherura*.

У међувремену штампано је неколико књига, односно већих чланака, у којима су обрађени рецентни остракоди, укључујући бројне Cytheruринae, а илустровани су изванредним CEM фотографијама. То је олакшало дораду материјала. Нажалост познавање средњемиоценс-

них семицитерура и данас је на истом нивоу као пре 12 година. Главни разлог је што се семицитеруре не налазе сауда али разлог су и њихово мало димензије због чега су их неки аутори избегавали (Witt, 1967. и други).

## ПРИКАЗ ЛОКАЛНОСТИ

У локалности Боровик код Ђакова (Славонија), биро за геологију и геомеханику ЗЈН (руководилац радова Ђ. Димитријевић), избушио је неколико сонди за потребе изградње бране. Све сонде су завршене у белачастим лапорима (креди) шкољкастог прелома. Из бушотине С-1 узете су две пробе. Проба са око 10 м садржала је фауну фораминифера зоне са *Bolivina dilatata*. Проба са 25 м има бројне *Uvigerina*-е. У богатој заједници остракода заступљени су, углавном, ситни родови. Њихова очуваност је сразмерно добра али им прозрачност није најбоља јер су делимично покривени танком скрамом калцијум карбоната.

Од укупно издвојених 902 напна одраслих индивидуа остракода, у проби са 10 м сонде С-1, двема најбројнијим врстама припада 428 напана. Од врсте *Callistocythere canaliculata* нађен је 261 а од *Hemicytherura sp. nov.* 167 напана. Из ове пробе одређене су следеће врсте остракода:

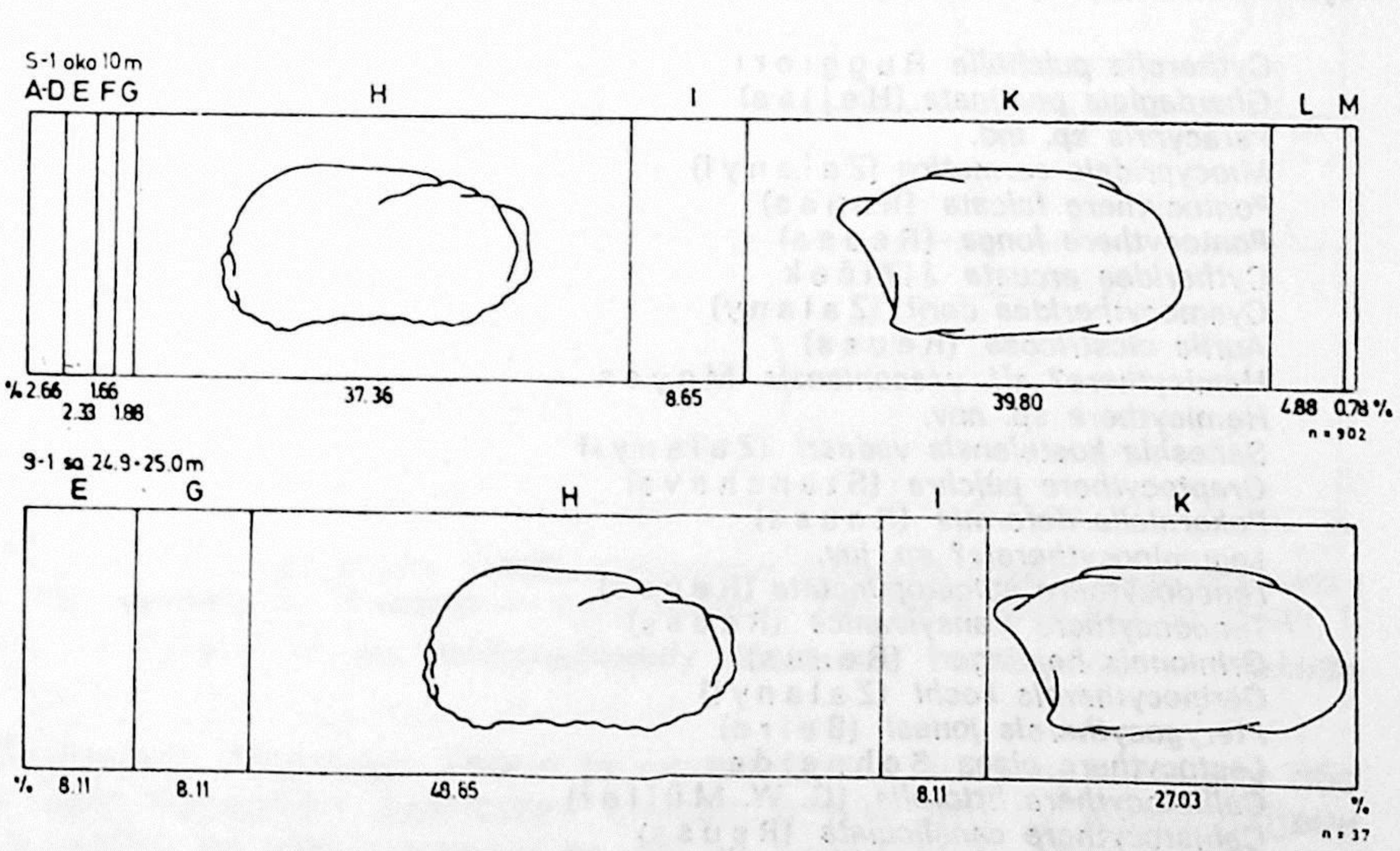
A *Cytherella compressa* (Reuss) Stancheva
B *Neonesidea sp. ind.* (*aff. N. explicata* Stancheva)
C *Phlictenphora arcuata* (Münster)
D *Krithe sp. juv.*
*Parakrithe dactylomorpha* Ruggieri
E *Cnestocythere truncata* (Reuss)
*Cnestocythere lamellicosta* Triebel
*Buntonia subulata* Ruggieri
F *Grinioneis heidingeri* (Reuss)
*Costa tricostata* (Reuss)
*Pterygocythereis sp. ind. juv.*
*Henryhowella asperrima* (Reuss)
*Hiltermanicythere cf. zibinica* (Dieci & Russo)
*Nipponocythere? sp. nov.*
*Leguminocythereis? lozcyi* (Zalanyi)
G *Aurila convexa* (Baird)
*Aurila cicatricosa* (Reuss)
*Pokornyella deformis* (Reuss)
»*Hemicythere*« *magnei* Keij
*Tenedocythere transylvanica* (Reuss)
H *Callistocythere canaliculata* (Reuss)
*Callistocythere littoralis* (G. W. Müller)
*Callistocythere aff. dedalea* (Reuss)
I *Loxoconcha hastata* (Reuss)
*Loxoconcha florida* Schneider
*Loxoconcha punctatella* (Reuss)
*Loxoconcha aff. versicolor* G. W. Müller
K *Semicytherura filicata* (Schneider)
*Semicytherura gerdi* n. sp.
*Semicytherura cf. acuticostata* (Sars)
*Semicytherura slavonica* n. sp.
*Semicytherura aff. slavonica* n. sp.

*Semicytherura spinulosa* (Schneider)
*Semicytherura aff. bacuana* (Schneider)
*Semicytherura aff. rerecostata* Bonaduce, Ciampo & Masoli
*Semicytherura sp. (gr. sulcata)*
*Semicytherura aff. spratti* Sissingh
*Semicytherura aff. tricastini* Carbonnel
*Eucytherura aff. complexa* (Brady)
*Eucytherura aff. mistretai* Sissingh
*Eucytherura textilis* Ruggieri
*Hemicytherura cf. deflorei* Ruggieri
*Hemicytherura sp. nov.*
*Microcytherura aff. nigrescens* G. W. Müller
*Pseudocytherura cf. papilio* (Eager) *juv.*
*Cytheropteron sp. ind.*
*Kangarina abyssicola* (G. W. Müller)
*Paracytheridea cf. triquetra* (Reuss)

L *Xestoleberis aff. aurantia* Baird
*Xestoleberis tumida* (Reuss)
*Xestoleberis cf. plana* G. W. Müller
*Xestoleberis cf. dispar* G. W. Müller
*Xestoleberis cf. geometra* Ruggieri
*Xestoleberis cf. pellucida* G. W. Müller

M *Paracytherois cf. oblonga* G. W. Müller
*Paracytherois cf . flexuosa* G. W. Müller
*Paracytherois aff. rara* G. W. Müller

Осим фораминифера и остракода има само мало рибљих отолита и неколико гранчица биозоа. Већина *Cytherurina* и *Xestoleberidina*, као




Сл. 1 Линеарни дијаграми учешћа различитих фамилија/подфамилија остракода у популацијама из Боровика. A — Cytherellidae, B — Bairdiidae, C — Cypridiidae, D — Cytherideinae i Krithinae, E — Cytherinae, F — Trachyleberidinae, G — Hemicytherinae, H — Leptocytherinae, I — Loxoconchinae, K — Cytherurinae, L — Xestoleberidinae, M — Paradoxostomatinae

Fig. 1. Diagram of the family/subfamily distribution in Borovik (percentige of specimens)

и све *Paradoxostomatinae* нађени су само овде и то у малом броју примерака. Зато су могли бити само приближно одређени, тј. паралелисани су са савременим медитеранским формама.

Асоцијације са дубине 25 м из исте бушотине садржи сличну заједницу остракода. На линеарном дијаграму (сл. 1) приказан је њен састав по фамилијама/подфамилијама, паралелно са горњом фауном.

Врсте рода *Semicytherura* биле су нађене и у три локалности у Београду и околини. То су тунел Кнежевац, кула Небојша и Вишњица. До сада је дат исцрпан списак остракода само за Вишњицу (К р с т и ћ, 1978), за Кнежевац је наведен редукован састав (С т е в а н о в и ћ, 1977) док остракоди из сонди код куле Небојше нигде нису приказани.

Из тунела Кнежевац П. С т е в а н о в и ћ (1972) узео је више контролних проба. Богата микрофауна из ових проба, као и из неких других узорака — из сондажних бушотина за тунел (профил у К р с т и ћ, 1973, сл. 11) и за стабилност падине (извођач Косовопројект, руководилац радова О. И с а к о в и ћ) омогућила је да цела серија на кнежевачкој страни тунела буде одређена као зона са *Ammonia gr. beccarii*, завршног дела средњег миоцена. Серија није палеоеколошки јединствена. У њој има делова са фауном изразито морског карактера, али има и прослојака са скоро слатководном фауном који су прилично танки.

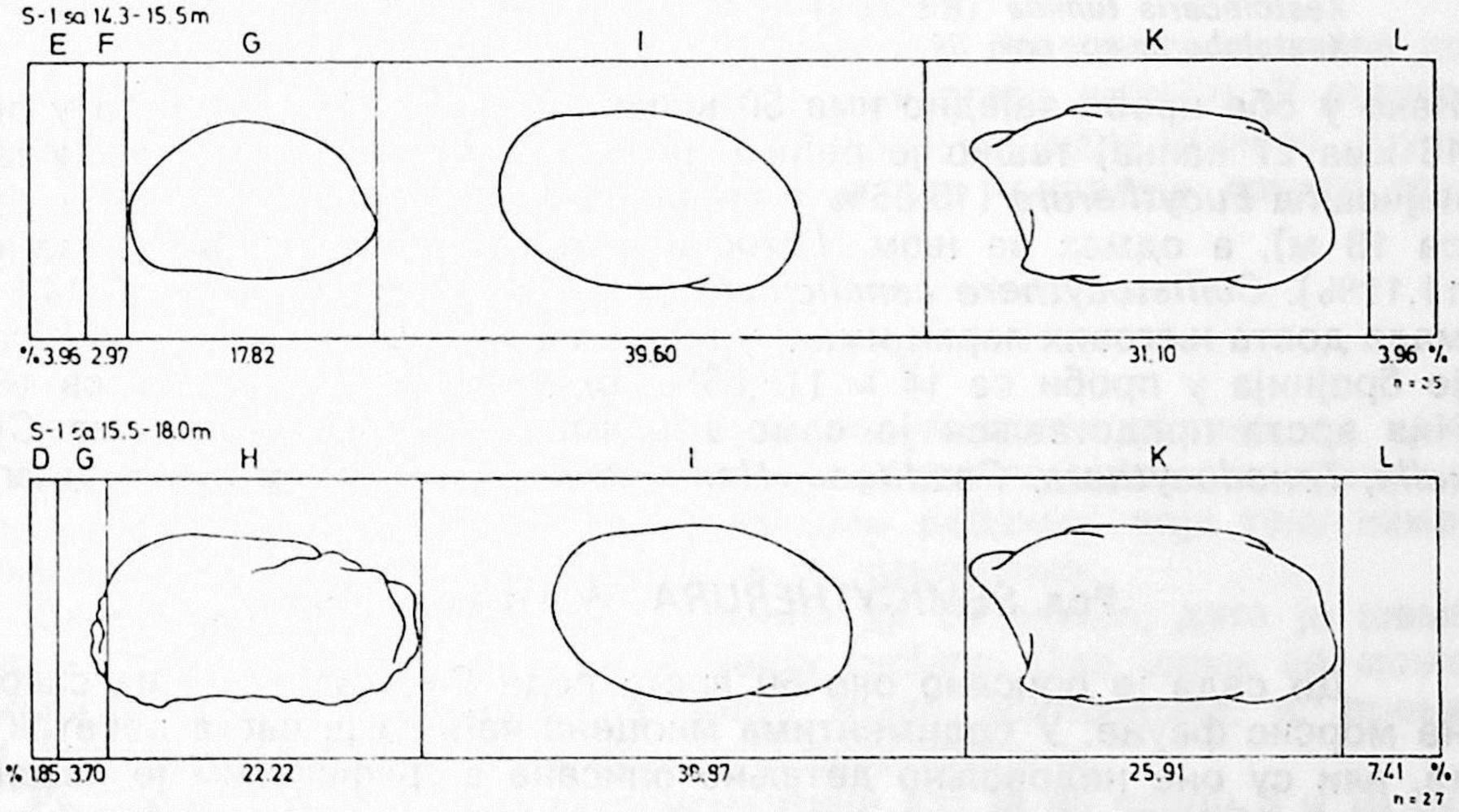
Семицитеруре су нађене у више проба а најбројније су у проби 3а, која има следећу асоцијацију остракода:

*Cytherella pulchella* R u g g i e r i
*Ghardaglaia pectinata* (H e j j a s)
*Paracypris sp. ind.*
*Miocyprideis sarmatica* (Z a l a n y i)
*Pontocythere falcata* (R e u s s)
*Pontocythere longa* (R e u s s)
*Cytheridea arcuata* J i ř i č e k
*Cyamocytheridea derii* (Z a l a n y)
*Aurila cicatricosa* (R e u s s)
*Hemicythere? aff. vasconiensis* M o y e s
*Hemicythere sp. nov.*
*Seneshia kostelensis vadaszi* (Z a l a n y i)
*Graptocythere pulchra* (S t a n c h e v a)
*Pokorniella deformis* (R e u s s)
*Leguminocythereis? sp. juv.*
*Tenedocythere sulcatopunctata* (R e u s s)
*Tenedocythere transylvanica* (R e u s s)
*Grinioneis heidingeri* (R e u s s)
*Carinocythereis kochi* (Z a l a n y i)
*Pterygocythereis jonesi* (B a i r d)
*Leptocythere plana* S c h n e i d e r
*Callistocythere littoralis* (G. W. M ü l l e r)
*Callistocythere canaliculata* (R e u s s)
*Callistocythere sp. nov. 29*
*Mediocytherideis sp.*
*Olimfalunia plicatula* (R e u s s)
*Cnestocythere truncata* (R e u s s)
*Loxoconcha curiosa* S t a n c h e v a
*Loxoconcha sp. nov.*
*Loxoconcha quadricornis* R u g g i e r i
*Loxoconcha cristatissima* R u g g i e r i

*Cytheretta sp. juv.*
*Semicytherura ventroconvexa* n. sp.
*Semicytherura bonaducei* n. sp.
*Semicytherura slavonica* n. sp.
*Eucytherura sp. nov.*
*Eopaijenborchella laskarevi* Krstić & Pietrzeniuk
*Xestoleberis tumida* (Reuss).

Од наведених врста бројни су представници *Ghardaglaia, Miocyprideis, Cytheridea, Seneshia, Leptocythere, Olimfalunia, Eopaijenborchella,* као и *Loxoconcha curiosa.* Слични су односи већ приказани на асоцијацијама у непосредној близини (Крстић, 1970а, 1970б; Krstić & Pietrzeniuk, 1971).

Код куле Небојше испод Калемегдана (тачка 21 на карти, у- Крстић, 1963), сонде су бушене у циљу санације грађевине. Сонда 1 (бушена октобра 1961. г.) ушла је на дубини од 14,3 м у глине челично-плавичасте боје. Узете су две пробе. Прва потиче из интервала 14,3—15,5 м, и узета је због присуства макрофауне — *Amusium (Aequipecten) elegans* Andrusov (одредба М. Еремије). Друга је узета из интервала 15,5—18,0 м. Асоцијација фораминифера обе пробе припада зони са *Bolivina dilatata* (Петровић, 1970).




**Сл. 2 Линеарни дијаграми учешћа различитих фамилија/подфамилија остракода у популацијама из Београда — кула Небојша. Словне ознаке као на слици 1.**

**Fig. 2. Diagram of the family/subfamily distribution in Belgrade — »Nebojša tower«**

Заједница остракода веома је сиромашна а врло је слична у обе пробе. Зато наводимо јединствен списак, с тим што су врсте нађене само у једној од њих означене са 14, за пробу 14,3—15,5 м, односно са 18, за пробу 15,5—18,0 м.

*Cytherella compressa* (Reuss) Stancheva
*Neonesidea sp. juv.*
*Cyamocytheridea derii* (Zalanyi) — 18
*Aurila convexa* (Baird)
*Aurila cicatricosa* (Reuss)
*»Hemicythere« magnei* Keij

*Procythereis deformis* (Reuss)
*Caudites sp. juv.* — 14
*Tenedocythere transylvanica* (Reuss) — 14
*Bosquetina carinella* (Reuss) — 14
*Leguminocythereis? loczyi* (Zalanyi)
*Grinioneis heidingeri* (Reuss)
*Callistocythere littoralis* (G. W. Müller)
*Callistocythere canaliculata* (Reuss)
*Cnestocythere truncata* (Reuss)
*Loxoconcha hastata* (Reuss)
*Loxoconcha quadricornnis* Ruggieri
*Loxoconcha punctatella* (Reuss) — 14
*Loxoconcha* n. sp. *(gr. punctatella)* — 18
*Loxoconcha* n. sp. *(gr. quadricornis)*
*Semicytherura filicata* (Schneider) — 14
*Semicytherura aff. spratti* Sissingh — 18
*Semicytherura sp. nov. 21* — 14
*Semicytherura filicata* (Schneider) — 14
*Semicytherura slavonica* n. sp. — 14
*Hemicytherura sp. nov.* (као у Боровику)
*Eucytherura aff. mistretai* Sissingh
*Pseudocytherura cf. papilio* (Eagger) *juv.* — 14
*Paracytheridea cf. triquetra* (Reuss)
*Xestoleberis glabrescens* (Reuss) — 14
*Xestoleberis tumida* (Reuss) — 18
*Xestoleberis sp. nov. 33*

Како у обе пробе заједно има 50 капака (у проби 14 има 25, а у проби 18 има 27 капка) тешко је рећи која је врста најзаступљенија. Ипак је најчешћа *Eucytherura* (13,86% у проби са 14 м, односно 18,51% у проби са 18 м), а одмах за њом *Loxoconcha hastata* (са 13,86%, односно 11,11%). *Callistocythere canaliculata* је бројан у проби са 18 м (14,81%), мада доста његових ларви има и у проби са 14 м *Loxoconcha quadricornis* је бројнија у проби са 14 м (13,86%, односно 3,7% у проби са 18 м). Низ врста представљен је само ларвама (припадају родовима *Cytherella, Tenedocythere, Caudites, »Hemicythere«* те нису унете у дијаграм.

