Geoinstitut

RO ZA GEOLOŠKA, GEOFIZIČKA I RUDARSKA ISTRAŽIVANJA NUKLEARNIH I DRUGIH MINERALNIH SIROVINA, ISTRAŽNO BUŠENJE, INŽENJERSKU GEOLOGIJU I HIDROGEOLOGIJU. BEOGRAD, ROVINJSKA UL. BR. 12.

RADOVI

GODINA XIX / KNJIGA 13. BEOGRAD 1979.

REDAKCIJSKI KOLEGIJUM

Stanojlo Cvetić
Žoržet Dikić
Jelena Luković
Gordana Martinović
Milovan Mladenović
Svetislav Pejatović
Panta Radulović
Vladimir Sarić

ODGOVORNI UREDNIK

Slavomir Milovanović

TEHNIČKI UREDNIK I REDAKTOR

Radomir J. Milosavljević

Republička zajednica nauke Srbije učestvovala je u troškovima izdavanja ovoga broja časopisa „Radovi".

Tiraž: 500 primeraka

Štampa GRO „Prosveta", Beograd, Đure Đakovića 21

SADRŽAJ — CONTENTS

Strana
Page

1. Slobodan Vukašinović: Razlomi, centri magmatske aktivnosti i rudno perspektivni tereni šireg područja Srebrenice na bazi aeromagnetskih podataka 1

   Slobodan Vukašinović: The ruptures, centres of magmatic activity, and the prospective ore-bearing terrains in the Srebrenica area, as indicated by the aeromagnetometric data 7

2. Slobodan Vukašinović: Geostrukturna rejonizacija i selekcija rudno perspektivnih terena šireg područja Surduličkog granodioritskog masiva na osnovu visokopreciznih aeromagnetskih podataka 9

   Slobodan Vukašinović: Geostructural subdivision and selection of potential mineralized areas in granodioritic massif of Surdulica and the surrounding regions, based on data obtained by highly sensitive airborne magnetometer 16

3. Slobodan Vukašinović: Rasprostranjenje Timočke zone magmatita ka jugoistoku, stepen kontinuiteta magmatita ispod sedimentnog pokrivača i tereni gde se mogu očekivati skrivena rudna ležišta 17

   Slobodan Vukašinović: Extension of Timok zone with magmatic rocks toward southeast, degree of continuity of magmatic rocks below sedimentary cover and areas with expecting blind ore deposits 20

4. Radule Popović i Dušan Kleut: O rudnim pojavama gvožđa u Studeničkoj seriji 21

   Radule Popović and Dušan Kleut: The iron are occurrences from Studenica series 34

5. Vladimir Sarić: Ležište bakra Darrehzar u Iranu 35
   Vladimir Sarić: Copper ore deposit Darrehzar in Iran 43

6. Milorad Arsenijević: Geohemijske osobine Fe-Cu sulfidnog orudnjenja u dijabazima Tolišnice (Kraljevo) 45

   Milorad Arsenijević: Les proprietes geochimiques de la mineralisation sulfuree de cuivre dans les diabases de Tolišnica (Kraljevo, Serbie) 73

7. Milorad Arsenijević: Koeficijent raspodele urana u glinovitim talozima prirodnih vodenih tokova 75

   Milorad Arsenijević: Coefficient of uranium distribution in streams sediments of natural water flows 85

8. Veljko Omaljev: Raspodela urana, torijuma i kalijuma u gredenskim slojevima Žirovskog Vrha 87

   Veljko Omaljev: Distribution of uranium, thorium and potassium in the val gardena deposits in Žirovski Vrh area 112

9. Veljko Omaljev: Raspodela urana u klastičnim tvorevinama drugog i trećeg ritma sedimentacije u ležištu Žirovski Vrh 115

Veljko Omaljev: Distribution of uranium in clastic deposits of second and third rhythm of sedimentation in Žirovski Vrh uranium deposit 139

10. Stevan Divljan: Neke petrološke, mineraloške i geohronološke karakteristike granitoidnih stena Malog Jastrebca (centralna Srbija) 141

Stevan Divljan: Some petrological, mineralogical and geohronological characteristics of granitoid rocks of Mali Jastrebac mts. (central Serbia) 154

11. Damnjan Protić i Petar Đalović: Termomineralne vode Rajčinovića banje 161

Damnjan Protić and Petar Đalović: Thermomineral waters in Rajčinović banja region 172

12. Antonije Antonović: Savićeva knjiga „Od atoma do nebeskih tela“ — njen značaj za geologiju 173

13. Milan Obrenović: Osvrt i kratak pregled rezultata postignutih na polju racionalizacija i inovacija u delatnosti Geoinstituta 181

Milan Obrenović: Review of the results obtained on the field of rationalization in Geoinstitute's activity 186

R A D O V I Geoinstituta, knjiga 13., god. 1979.
Beograd, Rovinjska ul. 12.

Slobodan Vukašinović[1]

UDK 551.24+552.2 : 550.83 (497.15)

RAZLOMI, CENTRI MAGNETSKE AKTIVNOSTI I RUDNO PERSPEKTIVNI TERENI ŠIREG PODRUČJA SREBRENICE NA BAZI AEROMAGNETSKIH PODATAKA*

Aeromagnetska ispitivanja na širem području Srebrenice (površine oko 800 km^2) izvedena su 1977. godine u okviru kompleksnih geolcško-geografskih istraživanja, koja su za potrebe rudnika Pb-Zn Srebrenica obavljena u cilju rešavanja geološko-strukturne problematike i selekcije rudno-perspektivnih terena. Merenja totalnog intenziteta Zemljinog magnetskog polja izvršena su visokoosetljivim protonskim aeromagnetometrom, pri međumaršrutnom odstojanju 250 m i prosečnoj relativnoj visini leta od oko 150 m.

Registrovane anomalije grafički su šematski iskazane na priloženoj aeromagnetsko-strukturnoj karti preko simbola uzrcčnika koji su ih izazvali.** Na osnovu postignutih aeromagnetskih podataka proizilazi da je magnetsko polje Zemlje na ispitivanom terenu u priličnoj meri poremećeno u pojedinim delcvima i da je na nekim prostorima praktično homogeno — „mirno“, prevazilazeći po intenzitetu normalno polje za maksimum tridesetak gama. Pojedinačne anomalije su mahom izometrične forme. Po prostoru koga zauzimaju preovlađuju anomalije pozitivncg znaka, najčešće praćene negativnim anomalijama. Međutim, po intenzitetu negativne anomalije ponegde nadmašuju odgovarajuće (prateće) pozitivne anomalije. Ekstremne merene vrednosti $\triangle T$ intenziteta su —500 i +750 gama.

U prostornom položaju, rasporedu anomalija zapaža se pretežna skoncentrisanost anomalija u središnom delu ispitivanog terena (v. prilog). U osnovi skoro sve anomalije mogu se grupisati u tri anomalne zone (pojaseve sa više individualisanih ancmalija), od kojih je jedna dinarskog pravca pružanja a druga dve upravne na ovu, presecajući je; naravno, deo anomalije iz presecišta mogu se svrstati u anomalnu zonu dinarskog pravca ili u jednu od poprečnih. Anomalna zona dinarskog pravca pružanja prostire se na potezu Gradine — Stajčići—Čičevci—Viogor—Kcprivno. Poprečne zone uočavaju se na pravcu Čičevci—Loznik—Skela i na pravcu Jeremići —Srebrenica—Zanik—Ćauš—Petrovići—Vitkovići.

---

[1] Geoinstitut, Beograd,

* Referat održan na II Savetovanju o olovo-cinkovoj mineralizaciji u Jugoslaviji, Štip, 1978. god.

** Aeromagnetske karte sa izoanomalama $\triangle T$ intenziteta, izložene za usmeno izlaganje, mogu se naći u odgovarajućem elaboratu (9).

Anomalno magnetsko polje šireg područje Srebrenica posledica je uticaja stena koje su otkrivene u recentnom erozionom nivou ili se gornjim krajem najčešće nalaze na svega nekolik desetine metara ispod površine terena. Osnovni uzročnici anomalija su tercijarni vulkaniti (daciti, andeziti) sa kontaktno izmenjenim stenama, zatim baziti (dijabazi i serpentiniti) i rudne pojave Fe. Opšti porast anomalnog polja (20 do 30 gama), izražen naročito u jugoistočnom delu terena, uslovljavaju se paleozojski škriljci. Praktično sve ove stene izdanjuju na površini terena, tako da se litološka priroda uzročnika anomalija može globalno sagledati sa geološke karte, po prostornom odnosu anomalija i magnetoaktivnih stena.

Geostrukturne implikacije anomalnog magnetskog polja

Ustanovljena konfiguracija anomalnog magnetskog polja Zemlje i litološka priroda uzročnika anomalija, pružaju određene elemente za sagledavanje osnovnih geostrukturnih odnosa u kontekstu drugih geološko-geofizičkih podataka šireg područja Srebrenice, pogotovu imajući u vidu i podatke sa susednog regiona Zapadne Srbije. Osnovna izvedena saznanja na bazi anomalnog magnetskog polja odnose se na determinaciju razlomnih struktura i predela u kojima su izvršeni najznačajniji proboji i izlivi tercijarnih magmatita na ispitanom prostoru.

Po našem mišljenju, postoje tri osnovne, regionalne razlomne strukture čije prostranstvo prevazilazi granice tretiranog područja. To su razlomne zone (snopovi dislokacija) markirane magnetskim anomalijama, obeležene napred navedenim anomalnim zonama na pravcima Gradina—Koprivno, Čičevci—Skela i Jeremići—Vitkovići (v. prilog).

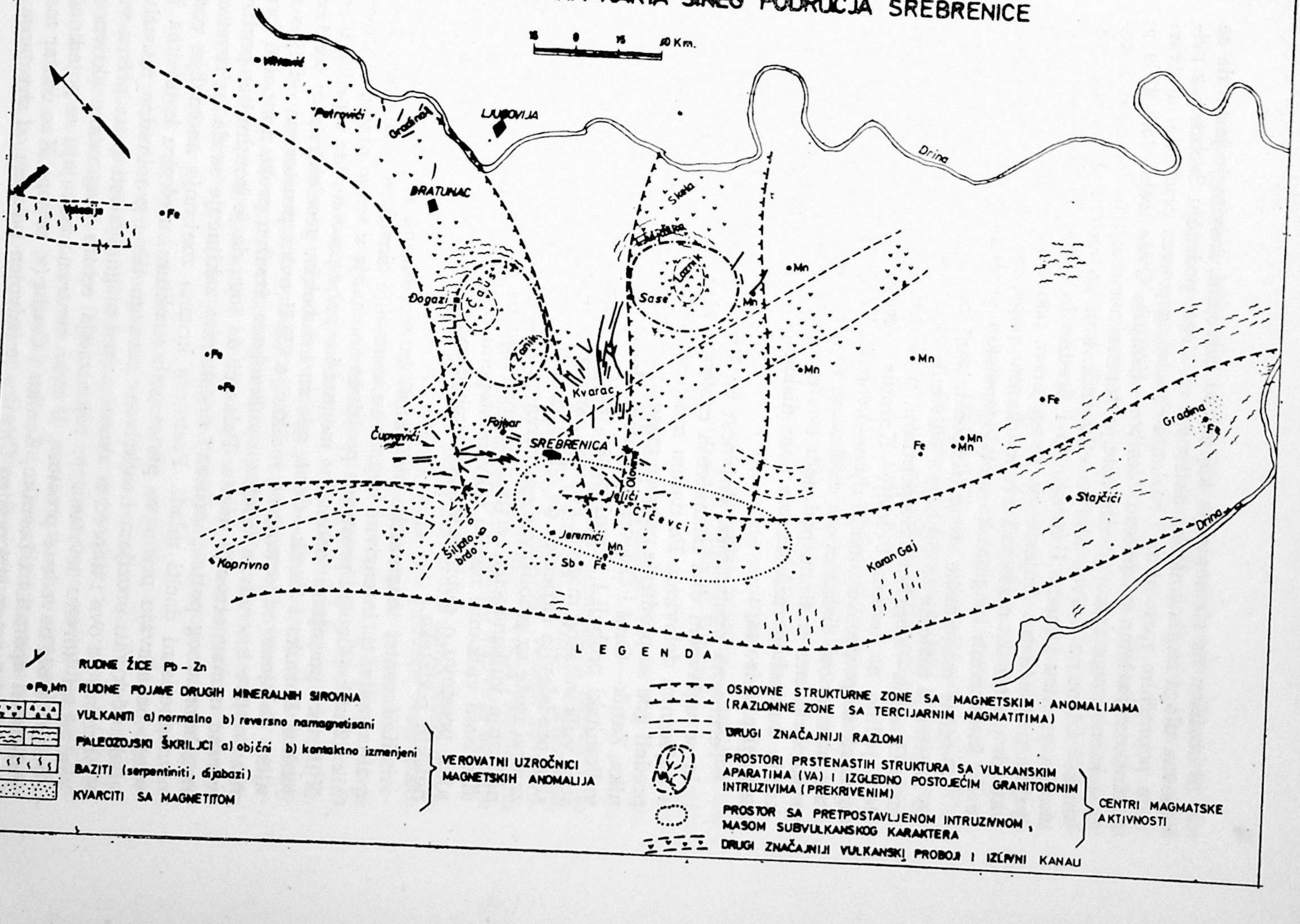
Na pravcu Gradina—Koprivno postojanje razloma, približno dinarskog pravca pružanja, proističe iz pojave bazita (dijabaza) i tercijarnih vulkanita duž zone većeg linijskog rasprostranjenja. Vrlo verovatno da ovaj razlom prestavlja perifernu dislokacionu zonu iz sistema dislokacija dubinskog razloma koji se prostire na pravcu Zlatibor—Konjuh. Ovaj dubinski razlom razgraničava paleozojsku oblast od paleozojsko-mezozojske, koje zajednički sačinjavaju Središnje Dinaride (7, 8).

Poprečna anomalna zona na pravcu Čičevci—Skela indicira razlomnu zonu, koju prevashodno markiraju intenzivne pojave tercijarnih vulkanita. Po rezultatima aeromagnetskih ispitivanja Zapadne Srbije ovaj se razlom pruža preko Bobije, u čijem širem području je posebno izražen efekat njegove aktivnosti kroz „raskidanje“ i veći bočni pomeraj anomalne zone na pravcu Maljen—Sokolske planine (7, 8).

Razlom na pravcu Jeremić—Vitkovići, takođe poprečan u odnosu na dinarski pravac pružanja, obeležava dotična anomalna zona sa pojavom tercijarnih vulkanita. I ovaj razlom ima svoj produžetak u Zapadnu Srbiju — na Boranju i dalje preko Prnjavora do Bogatića, gde su takođe utvrđene magnetske anomalije (7, 8).

Pored ove tri osnovne razlomne strukture na ispitanom terenu, na aeromagnetsko — strukturnoj karti (v. prilog) izdvojene su još neke značajnije dislokacije, čije postojanje proističe po anomalnim zonama nižeg reda.

AEROMAGNETSKA - STRUKTURNA KARTA ŠIREG PODRUČJA SREBRENICE



S obzirom na elemente po kojima su izdvojeni, sasvim je jasno da se osnovna uloga za magmatsku aktivnost na širem području Srebrenice pridaje poprečnim razlomima i razlomu dinarskog pravca pružanja, u stvari dubinskom razlomu na potezu Zlatibor—Konjuh. Ovde treba dodati da je za tektono-magmatsku predispoziciju terena nesumnjivo doprineo i dubinski razlcm na pravcu Maljen—Zvornik, koji po našem shvatanju prestavlja granicu između Unutrašnjih i Središnjih Dinarida. Dakle, zahvaljujući prevashodno činjenici da se na širem području Srebrenice sučeljavaju dva dubinska razloma i dve markantne poprečne razlomne zone, došlo je do intenzivnih magmatsko-metalogenetskih procesa na ovom prostcru.

Bazične magmatske stene (serpentinisani peridotiti, dijabazi) koristile su najstarije razlome za proboje i izlivanje. Dijabazi su se izlivali duž razloma Gradina—Koprivno. Serpentiniti, u okviru tretiranog područja utvrđeni jedino na terenu Velesije—Karaula, verovatno predstavljaju bočni ogranak serpentinske zone Maljen—Zvornik. To bi značilo da su kontrolisani perifernom dislokacijom dubinskog razloma Maljen—Zvornik, koja se preko Bratunca u širem području Povlena pripaja osnovnom snopu dislokacija dubinskog razloma; na delu dislokacije od Velesije ka jugoistoku serpentiniti izostaju.

Tercijarna magmatska aktivnost na širem području Srebrenice obavljala se uglavnom duž naznačenih razloma, ali sa različitim intenzitetom u pojedinim delovima. Po našem mišljenju centri ove aktivnosti, odnosno predeli gde su prodirale najveće mase magmatita bili su na prostorima Loznika, Zanik—Čauš i Čičevci (v. prilog). Pored njih postcje i drugi značajniji vulkanitski proboji i izlivni kanali, koji su doprineli postojećem prostranstvu vulkanitskog masiva. Polazna osnova za rejonizaciju vulkanitskog masiva predstavlja činjenica da odnos između lava i pircklastičnih produkata znatno raste sa približavanjem izlivnom kanalu a time i efektivno namagnetisanje vulkanogene serije i na uverenju da primarno nemagnetični ili alterisani vulkaniti nisu u takvom stepenu zastupljeni da bi suštinski menjali prestavu o dubinskom prostiranju magmatita, stečenu na bazi magnetskih podataka.

Kao centri magmatske aktivnosti interpretirana su markantna anomalna polja, tj. intenzivne negativne anomalije okružene pczitivnim (Loznik i Zanik—Čauš) i prostrana pozitivna anomalija u širem predelu Čičevci. Njihovom postojanju anomalno magnetsko polje posebno ide u prilog u rejonima Loznika i Zanik—Čauš, gde su i dubokim geoelektričnim sondiranjem dobijene odgovarajuće indikacije (5).U ovim prostorima odvijao se nesumnjivo intenzivan višefazni vulkanizam, izražen preko normalno i reversno namagnetisanih dacita. Polazeći od toga da je kontinuitet pczitivnog anomalnog polja „narušen“ negativnim zaključuje se da su reversno namagnetisani daciti mlađi. Postojeća kružna zoniranja anomalija verovatno označavaju prisustvo prstenastih struktura, u ckviru kojih ima izgleda očekivati erozijom neotkrivene nemagnetične granitoidne intruzive. S obzirom na ovo i napred istaknuti porast magnetičnosti stena prema vulkanitskom korenu izvršena je rejonizacija centra magmatske aktivnosti, cbuhvatajući navedene prostore. U ovim centrima izdvajaju se pojedinačni vulkanski aparati na Lozniku, Zaniku i Čaušu (v. prilog). Kao centar magmatske aktivnosti širi predeo Čičevca je izdvojen polazeći od shvatanja da

je na njemu prisutna relativno velika intruzivna masa subvulkanskog karaktera (delom rasprostranjena ispod paleozojskih škriljaca), kao izazivač dotične prostrane magmatske anomalije.

Drugi značajniji vulkanitski proboji i izlivni kanali izdvojeni su u predelima sa dominacijom anomalija pozitivnog znaka, u kojima se anomalije grupišu u zone većeg linijskog rasprostranjenja (v. prilog). Razumljivo ove vulkanitske strukture se nalaze u okviru razlomnih zona ili su neposredno na obodu ovih. Po stepenu kontinuiteta anomalija može se uslovno (pri usvojenim magmatskim karakteristikama vulkanita) suditi i o ostvarenom kontinuitetu prekrivenih masa dacita i andezita ispod tufova ili drugog pokrivača. Posebno je interesantno da na pravcu Jeremići—Vitkovići, tj. na poprečnom razlomu Srebrenica—Boranja postoji priličan kontinuitet u magmatitima, što izražava nesumnjivu povezanost ova dva područja u magmatsko-metalogenetskom smislu.

Van naznačenih vulkanitskih korenova, odnosno centara magmatske aktivnosti i drugih značajnijih vulkanitskih proboja i izlivnih kanala podrazumeva se da vulkanitske masive izgrađuju uglavnom izlivne ploče, piroklastiti ili daciti i andeziti koji bi praktično u celini bili alterisani.

Prema ranije iznetom shvatanju o prostranstvu i značenju pojedinih napred navedenih dubinskih razloma kao geoloških granica, proizilazi da ispitivani teren pripada paleozojskoj oblasti Središnjih Dinarida.

O rudno perspektivnim terenima

Na širem području Srebrenice od metaličnih mineralnih sirovina do sada su otkrivena orudnjenja olovo-cinka, mangana, gvožđa i antimona. Od njih su daleko najznačajnija olovo-cinkova, genetski vezana za tercijarni magmatizam, čija se eksploatacija vrši od davnina. Prema rezultatima dosadašnjih istraživanja od ranije poznate pojave ostalih sirovina nemaju većeg značaja.