## Род *SEMICYTHERURA* Wagner, 1957.

До сада је описано око 60 врста рода *Semicytherura* из савремене морске фауне. У седиментима миоцена нађено је свега десетак врста, али су оне недовољно детаљно описане а графика им је незадовољавајућа. Ево два примера:

— *Cythere polymorpha* Hejjas, 1894, вероватно припада роду *Semicytherura.* Хејаш није означио холотип, опис му је врло кратак, а цртежи ситни и шематизовани.
— *Cytherura bacuana* Schneider, 1953, такође треба да је *Semicytherura.* Опис је нешто детаљнији него Хејашов, а цртеж мало мање шематизован.

При томе треба имати у виду да су у монографији G. W. Müller-a из 1894. године цртежи изванредно инструктивни а врсте јасно дефинисане.

Од 14 врста приказаних у даљем тексту, четири су одређене као нове а само једна је, са доста сигурности (и ако није упоређена са холотипом), изједначена са раније познатом средњемиоценском формом. Остале врсте су или приближно одређене или су описане у отвореној номенклатури. Од приближно одређених, једна форма — *S. cf. acuti-*

*costata* — скоро је идентична са рецентном. Међутим, и други овде приказани облици блиски су или бар слични неким савременим медитеранским врстама.

Савремени представници рода *Semicytherura* живе на глиновитој, ређе на песковитој подлози (Uffenorde, 1972, Yassini, 1979. и други). У Јадранском мору нађени су углавном на песку (Bonaduce, Ciampo & Masoli, 1975), али како нису одвојене биоценоза и танатоценоза, могуће је да су делом сортиране радом воде. Овде приказане врсте рода *Semicytherura* нађене су, како је напред речено, у алевритским и глиновитим седиментима, а само изузетно у калкаренитима (Вишњица), некадашњој песковитој подлози богатој калцијум карбонатом.

Унутрашњу грађу и браву описали су Wagner (1957) и Morkhoven (1963) те се на томе нећемо задржавати. Напомене вредна је карактеристика рода: велико језичасто проширење калцифицираног дела унутрашње ламеле, који је у целини срастао са спољашњом ламелом. Језичасто проширење се налази на задњој половини љуштуре и допире скоро до мишићних отисака.

Мужјаци се разликују од женки издуженијом љуштурицом и испупченим постеродорзалним пољем.

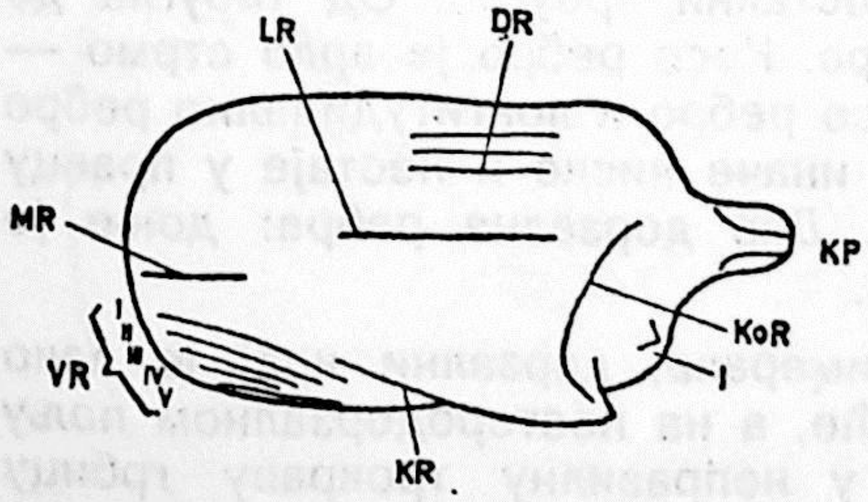
Облик и орнаментика капака су разнолики. На основу њих све до сада познате семицитеруре би се могле разврстати у групе. У оквиру овде обрађеног материјала, јасно се разликује једна велика група (можда са неколико подгрупа), док две форме припадају другим групама које сада нису дефинисане.

## Група *acuticostata* n. gr.

У групу *acuticostata* спадају врсте полигоналног облика, са крилом које се стрмо завршава. Површина им је ретикулирана и украшена јачим или слабијим, углавном хоризонталним ребрима, која теку између низова полигоналних поља. Дна поља су пунктирана.

Да би орнаментика могла детаљније да се опише, дата је шема основних типова украса, на првом месту ребара. Ова шема се може применити на све овде описане врсте групе *acuticostata*, а, према СЕМ фотографијама, и на њене рецентне представнике.

Распоред основних типова орнаментике дат је на слици 3 и то су:




**Сл. 3. Шематски приказ орнаментике код групе *acuticostata*.** MR — медијално ребро, KR — крилно ребро, VR — прво (I) до петог (V) вентрално ребро, LR — лонгитудинално ребро, KoR — косо ребро, I — израштај, DR — дорзална ребра, KP — каудална поља.

Fig. 3. Sheme of the ornamentation in *acuticostata* group: MR — medial carina, KR — alar carina, VR — first (I) to fifth (V) ventral carinas, LR — longitudinal carina, KoR — oblique carina, I — protrusion, DR — dorsal carinas, KP — caudal fields

Ребра MP — медијално ребро постављено је субцентрално уз предњи крај и има хоризонталан положај. Може да се продужава, без прекида, у КР — крилно ребро, које тече ивицом крила. На вентралном пољу развијено је још неколико уздужних — ВР — вентралних ребара, обично пет, а броје се почев од крилног ребра. Код неких врста медијално ребро се, са или без прекида, продужава у ЛР — лонгитудинално ребро, које се налази приближно на половини висине љуштуре. Од врха крила, нагоре и уназад, полази једно КоР — косо ребро које се завршава на постеродорзалном пољу. На дорзалном пољу има, понекад, неколико ДР — дорзалних ребара, паралелних са лонгитудиналним ребром али слабије развијених. Иза крила налази се један коничан израштај (И). Површина кауде подељена је нежним ребрима на каудална поља (КП). Дна полигоналних јамица, којима су врсте ове групе украшене, фино су пунктирана.

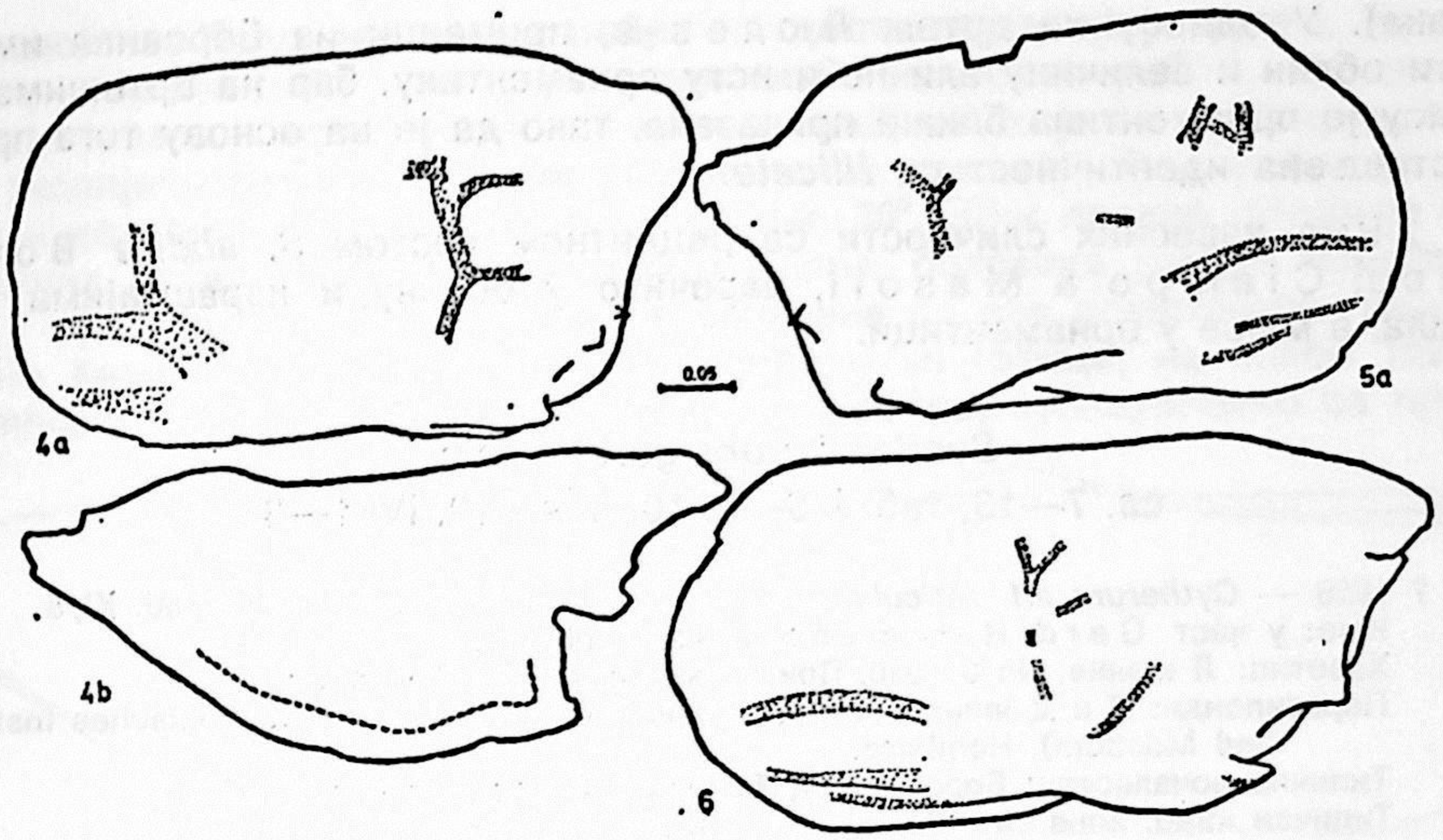
Остали елементи орнаментике. Неколико изразитијих папила кроз које се изливају латерални канали налазе се код свих овде описаних врста на приближно истом месту: две на антеродорзалном пољу и по једна на дорзалном и постеродорзалном. Остали латерални канали изливају се на преградама полигоналних јамица. Отисци мишића затварача се код највећег броја врста пројектују на површину капака. То су четири хоризонталне елипсе, од којих доња и горња могу бити краће. Од осталог дела љуштуре одударају јер су глатке.

*Semicytherura filicata* (Schneider)
сл. 4—6, таб. I/1—4

1939 — *Cytherura filicata n. sp.* — Шнејдер: ... стр. 185, таб. II/11, 12.
1949 — *Cytherura filicata* Schneider — Шнејдер: ... стр. 131, таб. IV/7
1956 — *Cytherura filicata* Schneider — Сузин: ... стр. 58.
1962 — *Paijenborchella (Neomonoceratina) sp.* 2 — Станчева: ... стр. 49, таб. V/7.
? 1966 — *Cytherura pennata* n. sp. — Люлев: ... стр. 107, таб. I/2а, б.
non 1970 — *Cytherura filicata* Schneider — Станчева: ... стр. 139, таб. I/11.
1978 — *Semicytherura alifera filicata* (Schn.) — Krstić: табела.

Општи облик правоугаон, Кауда око 1/10 дужине. Крило снажно а иза њега један до два израштаја .Медијално ребро бифуркује градећи за ову врсту карактеристичан интеркостални троугао. Од троугла до очне грбице пружа се вертикално ребро. Косо ребро је врло стрмо — око 80°. На постеродорзалном пољу косо ребро и лонгитудинално ребро задебљавају. Лонгитудинално ребро је иначе ниско и нестаје у правцу горњег крака интеркосталног троугла. Два дорзална ребра: доње је краће а горње се пружа до очне грбице.

Код неких, нешто крупнијих примерака, дорзални крај је лако удубљен, кауда дужа и ужа, крило веће, а на постеродорзалном пољу хоризонтално и косо ребро срастаіу у неправилну трокраку грбицу („чвор"). Ово је вероватно сезонска мутација исте врсте (зимска форма).

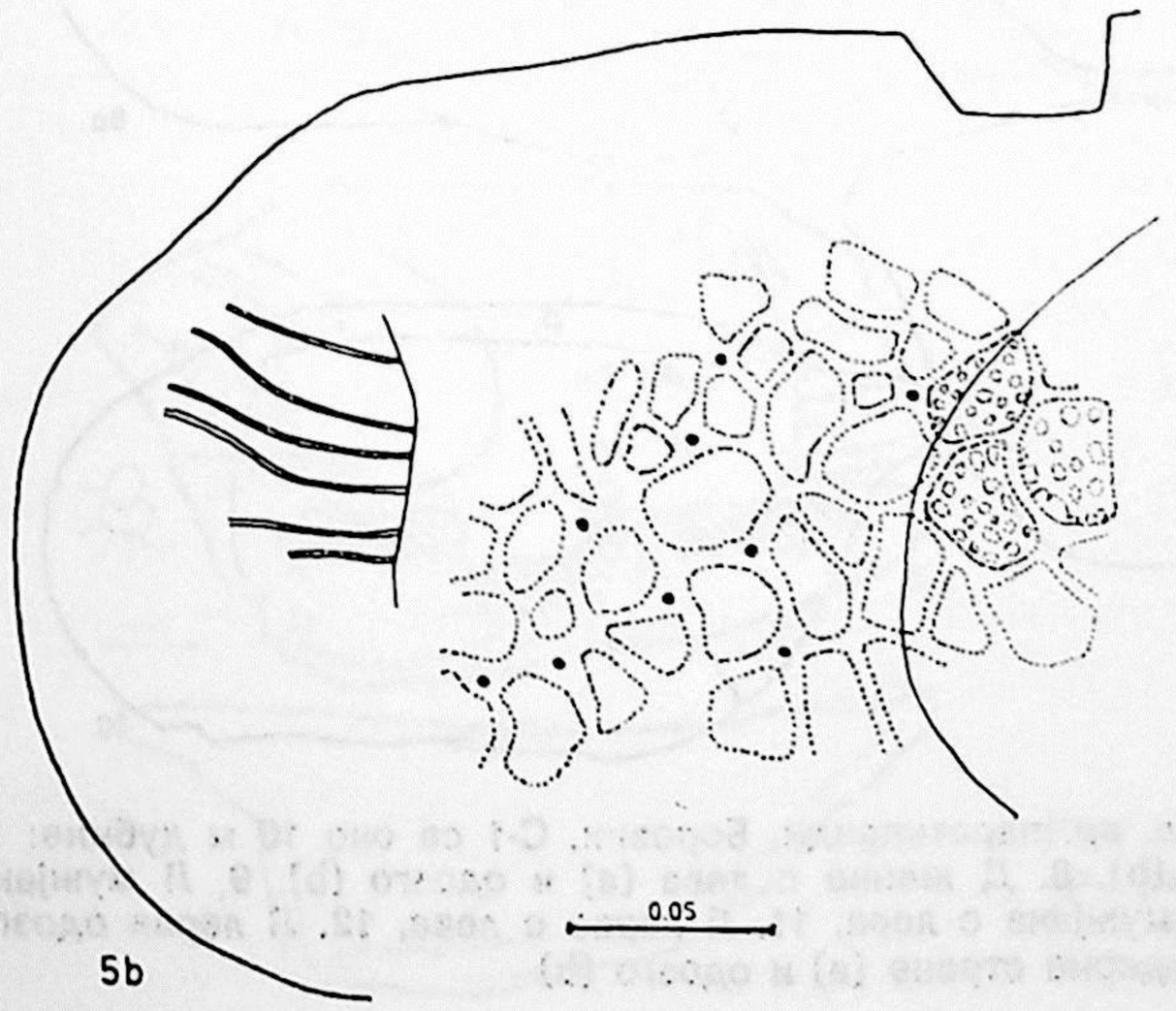



Сл. 4—6 *Semicytherura filicata* (Schneider), Боровик, С-1 са 10 м дубине: 4. Л женке с лева (a) и одозго (b). 5. Д женке споља (a) и детаљи орнаментике и грађе изнутра (b), 6. Л мужјака с леве стране, размерник у милиметрима

Димензије цртаних примерака: женке: Л: д — 0,46, в — 0,25, и — 0,19; Д: д — 0,49, в — 0,26; Л мужјака: д — 0,52, в — 0,25 мм.

Нађена је у Боровику код Ђакова као и код куле Небојше (*dilatata* зона) и у Вишњици код Београда, сонда В-70 на 20,5 м (спироплентаминска зона).

Ова форма није упоређена са холотипом, описаним 1939, нити са примерцима које је аутор врсте описала 1949, односно контролисала код Сузин-а (1956). При поређењу са примерцима Станчеве нису примећене никакве разлике (Станчева је нацртала и описала Л му-




Figs 4—6 *Semicytherura filicata* (Schneider): 4. L and 5; R female, 6. L male

жјака). У односу на цртеж Л ю л е в - а, примерци из Боровика имају исти облик и величину али не и исту орнаментику, бар на цртежима; у опису је орнаментика ближе приказана, тако да је на основу тога претпостављена идентичност са *filicata*.