Aeromagnetskim ispitivanjima direktno je indicirano samo jedno orudnjenje — pojava Fe na Gradini (v. prilog), koja pre provere magnetske anomalije nije bila poznata. Direktno indiciranje ostalih mineralnih sirovina nije se ni očekivalo, jer feromagnetične komponente izostaju ili je njihovo učešće nedovoljno za deformaciju magnetskog polja Zemlje. O eventualno rudno perspektivnim terenima u pogledu orudnjenja Mn i Sb, od kojih su prva predstavljena brojnim pojavama, ne može se ni indirektno suditi na bazi magnetskih podataka pošto se prostorno ne vezuju za strukture ispoljene na anomalnom magnetskom polju. Po pitanju terena sa olovo-cinkovim mineralizacijama dolazi se do vrlo interesantnih zapažanja u kontekstu izvršene geostrukturne rejonizacije, na osnovu aeromagnetskih podataka.

Direktno magnetski indicirana pojava Fe na Gradini utvrđena je prethodnom proverom dotične anomalije u sklopu istraživanja Fe u zapadnoj Srbiji. Naime, proveravajući aeromagnetske anomalije u rejonu B. Bašta usputno je proverena i ranije (1967. i 1976.) registrovana anomalija na Gradini, kao deo iste anomalne zone koja se prostire na obe strane Drine (8). Tom prilikom otkrivena je pojava magnetita u kvarcitima pa su stoga predložena detaljnija istraživanja terena Gradina. S obzirom na geotektonski

položaj i intenzitet, ima izgleda da je i anomalija najvišeg intenziteta na širem području Srebrenice (750 gama, Šiljato brdo) posledica uticaja kvarcita sa magnetitom. U svakom slučaju ovu anomaliju treba proveriti, može biti interesantna bar sa geostrukturnog aspekta. Odsustvo magnetskih anomalija na terenima sa od ranije poznatim rudnim pojavama Fe ukazuje da ove pojave sigurno nisu interesantne u pogledu sadržaja magnetita.

Postojeće, poznate rudne žice Pb—Zn raspoređene su sa malim izuzetkom izvan magnetskih anomalija. Najznačajnije od njih, one na pravcu Kvarac—Sase, nalaze se isključivo u mirnom polju, u prostoru između poprečnih anomalnih (razlomnih) zona. Po pravcu pružanja a u odnosu na izvedene (na bazi aeromagnetskih podataka) strukture, u lepezi rudnih žica zapaža se snop uz severoistočni bok razlomne zone Čičevci—Koprivno (žice Olovine—Fojher—Čumovići), zatim snop usmeren ka centru magmatske aktivnosti u širem rejonu Loznika (najznačajnije žice) i između njih rudne žice orijentisane ka vulkanskom aparatu Zanik, ka drugom centru magmatske aktivnosti (žice revira Vitlovac). Ishodište lepeze smešteno je na prostoru presecišta tri osnovna razloma, na području Olovine—Jelići.

Zapaženi prostorni odnos između poznatih rudnih žica Pb—Zn i pomenutih struktura može svakako predstavljati jedan važan oslonac u oceni rudne perspektivnosti pojedinih delova terena. On bi čak mogao biti i odlučujući ukoliko bi bili sigurni da poznate žice verno odražavaju prostornu zakonitost u distribuciji orudnjenja u Srebreničkoj vulkanskoj oblasti. U drugom slučaju selekcija rudnoperspektivnih terena kroz aeromagnetske podatke, preko izvedenih struktura mogla bi da ima šire obeležje.

Usvajajući uočenu vezu kao zakonitost proizilazi:

— Osnovni rudonosni čvor nalazi se u presecištu razlomnih zona u domenu pretpostavljene intruzivne mase subvulkanskog karaktera (Olovine—Jelići), te kao takav zaslužuje pažnju intenzivnih istraživanja.

— Istraživanje rudnih žica na pravcu Kvarac—Sase treba proširiti prema severu, obuhvatajući anomaliju Ljuljaška (moguća pojava i drugih sirovina) i deo prostora označenog kao centar magmatske aktivnosti.

— Rudne žice orijentisane prema Zaniku ima opravdanja istraživati do Zanika, a zavisno od dobijenih rezultata i dalje, uključujući rejon Čauša i deo terena sa magnetskom anomalijom Djogazi (moguća pojava i drugih sirovina).

— Istraživanje rudnih žica uz razlom dinarskog pravca pružanja treba, osim navedenog dela Olovine—Jelići, prvenstveno usmeriti na teren jugoistočno od Olovina, u pojasu pretpostavljene intruzivne mase subvulkanskog karaktera. S obzirom na karakter anomalnog magnetskog polja, odnosno formu magmatizma na području Fojhar—Čumovići, izgleda da ovaj prostor nije u većem stepenu rudno interesantan.

Ukoliko se prihvati mogućnost da su ekonomski značajna orudnjenja deponovana i van do sada utvrđenih rudnih zona, što izgleda sasvim realno, tada proističe da bi poluregionalnim istraživanjima trebalo obuhvatiti i šire prostore označene kao centre magmatske aktivnosti, kao i terene u domenu drugih značajnijih vulkanskih proboja i izlivnih kanala.

U prednjem podrazumevamo da pri istraživanju terena u pravcu vertikale treba obuhvatiti deo do eksploataciono ekonomičnog nivoa, primenjujući adekvatne metode i metodolcgiju. S tim u vezi bilo bi celishodno preispitati značenje i upotrebljivost podataka ranijih geoelektričnih ispitivanja.

(Primljeno 20. IV 1979)

LITERATURA

1. Grupa autora, 1965: OGK SFRJ i Tumač, list Valjevo. ZGGI, Beograd.
2. Grupa autora, 1967: OGK SFRJ i Tumač, list Ljubovija. Geoinženjering, Sarajevo.
3. Grupa autora, 1971: OGK SFRJ i Tumač, list T. Užice. ZGGI, Beograd.
4. Čobić T., 1975: Elaborat proračuna rudnih rezervi. Fond stručne dokumentacije Rudnika Srebrenica.
5. Korolija M., 1977: Geofizička (geoelektrična) ispitivanja na području Srebrenice. Fond stručne dokumentacije IGRI, Beograd.
6. Ramović M., 1963: Rudne parageneže u oblasti Srebrenice (istočna Bosna). Geološki glasnik, posebna izdanja, knj. I, Sarajevo.
7. Vukašinović S., 1976: Anomalno magnetsko polje i geološka građa Unutrašnjih Dinarida (na bazi aeromagnetskih podataka). Posebna izdanja IGRI, knj. 5, Beograd.
8. Vukašinović S., 1977: Geostrukturni sklop i rudno perspektivni tereni Zapadne Srbije kroz podatke aeromagnetskih ispitivanja. Zbor SGD, Beograd.
9. Vukašinović S., 1977: Izveštaj o aeromagnetskim ispitivanjima na širem prostoru Srebreničke vulkanske oblasti. Fond stručne dokumentacije IGRI. Beograd.

Summary

THE RUPTURES, CENTRES OF MAGMATIC ACTIVITY, AND THE PROSPECTIVE ORE-BEARING TERRAINS IN THE SREBRENICA AREA, AS INDICATED BY THE AEROMAGNETOMETRIC DATA

by

Slobodan Vukašinović

The data obtained by the aeromagnetometric survey over the Srebrenica volcanic area have materially improved the understanding of some of geostructural problems and have helped in delineating the prcspective ore-bearing terrains. The most important contribution to structural geology represents the determination of some important ruptures and the areas which represented, most probably, the places of intrusicn and effusion of the major masses of Tertiary magmatic rocks (the centres of magmatic activity). The interpretation of aeromagnetometric data has also helped indirectly in indicating the potential ore-bearing areas, as related to new geostructural data.

(Received 20. IV 1979)

R A D O V I Geoinstituta, knjiga 13., god. 1979.
Beograd, Rovinjska ul. 12.

Slobodan Vukašinović

UDK 551.24+622.1 : 550.83 (497.11)

GEOSTRUKTURNA REJONIZACIJA I SELEKCIJA RUDNO PERSPEKTIVNIH TERENA ŠIREG PODRUČJA SURDULIČKOG GRANODIORITSKOG MASIVA NA OSNOVU VISOKOPRECIZNIH AEROMAGNETSKIH PODATAKA

(sa 1 prilogom)

U ovom radu prikazana je konfiguracija i interpretacija anomalnog magnetskog polja Surduličkog granodioritskog masiva. Determinisani su značajni razlomi, koji su bitno uticali na razvoj magmatskih i metalogenetskih procesa, izdvojeni su prostori gde se mogu očekivati prekrivene intruzivne mase i koreni delovi otkrivenih vulkanitskih masa, i označeni su tereni gde prvenstveno treba istraživati rudna ležišta.

Visokoprecizna aercmagnetska ispitivanja na širem području Surduličkog granodioritskog masiva, površine 1261 km², izvedena su 1977. godine u okviru kompleksnih geološko-geofizičkih istraživanja koja se nekoliko zadnjih godina vrše u cilju istraživanja mineralnih sirovina. Pred aeromagnetska ispitivanja postavljeni su zadaci geološko-strukturnog karaktera a s tim u vezi i selekcija rudno perspektivnih terena, na indirektan način, jer se na ispitanom terenu nalaze i očekuju rudna ležišta sa neznatnim učešćem feromagnetičnih minerala, nedovoljnim za direktno magnetsko indiciranje.

Ovaj teren je aeromagnetski ispitivan i 1963. godine, u sklopu istraživanja ležišta gvožđa na teritcriji JI Srbije (7). Tadašnja merenja magnetskog polja iz vazduha izvršena su uređajem vrlo niske osetljivosti (svega 20 gama), po maršrutama međusobno udaljenim 500 m a na prosečnoj relativnoj visini leta od 80 m. Ispitivanja je pratila i prethodna provera anomalija, koja se sastojala u gecloškoj prospekciji i ređe magnetskim merenjima na zemlji uz grubu odredbu magnetičnosti stena. Reinterpretacija ovih ranijih aeromagnetskih podataka izvršena je 1973. godine, u kontekstu podataka u međuvremenu obavljenog kartiranja za OGK i izvršenih istraživanja na nekim rudnim pojavama. Potreba ponovnih aeromagnetskih ispitivanja proistekla je iz činjenice da se sada raspolaže visokoosetljivim aeromagnetometrom, sa kojim se postižu podaci koji mogu biti od posebnog značaja pri istraživanju rudnih ležišta sa slabim učešćem feromagnetičnih minerala.

Visckoprecizna aeromagnetska merenja izvedena su iz aviona AN-2 po maršrutama pravca zapad—istok, čije je međusobno rastojanje iznosilo 500 m. Avion je u letu sledio osnovne morfološke oblike, održavajući pro-

---

[1] Geoinstitut, Beograd.

sečnu relativnu visinu od cko 200 m. Za merenje totalnog intenziteta Zemljinog magnetskog polja korišćen je visokoosetljivi (0,1 gama) aeromagnetometar G-803HP.

Konfiguracija anomalnog magnetskog polja

Shodno stepenu javnosti geomagnetskih podataka, anomalno magnetsko polje na datom prilogu prikazano je izoanomalama ΔT intenziteta sa minimalnom ekvidistancom 50 gama. Kao dopunska informacija o konfiguraciji polja na prilogu su označene i ose anomalija nižeg intenziteta. Potpune aeromagnetske karte, razmere 1 : 50.000 i 1 : 200.000, nalaze se uz izveštaj o izvršenim ispitivanjima (10).

Prema podacima visokcpreciznih aeromagnetskih ispitivanja proizilazi da je magnetsko polje Zemlje ispitanog terena znatno poremećeno kako po intenzitetu tako isto i po prostoru koga anomalije zauzimaju. Ekstremne merene vrednosti ΔT intenziteta su — 40 i 893 gama. Pc anomaličnosti vidno je izražen središni deo terena meredijalnog pravca pružanja severno od r. Pčinje i pravca SZ—JI južno od nje, sa anomalijama intenziteta preko 100 gama. Ovaj pojas intenzivnih anomalija ima veliko prostranstvo i po pružanju i po širini. Praktično sve izcanomale ΔT ocrtavaju njega, sa izuzetkom jasno individualisanog anomalnog polja u širem rejonu Vladičinog Hana i anomalne zone na krajnjem SI delu aeromagnetski ispitanog terena.

U osnovnom anomalncm pojasu mogu se po konfiguraciji anomalnog polja izdvojiti tri dela: severni — severno od Mačkatice, centralni — između Mačkatice i r. Pčinje i južni deo — južno od r. Pčinje.

Severni deo izražen je preko anomalnih zona na pravcima Mlačište—Dobropoljska M. i Vlasinskc jezero—Crna Trava koja se uz određeni diskontinuitet produžava na anomalnu zonu kod Dobrog polja. Na obe zone maksimumi ΔT intenziteta dostižu vrednosti oko 200 gama. Zapadna zona ima veću širinu i sa njenim isklinjavanjem kod Dcbropoljske M. praktičnno se završava prema severu i osnovni anomalni pojas, koga kako je navedeno odlikuje znatna širina.

Centralni deo osnovnog anomalnog pojasa, između Mačkatice i r. Pčinje, karakteriše zoniranje maksimuma u vidu „osmice". Izcanomale ΔT intenziteta jasno ocrtavaju dve zone maksimuma meridionalnog pravca koje se na severu i jugu (širi rejon Surdulice i predeo Novi Glog—Radovnički r.) spajaju preko anomalija pravca istok—zapad. Preko maksimuma na pravcu Crni Vrh—Besna Kobila „spcjene" su i na međuprostoru što doprinosi utisku o konfiguraciji polja u vidu „osmice". Intenzitet anomalija na „osmici" varira od 200 do 893 gama; maksimum ΔT intenziteta registrovan je kod Gromade, koji istovremeno predstavlja maksimum ΔT na čitavom ispitivanom području.

Ancmalno polje na prostoru južno od r. Pčinje ima opšti intenzitet preko 100 gama kao i prethodna dva dela osnovnog pojasa. Međutim, za razliku od njih odlikuje ga pojava prostorno manjih maksimuma, mahom izometrične forme, za koje bi se na prvi pogled mcglo reći da su raspoređeni tu i tamo, bez jasno izraženog grupisanja u zone. Pažljivim praćenjem toka izoanomala zapaža se na pravcima Padište—Surlica i Radovni-

ca—Karamanica određena zonarnost u pojavi anomalija. U pitanju su pravci koji se upravc mogu smatrati kao jugoistočni nastavci istočne i zapadne zone maksimuma napred opisane „osmice".

Anomalno polje u širem rejonu Vladičinog Hana izraženo je sa pozitivnom anomalijom kod Džepa, koju lučno obuhvata zcna negativne anomalije. U ovom anomalnom polju maksimum ΔT ima vrednost 180 gama a minimum — 35 gama.

Na krajnjem severoistočnom delu aeromagnetski ispitanog terena ističe se ancmalna zona na pravcu Ržanska mahala—Livađe, sa maksimumima od 100 i 120 gama.

Upoređujući prikazanu konfiguraciju anomalnog magnetskog polja sa ranije utvrđenom, aeromagnetskim ispitivanjima 1963. godine, može se konstatovati globalna podudarnost. To je razumljivo s cbzirom da osnovnu crtu anomalnom polju daju anomalije intenziteta preko 100 gama. Slabije magnetične strukture, koje bi se mogle ispoljiti samo na bazi visokopreciznih pcdataka, su malobrojne. Međutim, kao što će se dalje videti i ovo saznanje koje eliminiše određene dileme geostrukturnog karaktera (npr. pitanje prisutnosti slabije magnetičnih magmatita) i druge izvučene geološke informacije iz novodobijenih detalja konfiguracija anomalnog polja u potpunosti opravdavaju pcnovo izvršena aeromagnetska ispitivanja, sa visoko osetljivim uređajem.

Litološka priroda uzročnika anomalija

Kao što je u uvodu navedeno, prethodna provera anomalija vršena je iste godine kad i ranija aeromagnetska ispitivanja — 1963. godine. Tada prikupljeni podaci provere (7) uz pcdatke OGK i opšte poznavanje magnetskih karakteristika stena, su osnov i za sadašnje tumačenje litološke prirode uzročnika anomalija.

Anomalno magnetsko polje ispitanog terena posledica je uticaja Surduličkog granodiorita sa kcntaktno izmenjenim stenama, tercijarnih vulkanita — dacita, andezita i kvarclatita, bazita — amfibolita, gabrova i serpentinita kao i kristalastih škriljaca sa impregnacijama magnetita. Skoro sve ove stene otkrivene su u recentnom erozionom nivou, pa je otuda vidna prostorna koincidencija anomalija i magnetoaktivnih stena. Ima izgleda da su bar neke anomalije, uglavnom sa kontaktnog pojasa granodiorita, izazvane i prekrivenim tercijarnim vulkanitima. Ovo predstavlja dodatno saznanje u odnosu na ono što se vidi na površini terena a što mcže imati veoma značajne metalogenetske implikacije. Naše shvatanje o litološkoj prirodi uzročnika pojedinih anomalija grafički je iskazano na priložencj aeromagnetsko-strukturnoj karti.

Posmatran u celini, osnovni anomalni pojas, anomalije na pravcu Ruplje—Mačkatica—r. Pčinja—Karamanica, izazvali su uglavnom granodioriti sa kontaktno izmenjenim stenama i tercijarni vulkaniti, koji predstavljaju strukturnu i metalogenetsku ckosnicu ispitanog terena.

Severni deo osnovnog anomalnog pojasa uslovili su tercijarni vulkaniti — anomalnu zonu na pravcu Mlačište—Dobropoljska M. sa izuzetkom anomalije na Mlačištu koju su izazvali serpentiniti, zatim kristalasti škriljci

sa impregnacijama magnetita — anomalijsku zonu Vlasinsko jezero—Crna Trava i serpentiniti anomaliju intenziteta od 170 gama jugozapadno od Crne Trave.

Centralni deo osnovnog anomalnog pojasa, odnosno anomalije između Mačkatice i r. Pčinje koje su raspoređene u formi „osmice", izazvali su Surdulički granodioriti sa kontaktno izmenjenim stenama, daciti, kvarclatiti i baziti (amfiboliti, hibridne stene bazičnog sastava). Uticaj granodiorita sa kontaktno izmenjenim stenama ispoljen je činjenicom da anomalije vidno prate periferni pojas granodioritskog masiva i njegov obod. U nekim predelima i uticaj vulkanita jasno proističe iz prostorne koincidencije sa anomalijama ili delovima anomalija. Ima izgleda da je magnetičnost granodiorita i stena kontaktnog omotača delom uslovljena kasnijom magmatskom aktivnošću, te da dve napred opisane anomalne zone meridionalnog pravca i anomalne zone poprečnog pravca, koje u celini ocrtavaju polje forme „osmice", mestimično markiraju potencijalne prostore sa tercijarnim vulkanitskim probojima. To bi bili prostori sa maksimumima ΔT, gde po proračunu (Ž. D i k i ć) dubine do osnovnih masa uzročnika iznose 200 do 1000 m ispod površine terena a gde nisu ustanovljene niti se očekuju veće mase bazita, stena poznatih po višem magnetskom susceptibilitetu.

Anomalno polje na prostoru južno od r. Pčinje posledica je uticaja kvarclatita i amfibolita. Kvarclatiti su izazvali delimično sagledljive anomalne zone na pravcima Padište—Surlica i Radovnica—Karamanica, zatim anomalije severno od Lešnice i u rejonu Carske doline, kao i neka povećanja ΔT severno od Karamanice. Amfiboliti su uslovili anomalije severno od linije Golemi Vis—Bistarska pl.

Anomalno polje u širem rejonu Vladičinog Hana izazvano je andezitima.

Anomalne zone na potezu Ržanska mahala—Livađe, koja se nalazi na krajnjem severoistočnom delu ispitanog terena, posledica je uticaja kristalastih škriljaca sa impregnacijama magnetita.

Strukturno značenje anomalnog polja

Na osnovu ustanovljene konfiguracije anomalnog magnetskog polja i napred iznete litološke prirode uzročnika proističu određena saznanja po pitanju geostrukturnog sklopa ispitanog terena. Naime, na bazi aeromagnetskih podataka izdvojene su značajnije razlomne strukture i određeni su prostori gde se ispod površine terena mogu očekivati značajniji vulkanitski proboji, koji nemaju izdanaka ili ih imaju ali u manjem obimu. Naravno, u vezi sa ovim sagledavaju se i određene metalogenetske implikacije anomalnog polja, o kojima će biti reči u narednom poglavlju.

Na širem području Surduličkog granodioritskog masiva najmarkantnija razlomna struktura jeste razlomna zona Ruplje—Mačkatica—r. Pčinja (v. prilog), koja je bila izdvojena i na bazi podataka ranije izvršenih aeromagnetskih ispitivanja (9). Prostire se i van granica ispitanog terena, preko Sasa—Toranice na jugu i r. Vlasine na severu. Prate je mestimične pojave bazita što ukazuje da je u pitanju duboka razlomna zona, koja dopire u donji deo zemljine kore. Kao takva imala je presudan značaj za intruziju

Surduličkog granodiorita, a takođe i za pojavu drugih magmatita koje direktno ne kontroliše. Posebno značajnu ulogu ova razlomna zona je imala u tercijaru u razvoju vulkanske aktivnosti i stvaranju rudnih ležišta.

Zahvaljujući visokoj tačnosti novodobijenih aeromagnetskih podataka, koji su u odnosu na ranije doprineli detaljnijem upoznavanju konfiguracije anomalnog polja, u razlomnoj zoni se sagledavaju dislokacije koje kontrolišu tercijarne vulkanite. To su periferne dislokacije, koje konvergirajući ka severu ograničavaju razlomnu zonu sa zapada i istoka. Osim duboke razlomne zone na bazi aeromagnetskih podataka izdvojene su i neke poprečne dislokacije, koje su takođe poslužile kao putevi proboju tercijarnih vulkanita (Mačkatica—Bitvrđa, Crni Vrh—Besna Kobila, Novi Glog—Radovnički R.).