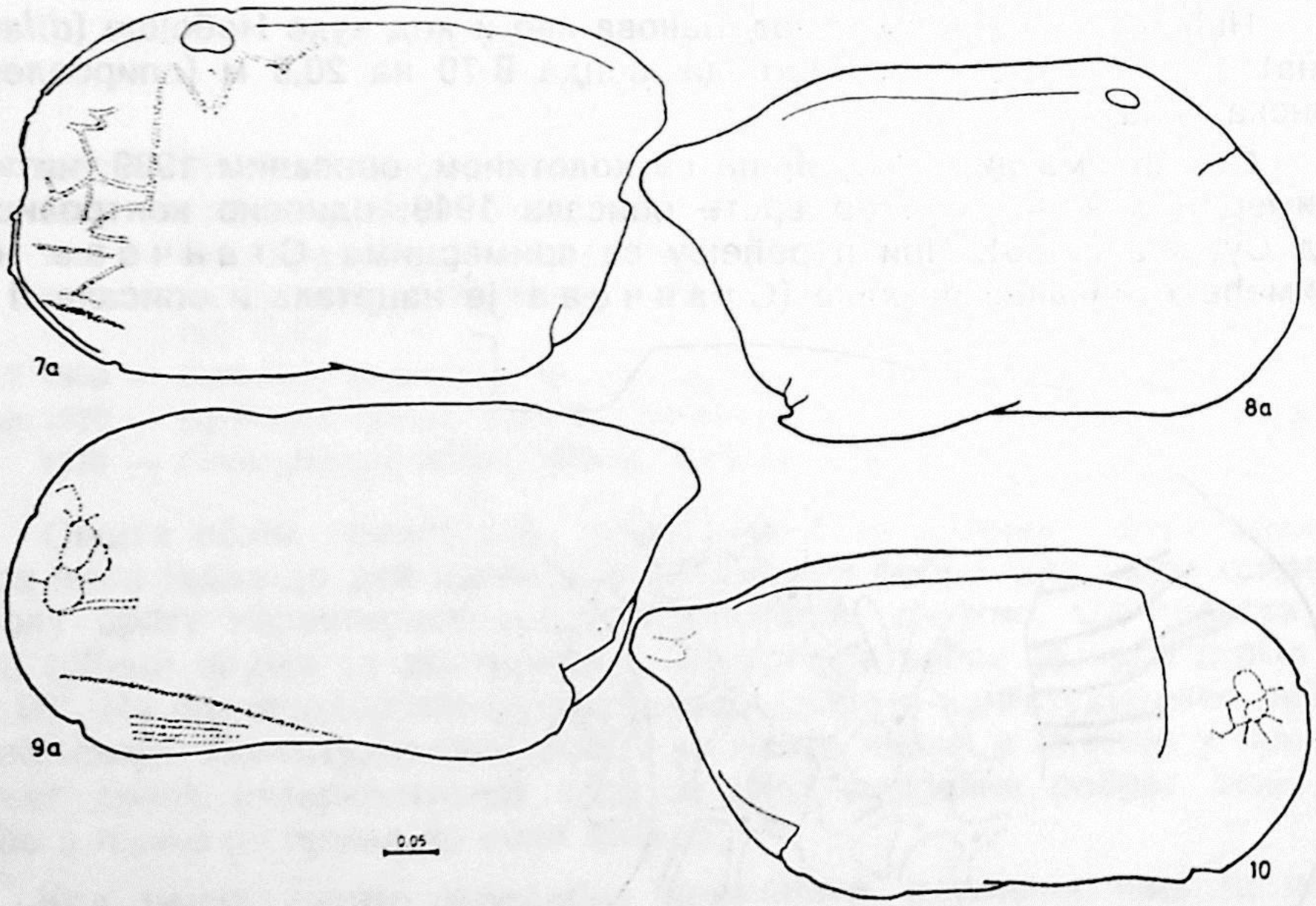
Има извесних сличности са рецентном врстом *S. abdita* B o n a d u c e, C i a m p o & M a s o l i, нарочито у облику и израштајима иза крила, а мање у орнаментици.

## *Semicytherura gerdi* n. s p.

сл. 7—13, таб. I/5—7, 10, II/9—10, IV/1—3

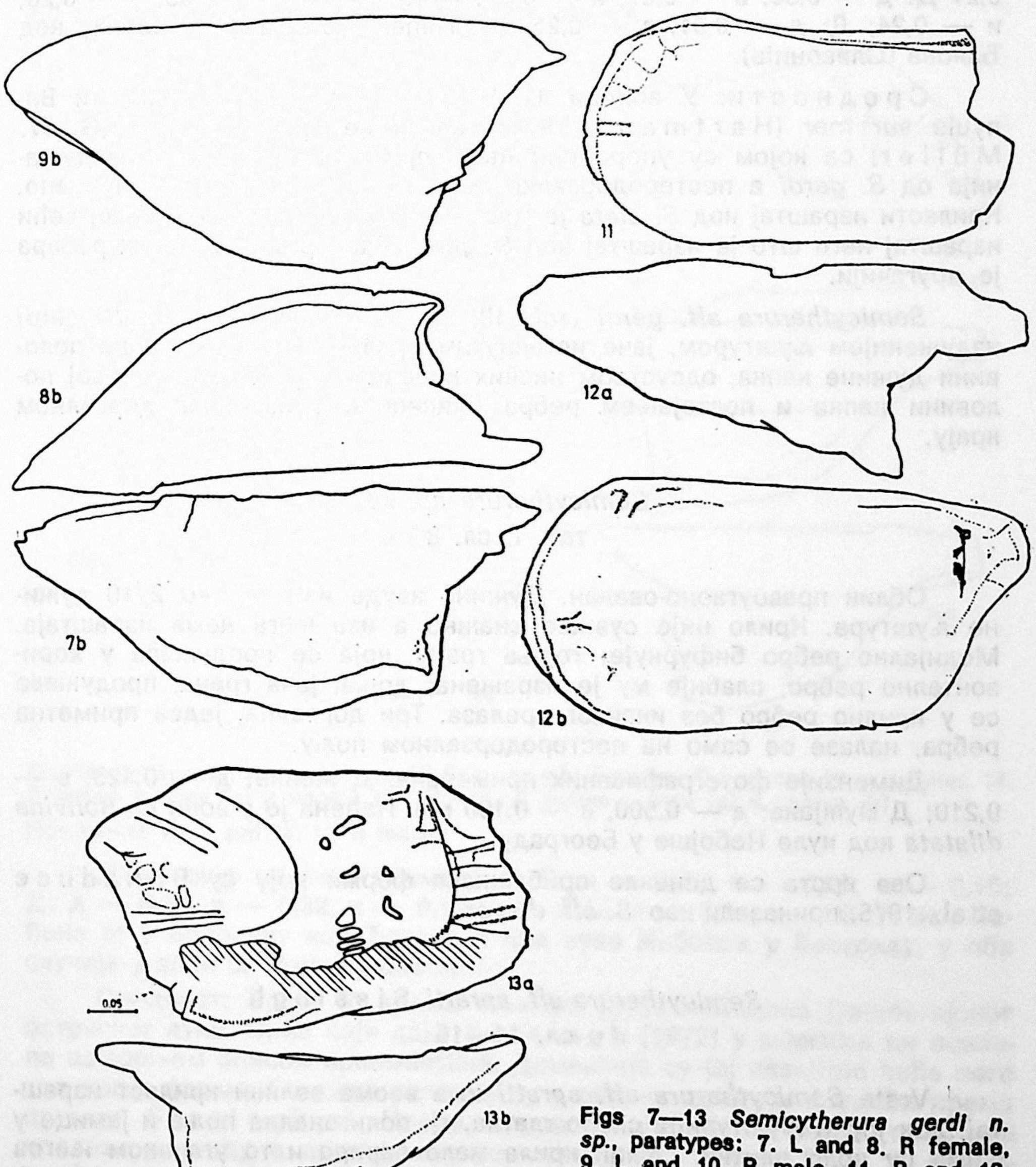
? 1956 — *Cytherura aff. reticulata* L k l s — С у з и н: ... стр. 57, таб. XI/5.
Име: у част G e r d H a r t m a n n - a из Hamburg-a.
Халотип: Л женке, No 0—530, Природњачки музеј у Београду.
Паратипоиди: Л и Д женке, Л и Д мужјака, бр. K-28962 ZIM (Zoologisches Institut und Museum), Hamburg.
Типична локалности: Боровик код Ђакова, повлата лајтовца.
Типичан ниво: зона са *Bolivina dilatata*.

О п и с: Крупна врста рода *Semicytherura* са снажним крилом. Љуштура гледана с леђа има облик неправилног слова „делта", а са стране има облик ромбоида. Дуж предњег краја каткад има неколико ситних зубића. На каудални наставак отпада око 1/10 дужине капака. Задња половина вентралног краја заклоњена је крилом. У продужетку крила налази се мали израштај, али не увек. Медијално и крилно ребро




Сл. 7—13 *Semicytherura gerdi n. sp.* паратипоиди, Боровик, С-1 са око 10 м дубине: 7. Л женке с лева (a) и одозго (b), 8. Д женке с лева (a) и одозго (b), 9. Л мужјака с лева (a) и одозго (b), 10. Д мужјака с лева, 11. Л ларве с лева, 12. Л ларве одозго (a) и с лева (b), 13. Д женке с десне стране (a) и одозго (b)

су спојени. Прво вентрално ребро не достиже до краја капка. На почетку крилног ребра одвајају се три слабо искошена ребра која дивергирају уназад и навише. На 3/4 крилног ребра одваја се и четврто, слабо развијено ребро, које има хоризонталан положај. Косо ребро је ниско и код женки стоји под углом од око 30°. Због правца пружања наведених ребара полигоналне јамице горње половине капака поређане су у косе низове. Очна грбица је означена са две полигоналне јамице јасно видљиве са доње стране. Испред очне грбице, на левом капку (женке и мужјака) налази се нисko косо ребро, субпаралелно са пред-




Figs 7—13 *Semicytherura gerdi n. sp.*, paratypes: 7. L and 8. R female, 9. L and 10. R male, 11. R and 12. R juvenile, 13. R female

њим крајем, које се спушта до половине висине капка; на десном капку ово ребро ближе је крају капка а продужава се и иза очне грбице све до постеродорзалног угла.

Појас страстања, маргинални канали и отисци мишића нису довољно јасни због калциіум карбонатне скраме. Ипак се може видети да је појас срастања на задњој половини капка веома пространи да допире скоро до половине дужине капака.

Димензије цртаних примерака: женке: Л: д — 0,48, в — 0,28, и — 0,21 Д: д — 0,50, в — 0,27, и — 0,17; мужјаци: Л: д — 0,53, в — 0,26, и — 0,24; Д: д — 0,51, в — 0,25 мм. Нађена је само у Боровику код Ђакова (Славониіа).

Сродности: У збирци G. Hartmann-a из локалности Banyuls sur mer (Hartmann, 1954) налази се врста *S. alata* (G. W. Müller) са којом су упоређени наши примерци. *S. alata* је издужениіа од *S. gerdi* а постеродорзално поље мужјака је мање испупчено. Криласти израштај код *S. alata* је грацилниіи и иза њега се налази већи израштај него што је израштај код *S. gerdi*. Распоред дорзалних ребара је другачији.

*Semicytherura aff. gerdi* (таб. III, сл. 6) разликује се од *S. gerdi* издуженијом љуштуром, јаче истакнутим крилом које почиње на половини дужине капка, одсуством ниских искошених ребара на горњој половини капка и постојањем ребра блиског и паралелног дорзалном крају.

### *Semicytherura sp. 21*
таб. I, сл. 8

Облик правоугаоно-овалан. Дужина кауде износи око 2/10 дужине љуштуре. Крило није сувише снажно а иза њега нема израштаја. Медијално ребро бифуркује: горња грана, која се продужава у хоризонтално ребро, слабије му је изражена; доња, јача грана, продужава се у крилно ребро без икаквог прелаза. Три дорзална, једва приметна ребра, налазе се само на постеродорзалном пољу.

Димензије фотографисаних примерака: Д женке: д — 0,425, в — 0,210; Д мужјака: д — 0,500, в — 0,190 мм. Нађена је у зони са *Bolivina dilatata* код куле Небојше у Београду.

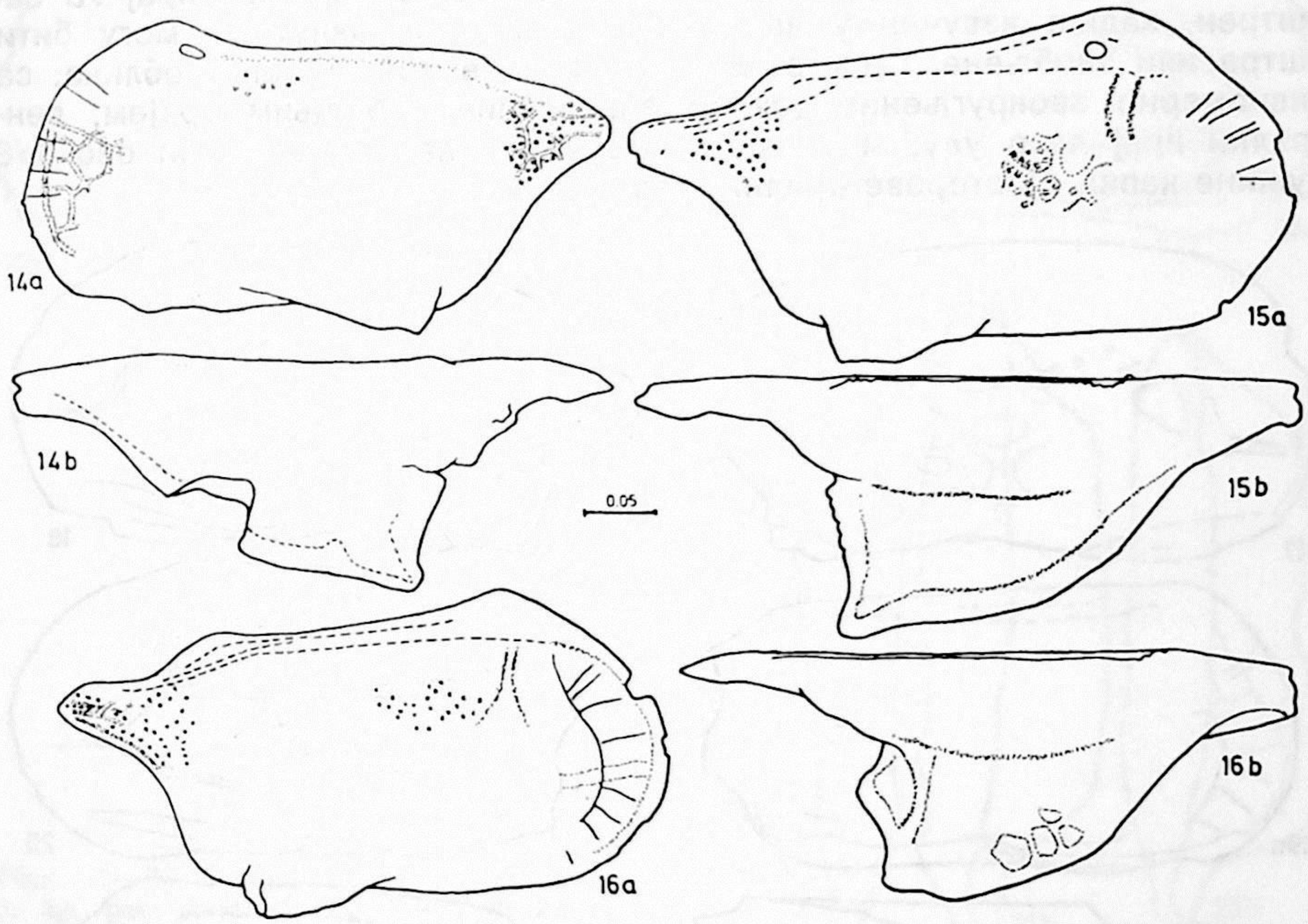
Ова врста се донекле приближава форми коју су Bonaduce et al., 1975, приказали као *S. aff. dispar.*

### *Semicytherura aff. spratti* Sissingh
сл. 14—16

Vrsta *Semicytherura aff. spratti* има веома велики криласт израштај, док јој је љуштурица скоро глатка, тј. полигонална поља и јамице у њима су врло плитки. Облик крила мало варира и то углавном његов задњи крај, што се види при погледу одозго: може бити раван, назуб-

љен или испупчен. У продужетку крила налази се некад једно, некад два испупчења (израштаја), али има индивидуа и без њих. Косо ребро на постеродорзалном пољу може градити чворић. Медијално ребро бифуркује и, с једне стране, прелази у крилно ребро, а с друге, у вертикално ребро, испод очне грбице. Осим поменутих ребара постоји још једно кружно ребро, нарочито добро изражено дуж предњег краја капака. На кауду отпада око 1/16 дужине капка.

Појас срастања је на предњем делу капка сразмерно узан. Линија срастања на задњем делу није могла бити уочена. Брава је меродонтно-лофодонтна са глатким медијалним делом.




Сл. 14—16 *Semicytherura aff. spratti* Sissingh; Боровик С-1 са око 10 м дубине: 14. Л женке с лева (a) и одозго (b), 15—16. Д женке с лева (a) и одозго (b)

Figs 14—16 14. L and 15, 16. R female

Димензије цртаних примерака: Л: д — 0,41, в — 0,20, и — 0,16; Д: д — 0,45, в — 0,22, и — 0,18; д — 0,42, в — 0,21, и — 0.17, мм. Нађена је у Боровику код Ђакова и код куле Небоіше у Београду, у оба случаја у зони са *Bolivina dilatata*.

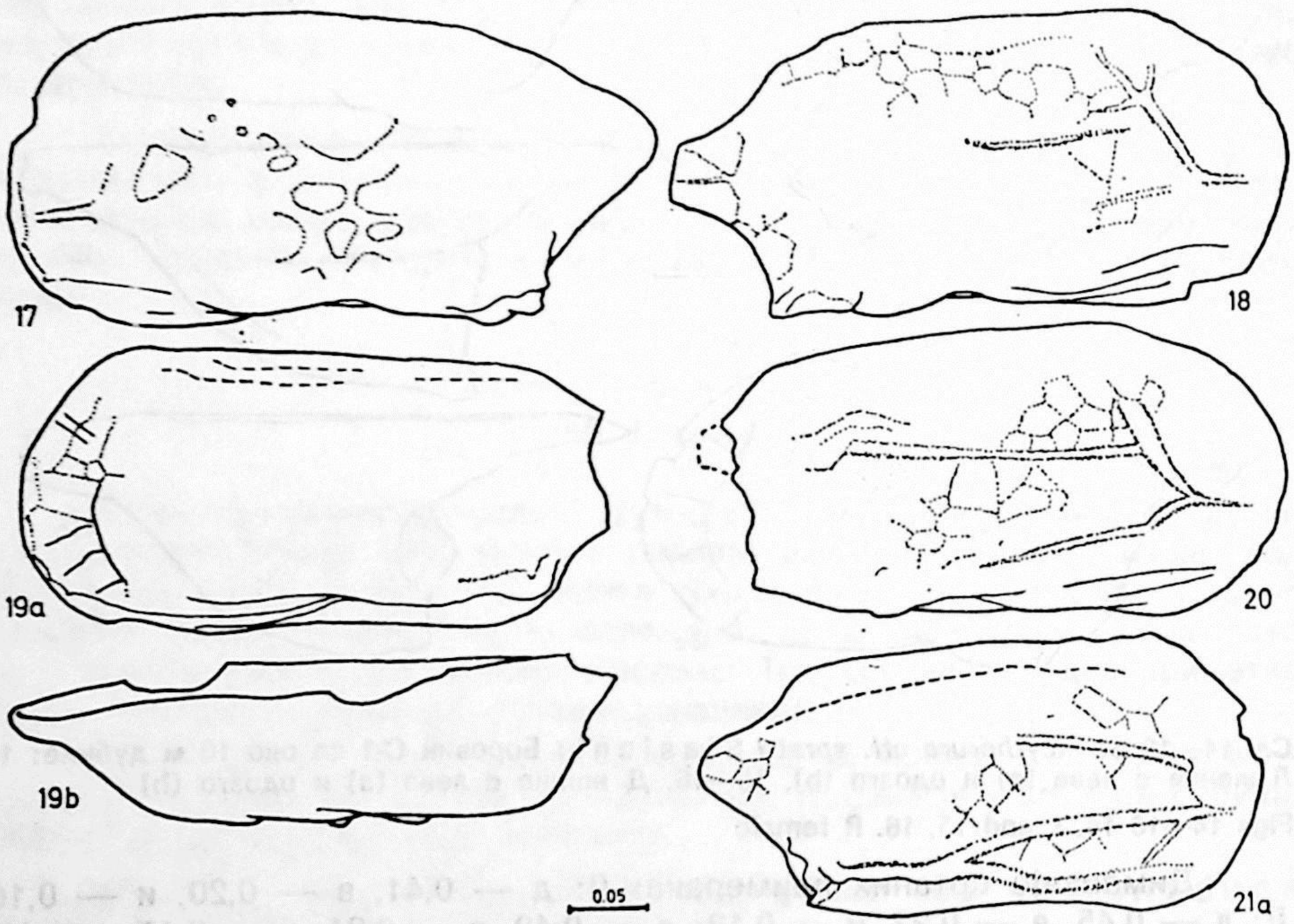
Сродност: Врста *S. spratti* описана је из плиоцена јужноегејског острвског лука. Опис који даје Sissingh (1972) у многоме се поклапа са горњим описом орнаментике. Димензије су јој незнатно веће него код наше форме. Основне разлике су у облику љуштуре (судећи према цртежу Sissingh-a). Наиме, дорзални крај без икаквог повијања прелази у кауду а висина код постеродорзалног угла (који је невидљив) је мања него код наших примерака.

*Semicytherura slavonica* n. s p.
сл. 17—23, таб. II/1—2, IV/4—6

Име: према области у којој је нађена.
Холотип: Д женке, бр. О-532, Природњачки музеј у Београду.
Паратипоиди 4 Л и 5 Д женки, 2 Л и 1 Д мужјака, бр. О-533.
Типична локалност: Боровик код Ђакова.
Типичан ниво: зона са *Bolivina dilatata*.

Дијагноза: Љуштурица издужена, крило мало, медијално ребро изразито.

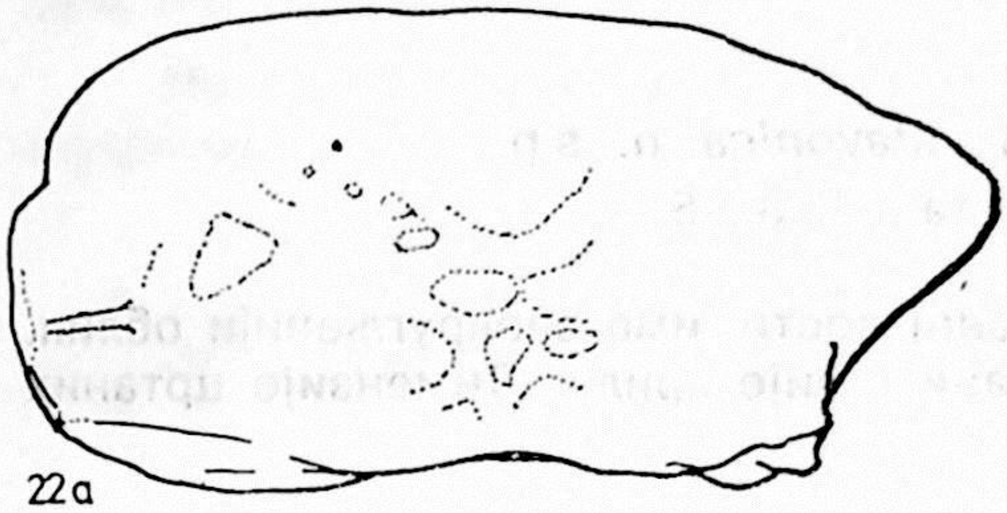
Опис: Одозго гледано бокови су паралелни, предњи крај Љ заоштрен, задњи извучен у кауду; крила нису истакнута и могу бити оштра или заобљена. Са стране гледано Л је правоугаоног облика, са равномерно заокругљеним (скоро еквилучним) предњим крајем, вентрални крај лако удубљен, задњи извучен у кауду која чини око 1/6 дужине капка. Постеровентрални угао изразит.

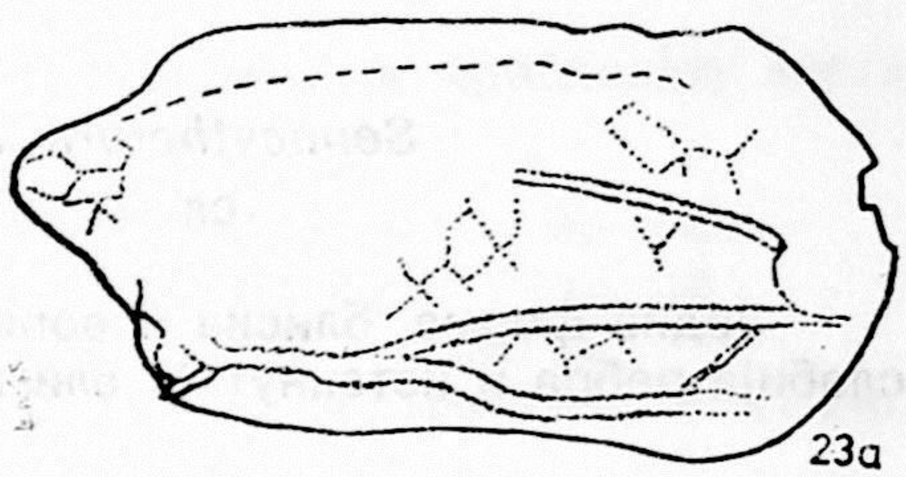


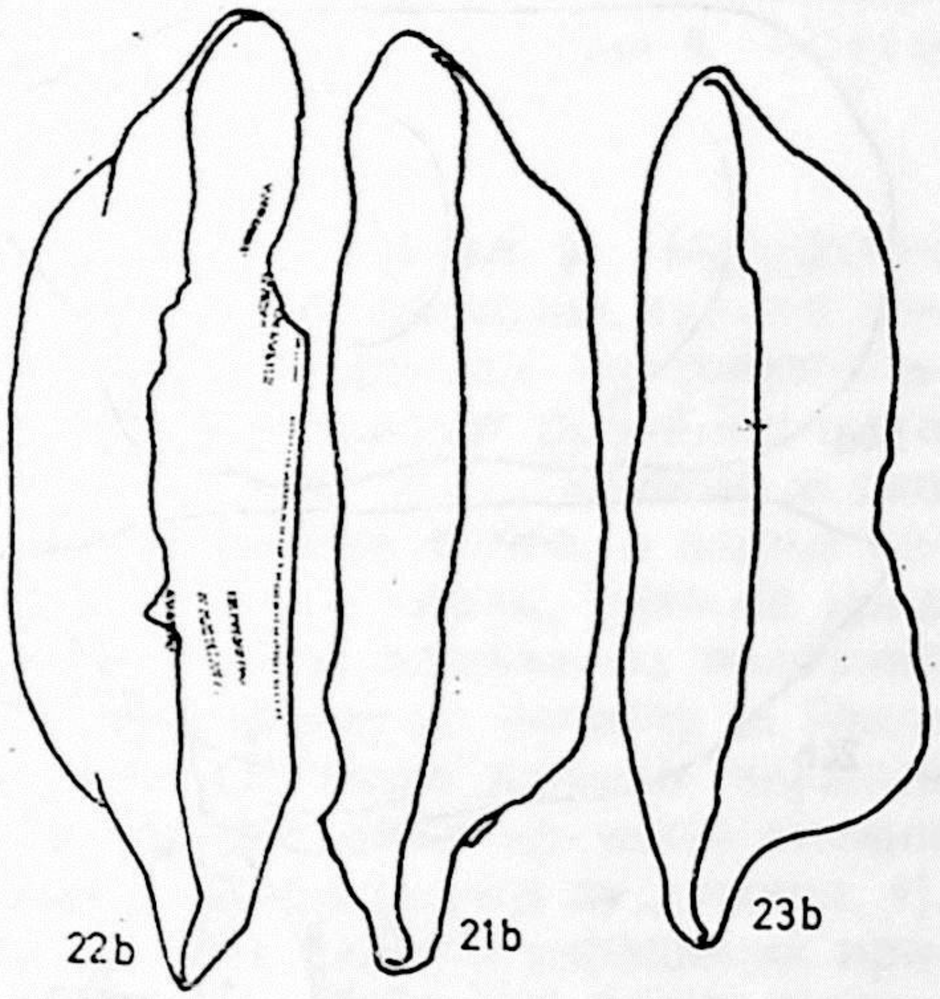

Сл. 17—23 *Semicytherura slavonica n. sp.*, паратипоиди, Боровик С-1 са око 10 м дубине: 17, 22. Л женке с лева (a) и одозго (b), 18, 21. Д женке с десна (a) и одозго (b), 19. Л мужјака с лева (a) и одозго (b), 20, 23. Д мужјака с десна (a) и одозго (b).

Медијално ребро се пружа до мишићног поља. Од медијалног ребра, на половини његове дужине, одваја се искошено ребро, у правцу очне грбице, које спаја медијално и хоризонтално ребро. Хоризонтално ребро се завршава трокраким чвором на постеродоразлном пољу. Крил-

но ребро је заталасано — удубљења се јављају на местима где вентрална ребра утичу (уливају се) једно у друго градећи на тај начин крилно ребро — има три таква удубљења, а врх крила се налази код трећег, уколико се крило завршава бодљом. Од шест вентралних ребара горња два не достижу предњи крај, два средња се спајају код врха крила, а два доња спајају се у бодљу код постеровентралног угла. Постеровентрални израштај није развијен код свих индивидуа. На дорзал-


22a


23a




Figs 17—23 *Semicytherura slavonica n. sp.*, paratypes: 17, 22. L and 18, 21 R female, 19. L and 20, 23. R male

ном пољу, са изузетком његовог предњег дела, налазе се четири низа полигоналних јамица одвојених слабо израженим ребрима. На антеродорзалном пољу, почев од региона очне грбице која је на Л неприметна, једно косо ребро спушта се до предњег краја.

Осим папила, наведених у опису групе, код ове врсте су изразите још и следеће папиле: једна директно иза мишићног поља и друга на задњем пољу, код његове границе са централним пољем а на половини висине капака. Појас срастања на предњем крају је сразмерно узан. Д се разликује од Л само изразитијим постеродорзалним углом. Мужјаци су нешто нижи и дужи од женки.

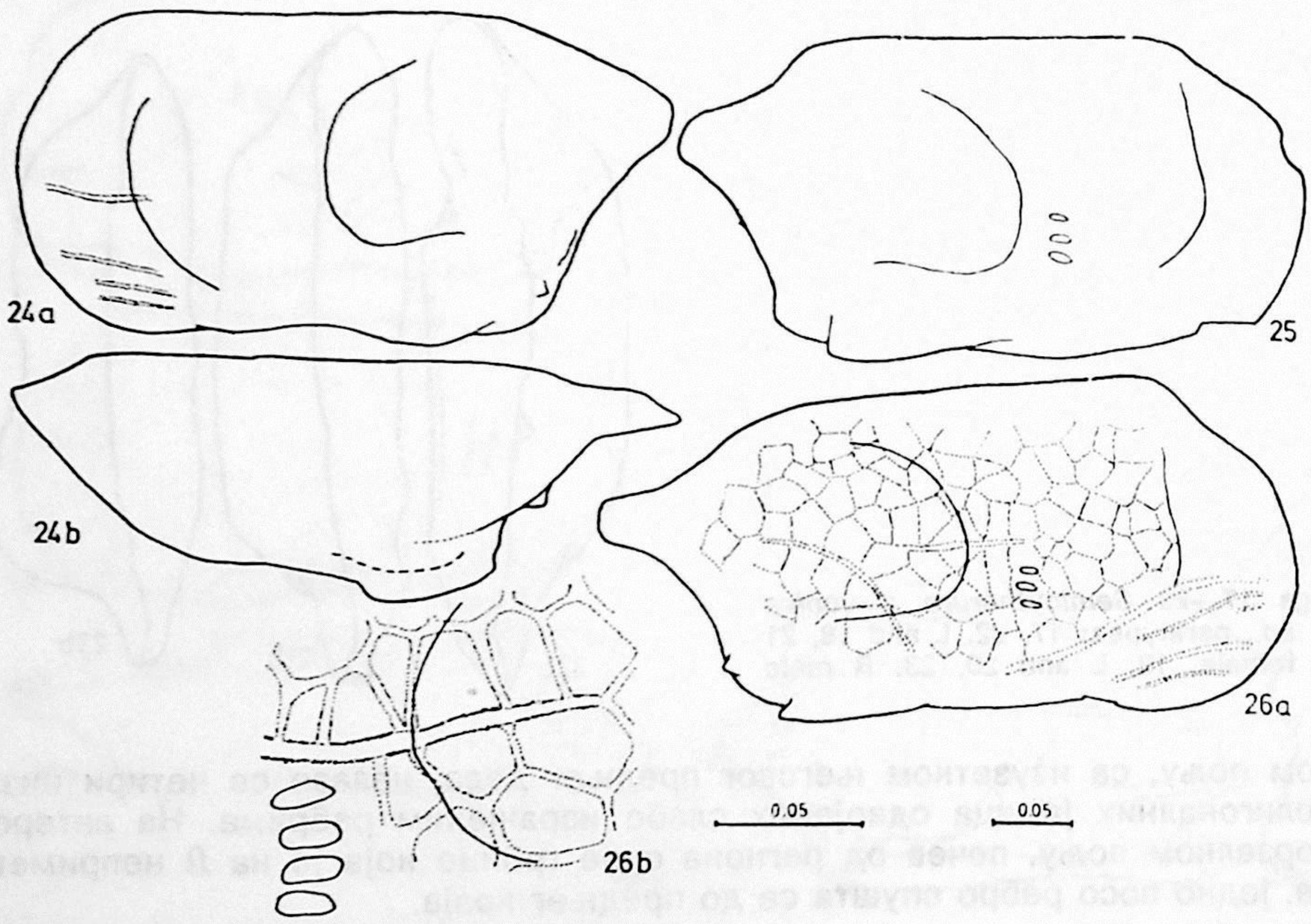
Димензије цртаних примерака: женке: Л: д — 0,42, в — 0,21; Д: д — 0,41, в — 0,20, и — 0,08; д — 0,37, в — 0,9; мужјаци: Л: д — 0,42, в — 0,19, и — 0,11; Д: д — 0,39, в — 0,20 мм. Нађена је у зони са

*Bolivina dilatata* у Боровику код Ђакова и код куле Небојше у Београду, и у зони са *Ammonia gr. beccarii* у тунелу Кнежевац код Београда.

Сродности: Блиска јој је врста *S. psila* Barbeito-Gonzales, али је код наше форме висина капака већа и ребра слабије изражена него код рецентне грчке врсте. Такође јој је блиска и врста *S. depressa* G. W. Müller и то њена подврста *S. depressa meridionalis* Aruta, из калабријена Италије, која има доста заједничког са *S. slavonica*.

*Semicytherura aff . slavonica* n. sp.
сл. 24—26, таб. II/3—5

Једна форма, блиска новописаној врсти, има заокругљенији облик, слабија ребра и истакнутије али грацијалније крило. Димензије цртаних




Сл. 24—26 *Semicytherura aff. slavonica n. sp.*, Боровик С-1 са око 10 м дубине: 24. Л женке с лева (a) и одозго (b), 25. Д женке, 26. Д мужјака с десна (a) и детаљ мишићног поља изнутра (b).

Figs 24—26 24. L and 25. R female, 26. R male (a) and its muscle scar field (b)

примерака: женке: Л: д — 0,40, в — 0,21,; и — 0,15; Д: д — 0,40, в — 0,21; Д мужјака: д — 0,43, в — 0,22 мм. Нађена је у Боровику код Ђакова.

*Semicytherura cf. spinulosa* (Schneider)
таб. II/7, IV/8, III/7—8

Као прво мора се нагласити да за врсту *spinulosa* нема података о литературном извору у коме је објављена. Врста *S. cf. spinulosa* одређена је компарацијом материјала из Боровика са збиркама које се налазе у ВНИГРИ у Лењинграду (за време трајања Симпозијума о граници силур-девон, 1968. г.). У тадашњој забелешци не фигурира ознака »cf«.

На основу литературних података сачињена је приближна листа синонима:

? 1939 — *Cytherura aff. acuticostata* Sars — Шнейдер: ... стр. 185.
? 1949 — *Cytherura aff. acuticostata* Sars — Шнейдер: ... стр. 132.
? 1956 — *Cytherura aff. acuticostata* Sars — Сузин: ... стр. 58.
? 1971 — *Semicytherura aff. acuticostata* (Sars) — Barbeito—Gonzales стр. 290, таб. 21/1c, 2c.
? 1972 — *Semicytherura acuticostata* (Sars) — Sissingh: ... стр. 144, таб. XII/2.
? 1972 — *Semicytherura acuticostata ventricosa* G. W. Müller Form B — Uffenorde: ... стр. 89, таб. XI/10, XII/7.

Орнаментика примерака из Боровика код Ђакова је: Медијално ребро се пружа до отисака мишића затварача. На половини дужине медијалног ребра, а испод њега, почиње крилно ребро које се степенича сто спушта до врха крила. На половини дужине крилног ребра, од њега се одваја косо ребро које се завршава на задњем пољу. Понекад је ово косо ребро спојено са предњом половином крилног ребра, а задња половина крилног ребра може бити спојена било са првим, било са прва два вентрална ребра. Хоризонтално ребро такође почиње на половини дужине медијалног ребра, са његове горње стране; на почетку је благо искошено навише и уназад а затим, после 1/5 своје дужине, заузима хоризонталан положај; завршава се на задњем пољу на истој висини као и косо ребро. Дорзалних ребара има 2—3, различите су дужине, тј. сва се не пружају целом дужином капака. Код слабије украшених примерака очна грбица се не може запазити. Сва ребра су веома ниска.