Pojava vulkanskih proboja na ovim razlomima mestimično je vidljiva na terenu, po geološkoj karti. Međutim, postojanje proboja proističe uglavnom iz anomalnog polja i iznetog shvatanja da je magnetičnost granodiorita i stena kontaktnog omotača delom uslovljena vulkanitima, u prostorima gde osnovne mase uzročnika zaležu ispod površine terena a gde praktično nisu utvrđeni niti se očekuju baziti poznati inače po svojoj magnetičnosti. Ovo se shvatanje zasniva na činjenici da se zone maksimuma ΔT u određenim rejonima prostiru i nešto dalje od kontakta i to preko najverovatnije nemagnetičnih stena (granitoidi Dogance, škriljci na potezu Novi Glog—Radovnički R. i dr.) i da zone maksimuma meridijanalnog pravca (sa zapadnog i istočnog oboda granodiorita) imaju veoma vidno izražen produžetak u pravcu juga na dve otkrivene zone vulkanita na pravcima Gizdavac—Manastirska Njiva i Radovnički R.—Karamanica.

Uzimajući u obzir sve napred navedeno, na aeromagnetsko-strukturnoj karti (v. prilog) izdvojili smo prostore gde se sa velikim stepenom verovatnoće mogu očekivati prekriveni ili delimično otkriveni proboji tercijarnih vulkanita, tj. vulkanitske mase koje imaju veće podpovršinsko rasprostranjenje. Ustvari, izdvojili smo prostore u kojima se po našem mišljenju nalaze relativno manje intruzivne mase subvulkanskog ili hipoabisalnog karaktera. Svakako da ovakve intruzivne mase ne treba očekivati na delovima terena gde nema anomalija, jer se pokazalo da su vulkaniti sa ispitanog područja magnetični bar u pojedinim delovima. Opšte je poznato da magnetičnost najčešće karakteriše korene delove vulkanita, odnosno da sniženo anomalno polje odgovara uglavnom izlivnim pločama, pirioklastima ili hidrotermalno izmenjenim vulkanitima. Saglasno ovome na aeromagnetsko-strukturnoj karti izdvojeni su i koreni delovi otkrivenih relativno većih vulkanitskih masa na površini terena (Ruplje, Mačkatica, Surdulica, Karamanica). Ostali delovi površinskih vulkanitskih masa predstavljali bi uglavnom izlivne ploče, pretpostavljajući da udeo hidrotermalno izmenjenih vulkanita nije u tom stepenu da bi bitnije menjao predstavu o dubinskom prostiranju vulkanita na bazi magnetskih podataka.

Iz prostranstva magmatita u recentnom erozionom nivou i izdvojenih — obeleženih prostora gde se mogu očekivati prekriveni proboji tercijarnih vulkanita, proizilazi da je intenzitet magmatske aktivnosti slabio idući u pravcu severa i juga od područja Surduličkog granodioritskog masiva. Ovo područje bilo je zahvaćeno ne samo granodioritskom intruzijom već i kasnijim vulkanitskim probojima. Kao što je napred navedeno, i granodiori-

tima i vulkanitima osnovni put ka površini terena predstavljala je razlomna zona na pravcu Ruplje—Mačkatica—r. Pčinja. Za pojavu vulkanita osim ovoga razloma, posebno predisponiranog za magmatsku aktivnost duž oboda granodiorita, značajnu ulogu imale su i poprečne dislokacije. Presecišta poprečnih dislokacija sa dubokim razlomom predstavljaju pretežno prostore sa probojima tercijarnih vulkanita, a usko vezano sa tim i terene gde su se odvijali najintenzivniji metalogenetski procesi.

O rudno perspektivnim terenima

Na aeromagnetski ispitanom terenu do sada su otkrivene mnogobrojne rudne pojave različitih mineralnih sirovina — Pb, Zn, Mo, Cu, Fe, W, Au (v. prilog). Od njih su najznačajnija orudnjenja Pb—Zn, Mo i Cu, posebno Pb—Zn koja se za sada jedino eksploatišu (Blagodat).

Aeromagnetskim merenjima direktno su indicirane samo pojave Fe-impregnacije magnetita u kristalastim škriljcima severno od Vlasinskog jezera. Direktno indiciranje ležišta ostalih mineralnih sirovina nije se ni očekivalo, jer u njima feromagnetični minerali izostaju ili se javljaju u obimu nedovoljnom za deformaciju magnetskog polja Zemlje, čak ni u stepenu merljivim sa tako visoko osetljivim magnetometrom kao što je u ispitivanjima primenjen. Međutim, u kontekstu izvršene strukturne rejonizacije na bazi aeromagnetskih podataka izdvojeni su rudno interesantni tereni i u pogledu ovih sirovina.

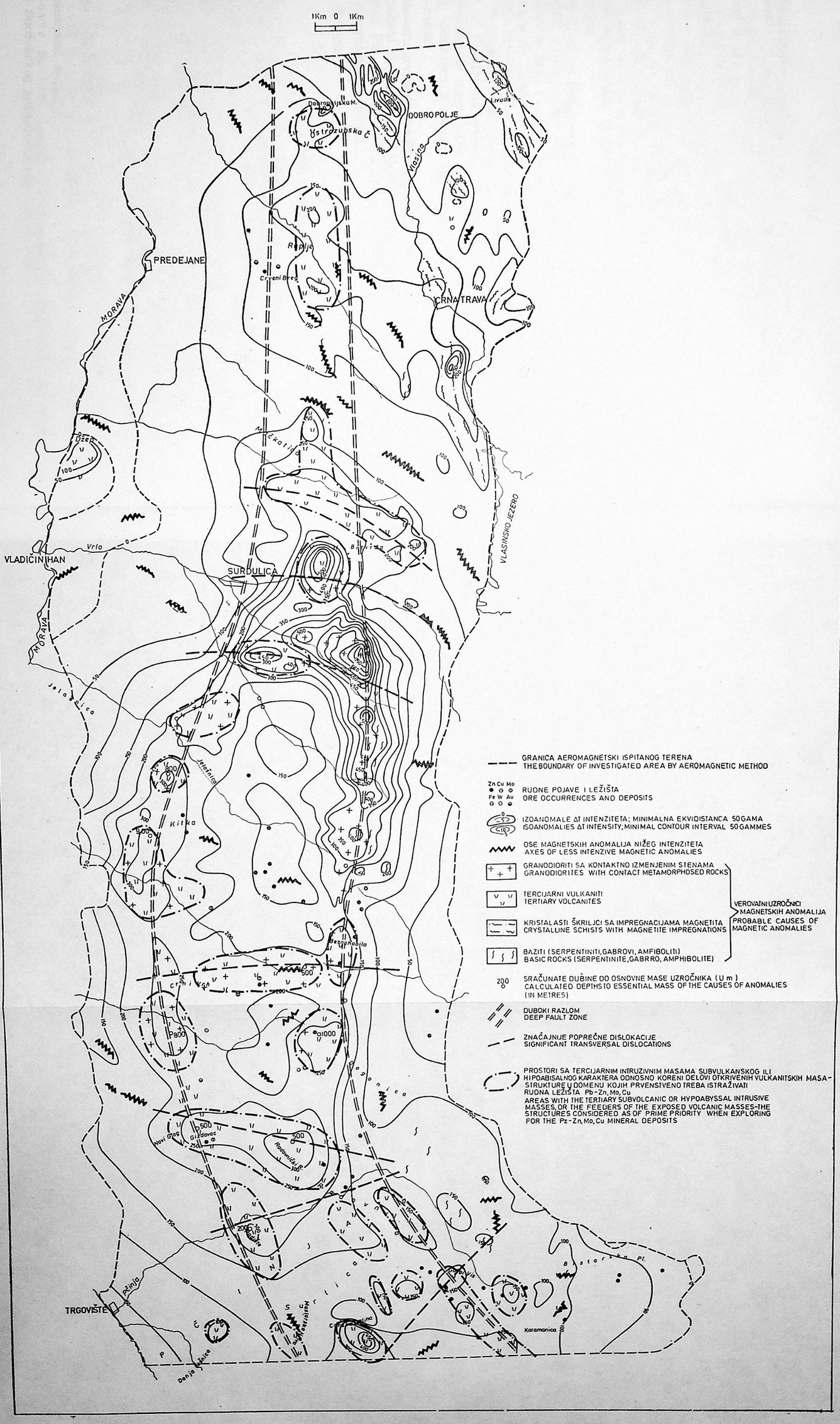
Direktno magnetski indicirane pojave magnetitskih impregnacija u kristalastim škriljcima, markirane anomalnim zonama na pravcima Vlasinsko jezero—Crna Trava i Ržanska Mahala—Livađe, nisu ekonomski interesantne. Magnetitske impregnacije su u pojedinim delovima istraživane i pre aeromagnetskih ispitivanja izvršenih 1963. godine, a u celini istraživanja su izvedena i posle, sledeći podatke tih aeromagnetskih ispitivanja.

Selekcija rudno interesantnih terena u pogledu sulfida i drugih mineralnih sirovina izvršena je bazirajući se prvenstveno na prostornom odnosu razloma, magmatita, do sada otkrivenih rudnih pojava i magnetskih anomalija. Činjenica je da se sva značajnija orudnjenja nalaze u prostoru proboja tercijarnih vulkanita i da su deponovana u pojasu dubokog razloma i to najčešće u širem domenu presecišta sa poprečnim razlomima. S obzirom na to i napred navedeno, u vezi prostorne povezanosti vulkanita i magnetskih anomalija, proizilazi da se orudnjenja nalaze u strukturama koje su u celini ili delimično ispoljene na anomalno polje. Prostori gde se po aeromagnetskim podacima ne mogu očekivati vulkaniti, bez anomalija su, predstavljali bi delove terena sa neznatnim izgledima u pogledu rudonosnosti.

Saglasno prednjem, izdvajanjem prostora sa vulkanitskim probojima, na aeromagnetsko-strukturnoj karti (v. prilog) ujedno su označeni i tereni gde prvenstveno treba istraživati Pb—Zn, Mo, Cu i druga orudnjenja vezana za tercijarni magmatizam. Prema do sada ustanovljenoj zakonitosti u prostornoj distribuciji pojedinih mineralnih sirovina, na izdvojenim rudno interesantnim terenima duž perifernih dislokacija dubokog razloma Ruplje—r. Pčinja treba očekivati uglavnom orudnjenja Pb—Zn a na onim duž poprečnih dislokacija u domenu Surduličkog granodioritskog masiva i Mo i Cu, prvenstveno na delovima uz uzdužnu osu granodioritskog masiva.

AEROMAGNETSKA-STRUKTURNA KARTA ŠIREG PODRUČJA SURDULIČKOG GRANODIORITSKOG MASIVA

AROMAGNETIC-STRUCTURAL MAP OF SURDULICA GRANODIORITE MASSIF AND SURROUNDING AREA



ZAKLJUČAK

1. Aeromagnetska ispitivanja na širem području Surduličkog granodioritskog masiva izvedena su 1977. godine u cilju geološko-strukturnog rejoniranja i selekcije rudnoperspektivnih terena. Merenja totalnog intenziteta Zemljinog magnetskog polja izvršena su primenom visokoosetljivog protonskog aeromagnetometra, pri međumaršrutnom odstojanju 500 m i prosečnoj relativnoj visini leta od oko 200 m.

2. Na osnovu dobijenih aeromagnetskih podataka proizilazi da je magnetsko polje Zemlje na ispitanom području znatno poremećeno, naročito središni deo terena na pravcu Ruplje—Mačkatica—r. Pčinja. Ekstremne merene vrednosti ΔT intenziteta su — 40 i 893 gama. Anomalije su izazvane Surduličkim granodioritima sa kontaktno izmenjenim stenama, zatim tercijarnim vulkanitima, bazitima i kristalastim škriljcima sa impregnacijama magnetita.

3. Bazirajući se na ustanovljenoj konfiguraciji anomalnog magnetskog polja i litološkoj prirodi uzročnika anomalija determinisane su značajnije razlomne strukture, koje su imale presudan značaj za magmatske i metalogenetske procese na širem području Surduličkog granodioritskog masiva. Najmarkantnija od njih jeste duboka razlomna zona Ruplje—Mačkatica—r. Pčinja, koja se prostire i van granica ispitanog terena, preko Sasa—Torasnice na jugu i r. Vlasine na severu. Izdvojeni su prostori gde se sa velikim stepenom verovatnoće mogu očekivati intruzivne mase subvulkanskog ili hipoabisalnog karaktera a takođe izdvojeni su i koreni delovi otkrivenih vulkanitskih masa.

4. U kontekstu izvršene strukturne rejonizacije na bazi aeromagnetskih podataka označeni su rudno interesantni tereni, prostori gde prvenstveno treba istraživati Pb—Zn, Mo, Cu i druga orudnjenja prostorno i genetski vezana za tercijarni magmatizam.

(Primljeno 20. IV 1979)

LITERATURA

1. Cukućanin M. i dr. 1973: Izveštaj o regionalnim istraživanjima Surduličkog eruptivnog masiva. FSD Geoinstituta, Beograd.
2. Cukućanin M. i dr. 1975: Izveštaj o regionalnim istraživanjima Surduličkog eruptivnog masiva. Ibid.
3. Cukućanin M., 1978: Izveštaj o istraživanju bakra u oblasti Surduličkog eruptivnog masiva na lokalnostima Kućišnjak i Crveni breg.
4. Grupa autora, 1966: OGK SFRJ i tumač, list Trgovište. ZGGI, Beograd.
5. Grupa autora, 1968: OGK SFRJ i Tumač, list Vlasotince, ZGGI, Beograd.
6. Simić M., 1978: Izveštaj o istraživanju olova, cinka i molibdena na lokalnosti Novi Glog u 1977. godini FSD Geoinstituta, Beograd.
7. Vukašinović S., 1963: Izveštaj o aeromagnetskim ispitivanjima JI Srbije. Ibid.
8. Vukašinović S., 1968: Prikaz i geološka interpretacija anomalnog magnetskog polja (ΔT) JI Srbije. Radovi IGRI, sv. 4, Beograd.
9. Vukašinović S., 1973: Reinterpretacija aeromagnetskih podataka JI Srbije. FSD Geoinstituta, Beograd.
10. Vukašinović S., 1978: Izveštaj o aeromagnetskim ispitivanjima na širem području Surduličkog granodioritskog masiva. Ibid.

Summary

GEOSTRUCTURAL SUBDIVISION AND SELECTION OF POTENTIAL MINERALIZED AREAS IN GRANODIORITIC MASSIF OF SURDULICA AND THE SURROUNDING REGIONS, BASED ON DATA OBTAINED BY HIGHLY SENSITIVE AIRBORNE MAGNETOMETER

by

Slobodan Vukašinović

The airborne magnetometric investigations of granodioritic massif of Surdulica and the surrounding areas were conducted in 1977; the tasks of these investions were the geological and structural subdivision, and the selection of the pctencial ore bearing areas. The total Earth's magnetic field was measured by a highly sensitive proton magnetometer (0.1 gammas); the flight-lines were spaced by 500 m, and the average relative altitude was 200 m.

The airborne magnetometric data indicate the appreciable disturbances in the magnetic field, particularly in the central parts of investigated area, along the Ruplje—Mačkatica—River Pčinja line, with extreme ΔT intensity values of — 40 and 893 gammas. The anomalies are produced by the contact — metamorphic envelope of Surdulica granodicrite, the Tertiary volcanites, basic rocks, and the crystalline schists with the magnetite impregnations.

Based on the configuration of the anomalious magnetic field and the lithological nature of these anomalies, the most important rupture-type structures, which played the major role in magmatic and metallogenetic processes in and around the Surdulica granodiorite massif, were delineated. The most important here is the deep ruptured zone Ruplje—Mačkatica—River Pčinja, which extends well beyond the investigated area, i.e., southwards across the Sase and Tcranica, and northwards across the Vlasina River. The areas where, with a high degree of probability, the subvolcanic or hypoabyssal intrusive bodies and the roots of exposed volcanic mases can be expected, were delineated.

In addition to structural subdivision, the airborne magnetometric data have alsc helped in the selection of the potential areas where the lead-zinc, molybdenum, copper and other mineralization, spatially and genetically related to Tertiary magmatic activity, can be expected.

(Received 20. IV 1979)

R A D O V I Geoinstituta, knjiga 13., god. 1979.
Beograd, Rovinjska ul. 12.

Slobodan Vukašinović UDK 552.2 : 622.1 497.11)

RASPROSTRANJENJE TIMOČKE ZONE MAGMATITA KA JUGOISTOKU, STEPEN KONTINUITETA MAGMATITA ISPOD SEDIMENTNOG POKRIVAČA I TERENI GDE SE MOGU OČEKIVATI SKRIVENA RUDNA LEŽIŠTA

(sa 1 prilogom)

Aeromagnetskim ispitivanjima, koja su 1978. g. izvršena u okviru regionalnih geološko-geofizičkih ispitivanja SR Srbije, obuhvaćen je i veći deo Karpato-balkanida gde se ispod sedimentnog pokrivača očekuje mogući produžetak „Timočkog eruptivnog masiva“, odnosno Timočke zone magmatita* ka jugoistoku, od Bučja do granice sa Bugarskom. Zahvaljujući visokoj preciznosti uređaja sa kojim su merenja ostvarena, na bazi dobijenih aeromagnetskih podataka moguće je ustanoviti granice Timočke zone magmatita, njeno rasprostranjenje prema jugoistoku i stepen kontinuiteta magmatita ispod mezozojskog i tercijarnog sedimentnog pokrivača, a s tim u vezi i označiti rudno interesantne terene, prostore gde ima osnova očekivati „slepa“ rudna ležišta (Cu i dr.). Produžetak Timočkih magmatita ka jugoistoku ranije se samo uopšteno pretpostavljao, granice zone magmatita nisu obeležavane. Jugoistočno od Timočkog eruptivnog masiva površinske pojave magmatita, one dostupne geološkom osmatranju, su malobrojne i po njima se ne može dokumentovano suditi o stvarnom učešću magmatita u građi terena, uključujući i podpovršinske delove, a time ni ustanoviti granice Timočke zone magmatita.

Podaci aeromagnetskih ispitivanja, odnosno konfiguracija ustanovljenog anomalnog magnetskog polja na području Bučje—Borovo grafički je prikazana na datom prilogu. Prikazane su samo izoanomale ΔT intenziteta sa ekvidistancom 50 gama, saglasno stepenu javnosti geomagnetskih podataka. Međutim, i sa njima uverljivo je postojanje dokumentovane osnove za ono što se u ovom radu izlaže.

Sa priloga se vidi da je na tretiranom području, na potezu Bučje—Pirot—Borovo utvrđena praktično kontinualna anomalna zona, uz manji diskontinuitet između Petrovca i Dobroševa, južno od Pirota. U okviru nje

---

[1] Geoinstitut, Beograd.

* Pod ovim nazivom (strukturom) podrazumevamo isključivo neposredan pojas — razlomnu zonu sa magmatitima (vulkanitskim korenima, granitoidnim stenama), tako da se ne može poistovetiti sa strukturom koja je u literaturi poznata pod imenima: „Timočki rov sinklinorium“, „Timočko-srednjogorska zona“, „Timočka zona“ itd.

ustanovljenc je više delimično individualisanih maksimuma ΔT, koje još potpunije ocrtavaju izoanomale sa manjom ekvidistancom od korišćene na datom prilogu. Maksimalni intenzitet ΔT od 905 gama registrovan je kod Bučja.

Za geološku interpretaciju, odncsno za sagledavanje litološko-strukturnih implikacija anomalne magnetske zone Bučje—Borovo, pored opšte poznatih geološko-geofizičkih podataka, veliki značaj imaju i podaci ranije (1965. gcdine) izvršenih eksperimentalnih aeromagnetskih ispitivanja na području Bora i Majdanpeka, kojima je ustanovljena markantna anomalna zona duž središnjeg dela Timočkog eruptivnog masiva. Od osnovnih rezultata postignutih intepretacijom podataka ovih ispitivanja navešćemo sledeća tri izvedena zaključka (1):

— da se Timočki eruptivni masiv najvercvatnije ne produžava dalje na sever (od Majdanpeka) ispod mezozojskih sedimenata i kristalastih škriljaca;

— da je izlivanje vulkanita (andezita) vršeno duž impozantne duboke dislokacione zone, koja zauzima središnji deo masiva, tako da koreni deo andezitskog masiva, inače csnovni uzročnik anomalnog polja, ima formu dajka, i

— da zone relativno sniženih vrednosti ΔT odgovaraju zonama hidrotermalno izmenjenih andezita — dislokacijama, glavnim dovodnim putevima hidrotermalnih rastvora (rudno perseptivne zone).