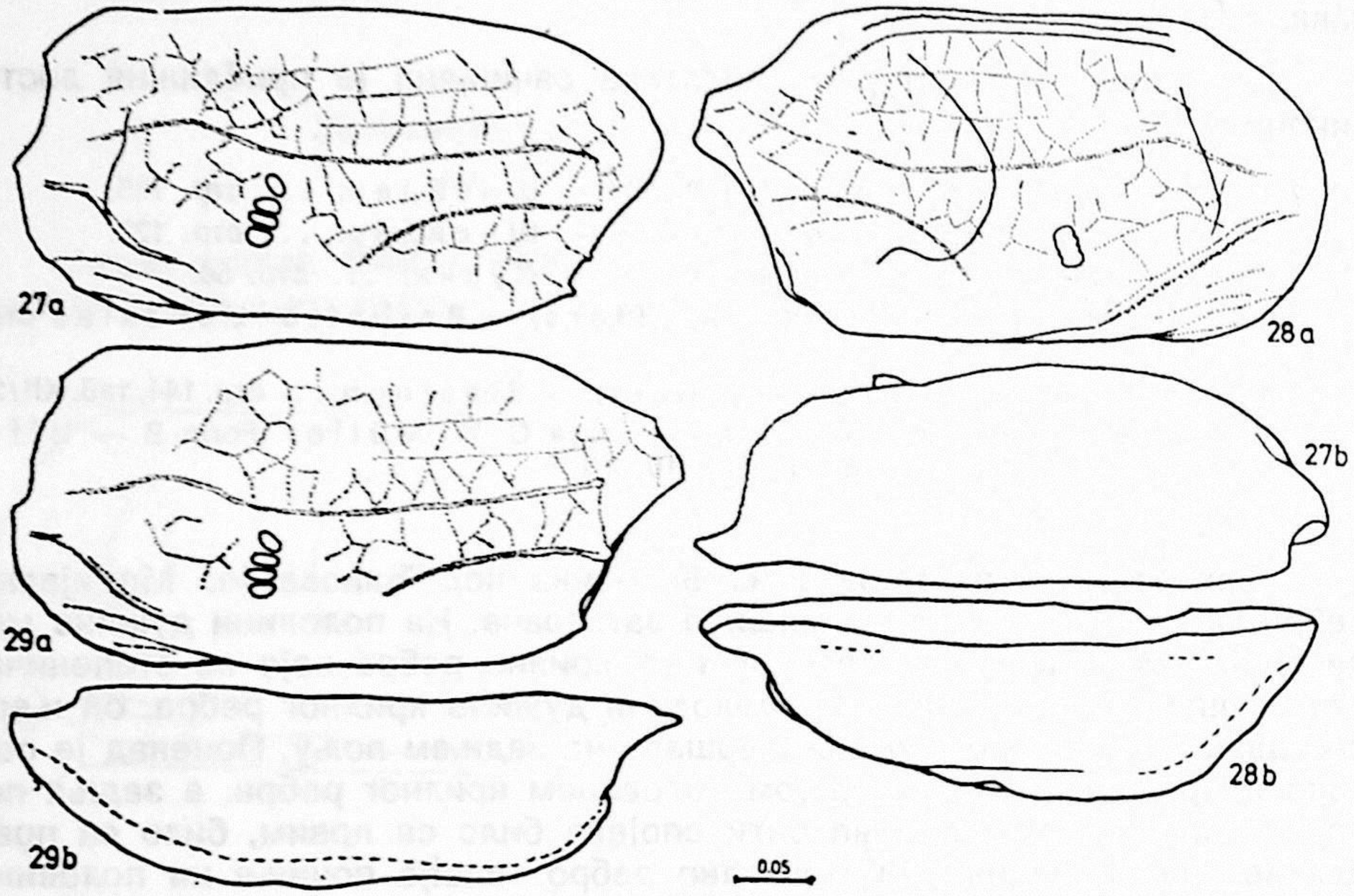
Врста *S. cf. spinulosa* може се упоредити са рецентим примерцима *forme B* врсте *S. acuticostata ventricosa* у смислу Uffenorde-a (1972) код које су ребра знатно изразитија али имају исти распоред, а љуштурица исти облик. Примерци које као *S. acuticostata* приказују Bonaduce, Ciampo & Masoli (1975) имају другачији облик капака и другачији распоред ребара. Како је последња група аутора располагала топоматеријалом и оригиналима G. W. Müller-a (1894) а имала је и услове за дисекцију и зоолошку анализу меког тела, то је њихова одредба најверодостојнија.

Димензије фотографисаних примерака (СЕМ): женка: Л: д — 0,39, в — 0,18; јув.: Л: д — 0,36, в — 0,18.

Нађена је у Боровику код Ђакова (Славонија) као и код куле Небојше, на 14,3—15,5 м дубине, у Београду.

*Semicytherura aff bacuana* (Schneider)
сл. 27—29, таб. II/6

Као *S. aff. bacuana* означени су примерци који имају распоред ребара врло сличан као распоред код *S. acuticostata ventricosa forma A sensu* Uffenorde (1972), али су им ребра сасвим слабо изражена. Облик и димензије љуштурице су као код *S. bacuana*. Орнаментика вр-




Сл. 27—29 *Semicytherura aff. bacuana* (Schneider), Боровик С-1 са око 10 м дубине: 27. Л женке с лева (a) и одозго (b), 28. Д женке с десна (a) и одозго (b), 29. Л мужјака с лева (a) и одозго (b).

Figs 27—29 27. L and 28. R female, 29. L male

те *S. bacuana* (Schneider, 1953) није довољно детаљно нацртана нити исцрпно описана, те је због тога одредба несигурна. Димензије цртаних примерака: женке: Л: д — 0,40, в — 0,19, и — 0,14; Д: д — 0,39, в — 0,20, и — 0,11; Л мужјака: д — 0,41, в — 0,21, и — 0,12 мм. Нађени су у Боровику код Ђакова.

*Semicytherura cf. acuticostata* (Sars)
таб. II/8

Један оштећен Д мужјака из Боровика има висока и оштра уздужна ребра. Крилно и медијално-хоризонтално ребро почињу на самом предњем крају. Има три дорзална ребра од којих је најмање истакнуто оно уз бравни крај. Дужина око 0,55 а висина 0,27 мм.

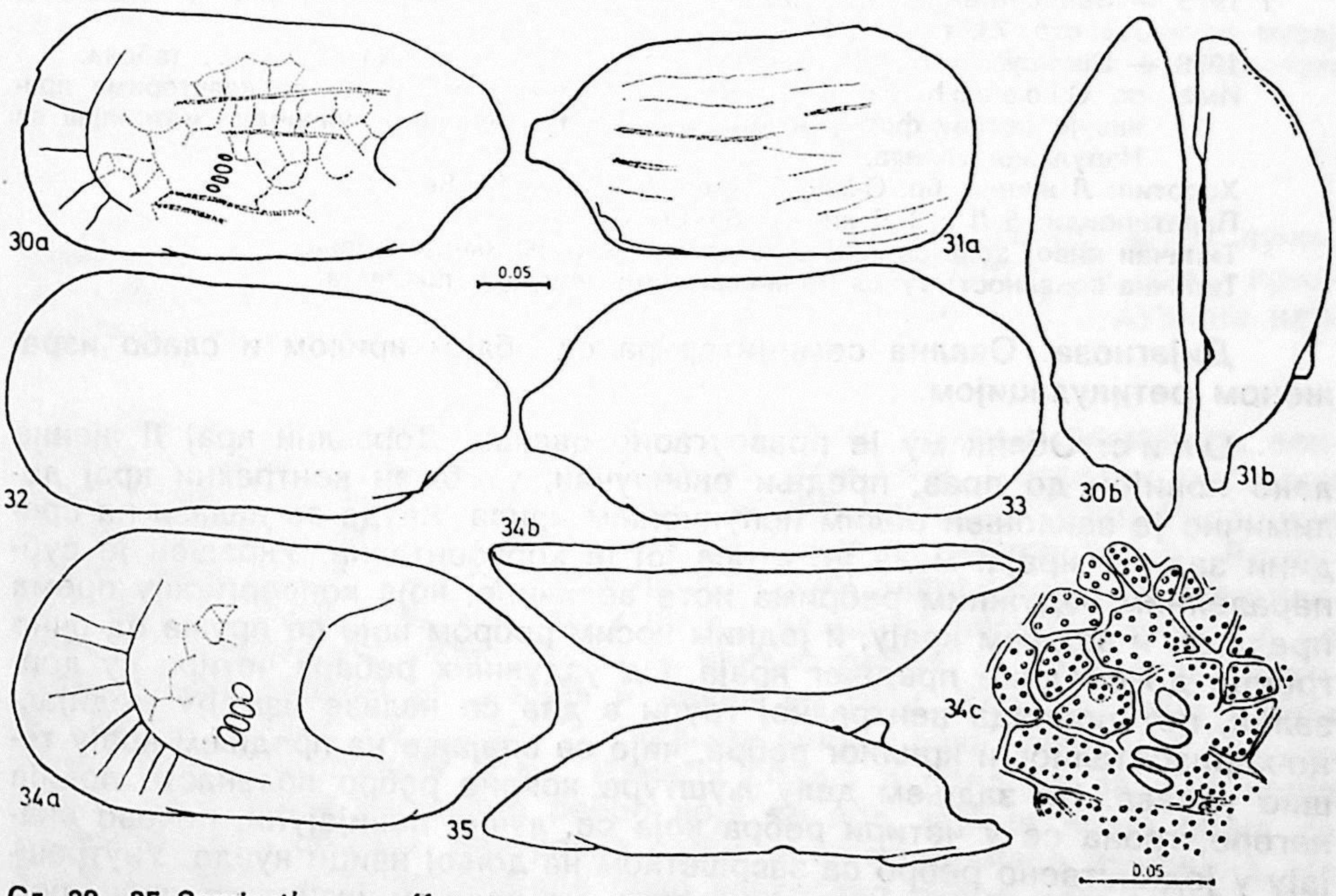
Према орнаментици и димензијама веома је близак примерцима које сам добила од Bonaduce-a (1970) као *S. acuticostata.* Међутим, разликује се од примерака које Bonaduce, Ciampo & Masoli (1975) фотографишу као *S. acuticostata.*

•

Група сличних врста: *S. cf. spinulosa, S. aff. slavonica, S. aff. bacuana* и *S. cf. acuticostata* — захтевала би детаљну статистичку обраду на великој популацији. Тек тако би се са сигурношћу могло утврдити шта су мутације у оквиру једне врсте (у истој популацији) а шта су интраспецифичне разлике.

*Semicytherura cf. rarecostata* Bonaduce, Ciampo & Masoli
сл. 30—35

Ово је једна од најситнијих семицитерура нађених у средњемиоценским седиментима код нас. Медијално, хоризонтално и крилно ре-




Сл. 30—35 *Semicytherura aff. rarecostata* Bonaduce, Ciampo & Masoli, Боровик С-1 са око 10 м дубине: 30. Л женке с лева (a) и одозго (b), 31. Д женке с десна (a) и одозго (b), 32. Л мужјака с лева, 33. Д мужјана с десна, 34. Л женке, крупније мутације или сродне форме, с лева (a), одозго (b) и детаљи мишићног поља (c), 35. Д женке одозго

Figs 30—35 30. L and 31. R female, 32. L and 33. R male, 34. L female of a larger variety (a, b) and its central field (c), 35. R female in dorsal view

бро слабо су јој изражени и скоро се изједначавају са дорзалном групом ребара. Крило јој је слабо истакнуто и заоштрено. На десном капку више штрчи него на левом јер је Д мање испупчен.

Димензије цртаних примерака: женке: Л: д — 0,35, в — 0,18, и — 0,10; Д: д — 0,31, в — 0,16, и — 0,08; мужјаци: Л: д — 0,36, в — 0,17, Д: д — 0,36, в — 0,18 мм. Крупнија мутација (или сродна врста) са сл. 34 има размере: д — 0,39, в — 0,20, и — 0,09 мм. Нађене су у Боровику код Ђакова.

Од блиских форми Bonaduce, Ciampo & Masoli (1975) дају *S. reticulata* (G. W. Müller) која је нижа и са мањом каудом, али јој је орнаментика подједнако изражена. Друга врста коју приказују је *S. rara* (G. W. Müller) чија ретикулација је груба, уздужна ребра се скоро не виде, а кауда је повијена наниже. Рецентни примерци *S. rarecostata* имају удубљенији вентрални крај, четвртаст дорзални обрис и кауду која лако повија наниже.

## *Semicytherura bonaducei* n. sp.

таб. I/9

? 1975 — *Semicytherura aff. inversa* — Bonaduce, Ciampo & Masoli: ... стр. 73, таб. 42/11—13.
1978 — *Semicytherura aff. magna* (Schneider) — Krstić: ... табела.

Име: по Gioacchino Bonaduce-у који у заједници са коауторима приказује овакву форму и који ми је уступио обиман упоредни материјал из Напуљског залива.

Холотип: Л женке, бр. О-536, Природњачки музеј у Београду.
Паратипоиди: 5 Л и 3 Д женке, бр. О-537.
Типичан ниво: зона са *Ammonia gr. beccarii* средњег миоцена.
Типична локалност: тунел Кнежевац, код Београда, проба 3а.

Дијагноза: Овална семицитерура са облим крилом и слабо израженом ретикулацијом.

Опис: Облик му је правоугаоно овалан. Дорзални крај Л женке лако повијен до прав, предњи еквилучан, удубљен вентрални крај делимично је заклоњен облим испупчењем крила. Кауда се налази на средини задњег краја, мала је, а оса јој је хоризонтална. Украшен је субпаралелним уздужним ребрима исте величине, која конвергирају према предњем и задњем крају, и једним косим ребром које се пружа од очне грбице до средине предњег краја. Од уздужних ребара четири су дорзална, пет припада вентралној групи а два се налазе између медијално-хоризонталног и крилног ребра, чије се спајање на предњем крају тешко уочава. На задњем делу љуштуре крилно ребро коленасто повија нагоре, грана се у четири ребра која се, лучно повијајући, поново спајају у јединствено ребро са завршетком на доњој ивици кауде. Унутрашњи обод је на предњем крају широк, на задњем језичасто проширен (типично за род). Маргинални канали ретки. Мужјаци нису уочени међу сразмерно малобројним индивидуама.

Димензије фотографисаног Л женке: д — 0,45, в — 0,25 мм.

Налазиште: Кнежевац код Београда, проба 3а и Вишњица код Београда, сонда В — 90 на 15,0 м (*dilatata* зона)

Примедбе: У односу на примерке које приказују B o n a d u c e, C i a m p o & M a s o l i (1975) наши примерци имају праву хоризонталну осу. Код Јадранских, хоризонтална оса је благо лучна и испупчена на горе, а с тим у вези је и удубљенији вентрални крај. Јадранске имају изразитија ребра и, уопште, ретикулацију. Ипак то могу бити припадници исте врсте, па чак и исте подврсте. Слична је и *S. sella* (S a r s).

*

Две последње врсте, а ако се рачунају и рецентни представници из Јадрана, поменути у опису *S. cf. rarecostata,* још три, доста одступају од групе *acuticostata.* Ипак се и на њих може применити иста подела ребара на групе. Са типичним представницима групе *acuticostata* везани су прелазима — најближа им је рецентна *S. rarecostata.*

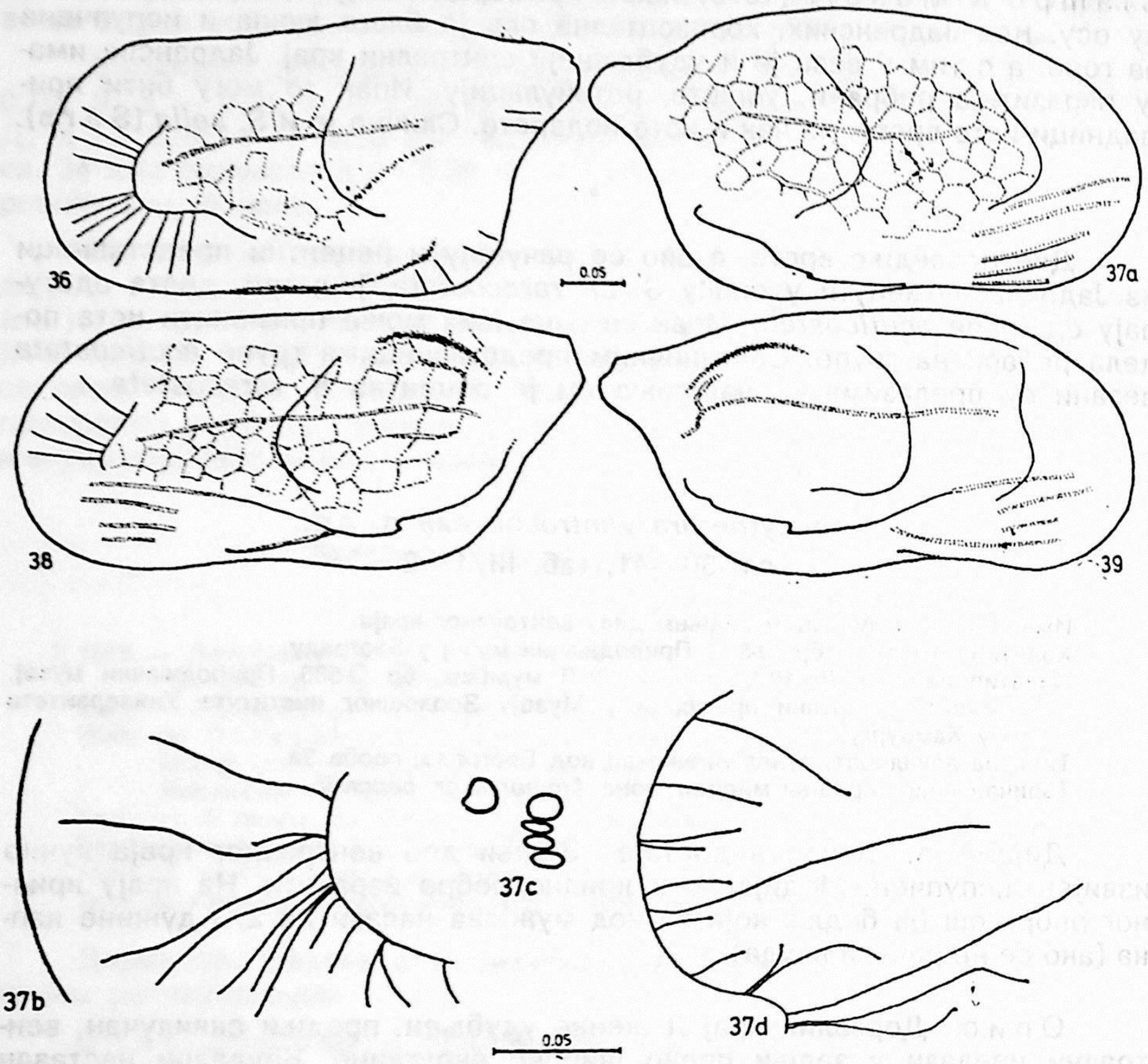
*Semicytherura ventroconvexa* n. s p.

сл. 36—41, таб. III/1—2

Име: према испупченом задњем делу вентралног краја.
Холотип: Л женке, бр. О-534, Природњачки музеј у Београду.
Паратипоиди: 14 Л, 10 Д женки, 3 Л мужјака, бр О-535, Природњачки музеј, Београд; цртани примерци у Музеју Зоолошког института Универзитета у Хамбургу.
Типична локалност: тунел Кнежевац код Београда, проба 3а.
Типичан ниво: средњи миоцен, зона *Ammonia gr. beccarii.*

Дијагноза: Крило недостаје. Задњи део вентралног краја лучно извијен, испупчен. Медијално и крилно ребро изразити. На крају крилног ребра оштра бодља која се код мужјака налази на 2/3 дужине капка (ако се не рачуна кауда).

О п и с: Дорзални крај Л женке удубљен, предњи еквилучан, вентрални прелази у задњи преко широке округлине. Каудални наставак средње ширине. Највећа висина код постеродорзалног угла. Украшена је ребрима, полигоналним пољима и јамицама на њиховом дну. Вертикално ребро испод очне грбице није довољно диференцирано. Медијално ребро на свом предњем крају повија незнатно навише (лучно) а на задњем бифуркује у хоризонтално и крилно ребро. Његова веза са хоризонталним ребром је слабија и некад се губи. Хоризонтално ребро је снажно и дуго, па допире до задњег краја капка, повијајући лучно преко постеродорзалног поља. Између бодље и средине задњег краја пружа се слабије изражено ребро које се код задњег краја спаја са хоризонталним ребром. Вентрална ребра нису подједнако изражена. На предњем делу је најизраженије прво вентрално ребро које повија лучно наниже. Д женке има испупчен дорзални крај и још шире заобљен прелаз вентралног у задњи крај него Л. Мужјаци су издуженији, са изразитије испупченим задњим делом вентралног краја и са бодљом крилног ребра помереном унапред. Појас срастања на предњем крају широк, на задњем језичасто проширен (сл. 37b и 37d). Лажни маргинални канали су нарочито чести на задњем делу капака.



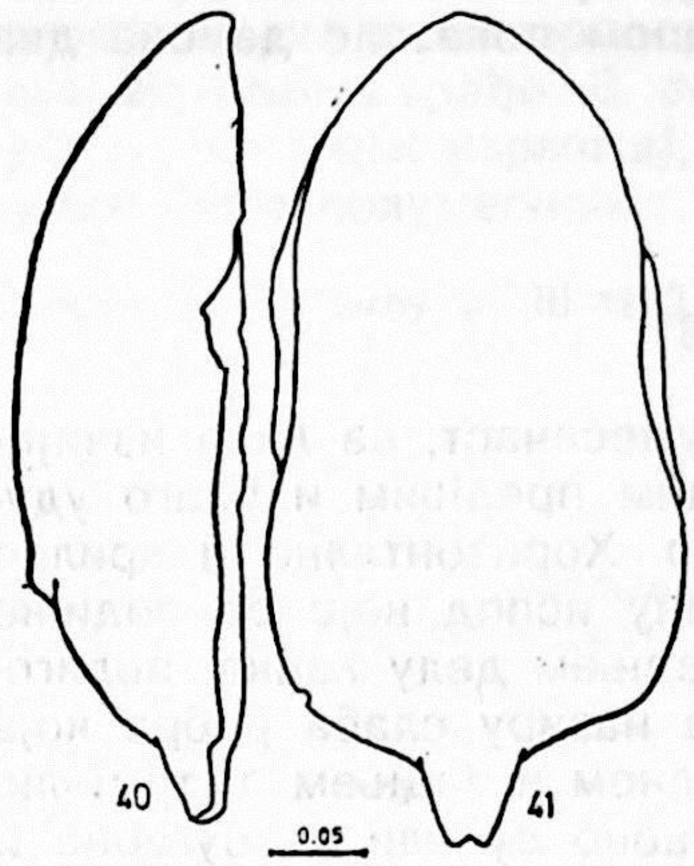

**Сл. 36—41** ***Semicytherura ventroconvexa n. sp.*****, паратиопоиди, Кнежевац 3а: 36. Л женке с леве стране, 37. Д женке споља (a) и детаљи грађе изнутра — појас срастања на предњем крају (b), отисци мишића (c), појас срастања на језичастом проширењу задњег поља (d), 38. Л мужјака с лева, 39. Д мужјака с десна, 40. Л женке одозго, 41. Љ мужјака одозго**

Димензије цртаних примерака: женке: Л: д — 0,43, в — 0,22; Д: д — 0,44, в — 0,24; Л: д — 0,42, и — 0,10; мужјаци: Л: д — 0,45, в — 0,21; Д: д — 0,43, в — 0,21; Л': д — 0,43, и — 0,22 мм.

Нађена је само у тунелу Кнежевац.

Сродности: Међу средњемиоценским врстама нема ни једног сродника ни блиске форме. Од многобројних рецентних облика има сличности једино са *S. acuta* (G. W. M ü l l e r) чији мужјак има сличан облик као женка *S. ventroconvexa*, али јој је криласти израштај много већи него код миоценске.

У групу *acuticostata* укључена је условно и реалније би било да је ван ње, јер доста одступа од типичних представника.




Figs 36—41 *Semicytherura ventroconvexa n. sp.*, paratypes: 36. L and 37. R female, 38. L and 39. R male, 40. L female and 41. C male in dorsal view.

## *Diversa* **групе**

Две врсте из средњег миоцена не могу се укључити у групу *acuticostata* јер се на њих никако не може применити шема орнаментике дата за групу *acuticostata*. Обе врсте су неправилно ретикулиране тако да немају дорзална и хоризонтално ребро.

### *Semicytherura aff. tricastini* Carbonnel
таб. III/4—5

Ова форма се донекле приближава групи *acuticostata* јер има медијално ребро и једну врсту косог ребра.

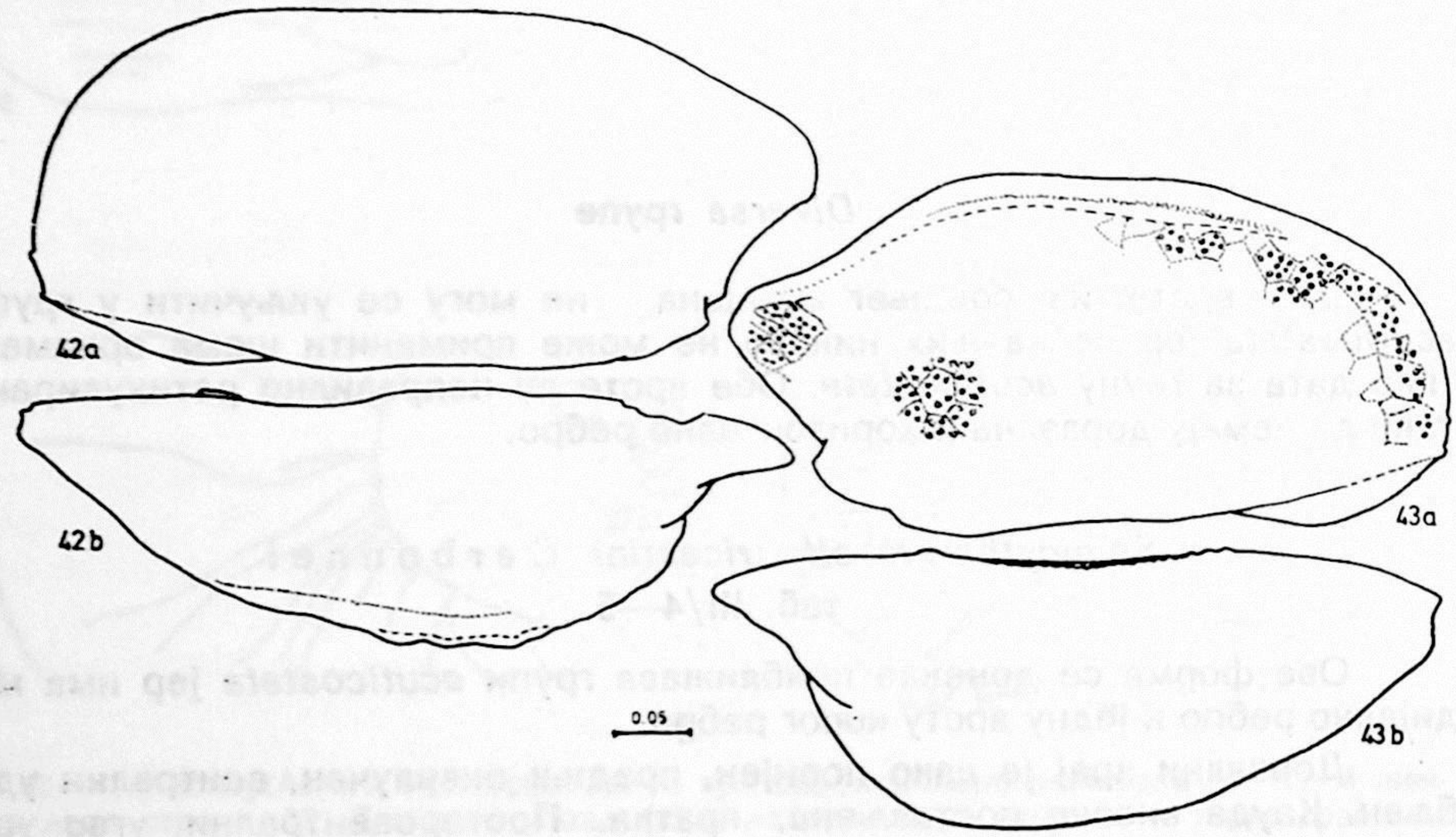
Дорзални крај је лако повијен, предњи еквилучан, вентрални удубљен. Кауда високо постављена, кратка. Постеровентрални угао уочљив. Медијално и крилно ребро сучељавају се под углом. Од пет вентралних ребара I (горње) је најслабије а II је најизразитије. Испод очне грбице се уочава вертикално ребро. Полигоналне јамице у централном и дорзоцентралном делу љуштуре су четвртасте и поређане у вертикалне низове између којих се могу разликовати пет вертикалних ребара — најизразитије је задње. Ситне јамице у овим четвртастим пољима поређане су у по два вертикална низа што је нарочито карактеристично за ову врсту. Једини мужјак је нешто издуженији, са равним дорзалним крајем, слабијим постеровентралним углом и испупченијим постеродорзалним пољем него код женки. Унутрашња структура није детаљно проучена јер су примерци превучени калцијум карбонатном скрамом, а и зид љуштуре је доста дебео.

Димензије фотографисаних примерака: Л: женке: д — 0,52, в — 0,26; мужјака: д — 0,53, в — 0,25 мм. Нађена је само у Боровику код Ђакова.

Сродности: На први поглед слична је врсти *S. tricastini* Carbonnel, 1969, али је упоређење са холотипом показало да ова два облика немају ништа заједничко.

*Semicytherura s p.*
сл. 42—43, таб. III/3

Гледано са стране облик капака је полумесечаст, са лако извијеним или правим дорзалним крајем, еквилучним предњим и благо удубљеним вентралним. Кауда постављена ниско. Хоризонтално и крилно ребро срасли су у јединствену чврсту осовину испод које се подиже снажно заобљено крило. Изнад крила, на предњем делу капка, полигоналне јамице су издужене а између њих се назиру слаба ребра која конвергирају према предњем крају. У централном и задњем делу полигоналне јамице имају облик саћа — шестоугаоне су или петоугаоне и




Сл. 42—43 *Semicytherura sp.*, Боровик С-1 са око 10 м дубине: 42. Л мужјана с лева (a) и одозго (b), 43. Д женке с десна (a) и одозго (b)

Figs 42—43 42. L male, 43. R female

неправилно распоређене. Од вентралних ребара најразвијеније је доње, и то нарочито у предњем делу јер се ту спајају IV и V ребро. Једино ово спојено ребро долази до предњег краја, у висини хоризонталног ребра. Остала вентрална ребра се сукцесивно појављују између доњег и хоризонтално-крилног ребра.

Димензије цртаних примерака: Д женке: д — 0,49, в — 0,23, и — 0,17; Л мужјака: д — 0,51, в — 0,24, и — 0,18 мм. Нађена је само у Боровику код Ђакова.

Сродности: *Semicytherura sp.* има извесне далеке сличности са *S. sulcata* G. W. Müller). Код *S. sulcata*, слично *S. sp.*, ребра на

предњем крају конвергирају ,а општи облик јој је делимично полумесечаст и ако је антеродорзални угао истакнут. Разликују се свим осталим детаљима грађе. *S. sulcata,* има уздужна ребра, сасвим слабо крило, тј. криласти израштај, кауду управљену наниже, облик више правоугаон него полумесечаст.

Предато за штампу 28. III 1983 Рецензент др Милева Сладић-Трифуновић

## ЛИТЕРАТУРА


Aruta L.: 1966 — Ostracodi del Saheliano (Miocene sup.) dei dintorni di Calatafimi (Sicilia Sud-Occidentale); Revista miner. Sicil., 100—102, Palermo.

Barbeito-Gonzalez P. J.: 1971 — Die Ostracoden des Küstenbereiches von Naxos (Griechenland) und ihre Lebensbereiche; Mitt. Hamburg. Zool. Inst. Mus., **67**, Hamburg.

Bonaduce G., Ciampo G. & Masoli M.: 1975 — Distribution of ostracoda in the Adriatic sea; Pubbl. Staz. zool., **40** suppl., Napoli.

Carbonnel G.: 1969 — Les Ostracodes du Miocène rhodanien; Docum. Lab. geol. Fac. sci, **32** (1, 2), Lyon.

Hartmann G.: 1954 — Les ostracodes du sable à *Amphioxus* de Banyuls; Vie et Milieu, IV, 4, Paris.

Hejjas E.: 1894 — Neue Beiträge zur fossilen Ostracodenfauna Siebenbürgens; Ertesitö XIX, II Termeszettudomanyi szak, I Fuzet, Kolozsvart.

Krstić N. & Pietzenluk E.: 1972 — *Paijenborchella (Eopaijenborchella) laskarevi,* eine neue Ostracodenart aus dem Oberen Torton des Pannonischen Beckens; Geologie, **21**, 1, Berlin.

Masoli M.: 1969 — Distribution of species of the genus *Semicytherura* in the northern Adriatic sea between Venice and Trieste, Italy; Taxonomy, Morphology and Ecology of recent ostracoda (ed. J. Neale), Edinburg.

Morkhoven F. P. C. M. van: 1963 — Post-paleozoic Ostracoda, 2, Elsevier, Amsterdam.

Müller G. W.: 1894 — Die Ostracoden des Golfes von Neapel und der angrenzenden Meersabschnitte; Neaples Staz. zool., Fauna und Flora des Golfes von Neapel, monogr. 21, Neaples.

Sars G. O.: 1866 — Oversight of Norges marine Ostracoder; Förh. Vidensk. Selsk., **7**, Chiristiania.

Sissingh W.: 1972 — Late Cenozoic ostracode of the south Aegean island arc; Utrecht Micropal. bull., **6**, Utrecht.

Uffenorde H.: 1972 — Ökologie und jahreszeitliche Verteilung rezenter bentonischer Ostracoden des Limski kanal bei Rovinj (nördliche Adria); Göttinger Arbeiten Geol. Pal., **13**, Göttingen.

Wagner C. W.: 1957 — Sur les Ostracodes du Quaternaire Récent des Pays-Bas et leur utilisation dans l'étude géologique des dépôts Holocènes (ed. Mouton & Co.), 's-Gravenhage.

Witt W.: 1967 — Ostracoden der bayerischen Molasse; Geol. Bavarica, **57**, München.

Yassini I. 1979 — The littoral system ostracodes from the bay of Bou-Ismail, Algiers., Algeria; Revista Españ. micropal., **XI**, 3, Madrid.

Крстић Н.: — Об остракодах из бугловских слоев окрестностей Белграда; Бугловские слои миоцена (симпозий), АН УССР, Киев.

Крстић Н.: 1973 — Биостратиграфија конгеријских слојева околине Београда на основу остракода; Пос. изд. ИГРИ, **4**, Београд.

Крстић Н.: 1978 — Остракоди у миоцену Београдског дунавског кључа; Зборник радова, IX конгр. геол. Југ., Сарајево.

Люльев Ю. В.: 1966 — Остракоды томаковских слоев никопольского марганцевого бассейна; Палеонтологический сборник, 3, II, Львов.

Петровић М.: 1970 — Кредни и миоценски фораминифери Београда и околине; Геол. ан. Балк. пол., 35, Београд.

Станчева М.: 1962 — Остракодна фауна от неогена в Северозападна България, I. тортонски остракоди; Труд. геол. Бълг., сер. палеонт., 4, София.

Станчева М.: 1970 — Чокракски остракоди от Варненско; Известия геол. инст., сер. палеонт., XIX, София.

Стевановић П.: 1972 — Принове из тортона околине Београда; Записници Српског геол. друштва, збор 10. XII 1968, Београд.

Сузин А. В.: 1956 — Остракоды третичных отложений северного Предкавказья; Грозненский нефт. инст., Москва.

Шнейдер Г. Ф.: 1939 — Остракоды миоцена Крымско-Кавказской области, Пробл. палеонт., 5,

Шнейдер Г. Ф.: 1949 — Миоценовая фауна остракод Кавказа и Крыма; Микрофауна СССР, II, н. сер. 34, Ленинград.

Шнейдер Г. Ф.: 1953 — Фауна остракод из миоценовых отложений западной части Украины; Геолог. сборник, II (V), ВНИГРИ, Ленинград—Москва.

## Summary

## *SEMICYTHERURA* SPECIA FROM THE MIDDLE MIOCENE OF SLAVONIA AND BELGRADE AREA

by N. Krstić

*Cytherurinae* are relatively numerous in some of the Middle Miocene sites such as Borovik near Đakovo in Slavonia, and two sites near Belgrade: Kneževac (tunnel) and near the »Neboiša« tower. All these are the artificial outcrops.

From the borehole S-1 at Borovik, in a chalky marl, the two samples were collected. Its assemblage, on family level, is shown on fig. 1. Sample from 10 m depth, belonging to *Bolivina dilatata* zone, conteins 902 adult ostracode valves (the list shown in serbian text).

The sample 3a from the tunnel entrance in Kneževac, estimated as *Ammonia beccarii* zone, yields a large quantity of brachyhaline octracodes (the second list in serbian text).

The clay of *Bolivina dilatata* zone in S-1 near the »Neboiša« tower, at confluence of Sava and Danube rivers are not particularly rich in ostracode specimens. In spite of it its checklist (the third one in serbian text) is long enough. The numbers 14 and 18 on the checklist denote the species found in only one of the samples, and marks the depth in meters. For the linear diagrams (fig. 2) juvenils were not counted.

## Genus *SEMICYTHERURA* Wagner, 1957

There are about 60 *Semicytherura* species in recent marine fauna. From the Middle Miocene, *Semicytherura* species were scarcely cited, unsuficiently described and shematicaly ilustrated (f. ex.: *Cythere polymorpha* Hejjas, 1894, or *Cytherura bacuana* Schneider, 1953 in compareson to different Müller's, 1894, species).

Here are described 14 species of genus *Semicytherura* from the three mentioned sites. Four species are new. The group *acuticostata* has been defined for the first time in this paper. The *Semicytherura* outside of *acuticostata* group were not jet separated.

### Group *acuticostata n. gr.*

The group *acuticostata* compilses the species of poligonal shape with a wing ending abruptly. Their surface is reticulated and ornamented by more or less evident, presumably horizontal carinas running between the rows of poligonal fields. The field planes are punctated.