Imajući u vidu prednje, zatim činjenicu da se izdanci vulkanita u zoni Bučje—Bcrovo nalaze u pojasu ose anomalne zone (v. prilog) i da se anomalna zona prostire na potezu koji se praktično (preko relativno manjeg aeromagnetski neispitivanog međuprostora) nadovezuje na Timočki eruptivni masiv, proističe da su uzročnici markantne anomalne zone Bučje—Bcrovo nesumnjivo magmatiti — vulkaniti, a verovatno podređenije i laramijske granitoidne stene. Kao što se sa priloga vidi, na prostoru Bučje—Borcvo vulkaniti su otkriveni samo na nekim lokalitetima i to na neznatnoj površini. Prema proračunu dubina uzročnika (Ž. D i k i ć), pojedine osncvne mase magmatita nalaze se na oko 200 do 800 m ispod mezozojskog i tercijarnog sedimentnog pokrivača, podrazumevajući da relativno manje mase magmatita mogu dcpirati i bliže površini terena, čiji apikalni delovi ponegde izdanjuju.

S obzirom na stepen kontinuiteta anomalne zone proizlazi da je i zona magmatita na potezu Bučje—Borovo praktično kontinualna, sa manjim diskontinuitetom jedino na prcstoru Petrovac—Dobroševo. Neosporno, da je i na ovom delu Karpato-balkanida, na području Bučje—Borovo, proboj magmatita vršen duž duboke razlomne zone (snopa dislokacija) i tc iste one koja je uslovila geotektonski položaj, predispoziciju terena za magmatsku aktivnost i formu Timočkog eruptivnog masiva, na prcstoru Bor—Majdanpek. To znači da se Timočka zona magmatita, pod kojom upravo podrazumevamo ovu markantnu razlomnu zonu sa magmatima, prcstire na jugo-

TIMOČKA ZONA MAGMATITA I IZOANOMALE ΔT INTENZITETA NA PODRUČJU BUČJE -BOROVO

TIMOK ZONE OF MAGMATIC ROCKS AND ISOANOMALIES ΔT INTENSITY IN BUČJE -BOROVO AREA

0 4 8 12 16 [Km]

BUČJE
ZUBETINAC
BELI TIMOK
KNJAŽEVAC
BELA POTOK
SVRLJIG
SVRLJIŠKI TIMOK
ORLJA
LJUBAŠOVICA
NIŠAVA
BELA PALANKA
PIROT
PETROVAC
GR. ŠTF
DIMITROVGRAD
DOBROSELO
DOMINOVO
Cu
DONJA NEVIA
SRBIJA

VULKANITI
VOLCANIC ROCKS

RUDNE POJAVE
ORE OCCURRENCES

IZOANOMALE ΔT INTENZITETA
ISOANOMALIES ΔT INTENSITY

SRAČUNATE DUBINE DO OSNOVNE MASE MAGMATITA (U m)
CALCULATED DEPTHS TO ESSENTIAL MASS OF MAGMATIC ROCKS (IN METRES)

DUBOKI RAZLOM (GRANICE TIMOČKE ZONE MAGMATITA)
DEEP FAULT ZONE (THE BOUNDARIES OF TIMOK ZONE OF MAGMATIC ROCKS)

NEKE DRUGE ZNAČAJNIJE DISLOKACIJE
OTHERS SIGNIFICANT DISLOCATIONS

PROSTORI SA PREKRIVENIM ILI DELIMIČNO OTKRIVENIM MAGMATITIMA - STRUKTURE U DOMENU KOJIH TREBA ISTRAŽIVATI RUDNA LEŽIŠTA (Cu i dr)
AREAS WITH COVERED AND PARTLY COVERED MAGMATIC ROCKS – STRUCTURES IN WHICH ORE DEPOSITS (Cu AND OTHERS) OUGHT TO BE INVESTIGATED

Crtala B. Pejnović

istok sve do granice naše zemlje; produžava i dalje, na istok, nastavlja se na poznatu Srednjogorsku zonu u Bugarskoj, pa bi se, pri tretiranju zone u celini, mogao koristiti naziv „Timočko-srednjogorska zona magmatita". Na području Bučje—Borovo granice Timočke zone magmatita i prostora koje magmatiti neposredno zauzimaju, pored ostalih tvorevina (mezozoika, tercijara), grafički su prikazane na datom prilogu. Ove granice obeležene su ili se po izoanomalama ΔT mogu rekonstruisati i na kartama krupnije razmere (1 : 200.000, odnosno 1 : 50.000), koje se nalaze u odgovarajućem izveštaju — elaboratu (2).

Usko vezano sa određivanjem prostornog položaja razlomne zone Bučje—Borovo i prekrivenih magmatita, determinisani su i prostori gde su se svakako odigravali najintenzivniji metalogenetski procesi, a samim tim i tereni u kojima se može očekivati prisustvo skrivenih rudnih ležišta (v. prilog). Predpostavljeno podređenije učešće laramijskih granitoidnih stena, za koje mnogi istraživači genetski vezuju Cu mineralizacije u Timočkom eruptivnom masivu, ne treba shvatiti kao znak neznatne rudne perspektivnosti; i na području Majdanpeka nisu aeromagnetski indicirane značajnije mase ovih stena. Razlomna zona Bučje—Borovo u celini i nešto šire je potencijalno rudonosna, magmatiti su praktično kontinualni u njoj. Pošto je u pitanju dosta veliki prostor smatramo da istraživanja rudnih ležišta, u prvom redu Cu, treba započeti na delimično individualisanim maksimumima ΔT, gde su osnovne mase magmatita relativno bliže površini terena, a sa kojima bi eventualno vezana orudnjenja mogla biti pre svega (sa većim stepenom verovatnoće) indicirana. Još uža selekcija rudno interesantnih terena preko odredbe hidrotermalno izmenjenih zona, slično kao i na prostoru Bor—Majdanpek, nije izvodljiva na bazi raspoloživih (regionalnih) aeromagnetskih podataka, pošto su isti dobijeni sa velike visine leta (preko 500 m) u odnosu na moguće postojeće (relativno uske) alterisane zone.

Dakle, kao što se vidi, za utvrđivanje granica Timočke zone magmatita, za ustanovljenje zastupljenosti i prostorne distribucije magmatita duž duboke razlomne zone Bučje—Borovo, a s tim u vezi i za sagledavanje rudno interesantnih terena, aeromagnetski podaci su od izvanrednog značaja.

(Primljeno 27. VI 1979)

POZIVNA LITERATURA

1. Vukašinović S., 1967: Neka zapažanja o građi Timočke eruptivne oblasti, koja proizlaze iz podataka eksperimentalnih aeromagnetskih ispitivanja. Tehnika, br. 1, Beograd.
2. Vukašinović S., 1979: Izveštaj o regionalnim aeromagnetskim ispitivanjima na teritoriji jugoistočne Srbije, FSD Geoinstituta, Beograd.

Summary

EXTENSION OF TIMOK ZONE WITH MAGMATIC ROCKS TOWARD SOUTHEAST, DEGREE OF CONTINUITY OF MAGMATIC ROCKS BELOW SEDIMENTARY COVER AND AREAS WITH EXPECTING BLIND ORE DEPOSITS

by

Slobodan Vukašinović

Airborne magnetic investigations, carried out in the Bučje—Bcrovo region, have identified a practically continuous anomalous zone (see fig.). With respect to these results and the ones obtained by previous aeromagnetic investigation of the Bor and Majdanpek regicn, it can be concluded that magmatic rocks of the Timok zone extends towards southeast up to the Yugoslav—Bulgarian boundary, connecting to the „Srednja gora“ zone in Bulgaria. The boundaries cf this zone have been established, as a metter of fact the boundaries of a deep fault zone and enclosing covered magmatic rocks and in connection with this it has been marked areas with reasonably expecting blind ore deposits (Cu & others).

(Received 27. VI 1979)

R A D O V I Geoinstituta, knjiga 13., god. 1979.
Beograd, Rovinjska ul. 12.

Radule Popović[1]
i
Dušan Kleut[1]

UDK 622.1 : 553.3 (497.11)

O RUDNIM POJAVAMA GVOŽĐA U STUDENIČKOJ SERIJI

Rudne pojave gvožđa u studeničkoj seriji poznate su od ranije. Našim ispitivanjima došlo se do zaključka da se tu radi o pojavama u serpentinskoj kori raspadanja u kojoj su očuvani relikti genetskih odnosa Cr-spinela i magnetita iz vremena primarnih njihovih uslova stvaranja. Naknadno, ta kora je zahvaćena destrukcijom i njeni delovi su pretaloženi. Međutim, i tu u pretaloženim njenim delovima očuvani su mineragenetski odnosi iz ultrabazične sredine odakle vode poreklo Cr-spinel i i magnetit.

U paragenezi javljaju se Cr-spinel, magnetit, maghemit, martit, pirit i limonit. Poreklo pirita nije razjašnjeno. Martit i maghemit su nastali od magnetita, a limonit od pirita.

Pojave koje su predmet ovcg rada, nalaze se na JI padinama planine Radočel i poznate su već od ranije. Prve ozbiljnije podatke o njima nalazimo u radovima V. S i m i ć a (1954). On daje osnovne podatke o pojavi u Perišinom pctoku, a pominje i pojavu sa Čiste ispod Radočela. Docnije, uglavnom njegove podatke, navodi više autora. Jedna od pojava koje su prikazane u ovom radu, je i pojava u Perišinom potoku, a naši rezultati predstavljaju doprinos njenom boljem poznavanju, istovremeno i kompleksnijem sagledavanju genetskih karakteristika svih rudnih pojava u studeničkoj seriji.

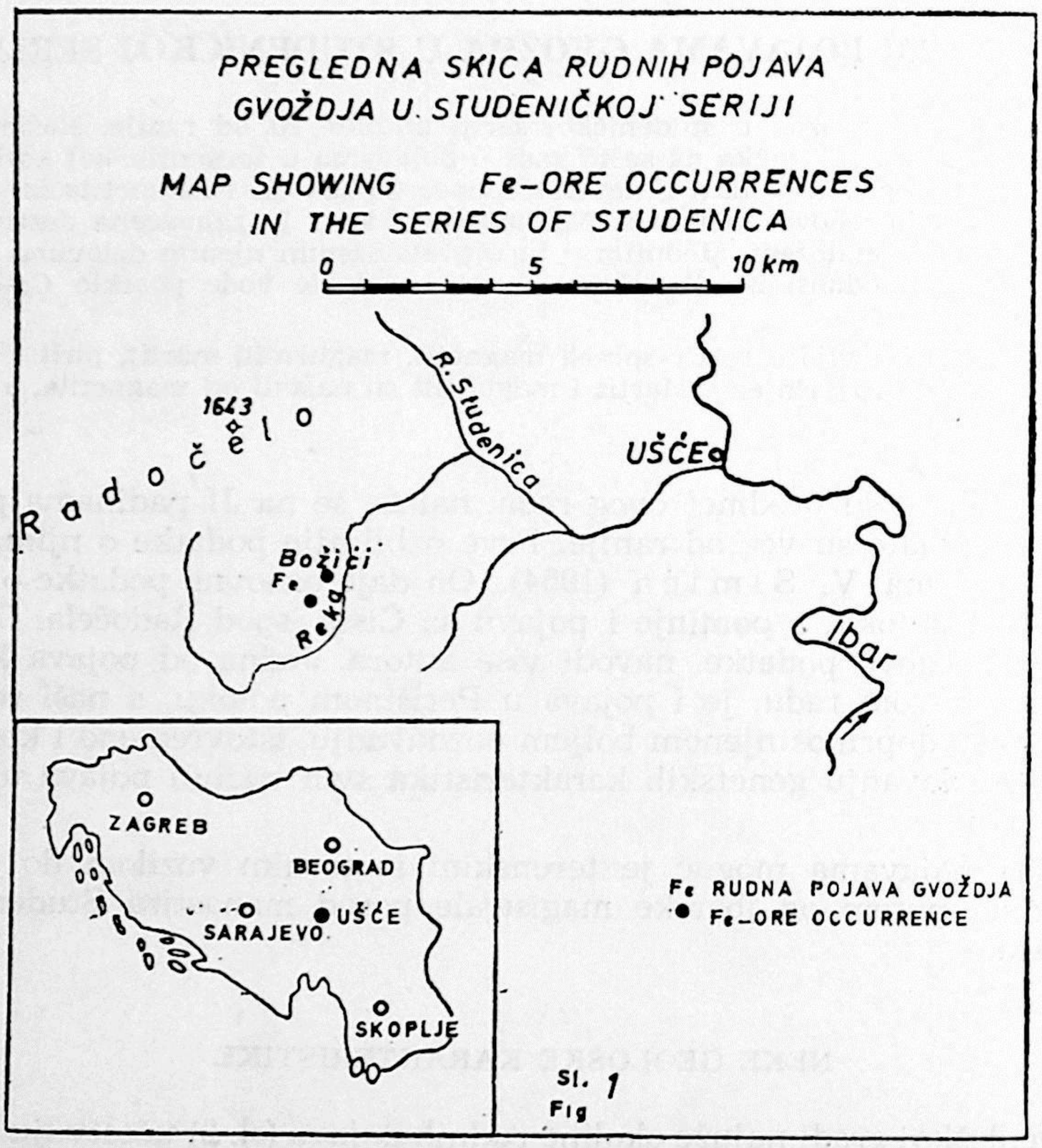
Prilaz pojavama moguć je terenskim motornim vozilom do na oko 500 m idući putem od ibarske magistrale pored manastira Studenice do reke Reka.

NEKE GEOLOŠKE KARAKTERISTIKE

U geolcškoj građi najuže okoline rudnih pojava (sl. 2) učestvuju serpentiniti i parametamorfiti. U podlozi parametamorfita nalaze se serpentiniti, koji su mestimično prešli u talknoantigoritske škriljce, u kojima se nalaze mineralizacija u Perišinom potoku, a iz njih vodi poreklo i mehanički orecl rasejavanja u njivi Miloša Čorbića (na sl. 2 te pojave su označene sa br. 1 i 2). Pored ovih stena, u podlozi su zapažene i manje mase metamorfisanih gabrodijabaza. Vercvatno da se tu radi o stenama iste starosti i istog bazičnog, odnosno ultrabazičnog kompleksa. Preko magmatskih stena leži filito-

[1] Geoinstitut, Beograd.

idna serija u kojoj su česte facijalne promene i u kojoj se nalaze druge dve rudne pojave. Prema podacima V. S i m i ć a (1954.), rudne pojave leže u „donjoj studeničkoj seriji". Pitanje starosti ove serije, koja je „izgrađena od ortoamfibolita, filitoida, hloritošista, metapeščara i mermera, smatra se kao tvorevina ekvivalentna veleškim slojevima, za koje su G r u b i ć i E r c e g o v a c (1975.) utvrdili na osnovu paleopalinoloških proučavanja da pripadaju karbonu" (Z. M a k s i m o v i ć, 1977.), ipak je problematična, tim pre što u poslednje vreme ima mišljenja, istina to su samo usmena saopštenja, da bi ova serija mogla pripadati i mlađim, npr. mezozojskim tvorevinama, a da je njen metamorfizam posledica tektonomagmatskih procesa koji su ih zahvatili docnije.

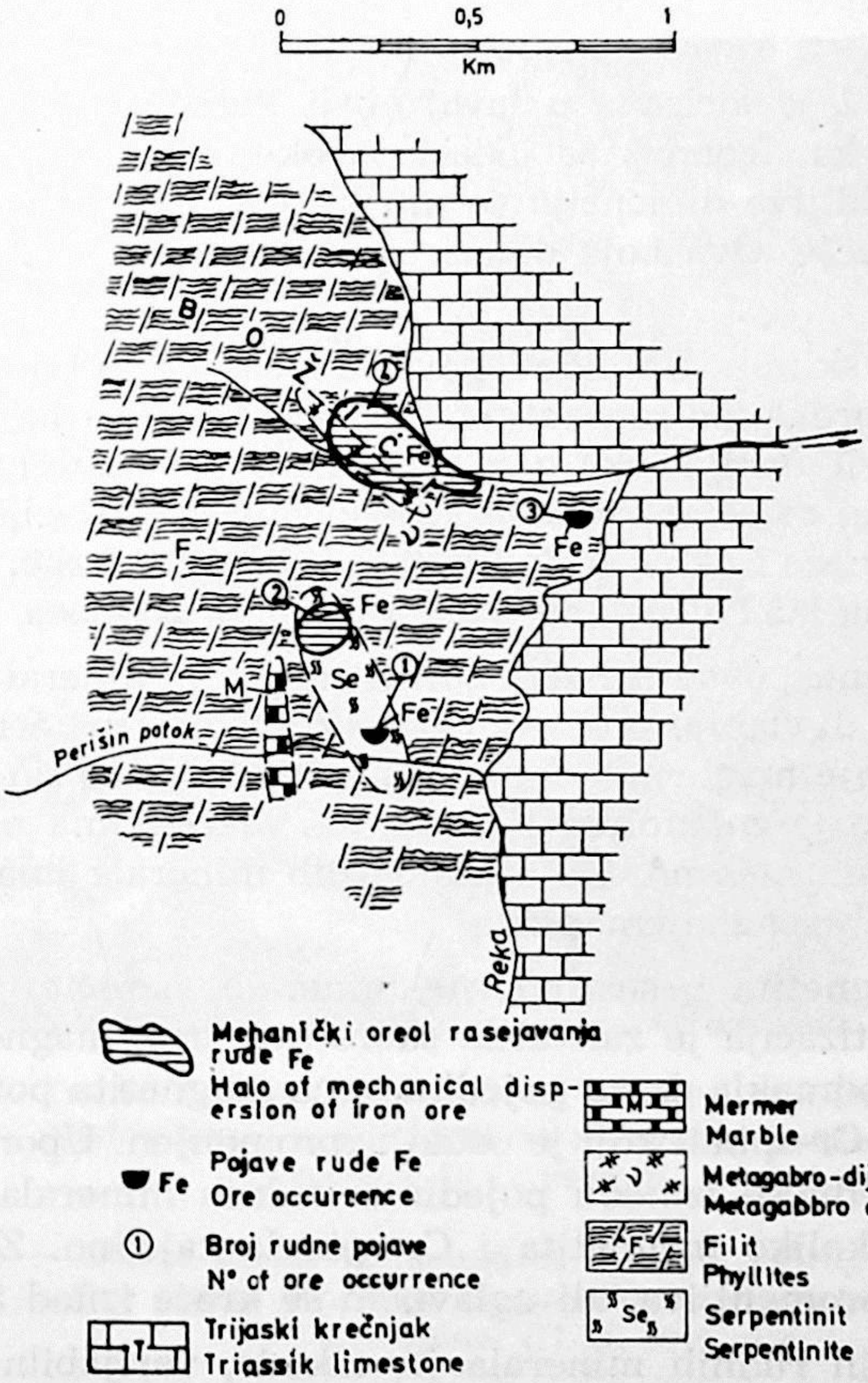


Sl. 1
Fig

Posmatrajući geološki položaj rudnih pojava može se reći da se ovde radi o dva tipa orudnjenja: prvi, stariji tip, nastao je na serpentinskoj kori raspadanja, što će reći da je postojao period kontinentalne faze, kada je došlo do razaranja bazičnih i ultrabazičnih stena i na kojima je došlo do stvaranja ruda Fe, veoma obogaćenih hromom i niklom; drugi tip orudnjenja predstavljaju delovi pretaložene serpentinske kore raspadanja. Ta sedimentacija se odvijala u vodenoj sredini i danas je vezana za hloritsko-kvarcne škriljce i kvarcite. Ova druga mineralizacija je mlađa i nalazi se

se u filitoidnoj seriji. Na ovakvu konstataciju, pored stratigrafskog položaja ukazuju mineralni i hemijski sastav orudnjenja. Mineralni sastav je isti, s tim što je pirit zastupljeniji, u pretaloženim delovima serpentinske kore raspadanja. Zastupljenost hroma i nikla je skoro ista kao i u primarnoj kori raspadanja, međutim, sadržaj Fe je prilično niži, a razlike se zapažaju i kod rudnih struktura.

PREGLEDNA SKICA RUDNIH POJAVA
NA J.I. PADINAMA RADOČELA
GEOLOGICAL SKECH MAP OF IRON ORE OCCURRENCE
ON THE SE SLOUPES OF RADOCELO Mt.



Sl. 2
Fig.

Postojanja Fe-mineralizacija u primarnoj kori raspadanja i u njenim pretaloženim delovima može imati značaja za ekonomsku ocenu orudnjenja u primarnoj kori raspadanja; verovatno da je jedan deo orudnjenja koja su primarno bila obimnija razoren i pretaložen, tako da je danas pitanje njihovog obima veoma problematično.

RUDNE POJAVE

Kao što se vidi na slici 2, na prostoru koji je obuhvaćen tom skicom, izdvojene su četiri rudne pojave. Međutim, treba odmah istaći da se ovde radi samo o dva rudna izdanka, ostale dve „pojave" predstavljaju mehaničke oreole rasejavanja, ali obzirom na genetske, paragenetske karakteristike, način pojavljivanja mineralizacije, karakter mehaničkog oreola rasejavanja, veličinu blokova i komada, njihov obim i mesto u reljefu, dozvoljavaju nam da ih izdvojimo kao zasebne pojave i da ih kao takve prikažemo:

Pojava br. 1 je locirana u levoj obali Perišina potoka, a koji je leva pritoka reci Reka. Izdanak se nalazi na oko 500 m uzvodno od ušća Perišinog potoka. Vidljive dimenzije su mu 2×1 m. Sočivastog je oblika i tamnosive do crne boje. Ova boja dolazi od manganizacije koja je zahvatila ceo izdanak.