The scheme of the basic pattern of the ornamentation, presumably the carinas, is presented to make the description of the ornaments more detailed. It could be applied to all the species of the group *acuticostata* and, according to SEM photographies, to their recent representatives.

The arrangement of the basic patterns of the ornamentation is presented at figure 3 (in serbian text).

Carinas Medial carina (MR) has subcentral, anterior position and lies horizontaly. It can be prolongated without the interruption into KR — alar carina running along the wing ridge. On the ventral field there are a few more longitudinal — VR — ventral carinas, usually five, numemerated beginning from the alar carina. Some species have medial carina prolongated, with or without the interruption, into LR — longitudinal carina, situated approximately at middle height of the carapace. One oblique carina — KoR starts from the top of the ala, upside and backwards, till the posterodorsal field. On the dorsal field there are sometimes a few DR — dorsal carinas parallel to a longitudinal carina, but less developed. Behind the ala there is a conic protrusion (I). The cauda surface is divided by delicate carinas into three caudal fields (KP). The bottoms of the poligonal fields, by which the species of this group are ornamented, are finely punctated.

Additional characters of the ornamentation. All described species have several big celate pores — the outflow of the lateral canals. These papilas are situated approximately on the same place: two on the anterodorsal, one on the dorsal and one on the posterodorsal field. Additional lateral canals flow out within the muri of the poligonal pits (intramural pores). The greatest number of species have the muscle-scars projected on the surfaces of the valves. These are four horizontal ellipses diffrentiated from the other parts of the surface by their smoothness. The upper and lower one could be shorter.

*Semicytherura gerdi* n. sp.

Fig. 7—13, Pl. I/5—7, 10, II/9—10, IV/1—3

Description: A large species of the genus *Semicytherura* with a strong ala. Carapace in dorsal view has a shape of the iregular »delta«,

in lateral view it is romboidal. Along the anterior margin there are sometimes a few small denticles. Caudal procesus takes about 1/10 of the valve length. Ventral margine is posteriorly hidden by the ala. Behind the ala there is sometimes a small protrusion (I). Medial (MR) and alar (KR) carinas are connected. The first ventral carina (VR) does not rich the valve margine. Three slightly oblique carinas start from the alar carina (KR) and divergate backwards and upside. The forth, delicately developed carina start from the 3/4 of the alar carina (KR) lenght and has horizontal position. The oblique carina (KoR) is low and in females lies at the angle of 30°, According to the course of these carinas poligonal pits of the upper half of the valves are arranged in oblique rows. Eye-tubercle is marked by two poligonal pits clearly visible from the lower side. In front of the tubercle on the left valve (in females and males both) there is a low oblique carina, subparallel to the anterior margine which go down until the middle of the valve height where disappear; on the right valve this carina is more close to the margine and it is prologated behind the eye-tubercle also runing until the posterodorsal angle.

Zone of concrescence, marginal pore-canals and muscle-scars are not clearly visible on account of the carbonate covering. Still it is shown that the concrescence zone is very broad posteriorly and riches almost middle of the valve lenght.

Affinities: Our specimens are compared to species *S. alata* (G. W. Müller) from the site Banyuls sur mer (Hartmann, 1954). *S. alata* is more elongated than *S. gerdi* and posterodorsal field in males is less swelled. *S. alata* has the ala more gracile and behind it there is a bigger protuberance (I) than in *S. gerdi*. Disposition of the dorsal carinas is also different.

*Semicytherura aff. gerdi* (Pl. III, fig. 6) differs from *S. gerdi* by more elongated carapace, stronger ala starting at the middle of the valve lenght. absence of the low, oblique carinas on upper halves of the valves and by presence of a carina close and parallel to the dorsal margine.

*Semicytherura slavonica* n. sp.
Fig. 17—23, Pl. II/1—2, IV/4—6

Diagnosis: Elongated and small carapace, small ala, pronounced medial carina.

Description: In dorsal view lateral sides are parallel, carapace anteriorly beak-sharped, posteriorly prongated into cauda; alas are not prominent and they could be sharp or rounded. In lateral view L is poligonal in shape, with regularly rounded (almost equicurved) anterior margine, slightly depressed ventral one and posterior margine prolongated into cauda which comprises about 1/6 of the valve lenght. Posteroventral angle is evident.

Medial carina (MR) reach the muscle-scar area. An oblique carina, beginning from the middle of the medial carina (MR) lenght, stretches in the direction of eye-tubercle; it connects medial and longitudinal (LR) carinas. The longitudinal carina ends with three-cordal knot at the posterodorsal field. Alar carina (KR) is waved — depressions are shown at the places where the ventral carinas flow one into another, forming that way

alar carina — there are three depressions like that and the pic of the ala is placed by the third; in such cases the ala ends with spine. Between the six ventral carinas the upper two do not reach anterior margine, two central are connected beside the end of the ala and two lower are joining in a spine behind the posteroventral conner. Posteroventral intumescence (I) is not developed in all the individuals. At the dorsal field, exept its anterior part, there are four rows of poligonal pits separated one from another by slightly developed carinas (DR). At the anterodorsal field, beginning with the region of eye-tubercle unpreceivable at the L, an oblique carina is going down until the anterior margine.

Except four big celate pores (papillas) mentioned in the description of group, this species has also other evident papillas: one directly behind the muscle-scar pattern and the other, placed at the posterior field, behind his connection with the central field, at the middle of the valve height. Concrescence zone at the anterior margin is proportionally narrow. Males are somewhat lower and longer than females.

*Semicytherura bonaducei* n. sp.

Pl. I/9

Diagnosis: Oval *Semicytherura* with rounded ala and slightly developed reticulation.

Description: The shape is poligonal-oval. Dorsal margin of the female L is slightly curved or streight, anterior equicurvated, concave ventral margin is partly hidden by the rounded ala. The cauda lies at the middle of the posterior margin; it is small and her axis is horizontal. The carapace is ornamented by subparallel longitudinal carinas of the equal size which convergate anteriorly and posteriorly. There is also one oblique carina (KoR) extending from the eye-tubercle until middle of the anterior margin. Four of the longitudinal carinas are dorsal (DR), five belong to ventral group (VR) and the two of them are placed between the medial--horizontal (MR) and alar carina (KR), which connection at the anterior margin is hardly visible. Alar carina anteriorly swerws kneeform upside, diverging in four arched carinas, and joining again in unique carina ending at the lower margin of the cauda. Calcified part of the inner lammele is broad at the anterior margin and tonglike enlarged at the posterior one (typical for the genus). Marginal canals rare. Males are not observed within the relatively small number of collected specimens.

Comments: In relation to the specimens shown by Bonaduce, Ciampo & Masoli (1975) as *Semicytherura aff inversa* (Pl. 42/11—13, p. 73) our specimens have a straight horizontal axis. Within the Adriatic species horizontal axis is slightly arched and convex upside, accordingly the ventral margin is more concave. Adriatic species have more evident carinas and reticulation. Nevertheless they could be the representatives of the same species, even subspecies. *S. sella* (Sars) is similar, also, to *S. bonaducei.*

*Semicytherura ventroconvexa n. sp.*

Fig. 36—41, Pl. III/1—2

Diagnosis: The ala absent. The ventral margin couvex posteriorly. Medial (MR) and alar (KR) carinas are pronounced. Sharp spine at the end

of the alar carina is placed at 2/3 of the valve lenght in males (excluding cauda).

Description: Dorsal margin of the L female concave, anterior one equicurvated, ventral margin passes over wide roundness into the posterior one. Caudal processus has average width. The greates height at the posterodorsal corner. Ornamented by the carinas, poligonal fields and pits on their bottoms. Vertical carina below the eye-tubercle is weakly developed. Medial carina at its anterior part slightly arched upwards, at the posterior one bifurcates into the longitudinal (LR) and alar (KR) carinas. His connection with longitudinal carina (LR) is feeble and sometimes vanish. Longitudinal carina (LR) is strong and long, so it reaches the posterior margin curved over posterodorsal field. Between the alar spine and the middle of the posterior margin there is slightly developed carina which is connected posteriorly with longitudinal carina. Ventral carinas are not equily developed. Anteriorly, the first ventral ridge, arched downside, is the strongest. Female R has convex dorsal margin and more rounded transition from the ventral into posterior one than the L. Males are more elongated, with more convex posterior part of the ventral margin and with a spine of the alar carina placed forewards. Concrescence zone at the anterior margin wide, posteriorly tonglike enlarged (fig. 34b, 34d). False marginal canals particularly frequent posteriorly.

Affinities: Within Middle Miocene species there is none of the relatives or the close form. Within numerous recent forms there are similarities only with *S. acuta* (G. W. Müller) whose male has similar shape as female in *S. ventroconvexa*, but with the alar prolongation much bigger than in Miocene species.

In the group of *acuticostata* this species is included only conditionally, and it would be more acceptable to be excluded because it differs sufficiently from the typical representatives of the *acuticostata* group.

---

## ТАБЛА I PLATE

1—4 *Semicytherura filicata* (Schneider), x 100
Ђаково, Боровик, C-1 са око 10 м
1—2. Л и Д женке, 3—4. Л и Д мужјака
1—2 L and R female, 3—4. L and R male

5—7, 10. *Semicytherura gerdi n. sp.*, x 100
Ђаково, Боровик, C-1 са 10 м
паратипоиди: 5—6. Л и Д женке, 7. Л мужјака, 10. Д женке с већим крилом
paratypes: 5—6. L and R female, 7. L male, 10. R of the larger alate female

8. *Semicytherura sp.* 21, x 158
Београд, кула Небојша, C-1 са око 15 м
Д мужјака
R male

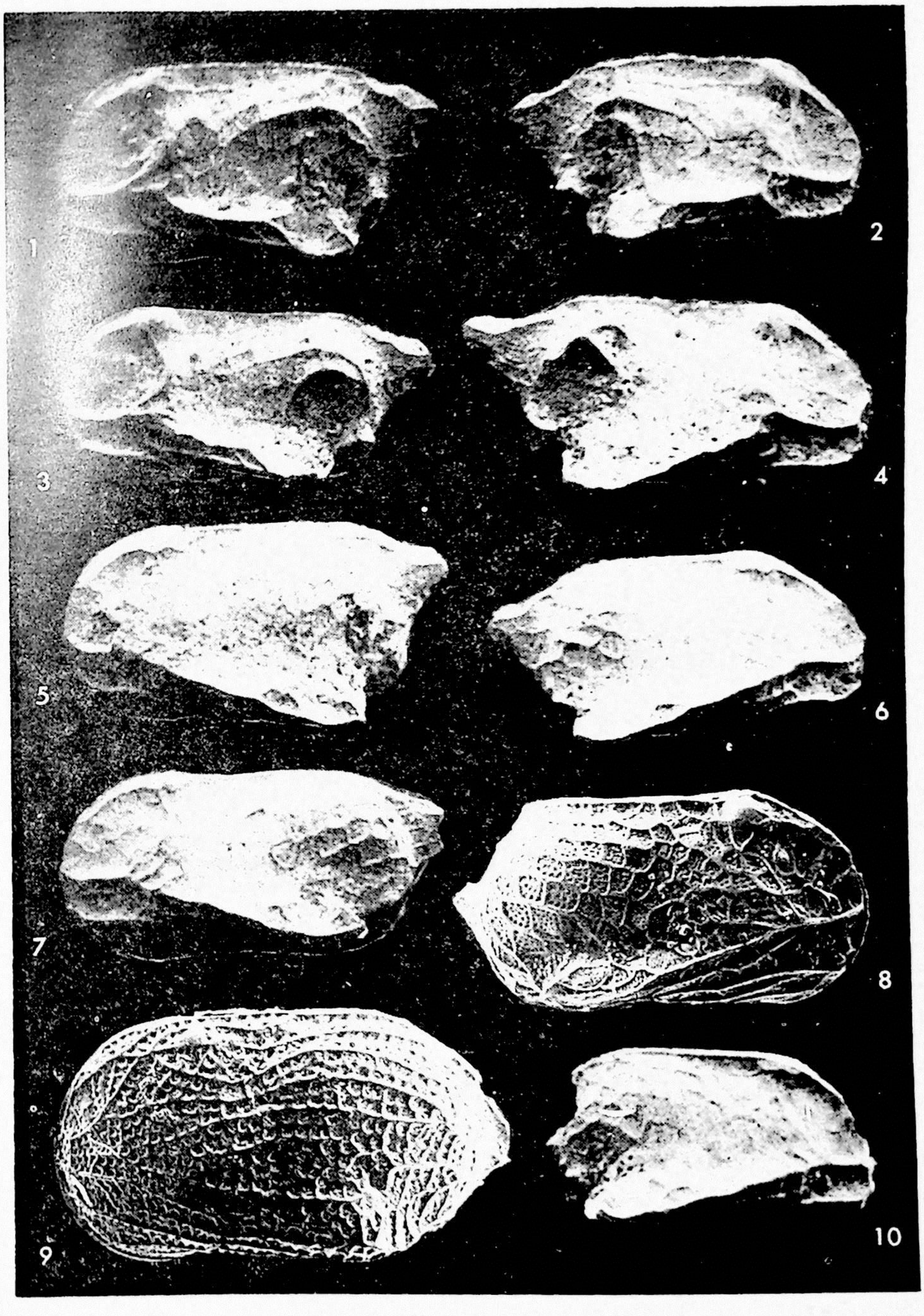
9. *Semicytherura bonaducei* n. sp., x 144
Београд, тунел „Кнежевац", проба 3а
Л женке, холотип
L female, holotype

Фото: Ф. Сафон (Pau, Француска), изузев сл. 8—9. К. Самтлебен (Kiel, СР Немачка)

ТАБЛА I PLATE

Н. Крстић: Врсте рода *Semicytherura* из средњег миоцена Славоније и околине Београда

N. Krstić: *Semicytherura* specia from the Middle Miocene of Slavonija and Belgrade area



## ТАБЛА II PLATE

1—2 *Semicytherura slavonica n. sp.*, x 133
Ђаково, Боровик, С-1 са 10 м
паратипоиди: Л женке и Д мужјака
paratypes: L female and R male

3—5 *Semicytherura aff. slavonica n. sp.*, x 133
Ђаково, Боровик, С-1 са 10 м
3. Л мужјака, 4. Д и 5. Л женке
3. L male, 4. R and 5. L female

6. *Semicytherura aff. bacuana* (Schneider), x 133
Ђаково, Боровик, С-1 са 10 м
Д женке
R female

7. *Semicytherura cf. spinulosa* (Schneider), x 133
Ђаково, Боровик, С-1 са 10 м
Л женке
L female

8. *Semicytherura cf. acuticostata* (Sars), x 67
Ђаково, Боровик, С-1 са 10 м
Д мужјака
R male

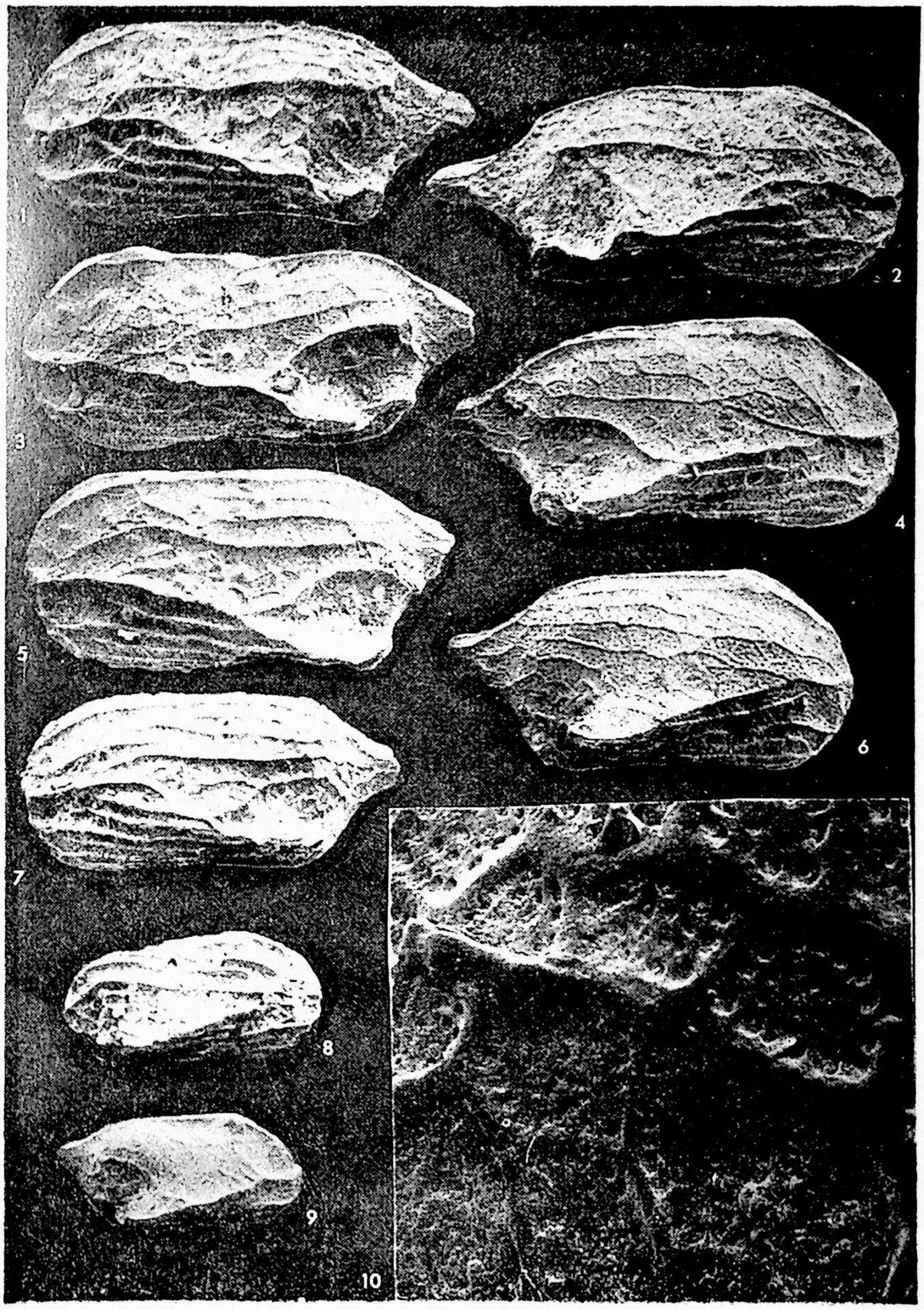
9, 10. *Semicytherura gerdi n. sp.*, паратипоиди
Ђаково, Боровик, С-1 са 10 м
9. Д мужјака, x 67, 10. детаљ примерка са сл. 6, таб. I
9. R male, x 67, 10. detail of the specimen from pl. I, fig. 6

Фото: Ф. Сафон (Pau, Француска)

ТАБЛА II PLATE

Н. Крстић: Врсте рода *Semicytherura* из средњег миоцена Славоније и околине Београда

N. Krstić: *Semicytherura* specia from the Middle Miocene of Slavonija and Belgrade area



## ТАБЛА III PLATE

1—2 *Semicytherura ventroconvexa n. sp.*, x 125
Београд, тунел „Кнежевац", проба 3а
паратипоиди: 1. Л женке, 2. Л мужјака
paratypes: 1. L female, 2. L male

3. *Semicytherura sp.*, x 125
Ђаково, Боровик, С-1 са 10 м
Д женке
R female

4—5 *Semicytherura aff. tricastini* Carbonnel, x 125
Ђаково, Боровик, С-1 са 10 м
4. Л женке, 5. Л мужјака
4. L female, 5. L male

6. *Semicytherura aff. gerdi n. sp.*, x 125
Ђаково, Боровик, С-1 са 10 м
Д мужјака
R male

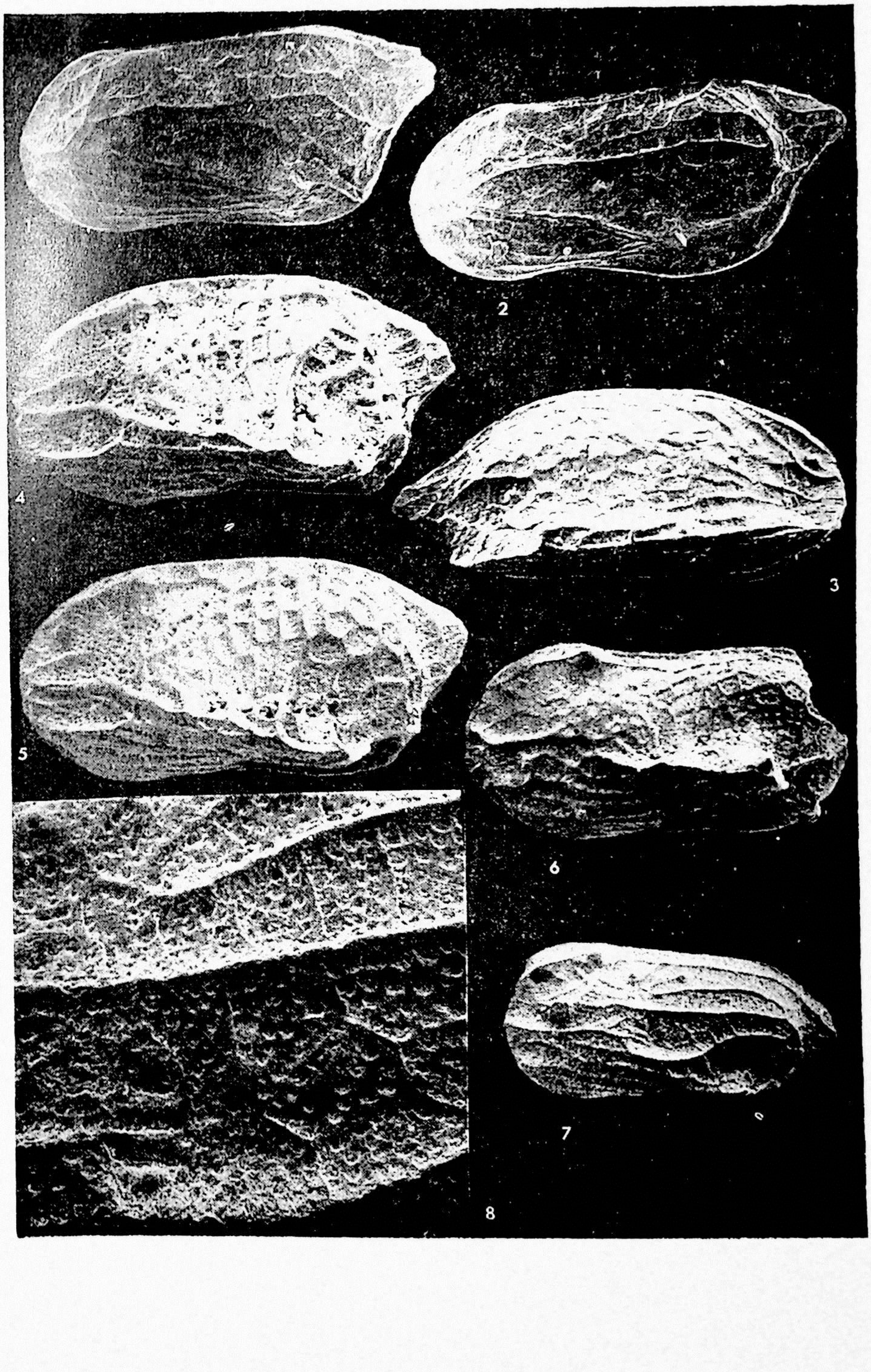
7—8 *Semicytherura sp. juv. (cf. spinulosa)*
Ђаково, Боровик, С-1 са 10 м
7. Л јув., x 125, 8. исто, детаљ, x 625
7. L juvenile, x 125, 8. the same, detail, x 625

Фото: Ф. Сафон (Pau, Француска)

ТАБЛА III PLATE

Н. Крстић: Врсте рода *Semicytherura* из средњег миоцена Славоније и околине Београда

N. Krstić: *Semicytherura* specia from the Middle Miocene of Slavonija and Belgrade area



## ТАБЛА IV PLATE

1—3 *Semicytherura gerdi n. sp.*, паратипоиди
Ђаково, Боровик, С-1 са 10 м
1. Д мужјака са сл. 10 из текста, 2. Д женке са сл. 13 из текста, 3. Л женке
1. R male from text-fig. 10, 2. R female from the text-fig. 13, 3. L female

4—6 *Semicytherura slavonica n. sp.*, паратипоиди
Ђаково, Боровик, С-1 са 10 м
4. Д женке, 5. Д мужјака са сл. 20 из текста, 6. Д женке са сл. 18 из текста
4. R female, 5. R male from the text-fig. 20, 6. R female from the text-fig. 18

7. *Semicytherura aff. slavonica n. sp.*
Ђаково, Боровик, С-1 са 10 м
Д женке са сл. 26 из текста
R female from the text-fig. 26

8. *Semicytherura cf. spinulosa* (Schneider)
Ђаково, Боровик, С-1 са 10 м
десни капак женке
female right valve

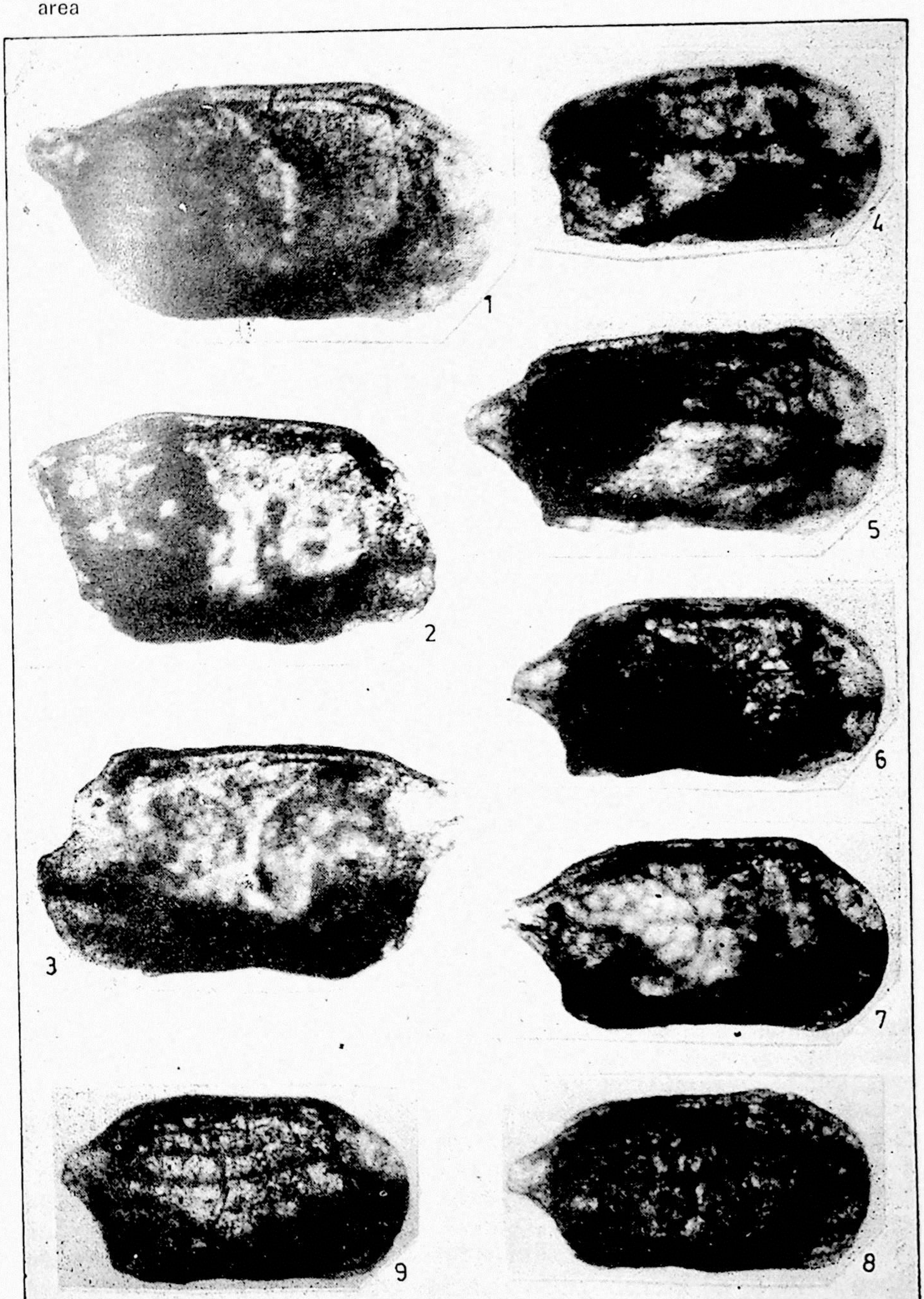
9. *Semicytherura aff. spinulosa* (Schneider)
Ђаково, Боровик, С-1 са 10 м
Д женке са сл. 28 из текста
R female from the text-fig. 28

Фото: аутор (на уређајима Зоолошког института, Hamburg, CPH)

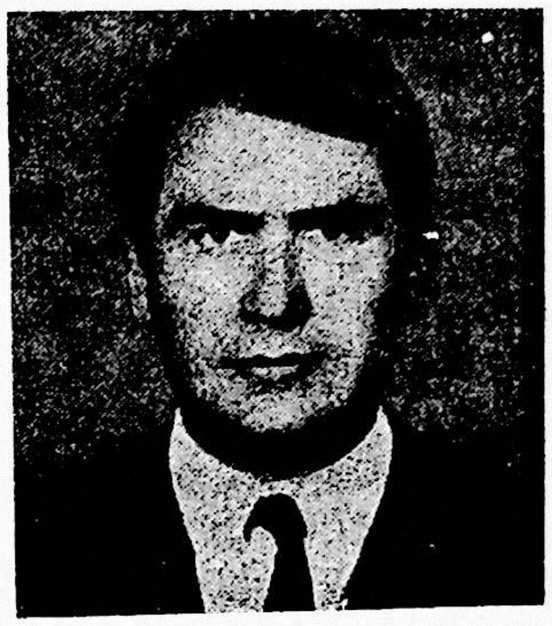
ТАБЛА № PLATE

Н. Крстић: Врсте рода *Semicytherura* из средњег миоцена Славоније и околине Београда

N. Krstić: *Semicytherura* specia from the Middle Miocene of Slavonija and Belgrade area



# IN MEMORIAM



## TOMISLAV (MOMČILA) ČOBIĆ (1939—1982)

Posle kratke i teške bolesti, 4. aprila 1982. godine u Beogradu je preminuo Tomislav Čobić, dipl. inž. geologije, član radnog kolektiva OOUR Istraživanje mineralnih sirovina, inženjerska i hidrogeologija; u sastavu RO Geoinstitut — Beograd.

Tomislav Čobić je rođen 23. juna 1939. godine u selu Banjani kod Uba, gde je završio osnovnu školu i nižu gimnaziju.

Kao mladić aktivnog i radoznalog duha zavoleo je prirodne nauke, što je dovelo do njegovog ranog opredeljenja za geološke nauke. Tomislav se upisuje u Geološku srednju tehničku školu u Beogradu 1954. godine. Tu dobija prva znanja iz geologije, koja kasnije proširuje na Rudarsko-geološkom fakultetu (geološki odsek) u Beogradu, gde je diplomirao 1974. godine.

Prvo službovanje Tomislava Čobića bilo je u rudniku »Sase« u Makedoniji, gde je radio oko godinu dana. Nakon odsluženja kadrovskog vojnog roka, gde je bio pitomac Škole rezervnih inženjerijskih oficira, zaposlio se kao apsolvent u rudniku olova i cinka »Srebrenica« 1966. godine. Prošao je sve stepene rada i odgovornosti na geološkim istraživanjima olova i cinka. Počeo je kao geolog za eksploataciju na rudniku, radeći na problematici istraživanja, dokumentacije i proračuna rezervi rude olova i cinka pri eksploataciji; a dalji rad je obuhvatio i ekonomsko-tehničku analizu proizvodnje i na kraju rukovođenje svim poslovima na rudniku.

Afirmacija kroz proizvodni rad na rudniku dovela ga je 1971. godine do odgovornosti rukovodioca Geološke službe rudnika »Srebrenica«, gde

je uspešno radio do kraja svog službovanja u Srebrenici (1979). Taj period je bio vrlo plodan u radnom veku Tomislava Čobića, tada su postignuti vrlo vredni rezultati u istraživanju orudnjenja olova i cinka, što se ogleda u povećavanju rudnih rezervi rudnika za oko 40%. U istom periodu dolazi do proširenja sirovinske baze rudnika »Srebrenica« otvaranjem novog rudnika olova kod Olova sa rudom cerusitskog sastava.

Svestan svoje odgovornosti, Tomislav Čobić dalje radi na svom stručnom usavršavanju i osposobljavanju. Upisuje se na III stepen studija na Rudarsko-geološkom fakultetu, ali na žalost nije uspeo da završi magistarski rad u svom kratkom radnom veku. Godine 1977. polaže stručni ispit pred komisijom Republičkog sekretarijata za privredu u Sarajevu za vršenje poslova na rukovodnim radnim mestima u rudarstvu.

Tomislav Čobić je bio izuzetno aktivan u Savezu inženjera i tehničara Jugoslavije, bio je predsednik Društva inženjera i tehničara Srebrenice od osnivanja 1967. godine pa sve do kraja svog boravka na rudniku. Tri puta je bio biran za člana jugoslovenskog dela Komisije pri stalnoj komisiji SEV-a, učestvujući na savetovanjima SEV-a. Bio je biran u Jugoslovenski komitet za međunarodni projekat geološke korelacije UNESKO-a, po projektu »Metalogenetske provincije razdvojene razmicanjem kontinenata«. Bio je član Stručne komisije za visoko obrazovanje Rudarsko-geološkog fakulteta u Tuzli, a jedno vreme je na istom fakultetu bio honorarni asistent na katedri za istraživanje mineralnih sirovina.

Ovakva svestrana stručna i naučna aktivnost dovela je Tomislava Čobića do opredeljenja za naučno-istraživački rad, te on januara 1979. godine prelazi u Geoinstitut u Beogradu, gde ostaje do kraja svog radnog veka.

Naučno-istraživačka aktivnost Tomislava Čobića u Geoinstitutu bila je veoma kratka. Počinje sa istraživaniem boksita na planini Tari, gde je bitno uticao na proširenje perspektivnosti ove mineralne sirovine. Jedne sezone radi na istraživanju urana u Libiji. Poslednja zaduženja su mu bila pri metalogenetskim istraživanjima u rudnom polju Zajače, kao i na istraživanju pojava bakra u Severnoj Crnoj Gori.

Za vreme jednog dolaska sa terena Crne Gore, teška bolest naglo izbija i obara ga na bolesničku postelju; od koje se nije više mogao oporaviti.

Teško bolestan, Tomislav Čobić se nije predavao; dalje je aktivno učestvovao u naučno-istraživačkoj aktivnosti završavajući započete izveštaje i učestvujući na predavanjima. On nije tada znao da su mu to poslednje aktivnosti u geologiji.

Uvek vedrog duha, uvek spreman na saradnju, pomoć i usluge kolegama; Tomislav Čobić je bio izuzetno omiljen u kolektivu Geoinstituta, kao i u sredini u kojoj se kretao i radio. Takav je ostao u sećanju kolega koji su ga poznavali.

Tomislav Čobić je objavio 10 radova:

1. Čobić, T., 1971: Sposob rasčjota razuboživanija i meri dlja ego umenjšenija v rudnike svinca i cinka »Srebrenica«. Seminar specijalista zemalja SEV i SFRJ, Katovice.
2. Čobić, T. i Stojković, J., 1971: Uzroci koji dovode do povećanog razblaženja rude i način proračuna i mere za njegovo smanjenje u rudniku »Srebrenica«. I okt. sav. rudara, geologa i metalurga Jugoslavije, Bor.
3. Stojković, J. i Čobić, T., 1971: Distribucija cinka, olova i srebra u rudnoj žici br. 2 ležišta »Srebrenica«. I okt. sav. rudara, geologa i metalurga Jugoslavij,e Bor; Geološki glasnik, No. 16/72, Sarajevo.
4. Zarić, P. i Čobić, T. 1976: Nalazak cinabarita u Pb—Zn ležištu »Srebrenica«. Zap. SGD za 1975. godinu, Beograd.
5. Topalović, D., Reljić, D. i Čobić, T., 1978: Olovo-cinkova mineralizacija Srebrenice. II sav. o olovo-cinkovoj mineralizaciji u SFRJ, Štip.
6. Čobić, T., 1978: Geološko-ekonomski efekti razblaženja i gubitaka rude. II savetovanje o olovo-cinkovoj mineralizaciji u SFRJ, Štip.
7. Čobić, T., ,1978: Prilog poznavanja srebreničkog rudnog ležišta. Zbornik radova, IX kongres geologa Jugoslavije, Sarajevo.
8. Tadić, J., Čobić, T. i Bublik, P., 1978: Ležišta i pojave cerusitske rude Pb u okolini Olova. Zbornik radova, IX kongres geologa Jugoslavije, Sarajevo.
9. Stojković, J. i Čobić, T., 1978: Uloga geoloških tehničara u rudničkim geološkim službama. »Monografija«, Geološki obrazovni centar, Beograd.
10. Čobić, T., 1980: Geološko-ekonomski efekti razblaženja i gubitaka rude. Radovi Geoinstituta, knjiga 14, Beograd.

**Dr Veljko Omaljev**

IZDAVAČ (EDITOR): **»Geoinstitut«**, Rovinjska 12, Beograd, (Yugoslavia)

TEHNIČKI UREDNIK I REDAKTOR

*Radomir J. Milosavljević*

TIRAŽ: 500 primeraka

---

ŠTAMPA: »Srboštampa«, Dobračina 8, Beograd

Beograd, 1983.