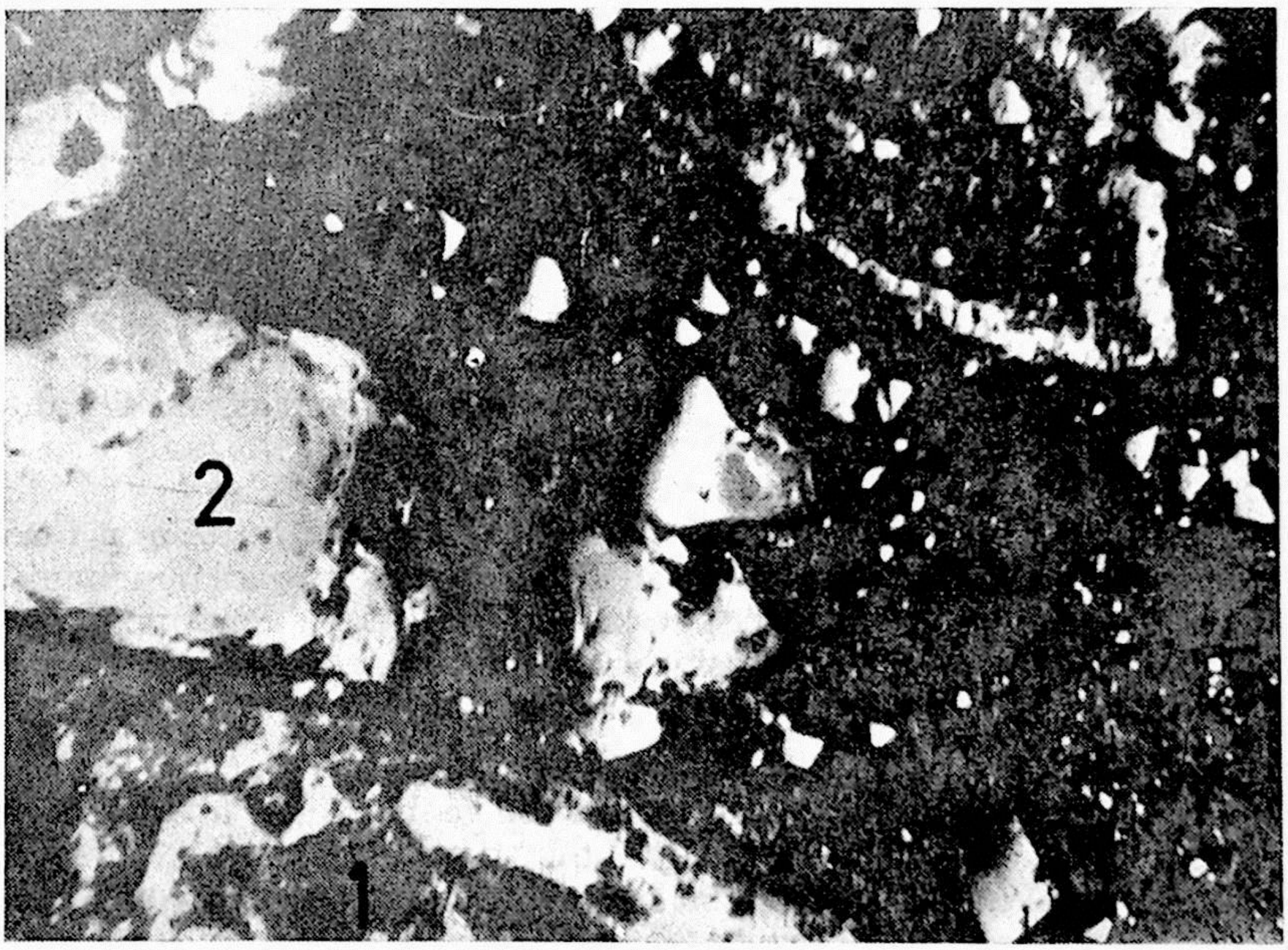
Erozija je ovde skinula filitoidnu povlatu i otkrila talkno-antigoritske škriljce, koji vode poreklo od serpentinskih stena. U njima leži samo orudnjenje. Tragovi uškriljavanja iako nisu izraženi kao u okolnim škriljcima, ipak su dovoljno jasni da se makroskopski lako zapažaju. Razlika u stepenu uškriljenosti rudne mase i okolnih škriljaca je posledica različitog rezistiviteta prema pritiscima između rudne mase i okolnih škriljaca.

U rudnoj paragenezi ovog izdanka najzastupljeniji mineral je magnetit. On je zahvaćen jače ili slabije procesom transformacije, pri čemu je obilno stvaran martit i manje maghemit. Inače, uz magnetit, od primarnih minerala, relativno obilno je zastupljen i Cr-spinel; takođe ima malo i pirita, čije je poreklo za sada nejasno. Od sekundarnih minerala ima malo limonita, koji je nastao raspadanjem pirita.

Pretvaranje magnetita u sekundarne minerale, naročito u martit, je vrlo značajno. Martitizacija je zahvatila skoro sva zrna magnetita. Mestimično ona je toliko odmakla da su pojedina zrna magnetita potpuno prešla u martit zaklapajući Cr-spinel koji je ostao nepromenjen. Upoređujući međusobne količinske odnose između pojedinih rudnih minerala, vidi se da martita ima toliko, koliko magnetita i Cr-spinela zajedno. Zastupljenost rudnih minerala je promenljiva, ali uglavnom se kreće iznad 50%.

Krupnoća glavnih rudnih minerala je, takođe, varijabilna, međutim, najkrupnija su zrna magnetita. Njihove dimenzije kreću se oko 71×106 mikrona. Martit je sitnozrn, sa veličinom zrna do 48 mikrona. Cr-spinel je najsitniji, a dimenzije su mu 28,4×35,5 mikrona.

Posebnu osobenost ove pcjave predstavljaju strukturne forme jajastog oblika. To su oolitne strukture izgrađene ovde uglavnom od petrogenog materijala (sl. 3). Po obodu tih oolita i u međuprostoru ljuski, izgrađenih od petrogenog materijala, javljaju se rudni minerali — pretežno martit. Postojanje jajastih formi objašnjava se deformisanjem primarnih oolita, što se odvijalo u procesu uškriljavanja, te je na taj način dcšlo do stvaranja elipsoidnih oblika. Ovaj podatak je utoliko značajniji, što do sada nisu bili registrovani oolitni strukturni oblici na ovoj pojavi. Međutim, pcred ovih strukturnih oblika, stvaranih u serpentinskoj kori raspadanja, značajno je istaći da su nađeni ostaci primarnih zrna magnetita i Cr-spinela, koja su sačuvana u serpentinskoj kori raspadanja i na kojima se jasno vide primarni genetski cdnosi, nastali u procesu kristalizacije magme. Ta zrna ispala su direktno iz primarne stene i sačuvana su kao relikti do danas u serpentinskoj kori raspadanja (videti genetske odnose).



Sl. 3 — 1. — Oolitska zrna izgrađena od rudnih i petrogenih sastojaka
2. — Rudna zrna, pseudomorfoze magnetita preko Cr-spinela. Povećanje 50×, vazduh.

Fig. 3 — 1. — Oolitic grains composed of ore and petrogenic components.
2. — Ore grains representing pseudomorphoses of magnetite over Cr- spinel (II N, 50×, air)

Na neravnomeran količinski odnos pojedinih rudnih minerala, jasno ukazuju i hemijske analize pojedinih uzoraka, što je prikazano na tabeli 1.

Tabela 1.

Fe_3O_4 magnetit	Fe_2O_3 hematit	Fe u silikatima	SiO_2	Al_2O_3	Cr	Ni	Mn	S	P
u %	u %	u %	u %	u %	u %	u %	u %	u %	u ppm
52,20	23,20	5,70	8,0	2,85	2,10	0,75	0,71	0,10	33
38,40	17,45	4,90	13,30	7,80	2,00	0,68	1,24	0,40	50
28,00	35,50	9,20	10,60	4,15	2,00	0,65	1,48	0,45	33
29,20	30,50	5,60	17,00	4,00	1,95	0,90	3,10	0,33	15

A učešće ostalih elemenata je sledeće:

Mg	Ti	V	Cu	Co	Ba	Sr
preko 1%	300 ppm	500 ppm	15 ppm	1400 ppm	50 ppm	60 ppm

Ovakvo učešće mikrc i makro-elemenata, jasno govori o poreklu materijala koji se nalazi u ovom orudnjenju, a što je u skladu i sa petrološkom podlogom u kojoj se ono nalazi.

Povišen sadržaj mangana je pcsledica njegovog prisustva u obliku sekundarnih minerala, nastalih descedentnim putem, što se i makroskopski jasno uočava.

Međutim, kao što se vidi i iz prikazanih rudnomikroskopskih analiza, primarni minerali mangana ovde nisu nađeni.

Pojava br. 2 — nalazi se SZ od pojave br. 1, a u njivi Miloša Čorbića. Ovo u stvari i nije pojava u pravom smislu reči, već se tu radi o mehaničkom oreolu rasejavanja, koji ne vodi poreklo od izdanka u Perišinom potoku, nego od mineralizacije koja je maskirana humusom, za koju je realno predpostaviti da je u prcstornoj i genetskoj vezi sa pojavom, odnosno izdankom u Perišinom potoku.

Laboratorijska ispitivanja uzoraka iz tog mehaničkog oreola rasejavanja, jasno su pokazala da se tu radi o istom tipu orudnjenja koje se nalazi u Perišincm potoku. Obe pojave su istog mineralnog i hemijskog sastava, iste su im rudne strukture i ostale genetske karakteristike, što jasno govori da se tu radi o dvema mineralizacijama iste starosti, istih genetskih i paragenetskih karakteristika i da se obe nalaze u serpentinskoj kori raspadanja.

Pojava br. 3 — nalazi se kod kamenoloma u selu Božići, na levoj obali reke Reka. Mineralizacija je smeštena u hlcritsko-kvarcnom i talknom škriljcu, relativno bogato impregnisanim magnetitom i hematitom, a znatno slabije Cr-spinelom. Rudni minerali su skoncentrisani po površinama škriljavosti stene.

Dimenzije izdanka su 20×20 m, međutim ima se utisak, kao da se tu radi o jednom velikom bloku koji je pomeran usled klizanja terena.

Hematit je ovde najzastupljeniji i učestvuje sa oko 10 do 15% od mase stena, sitnozrn je, a veličina zrna kreće se oko 21×78 mikrona. Magnetit je, takođe, redovno prisutan, ali znatno podređenije. Javlja se dvojako: sa Cr-spinelom i samostalno. Magnetit bez Cr-spinela redovno je zahvaćen martitizacijom. Martit se javlja po obodu zrna magnetita, ili pak uklapa njegove ostatke u sebi. Međutim, magnetit sa Cr-spiinelom nije martitiziran, što govori o genetski različitim tipovima magnetita.

Cr-spinel se ne javlja izolovano, već u društvu sa magnetitom. Za razliku od magnetita, koji se ne javlja u pravilnim kristalnim formama, Cr-spinel se redovno javlja u obliku kocke.

Veličina zrna Cr-spinela se kreće najčešće oko 7×106 mikrona.

Hemijski sastav ovog orudnjenja je sličan, ali po sadržaju pojedinih elemenata i jedinjenja osetno se razlikuje od napred opisanih pojava.

Tabela 2.

Fe_3O_4	Fe_2O_3	Fe u silikatima	SiO_2	Al_2O_3
2,77—8,12%	16,45—17,40%	1,90—4,50%	45—65,50%	1,00—1,52%

Ni	Cr	P	S
0,45—0,70%	0,58—0,73%	33—60 gr/t	nije rađen

Ovakav hemijski sastav je veoma nepovoljan, posmatrano sa ekonomskog aspekta, kao što je, uostalom slučaj i sa ostale tri pojave. Međutim, dok na prethodnim dvema imamo visok sadržaj Fe i nizak sadržaj SiO_2, ovde je obrnut slučaj. Ali ova pojava zajedno sa ostalim interesantna je zbog genetskih odnosa rudnih pojava gvožđa u studeničkoj seriji.

Pojava br. 4. Ni ovde kao i na pojavi br. 2 ne radi se o stvarnom rudnom izdanku, već o relativno velikom mehaničkom oreolu rasejavanja u kome se veličina komada i blokova kreće do više m^3 zapremine. Ta pojava je smeštena u blizini seoskog groblja u Božićima. To je kvarcit sa proslojcima i slabom impregnacijom magnetita u masi stene. Osim magnetita i ovde su prisutni martit, po obodima zrna magnetita, zatim Cr-spinel i pirit. Pirit se javlja u obliku šlira, sitnozrn je i limonitiše se bojeći stenu mrko.

Proslojci magnetita debeli su od 1 mm do 20 cm. To su relativno bogate koncentracije, koje se javljaju po površinama primarne slojevitosti.

Obzirom na sredinu u kojoj se javlja i na način pojavljivanja, tu se radi o sedimentnom tipu orudnjenja.

Učešće rudnih minerala je neravnomerno, ali moglo bi se uzeti, bar što se tiče komada i blokova koje smo mi osmatrali, da se ono kreće između 20 i 30% od mase stene. Laboratorijskim ispitivanjima dokazano je da je magnetit najzastupljeniji i njegovo učešće iznosi iznad 20%, zatim slede hematit do 8%, Cr-spinel do 4% i pirit do 1% od ukupne mase ispitivanog uzorka. Zrna magnetita su prilično krupna i njegove dimenzije se kreću oko 142×213 mikrona.

Magnetit sa ove pojave ima slične osobine sa magnetitom na prethodnoj. Naime, kod magnetita koji u svojim središnjim delovima sadrži Cr-spinel, nije zapaženn proces martitizacije, dok kod zrna bez Cr-spinela, prisustvo martita je očigledno. Učešće Cr-spinela je relativno visoko i kreće se do 3%, što se vidi i iz hemijske analize (tabela 3, uzcrak I). Neravnomerno je raspoređen u steni i sitnijeg je zrna (dimenzije mu se kreću oko 71×71 mikron).

Tabela 3

Uzorak I (sa većim učešćem magnetita)

Fe_3O_4 magnetit %	Fe_2O_3 hematit %	Fe u silikatima %	SiO_2 %	Al_2O_3 %	Cr %	Ni %	S %	Mg %	P ppm	Ca ppm	Ti ppm	Mn ppm	V ppm	Cu ppm	Co ppm	Ba ppm
45,34	8,41	5,20	32,00	5,30	1,50	0,55	0,15	1	82	140	80	380	30	15	400	110

Uzorak II (sa malim učešćem magnetita)

Fe_3O_4 magnetit	Fe_2O_3 hematit	Fe u silikatima	SiO_2 %	Al_2O_3 %	S %	P ppm
7,62	7,26	1,40	77,00	0,85	0,22	50

Martit predstavlja produkte transformacije magnetita.

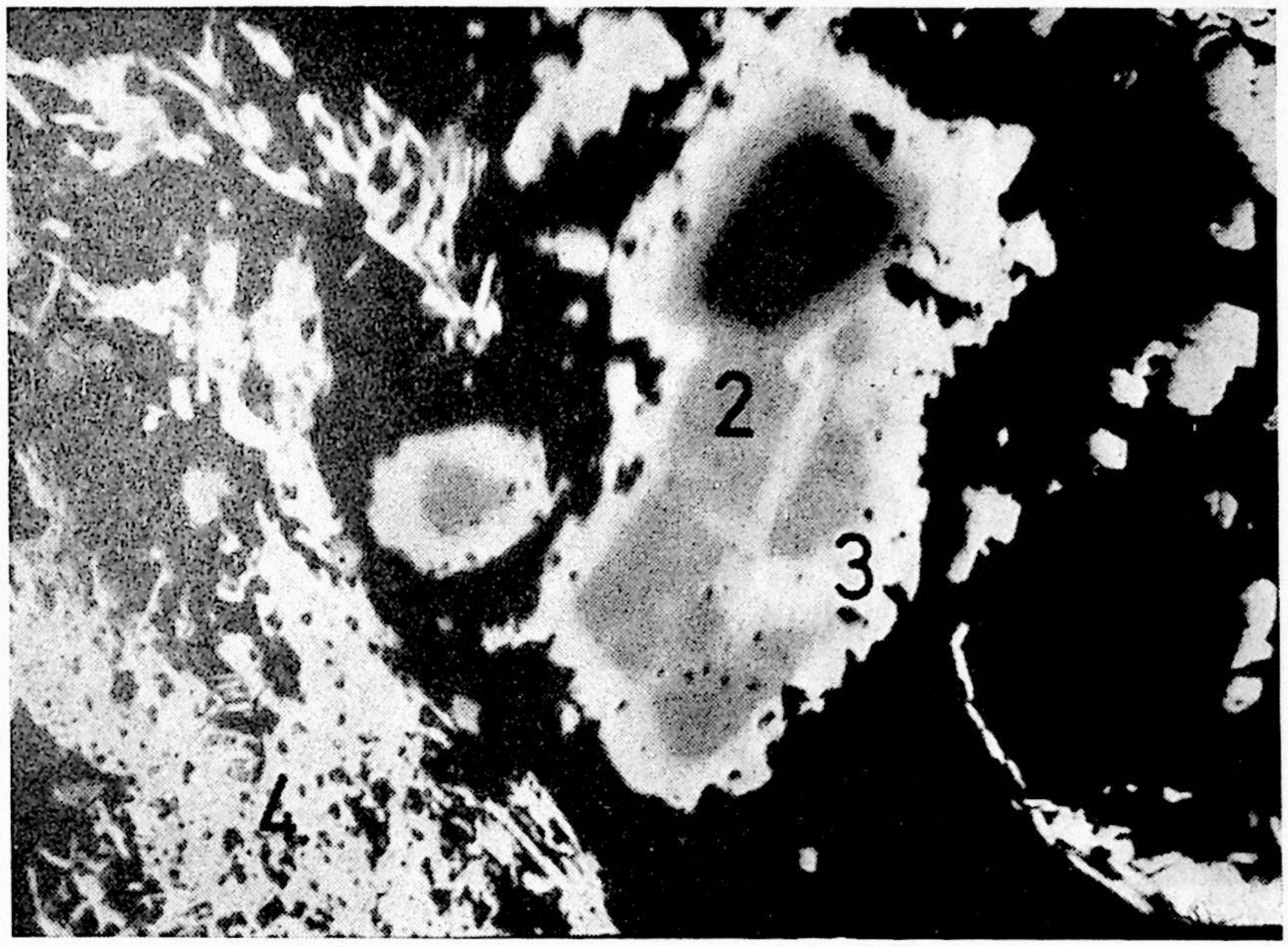
Hemijske analize su pokazale visok sadržaj gvožđa iz magnetita, a mali iz hematita i Fe u silikatima. Sadržaji Cr i Ni jasno govore da se ovde radi o mineralizacijama sličnim sa onim iz serpentinske kcre raspadanja.

GENETSKA RAZMATRANJA

U osnovi posmatrano, sve četiri pojave se mogu podeliti na dva genetska tipa. Prvi tip bi bio mineralizacije nastale u serpentinskoj kori raspadanja, a drugi bi predstavljao pretaložene delove mineralizacije iz serpentinske kore raspadanja. Prvcm tipu pripadaju pojave u Perišinom potoku i u njivi Miloša Čorbića, a druge dve koje se javljaju u selu Božići, kod kamenoloma i kod groblja, predstavljaju pretaložene delove serpentinske kore raspadanja.

Dokaze o postanku mineralizacija u serpentinskcj kori raspadanja, nalazimo na samim izdancima, gde se jasno vidi da one leže na serpentinu, zatim, dalje na to ukazuju mineralni i hemijski sastav, rudne strukture, a posebno ostaci primarnih paragenetskih odnosa, koji su ostali sačuvani u toj kori raspadanja. Ovde treba dodati da su, već ranije istraživači utvrdili pcstanak ovih tipova mineralizacija (Z. M a k s i m o v i ć).

Ispitujući laboratorijski ovaj tip mineralizacija, došli smo do sledećih podataka: rudne pojave u serpentinskoj kori raspadanja, kao što je već rečeno, nose sačuvane paragenetske i genetske odnose rudnih minerala i mineralizacija iz njihove prvobitne, matične stene u kojoj su stvoreni kristalizacijom iz magmatskog rastopa (sl. 4).

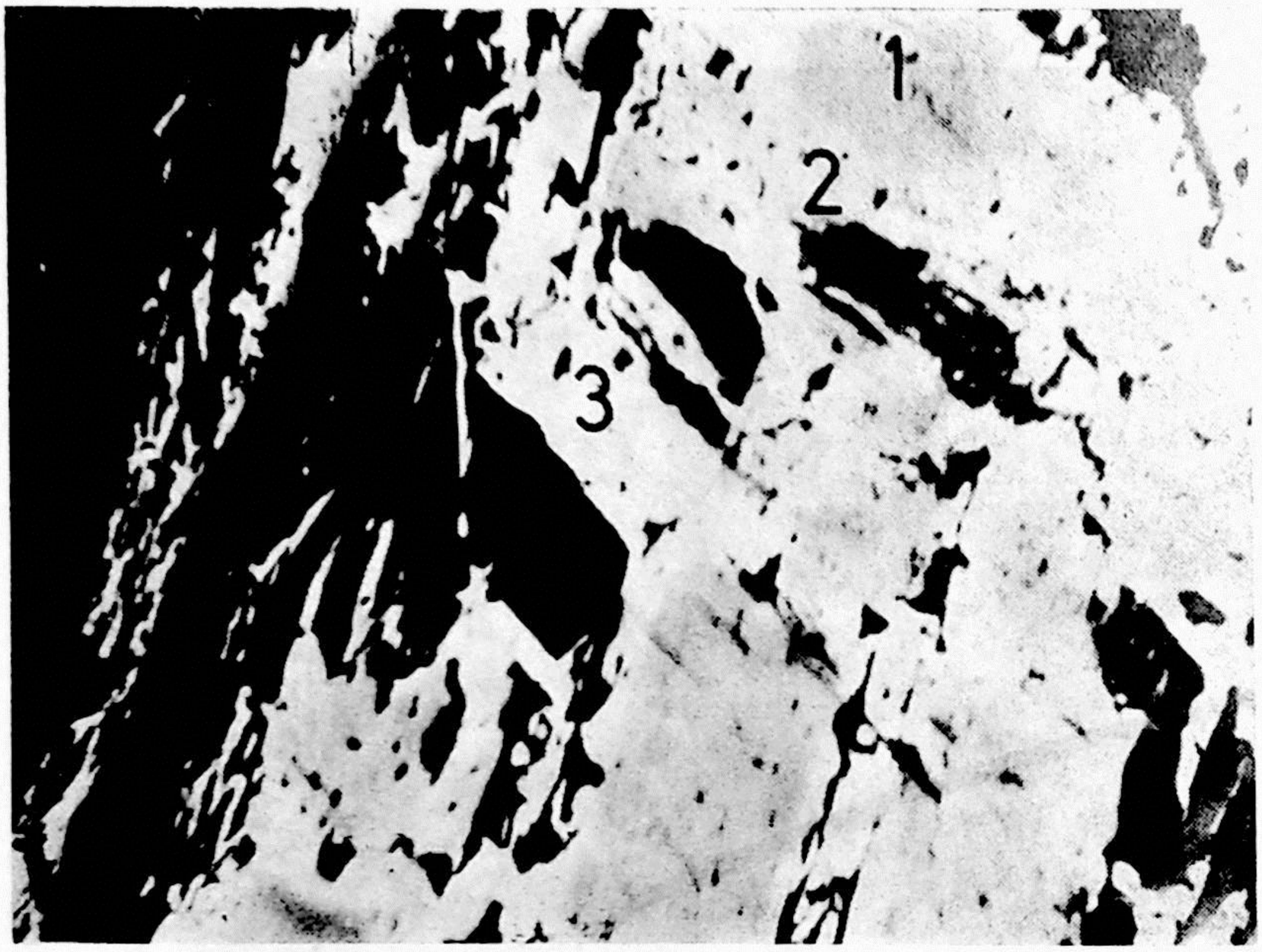


Sl. 4 — 1. — Središnji deo rudnog zrna je Cr-spinel. 2. — Zona između Cr--spinela i magnetita koja predstavlja mešavinu dva minerala. 3. — Spoljašnja zona istog zrna predstavljena je čistim magnetitom. 4. — Martit koji je nastao od magnetita u kojem nije bilo Cr-komponente. Povećanje 50×, vazduh.

Fig. 4 — 1. — Cr-spinel as the central part of ore grain. 2. — Zone between Cr-spinel and magnetite which represents a mixture of these two minerals. 3. — The outer zone of the some grain is composed of pure magnetite. 4. — Martite originated from magnetite which did not contain Cr-component (II N, 50×, air).

Prvi počeci koncentracije rudne komponente u bazičnoj magmi, bogatoj hromom i gvožđem počeli su stvaranjem kristala Cr-spinela (ili možda hromita — ta određivanja nisu vršena), koji su pri dostignutom stepenu koncentracije Cr-supstance i povoljnoj temperaturi, počeli da se izdvajaju započinjući tako diferencijaciju magme. To su likvidnomagmatski procesi, a čiji se produkti nalaze najčešće u donjim delovima magmatskog ognjišta

što prcističe iz specifične težine onog što se izlučuje. Ako se započeti temperaturni i hemijski proces odvija jednosmerno, onda se sa opadanjem temperature odvija i dalji tok diferencijacije magme, ka kiselijim varijetetima itd.

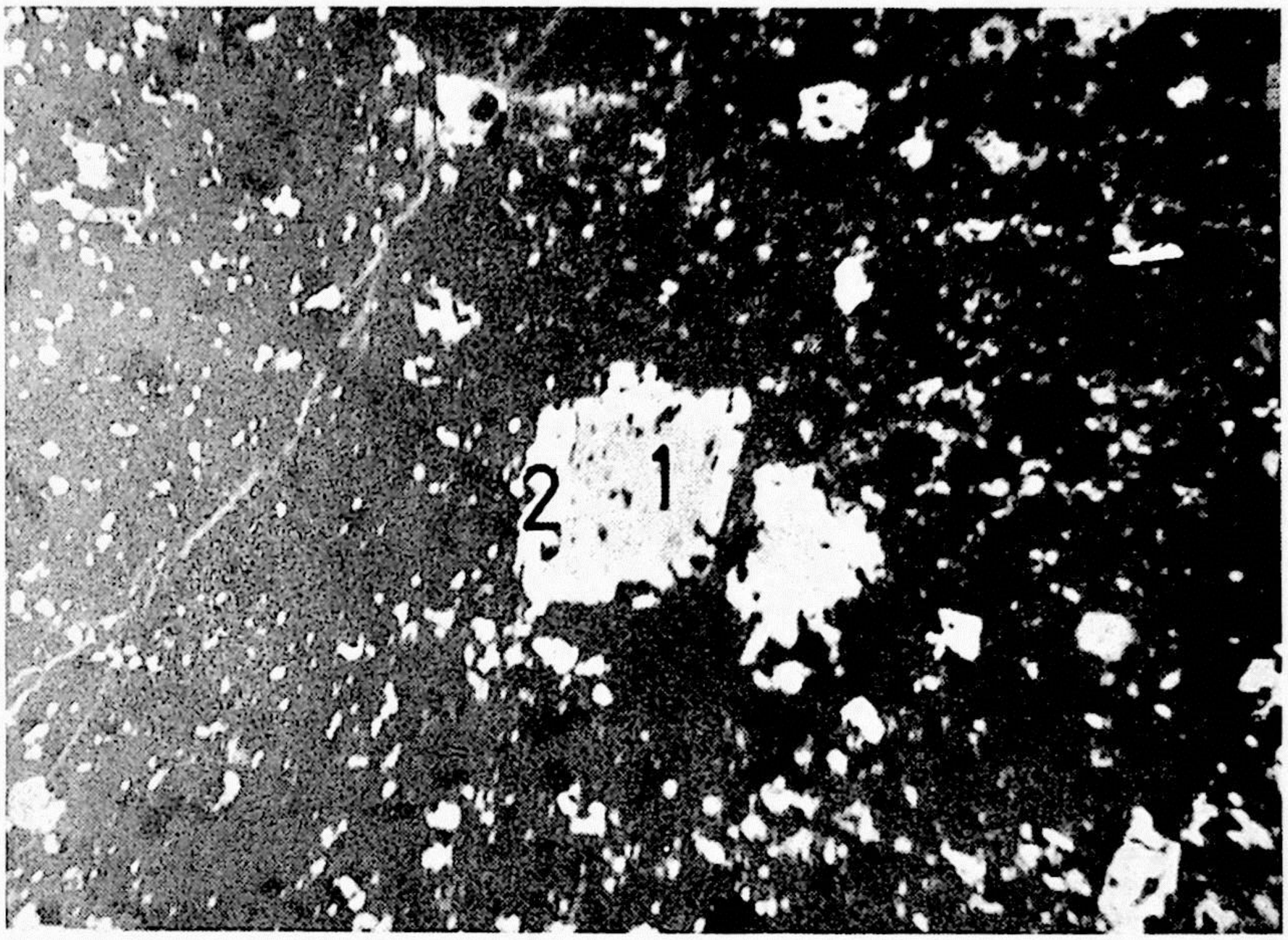


Sl. 5 — 1. — Deo rudnog zrna u kojem je Cr-komponenta preovlađujuće zastupljena. 2. — Deo rudnog zrna u kojem je u podjednakoj količini zastupljena Cr-komponenta i magnetit. 3. — Čist magnetitski deo istog rudnog zrna, koji po ivicama prelazi u martit. Povećanje 50×, vazduh.

Fig. 5 — 1. — Part of a ore grain in which the Cr-component is predominating. 2. — Part of an ore grain containing aproximately equal amounts of Cr-component and magnetite. 3. — The pure magnetitic part of the same ore grain, passing gradualy into martite along the border (II N, 50×, air).

U konkretnom slučaju, kada su se već stvorile glavne količine Cr-spinela i kada je smanjen sadržaj Cr-komponente u magmi, došlo je do početka izlučivanja magnetita. Pošto se u oba slučaja radi o spinelima kristalizacija se nastavila stvaranjem magnetita. Granica prelaska nije oštra pa između čistog Cr-spinela i čistog magnetita postoji prelazna zona (mešavina, vidi sliku br. 4, 5, 6). Na kraju je potpuno iscrpljena Cr-supstanca i građu započetih kristala završava čist magnetit.

Nisu zapaženi kristali sa naizmeničnim stvaranjem Cr-spinela i magnetita, više puta u jednom istom kristalu, što ukazuje na miran i jednosmeran — do kraja kontinuiran proces.



Sl. 6 — 1. — Deo rudnog zrna u kojemu je u podjednakoj količini zastupljena Cr-komponenta i magnetitska. 2. — Spoljašnji deo presečenog zrna predstavljen je magnetitom. Na slici se vidi da se magnetitski deo nadovezuje na deo izgrađen od mešavine magnetita i Cr-spinela onako kako je započet rast prve komponente, jer pripadaju istoj kristalografskoj sistemi. Povećanje 50×, vazduh.

Fig. 6 — 1. — Part of an ore grain containing aproximately equal amonuts of Cr-component and magnetite. 2. — The outer part of a grain is represented by magnetite. It is visible that magnetitic part is superposed on part composed of a magnetite — Cr-spinel mixture, concordantly with the first (magnetitic) component growth (due to the fact that both components belong to the some crystalographic systeme (II N, 50×, air).

Interesantna su ponašanja mešanih zrna Cr-spinela i magnetita u kasnijim, postgenetskim procesima. Deo magnetita, kasnije je prešao u martit (sl. 6). Međutim, najpre su u procesu martitizacije, podlegla ona zrna magnetita, u čijem se centru ne nalazi Cr-spinel, pri čemu je martitizacija najpre zahvatila čisto magnetitske partije (sl. 7) tih mešanih zrna. Samo izuzetno jaka martitizacija zahvatila je i onu prelaznu zonu koja se nalazi između čistcg Cr-spinela i čistog magnetita. Tako je u malom broju preparata viđen Cr-spinel u martitu, tj. u bivšem magnetitu.

Takva građa rudnih zrna sa Cr-spinelom u sredini, a magnetitom po obodu, liči na tzv. reakcioni rub, koji se stvara u specifičnim uslovima, usled reakcije jedne mineralne komponente sa drugom ranije stvorenom, u vidu kristala. Takvi slučajevi javljaju se, po pravilu, u onim geološkim materijalima gde je dolazilo do obnavljanja — oživljavanja ili kolebanja fizičko-hemijskih procesa u normalnom redosledu stvaranja minerala u procesu diferencijacije magme, čime se tumači lepo izražena prelazna zona kod ovih kristala (sl. 4, 5, 6, 7). Poseban oblik stvaranja jednog minerala preko drugog ili pseudomorfoze, nastaju u procesu destrukcije minerala, kao što su pseudomorfoze limonita po piritu, itd.



Sl. 7 — 1. — Delovi rudnog zrna u kojima je više zastupljena Cr-komponenta, nisu zahvaćeni martitizacijom. 2. — Rudna zrna koja su sa manje Cr-komponente ili čisti magnetiti lakše su se martitizovali. Povećanje 50×, vazduh.

Fig. 7 — 1. — Parts of an ore grain in which the Cr-component is predominant and which are not affected by martitization. 2. — The ore grains which have been more easily affected by martitization are represented by low Cr and pure magnetite as well (II N, 50×, air).

Što se tiče drugih dveju pojava (br. 3 i 4) u Božićima i tu je situacija jasna. Ovde se mineralizacije javljaju u bivšim sedimentima, koji nemaju ni genetske ni starosne veze sa prethodnim. One predstavljaju konačnu fazu postgenetskih prccesa, te na taj način čine sastavni deo evolucije jednog te istog rudnog materijala, počev od njegovog magmatskog porekla, preko iz-

dvajanja u serpentinskoj kori raspadanja, završno sa razaranjem jednog dela te kore i pretaložavanjem rudnog materijala u vodenu sredinu sa nepromenjenim primarnim mineralnim sastavom (sl. 8).



Sl. 8 — 1. Rudni materijal je stratifikovan u petrološkoj sredini sa slabo izraženom klasifikacijom pojedinih fragmenata što ukazuje na daljinu njihovog transporta. Na slici se vidi sukcesija prinošenja rudnog materijala u toku stvaranja sedimenta. Povećanje 50×, vazduh.

Fig. 8 — 1. — The ore material embeded in the rock mass which shows a poorly expressed sorting of fragments, what is indicative for the lenght of transportation. It is visible as well the succession of deposition of ore material during the formation of sedimentary rock (II N, 50×, air).

U procesu sedimentacije, paralelno sa prinosom materijala iz serpentinske kore raspadanja, bilo je prinošeno nešto i drugog materijala, te otud nalazimo povećano prisustvo pirita i kvarca. Ove mineralizacije, danas se nalaze u hloritsko-kvarcnim i talknim škriljcima, kao i kvarcitima.

Poslednja faza postgenetskih procesa, odigrala se u vreme mlađih tektonskih pokreta, kada je došlo do metamorfizma tih sedimenata.

(Primljeno 20. VI 1979)

LITERATURA

Maksimović, Z., 1977: Fosilne kore raspadanja u Jugoslaviji i njihov značaj u rešavanju izvesnih geoloških problema. Glas CCCII Srpske akademije nauka i umetnosti, odeljenje prirodno-matematičkih nauka, knj. 42, Beograd.

Popović R., 1978: Izveštaj o pojavama ruda gvožđa u studeničkoj seriji. Fond stručnih dokumenata Geoinstituta, Beograd.

Popović R., Bukovič J., Kleut D., 1979: Studija proterozoika i paleozoika Srbije kao potencijalnih nosilaca ruda gvožđa. — Izveštaj za 1978. godinu. Fond stručnih dokumenata Geoinstituta, Beograd.

Simić V., 1954: Metamorfne lateritske rude gvožđa na Radočelu. Vesnik Geozavoda, knj. XI, Beograd.

Summary

THE IRON ORE OCCURRENCES FROM STUDENICA SERIES

by

Radule Popović* and Dušan Kleut*

The ore occurrences from Studenica series (SE sloups of Radočelo Mt.) are known still from the older ages. The main conclusion of our studes is that we have here the occurrences belonging to serpentinitic weathering crust in which are preserved relicts of genetic relationships of Cr-spinel and magnetite with characteristics of their primary genetic conditicns. Subsequently weathering crust has been exposed to destruction and its part was redeposited. However, in these redeposited parts authors discovered the well preserved minerogenetic relationships inherited from original ultrabasic rocks which represented the primary host rocks of Cr-spinel and magnetite.

The paragenesis is composed of Cr-spinel, magnetite, maghemite, martite, pyrite, and limonite. The origin of pyrite is not explained. Martite and maghemite were formed by transformation of magnetite, and limonite from pyrite.

(Received 20. VI 1979)

* Institute for geological and mining investigation and exploration of nuclear and other mineral raw materials, Beograd.

R A D O V I Geoinstituta, knjiga 13., god. 1979.
Beograd, Rovinjska ul. 12.

Vladimir Sarić UDK 553.43 (55)

LEŽIŠTE BAKRA DARREHZAR U IRANU

Ležište bakra DARREHZAR (Darezar) je tipično porfirsko ležište, hidrotermalnog postanka sa razvijenom zonom sekundarnog obogaćenja. Genetski je vezano za tercijarnu magmatsku aktivnost. Orudnjenje je deponovano pretežno u intruzivnim stenama, diorit-porfiritima i kvarc-diorit-porfiritima a manjim delom u starijim andezitima i piroklastitima. Glavni primarni rudni mineral je halkopirit a sekundarni halkozin. Po razmerama i intenzitetu orudnjenja DARREHZAR pripada kategoriji ležišta koja se danas u svetu vrlo rentabilno eksploatišu.

Ležište DARREHZAR je otkriveno i istraženo od strane stručnjaka Geoinstituta u periodu 1969—1972. godine. U toku istraživanja je primenjen kompleks geološko-geofizičkih i geohemijskih metoda sa istražnim bušenjem i rudarskim radovima, koji predstavljaju bazu za projektovanje i izgradnju rudnika. Rezultati ovih istraživanja prikazani su u vidu posebnih detaljnih izveštaja. U ovom radu su prezentirani *najbitniji* podaci o geologiji ležišta i njegovim metalogenetskim karakteristikama do kojih se došlo u toku istraživanja.

Rudno ležište se nalazi u centralnom delu Kermanske oblasti oko 200 km JZ od grada Kerman, a oko 1000 km jugoistočno od Teherana. Teren u predelu ležišta je izrazito planinski sa apsolutnim visinama 2300—3000 m. Preko ležišta teče rečica Darrehzar, koja ima manju količinu vode u toku cele godine. Klima u ovoj oblasti je semiaridna sa vrlo suvim i toplim letima i hladnim, često snežnim i kišovitim zimama. Vegetacija je vrlo oskudna.

GEOLOŠKA GRAĐA

U okolini ležišta teren je izgrađen od stena eocenskog vulkanogeno-sedimentnog kompleksa, oligomiocenskih intruziva, žičnih stena i kvartarnih naslaga.

Vulkanogeno sedimentni kompleks u Kermanskoj oblasti ima veliko kako horizontalno tako i vertikalno razviće. Nastao je kao rezultat intenzivnih submarinskih vulkanskih erupcija koje se smenjivale sa mnogobrojnim fazama mirovanja kada su taloženi sedimenti.

U okolini ležišta Darrehzar niži delovi vulkanogeno sedimentnog kompleksa su izgrađeni od trahiandezitskih slivova sa manjim učešćem piroklastita dok su višim delovima pretežno zastupljeni piroklastiti i sedimenti u odnosu na trahiandezite.

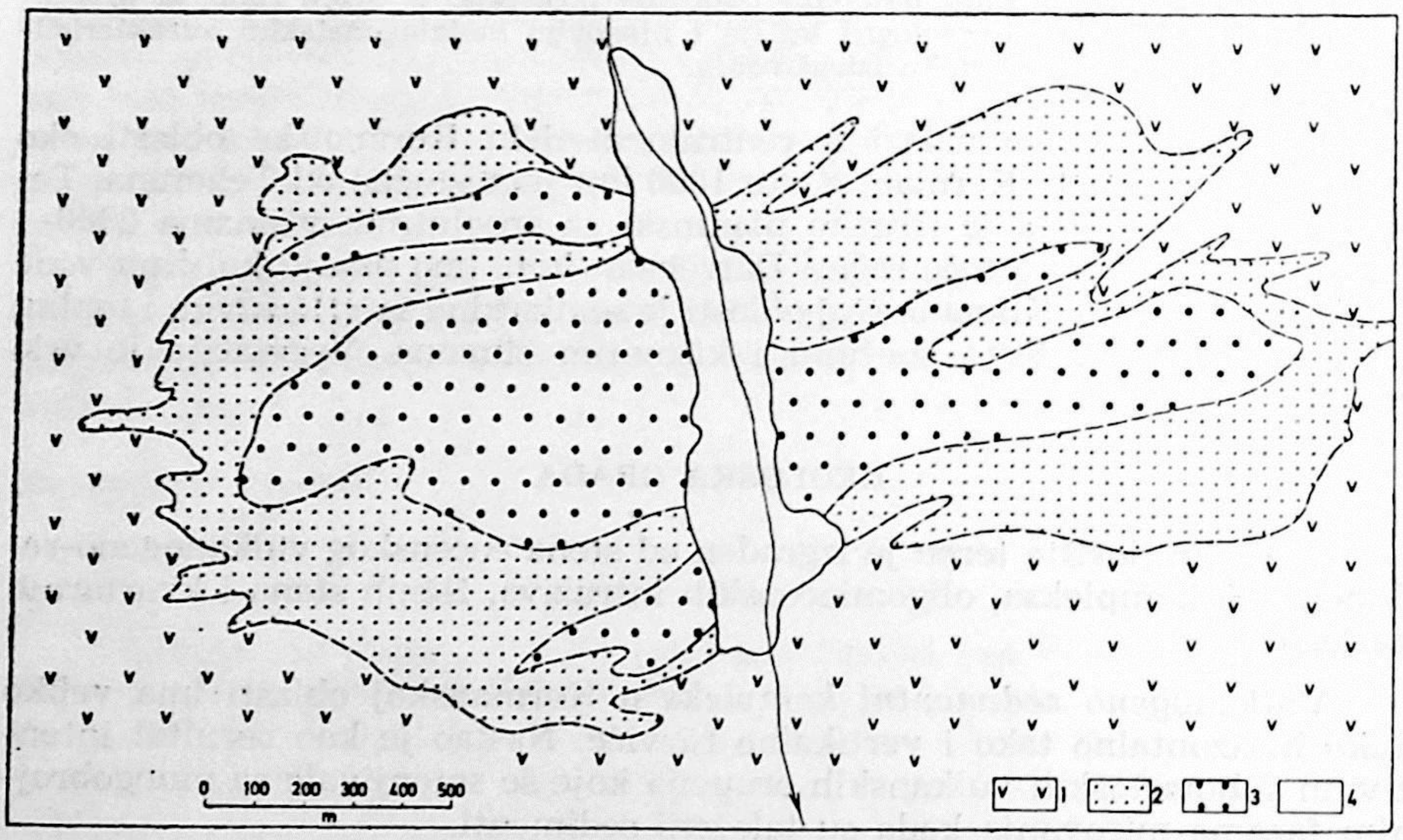
---

[1] Geoinstitut, Beograd.

Trahiandeziti se javljaju u vidu većih masa uglavnom severno od ležišta. Predstavljeni su brojnim slivovima stvorenim u periodima mirnih vulkanskih erupcija. Pojedini slivovi se ne mogu identifikovati, izuzev kada su razdvojeni piroklastitima. Prema stepenu kristalizacije osnovne mase može se zaključiti da su pojedini slivovi velike debljine, na mnogim mestima, u fazi hlađenja, postojali su uslovi slični subvulkanskim. Boja stene je obično tamnosiva do zelenkasta ili crvenkasta. Slivovi su kompaktni ređe šupljikavi i porozni. Struktura je holokristalasta do hipokristalasto porfirska. Osnovna masa je izgrađena od plagioklasa, alkalnih feldspata, hlorita, epidota, aktionolita i magnetita. U vidu fenokristala javlja se augit a ređe hornblenda. Slivovi trahiandezita južno od ležišta su znatno manje moćnosti te je hlađenje mase bilo brže nego u severnim delovima. Osnovna masa je slabije iskristalisana, fenokristali su sitniji i stena često ima afonatičan izgled. Mikroskopskim ispitivanjem (V. Ćebić i S. Cvetić) je utvrđeno da su svi trahiandeziti u okolini ležišta istog mineralnog sastava.

Piroklastiti i sedimenti su razvijeni uglavnom južno od intruzije diorit-porfirita. Konstatovani su aglomerati, tufovi, konglomerati, peščari i krečnjaci. Aglomerati su najzastupljeniji, tufovi i konglomerati su znatno ređi, dok su peščari i krečnjaci sasvim podređeni.

Aglomerati su izgrađeni od fragmenata trahiandezita i tufova sa cementom od finozrnog vulkanogenog materijala.



Sl. 1. Geološka skica ležišta bakra Darrehzar:
1. Vulkanogeno-sedimentni kompleks; 2. Alterisani vulkaniti; 3. Alterisani dioritporfiriti; 4. Kvartarne naslage.

Fig. 1. Geological sketch map of the Darrezar copper deposit:
1. Volcanic-sedimentary complex; 2. Altered volcanites; 3. Altered diorite- porfirite; 4. Quaternary deposits.

Tufovi su u vidu slojeva debljine po nekoliko metara. Imaju andezitski ili dacitsko-riolitski sastav. U građi andezitskih tufova učestvuju karbonatizirani intermedijarni plagioklasi, femični mineralni i fragmenti andezitskih stena. Dacitsko-riolitski tufovi sadrže albit-plagioklas, biotit, resorbovane fenokristale kvarca i mikrofragmente alterisanog dacita i andezita. Mestimično je razvijena fluidalna tekstura što ukazuje na njihovo ignimbritsko poreklo.

Konglomerati i brečo-konglomerati se sastoje od više ili manje zaobljenih fragmenata andezita i vezivnog materijala. Mestimično, konglomerati prelaze u peščare. Krečnjak se javlja unutar horizonta peščara i to sasvim lokalno.

Diorit-porfiriti i kvarcdiorit-porfiriti izgrađuju centralni deo terena ležišta. Intenzivno su alterisani i često sa nejasnim granicama prema okolnim stenama.

Intruzivno telo je složeno, nepravilnog oblika, sa brojnim apofizama koje seku vulkanite. U njima se često zapažaju krupni ksenoliti okolnih stena. Glavno telo diorit porfirita je dugo oko 2 km i širine 100—500 m, sa dužom osom u pravcu I—Z i padom prema severu pod uglom od 60—80°.

Intruziv je predstavljen uglavnom diorit porfiritima i znatnc ređe kvarc-diorit-porfiritima, kvarcdioritima i granodioritima. To je jedinstveno telo, formirano u jednoj fazi sa izvesnim promenama i mineraloškom sastavu i strukturi kao rezultat diferencijacije i uslova stvaranja.

Diorit porfirit je holokristalasto porfirske strukture, sa fenokristalima andezina i potpunc razorenih bojenih minerala. Osnovna masa je srednjezrna do sitnozrna a izgrađena je od feldspata, obilnog biotita, nešto kvarca, belih liskuna i opakih minerala.

Isti mineralni sastav imaju i kvarcdiorit-porfiriti s tim što sadrže nešto kvarca i to u vidu fenokristala kcji je prisutan i u osnovnoj masi. Lokalno sadrži malo i kalijskog feldspata i čini prelaz ka granodiorit porfirima.

Granodiorit je hipidiomorfno zrnaste strukture i izgrađen je od zcnalnih plagioklasa (oligoklas-andezin) malo kalijskog feldspata, kvarca i biotita.

Prema položaju intruziva i strukturi stena može se zaključiti da je na lokalnosti Darrehzar otkriven apikalni deo jednog granodioritskog intruziva smeštenog u hipoabisalnom nivou.

Žične stene — su predstavljene kvarcmikrodioritima i neznatno su zastupljene. Uglavnom su sveže, sive boje finozrne a izgrađene su od zonarnih plagioklasa kvarca, hornblende i biotita.

Kvartarne naslage su razvijene pored reke Darrehzar u vidu rečne terase debljine do 30 m.

Strukturna građa. Teren u okolini ležišta bakra Darrehzar se odlikuje intenzivnim deformacijama nastalim dejstvom tangencijalnih i radijalnih tektonskih pokreta.

Vulkanogeno sedimentna serija ima generalno pružanje ZSZ—IJI sa padom prema JJZ pod uglom od 20—45°. Lckalna odstupanja od ovoga su

izazvana rasedanjima raznih pravaca i intruzijom dioritporfirita. Nabiranja su izvršena, najverovatnije u gornjem eocenu ili oligocenu, pre stvaranja intruziva.

Stvaranje nabornih struktura je praćeno rasedanjem pravca I—Z i ISI—ZJZ, koje su bile od velikog značaja za formiranje intruzivnog tela. Duž raseda ovih pravaca u eocenskoj seriji je utisnut porfiritski štok sa svojim apofizama. Kretanja duž ovih raseda se obnavljala više puta stvarajući široku zonu drobljenja u intruzivima i vulkanitima. Glavni rased je svakako pravca I—Z koji je dubinskog karaktera a dijagonalni rasedi su prateći preko kojih su uvećani efekti razlamanja i brečiziranja stena na relativno velikom prostoru što je predisponiralo hidrotermalnu alteraciju stena i stvaranje orudnjenja.

Hidrotermalna alteracija. Na relativno velikoj površini, oko 2 km², izražene su vrlo intenzivne hidrotermalne promene stena. Ovim promenama u potpunosti su obuhvaćeni izdanci intruziva i širi ili uži oreol vulkanskih stena. Granica svežih i promenjenih stena je najčešće postupna.

Diorit porfiriti su jako izmenjeni. Najčešći vidovi alteracije su: sericitizacija, silifikacija, argilizacija, hloritizacija, karbonatizacija i biotitizacija. Fenokristali feldspata su obično sericitisani i argilizirani a bojeni minerali izbeljeni i zamenjeni sa muskovitom, sekundarnim kvarcom i hloritom. Sitne kvarcne žice su vrlo često prisutne (debljine 2—3 mm). Anhidrit je obilan ali se javlja u nešto dubljim nivoima. Primarni minerali su vrlo često potpuno razoreni i stena je izgrađena od sericita, gline sekundarnog kvarca i neprovidnih minerala.

U vulkanitima su razvijeni isti tipovi alteracija kao i u intruzivima. Intenzitet promena varira od umerenog gde su pojedini minerali više manje sačuvani i mogu se identifikovati do potpunog gde je stena transformisana u sekundarni kvarc i sericitski agregat. U njima se često zapaža i kriptokristalasti epidot i jarozit.

Dva tipa alteracije — sericitizacija i argilizacija su ravnomerno zastupljeni na čitavoj površini izmenjenih stena. Intenzivnija silifikaicija je u vidu užih zona pravca ISI—ZJZ.

U zoni hidrotermalno izmenjenih stena površinsko raspadanje je veoma izraženo. Velike mase limonita nastale kao rezultat raspadanja sulfida daju alterisanim stenama crvenkastu i žućkastu boju i stvaraju izrazit kontrast u odnosu na stene crne boje u okolini.

OSNOVNE KARAKTERISTIKE ORUDNJENJA

Mineralizacija bakra prostorno koincidira sa zonom alterisanih stena. Kako u horizontalnom tako i vertikalnom smislu zapaža se zonalnost orudnjenja. Horizontalna zonalnost je predisponirana geološko-tektonskim faktorima koji su bili od značaja za lokalizaciju orudnjenja a vertikalna supergenim uslovima koji su omogućili migraciju bakra.

Centralni deo zone alteracija je najintenzivnije mineralizovan bakrom dok je periferni pojas znatno siromašniji. Orudnjenje se nalazi uglavnom u diorit porfiritskom intruzivu a manjim delom u vulkanitima. Glavno rudno telo ima dužinu preko 1 km i širinu do 500 m. Orijentisano je pravcem I—Z — saglasno dubinskom razlomu.

Primarna mineralizacija je relativno siromašna sa bakrom. Sadržaji variraju najčešće u granicama 0,2 do 0,5% a samo u nekim delovima postižu i do 08%. Do značajnije koncentracije bakra došlo je supergenim procesima, u zoni cementacije.

Rudni minerali su diseminirani u alterisanim stenama duž sitnih prslina i pukotina kao i u osnovi stene, u kojoj su očuvani tragovi primarne porfirske strukture.

Ukupne koncentracije sulfida u ležištu variraju u granicama od 4 do preko 20% a srednja vrednost je oko 8%. Nije utvrđena korelacija između koncentracija ukupnih sulfida i sadržaja bakra. Visok sadržaj sulfida karakteriše zonu alteracije na čitavom prostoru, bez obzira na sadržaje bakra. Najčešći sulfidni minerali su pirit i halkopirit kao primarni i halkozin kao sekundarni mineral.

U zoni površinskog raspadanja sulfidi su izluženi. Zona izluživanja je dubine od desetak metara do preko 100 metara i zavisi od morfolcgije terena. Viši delovi imaju deblju zonu izluživanja. Srednja dubina za ležište je oko 30 m. U ovoj zoni minerali bakra su retki. Mestimično se uočavaju skrame malahita i hrizokola. Srednji sadržaj u zoni izluživanja je 0,06% bakra.

Ispod zone izluživanja leži cementaciona zona, moćnosti nekoliko metara do preko 100 metara. Glavni mineral bakra u ovoj zoni je halkozin. Sadržaji bakra u proseku su 2,5 puta veći u zoni cementacije u odnosu na sadržaje bakra u primarnoj rudnoj zoni i variraju u granicama od 0,5 do preko 5%.

U zoni mineralizcvanoj bakrom, redovno je u većoj ili manjoj meri prisutan i molibden. Sadržaji molibdena se kreću od nekoliko ppm. do 650.

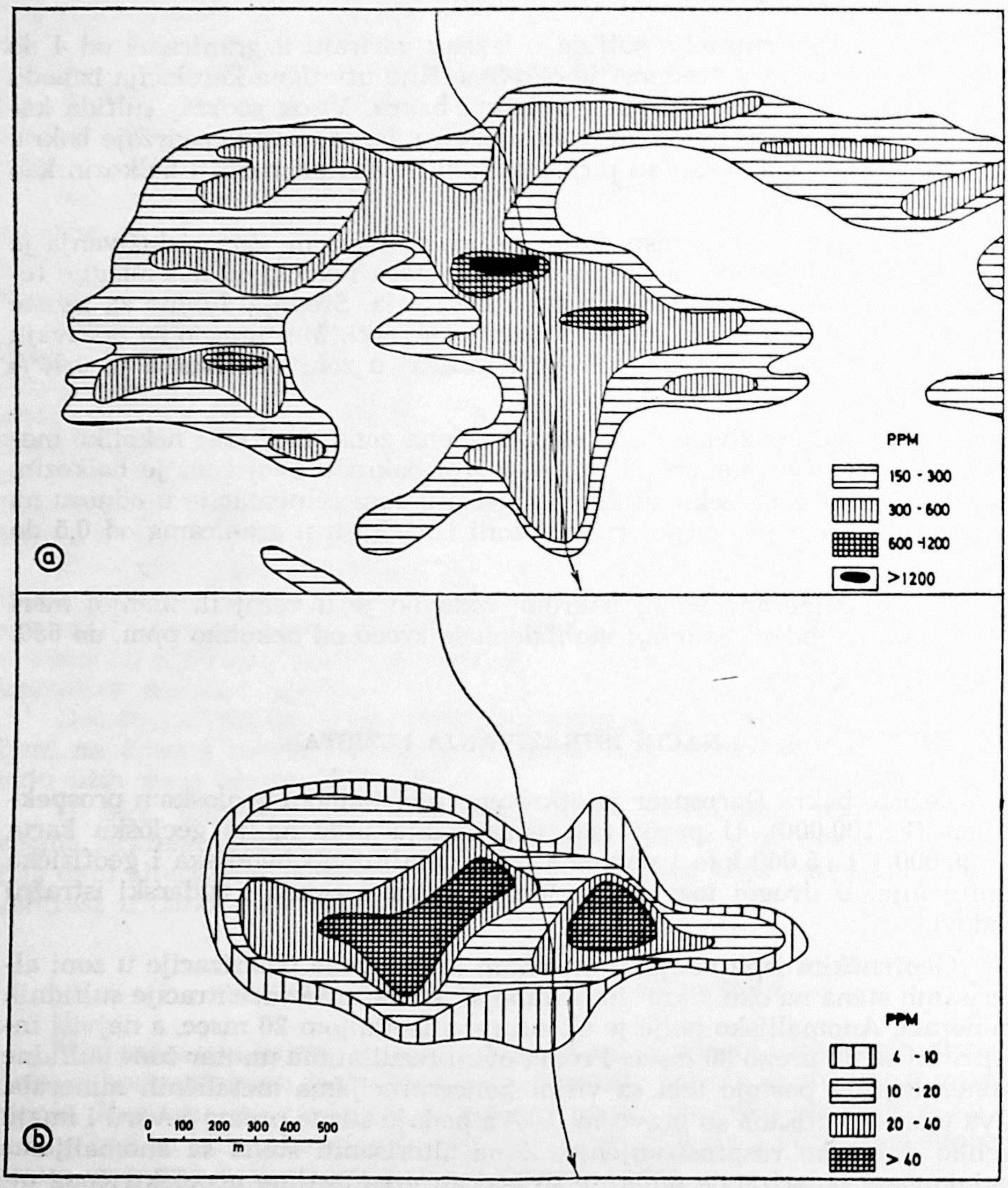
NAČIN ISTRAŽIVANJA LEŽIŠTA

Ležište bakra Darrenzar je otkriveno regionalnom geološkom prospekcijom (1 : 100.000). U prvoj fazi istraživanja urađena je geclоška karta 1 : 20.000 i 1 : 5.000 kao i poludetaljna i detaljna geohemijska i geofizička ispitivanja. U drugoj fazi su izvršena istražna bušenja i rudarski istražni radovi.

Geofizičkim ispitivanjima metodom indukovane polarizacije u zoni alterisanih stena na oko 2 km² indicirane su povećane koncentracije sulfidnih minerala. Anomalijsko polje je okontureno izolinijom 20 msec. a najviši intenziteti su do preko 80 msec. Prema ovim rezultatima unutar zone sulfidne mineralizacije postoje tela sa višim koncentracijama metaličnih minerala. Ova tela orijentisana su pravcem I—Z a padaju strmo prema severu i imaju veliko dubinsko rasprostranjenje. Zona alterisanih stena sa anomalijama indukovane polarizacije odlikuje se niskim vrednostima geoelektričnog otpora. Najveći deo ležišta ima otpor ispod 50 Ω m a na manjim površinama i ispod 25 Ω m.

Geohemijskim ispitivanjima, metalometrijskim oprobavanjem, registrovane su anomalne koncentracije bakra do preko 2000 ppm i Mo do

preko 200 ppm. Ekstremno visoki sadržaji bakra su dobijeni u topografski nižim delovima terena dok su istaknutiji delovi u reljefu sa manjim koncentracijama. Polje sa anomalnim sadržajima bakra je dužine 2 km i širine 0,2—1 km. Anomalije molibdena su lokalizovane isključivo u centralnom delu zone alteracija i znatno preciznije indiciraju orudnjenja bakra (sl. 2.).



Sl. 2. Geohemijska skica ležišta: a — Distribucija bakra u tlu. b — Distribucija molibdena u tlu.

Fig. 2. Geochemical sketch map of the deposit: a — Distribution of copper in sol. b — Distribution of molibdenum in sol.

Intenzitet orudnjenja sa bakrom po dubini je istraživan dubinskim bušenjem sa jezgrom i to prvo po mreži — 400×300 m a zatim 100×100 m. Posle završenog bušenja oko 30% ležišta je prekriveno istražnim hodnicima. Istražne bušotine i rudarski radovi su kontinuirano oprobavani u intervalima od 1 ili 2 m. Sadržaji bakra dobijeni u bušotinama i hodnicima za odgovarajuće rudne intervale i pojedine blokove pokazuju vrlo mala odstupanja, ispod 10%.

MINERALNA PARAGENEZA I GENEZA LEŽIŠTA

Laboratorijskim ispitivanjima je utvrđena sledeća mineralna paragenеza: pirit, halkopirit, halkozin, kovelin, pirhotin, magnetit, hematit, rutil, bornit, molibdenit, enargit, sfalerit, galenit, tetraedrit, kubanit, malahit, azurit i hrizokol (D. Radusinović). Prva tri minerala: pirit, halkopirit i halkozin čine 95% ukupne rudne mineralizacije, dok su drugi minerali prisutni u vrlo malim koncentracijama i imaju podređen značaj.

Pirit je najčešći rudni mineral. Njegove koncentracije variraju od 2 do preko 20% u proseku oko 7%. Nalazi se u sitnim impregnacijama u alterisanim stenama ili u vidu žilica po prslinama i pukotinama. Impregnacije su znatno češće u feromagnezijskim mineralima nego u feldspatima. Žilice su obično milimetarske moćnosti, retko dostižu nekoliko santimetara. Relativno je ravnomerno distribuiran u rudnom telu i okolnim alterisanim stenama. Javlja se kao idiomorfan i ksenomorfan. Često je udružen sa halkopiritom i sadrži inkluzije halkopirita (veličine 10—15 mikrona), pirhotina, molibdenita i kubanita. Mestimično je korodovan i zamenjen halkopiritom i halkozinom.

Halkopirit je najčešći mineral bakra. Diseminaran je na velikom prostoru ali njegova distribucija je znatno manje ravnomerna nego kod pirita. Gradi impregnacije i žilice. Obično je u vidu sitnih zrna do 100 mikrona retko do 300 mikrona. Prorasta sa magnetitom, piritom i bornitom ili u posebnim agregatima. U zoni cementacije transformisan je u halkozin, ređe u kovelin, sa mestimično očuvanim reliktima unutar ovih minerala.

Halkozin je prisutan kao sekundarni mineral, u zoni cementacije a nastao je transformacijom halkopirita i bornita. Njegove koncentracije su u zavisnosti od sadržaja bakra primarne mineralizacije. Halkozin gradi individualna zrna ili se javlja u vidu skrama oko zrna pirita i halkopirita. Često je udružen sa kovelinom. Oko 60% bakra u cementacionoj zoni se nalazi u mineralu halkozinu.

Kovelin je relativno redak. Nastao je transformacijom halkopirita i bornita, formirajući skrame oko zrna ovih minerala ili se javlja u vidu inkluzija. Koncentracije kovelina u zoni cementacije su bez većeg značaja.

Pirhotin je vrlo redak mineral i javlja se samo u inkluzijama u piritu. Moguće je da su primarne koncentracije bile znatno veće ali da je transformisan u pirit.

Magnetit je idiomorfan ili u zrnastim agregatima. Najčešće je finozrn veličine do 20 mikrona. Pretežno je transformisan u hematit-martit i često korodovan sa halkopiritom.

Hematit je prisutan pretežno kao martit i nastaje od magnetita. Vrlo je čest u zoni cementacije gde je udružen sa halkopiritom.

Bornit je redak mineral. Javlja se u posebnim zrnastim agregatima, u inkluzijama ili prorasta sa halkopiritom.

Molibdenit je jedini mineral molibdena. Dosta je čest ali je vrlo raspršen i makroskopski teško uočljiv. Obično je u posebnim zrnima ili prorasta sa halkopiritom.

Enargit je zapažen samo u vrlo finim inkluzijama u halkopiritu.

Sfalerit je vrlo redak. Nalazi se u posebnim granularnim agregatima ili prorasta sa galenitom i sfaleritom. Mestimično je korodovan i zamenjen tetraedritom i halkopiritom.

Galenit je redak. Kao idiomorfan ili ksenomorfan udružen je sa sfaleritom. Sadrži inkluzije tetraedrita.

Tetraedrit je dosta čest u nekim delovima ležišta. Udružen je najčešće sa halkopiritom a javlja se u inkluzijama u drugim mineralima.

Kubanit je vrlo redak a nalazi se u inkluzijama u piritu (veličine 50—75 mikrona) ili prorasta sa halkopiritom.

Malahit, azurit i hrizokol su prisutni u zoni izluživanja i gornjim delovima cementacione zone gde su započeli procesi oksidacije. U zoni izluživanja su zastupljeni u sasvim neznatnim količinama dok u zoni cementacije mestimično su česti.

Svi pomenuti rudni minerali se mogu podeliti prema njihovom postanku na magmatske, hidrotermalne i supergene.

Magmatski minerali su stvarani sinhrono sa stvaranjem stene. Zastupljeni su u neznatnim količinama. U ovu grupu se mogu uvrstiti: idiomorfni magnetit i rutil.

Najveći deo metaličnih minerala i to pretežno sulfida je hidrotermalnog porekla. U egzogenim uslovima primarni rudni minerali su transformisani u sekundarne minerale i izvršena je redistribucija korisne komponente. Tada su stvoreni sekundarni sulfidi bakra, karbonati i silikati.

Na osnovu mineralne parageneze, prostorne veze orudnjenja sa alterisanim stenama i pozicie intruzivnih stena može se zaključiti da je ležište bakra Darrehzar hidrotermalnog porekla i da je u genetskoj vezi sa intruzijom diorit-porfirita.

Za stvaranje ležišta presudnu ulogu je imala tektonska pripremljenost sredine koja je izvršena pre hidrotermalne faze. U zoni dubinskog razloma pravca I—Z i njegovog ukrštanja sa dijagonalnim rasedima stene su intenzivno ispucale, zdrobljene što ih učinilo vrlo poroznim i povoljnim za kasniju cirkulaciju hidrotermalnih rastvora. Ovi rastvori su bili hemijski vrlo aktivni i izvršili su na velikom prostoru hidrotermalne promene stena (sericitizaciju silifikaciju, argilizaciju, i dr.) u kojima je kasnije odložena rudna mineralizacija. Proces hidrotermalnih alteracija i odlaganja minerala trajao je dug vremenski period. Prisustvo kubanita, idiomorfnog pirita i pirhotina ukazuje na uslove visoke temperature stvaranja — verovatno katatermalnog područja. Najveći deo metaličnih minerala je donešen pri nižim temperaturama, u mezo i epitermalnom području. Prema paragenetskim odnosima na ležištu su, u okviru hidrotermalnog stadijuma identifikovane tri faze stvaranja rudnih minerala:

I faza — kubanit, pirit, pirhotin i halkopirit;
II faza — pirit, halkopirit, enargit, sfalerit, galenit i molibdenit;
III faza — tetraedrit i halkopirit.

Izdvojene faze stvaranja nisu vremenski jasnc ograničene već se javljaju u jednoj sukcesiji sa izvesnim preklapanjima.

Generalno se može uzeti da pojava, opšte, masovne piritizacije prednodi glavnom orudnjenju sa bakrom (I faza i delimično II faza). Rastvori koji su izvršili piritizaciju bili su vrlo obilni. Zahvatili su čitav prostcr altersanih stena i dali velike količine pirita, koji je dosta ravnomerno distribuiran. Ova faza je siromašna sa bakrom.

Najveće količine bakra su donete u II fazi, posle izvršene glavne piritizacije. Ovi rastvori su količinski bili manje zastupljeni, zahvatili su znatno manji prostor od I faze i to pretežno apikalne delove intruziva a manjim delom okolne vulkanite.

Treća faza mineralizacije, kako po razmerama tako i po intenzitetu nije imala veći značaj. Dala je tetraedrit i halkopirit, koji kao najmlađi koroduju i zamenjuju druge minerale.

Preraspodela bakra i njegova koncentracija u zoni cementacije je izvršena znatno kasnije od stvaranja primarne mineralizacije. U egzogenim uslovima, površinskim raspadanjem, kroz geološku istoriju vršeno je izlužívanje primarnih sulfida i transport bakra u niže delove ispod nivoa podzemnih voda gde je obaran kao mineral halkozin ili kcvelin.

(Primljeno 5. IX 1979)

LITERATURA

1. S a r i ć, V., 1973: Izveštaj o istraživanju bakra na lokalnosti Darrenzar (Iran). Izveštaji sa projekta Kerman (Iran).
2. G r u p a a u t o r a, 1973: — Exploration for ore deposits in Kerman region. Fond Geoinstituta, Beograd.

S u m m a r y

COPPER ORE DEPOSIT DARREHZAR IN IRAN

by

V l a d i m i r S a r i ć

The Darrehzar copper mineral deposit is situated on central part of Kerman Region, about 1000 km SE from Teheran. The deposit was discovered and explored, by Geoinstitute's experts, from 1969—1972. y.

The area immediately surrounding the deposit consists of Eocene volcanites and sediments, Oligocene—Miocene intrusive rocks and quaternary deposits. Volcanic-sedimentary complex is represented by flows of trachyandesites, pyroclastites and sediments. The intrusive body of diorite-por-

phyrite or quartzdiorite is of eastwest trend and small dimensions (about 1 km^2). Entire outcroping surface of intrusion and its boundaries are hydrothermaly altered. The most intenzive alterations are: sericitization, chloritization and silification.

The maximum copper mineral concetration were detected in samples collected from altered intrusive rock. Surrounding altered volcanites contained smaller concetrations of copper mineralization. The deposit is of porphyric type with well developed cementation zone. The average copper grade, in the primary zone are about 0.2—0.5%, rarely till 0.8%. The koeficient of enrichment in cementation zone is 2.5. The most abundant minerals are the primary sulphides, pyrite and chalcopyrite, with chalcocite the most abundant secondary sulphide.

The deposit is of hydrothermal origin, the solutions released by the diorite-porphyrite intrusion, have produced the hydrotermal alteration and the sulphide mineralization.

Three successive phases of ore mineralization were indetified. The first one was intensive pyritization that penetrated all the altered rocks. Most of the copper mineralization was introduced in the second phase subsequently and independently of the pyrite mineralization. The third phase was not of particular importance.

(Received 5. IX 1979)

R A D O V I Geoinstituta, knjiga 13., god. 1979.
Beograd, Rovinjska ul. 12.

Milorad Arsenijević[1]

UDK 550.4 : 553.43

GEOHEMIJSKE OSOBINE Fe-Cu SULFIDNOG ORUDNJENJA U DIJABAZIMA TOLIŠNICE (KRALJEVO)

(sa 16 slika i 15 tabela)

U ovome radu se razmatraju geohemijske osobine Fe—Cu sulfidne mineralizacije u dijabazima na osnovu sadržaja mikroelemenata u glavnim mineralima — piritu i halkopiritu i nekim sekundarnim pratiocima. Asocijacija i raspodela elemenata utvrđuju faznost, uslove koncentrisanja i globalnu vezu sa oblikom pojavljivanja minerala (pirit), gde se posebno ističe uticaj Co i Ni, zatim In i Ga, kao i drugih elemenata, u piritu i halkopiritu. Dobijeni podaci podvlače hidrotermalno poreklo izvesnih elemenata, primarni prinos (magmatski zaostatak) uz prisustvo reakcionih procesa preraspodele. Mineralne parageneze ovoga štokverkno-impregnacionog ležišta zahvaćene su i supergenim procesima.

Pojave mineralizacije bakra u Tolišnici (Čemerno—Kraljevo) bile su poznate po starim radovima. Tek su 1973. godine na ovim pojavama preduzete nova geološka a zatim i rudarska istraživanja (10—13). Međutim, ovo orudnjenje nije geohemijski proučavano i zbog tipa mineralizacije bilo je korisno da se ispita mikrosastav glavnih minerala i njihovih pratilaca (2).

METODIKA ISPITIVANJA

Na području rudne zone uzorci su sakupljeni po nepravilnoj mreži na površini i na određenim dubinama u bušotini TB-12 (od 21 do 161 m). Njihova obrada i izdvajanje monomineralnih koncentrata postignuta je ručno ili putem mineraloške analize uz uobičajene metode koncentracije i prečišćavanja minerala (magnetna, elektromagnetna, teške tečnosti, optička kontrola i dr.). Posebna pažnja je posvećena makroodnosima i obliku pojavljivanja minerala (2).

Mineraloške analize, koje je vršio C. Markov, pružile su pregled sastava uzoraka i omogućile da se izdvoje slabo zastupljeni i jako srasli minerali, što se odnosi čak i na nekada u tragovima prisutni halkopirit, slično galenitu i sfaleritu.

Monomineralni koncentrati su analizirani spektrohemijskim metodama (2). Hemijska određivanja Se i Te, kao i ređe kontrolne analize Ni i Co, izveli su Z. Červenjak i V. Ocokoljić a rudnomikroskopske analize nekih koncentrata i rudnih uzoraka obavio je D. Kleut.

---

[1] Geoinstitut, Beograd.

Na pripremi materijala i analiza radili su još i S. Nedeljković, N. Perković, T. Belić, J. Simić, V. Ivanović, Lj. Tomić i B. Kapičić, dok su u terenskim radovima, pored autora, učestvovali D. Purić (bušotine) i P. Vasiljević.

Pri obradi analitičkog materijala korišćene su statističke veličine kao $\bar{X}$ — aritmetička sredina, $\bar{y}$ — geometrijska sredina σ — disperzija, t — kritična razlika geometrijskih sredina, hi — kvadrat (χ^2), r — koeficijent korelacije i kontrola značaja nekih parametara na 5% i 1%-tnom nivou poverenja.

KRATAK PREGLED GEOLOŠKOG SASTAVA RUDNE ZONE

Ranijim ispitivanjima utvrđeno je da se orudnjenje nalazi u ofiolitskoj zoni pravca pružanja SZ—JI (10). Osnovu terena čine peridotiti lerzolitskog tipa i serpentinisni peridotiti a gabrovi i posebno dijabazi predstavljaju kasnije intruzije.

Dijabazi se javljaju u vidu proboja i slivova širine do 200 m. Oni su predstavljeni kao dve zone pravca SZ—JI, jako brečizirane, praćene linijskim rasedima obeleženih brečizacijom, silifikacijom i limonitizacijom. Linijski rasedi su presečeni poprečnim rasedima pravca SI—JZ ili SSI—JJZ koji su mlađi i postrudni. Za njih se vezuje postrudno smicanje i pomeranje blokova, štc celu rudnu zonu odlikuje jakim drobljenjem, blokovskom građom i brečizacijom dijabaza (10—13).

U zoni dijabaza, dužine i do 1 km, na pravcima linijskih raseda, izdvajaju se dva pojasa orudnjenja („mala“ i „velika“ zona) sa spilitima i tufovima podređenog rasprostranjenja. Ove stene su jako mehanički deformisane, pri čemu se duž prsline u kataklaziranoj masi smeštaju rudni minerali praćeni silifikacijom, limcnitizacijom, albitizacijom, slabijom karbonatizacijom, alteracijom i drugim znacima hidrotermalnih akcija (blokovi kvarcne mase, i dr.).

Prema dosadašnjim podacima (10), u rudnoj zoni su utvrđeni pirit kao najzastupljeniji mineral, zatim halkopirit a znatno slabije ili se retko zapažaju sfalerit, galenit, arsenopirit, kubanit i valerit. Sekundarni produkti — limonit, halkozin, kcvelin, malahit ili azurit mestimično se nalaze u jačim koncentracijama na delovima sa jakom oksidacijom a takođe kvarc, ređe opal, kalcedon i kalcit, kao i drugi petrogeni minerali.

Rudna mineralizacija se javlja u vidu „rasejanog“ tipa i kao kvarcno-piritsko-halkopiritske žice ili splet žilica, gnezdasta i sočivasta nagomilanja mestimično prelazeći u masivnu halkopiritsku rudu. Ovakve pojave se sreću u oba rudna pojasa, u maloj ili velikoj zoni, koje su istražene sa više bušotina i gde se u velikoj zoni dostigla dubina i do 171 m (Tb-12) prolazeći kroz bogatije orudnjene partije i kroz rasejanu mineralizaciju (10).

RASPORED MIKROELEMENATA U GLAVNIM MINERALIMA

S obzirom na opšte osobine mineralnih parageneza pažnja je posvećena makro i mikroparagenetskim odnosima halkopirita i pirita i mestimičnoj pojavi sekundarnih minerala. Na osnovu prikupljenih podataka o načinu pojavljivanja ovih minerala biće naglašene njihove geohemijske odlike u ležištu koristeći raspored sadržaja mikrosastojaka u njima.

OSNOVNE OSOBINE PIRITA

Pirit iz obe orudnjene zone nosi obeležje glavne mineralne komponente. To pokazuje globalni raspored ovoga sastojka u odnosu na halkopirit koji u istoj paragenezi dostiže čak i tragove. Time se ističe stalnost pojavljivanja i znatno veća zastupljenost pirita.

U „velikoj" zoni pirit se nalazi u vidu impregnacija, žilica, nagomilanja, rasejavanja u dijabazu ili u razbijenim žicama. U halkopiritskm žicama pirit se zcnarno raspoređuje u odnosu na halkopirit težeći prema njihovom obodu. Ukoliko se žica više grana na splet žilica i nagomilanja ili okca, pirit je sve masovniji. U rasejanom tipu pirit se retko povlači na račun halkopirita, obično je preovlađujući sastojak i impregniše dijabaz duž prslina.

„Mala" zona je sasvim slična pomenutoj zoni u teksturnom načinu pojavljivanja i razmeštaja pirita prema halkopiritu. Izrazita halkopiritska žica (br. 18) je krajnje siromašna piritom ili kod onih sa masivnim halkopiritom pirit teži prema obodu žice. U rasejanom i impregnacionom tipu preovlađuje piritizacija dujabaza, limonitizacija pirita sa retkim halkopiritom i samo krajnje retko se javlja fluorit.

Sličnost pojavljivanja pirita i njegovog odnosa prema halkopiritu daju celom orudnjenju jedinstveno obeležje mineralizacionih procesa. Takve osobine se odnose i na dublje delove presečene bušotinom (Tb-12) na čijem se profilu smenjuju jače ili slabije mineralizovane partije čas piritom čas halkopiritom. Pa ipak, sa dubinom pirit preuzima mesto halkopiritu uz znatno rasejavanje duž sistema pukotina u steni.

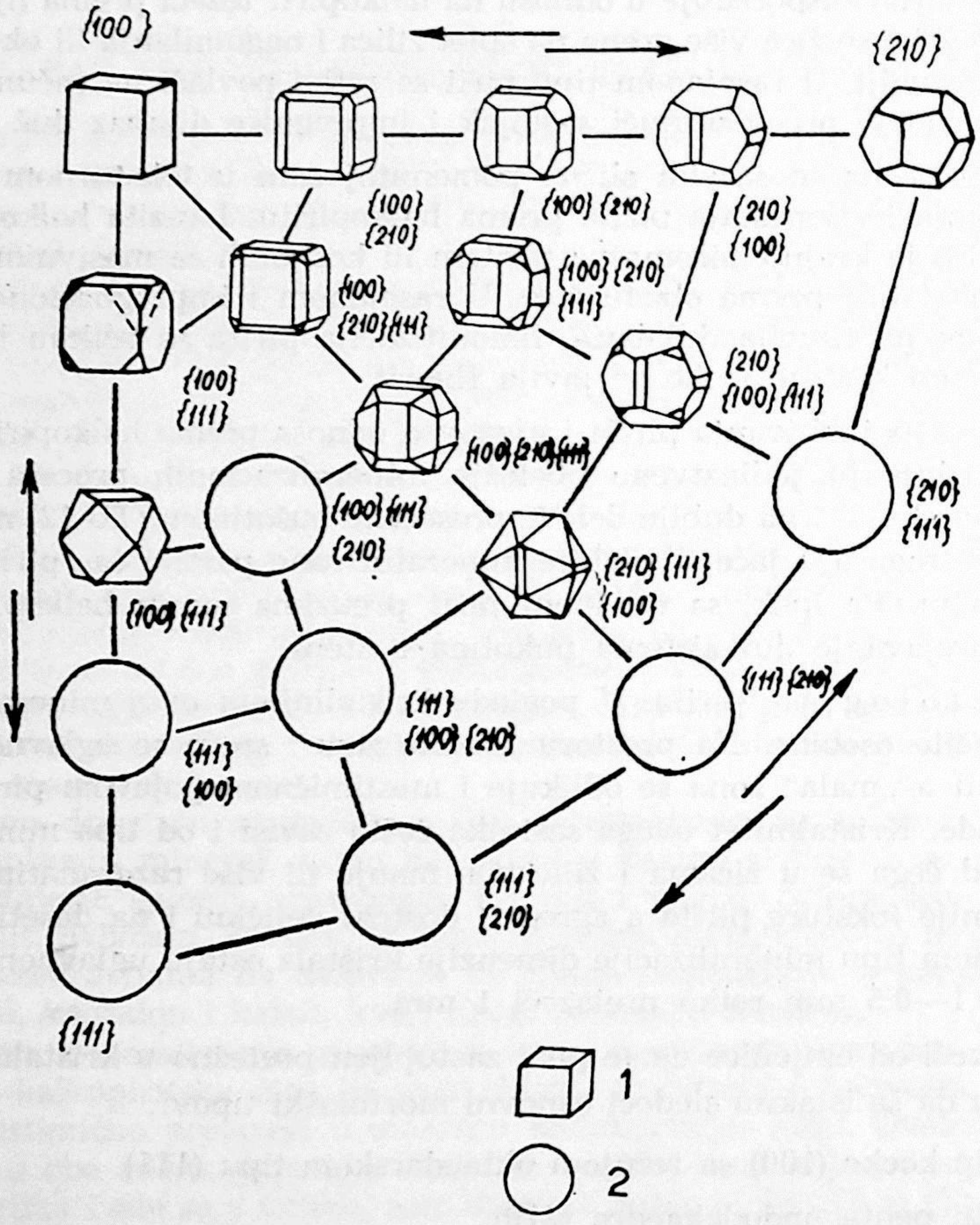
M o r f o l o g i j a pirita. U pogledu kristaliniteta ovaj mineral pokazuje različite osobine. Na prostoru „velike zone" sreće se uglavnom kristalni pirit a „mala" zona se odlikuje i mestimičnom pojavom pirita masivne građe. Kristalinitet ovoga sastojka često zavisi i od tipa mineralizacije, usled čega se u žicama i žilicama, manje ili više razgranatim, sreću krupnozrnije teksture pirita a agregati dostižu veličinu i na desetine mm. U rasejanom tipu mineralizacije dimenzije kristala ostaju uglavnom u granicama 0,1—0,5 mm retko prelazeći 1 mm.

Polazeći od činjenice da je pirit zastupljen pretežno u kristalnom stanju mogu da se istaknu sledeći osnovni morfološki tipovi:

1. Tip kocke (100) sa težnjom oktaedarskom tipu (111).
2. Tip pentagondodekaedra (210).

Osnovni karakterističan oblik pirita u ovome ležištu je kocka (Sl. 1) od koje se razvijaju oblici u pravcu oktaedra i pentagondodekaedra. Ustvari, najzastupljenija je kocka (100) i kockooktaedar $\binom{100}{111}$, veličine gotovo do 1 mm, a retka pojava oblika (100, 111) podvlači da čist oktaedarski tip nije dostignut. Dva preovlađujuća oblika, kocka i kockooktaedar, odlikuju se habitusom i načinom pojavljivanja u paragenezama.

K o c k e su najčešće pravilne, oštrih ivica i veoma retko su zaobljene, što nije povezano sa pojavom začetaka kombinacija. Pljosni su obično glatke i sjajne sa izraženom cepljivošću. Crtastost pljosni se kreće od sasvim fine do ređe grublje a zapaža se i zonarnost i „slojevitost". Ponekad u centru pljosni narastaju kockice koje se stepeničasto spuštaju prema ivicama dajući „antiskeletne" teksture kristala nastale na pravcu bržeg toka i promene zasićenosti hidrotermalnih rastvora. Kocke nekada prorastaju u vidu krsta a crte na pljosnima daju različite figure (kvadratne, pravougaone i dr.).



Sl. 1 — Morfološki razvoj kristala pirita, ležište Tolišnica: 1 — prisutne forme kristala; 2 — odsutne forme kristala (Razvoj prema šemi Č. D. Džafarova).

K o c k o o k t a e d a r je najčešće zastupljen od svih kombinacija i prostih oblika. Prelaz od kocke u kockcoktaedar je gotovo postepen:

a.) Rogljevi na kocki su jedva primetno zasečeni u vidu tačkica.

b.) Pljosni oktaedra su najčešće jasno izražene na rogljevima kocke.

Međutim, čak i kada su pljosni oktaedra (111) dobro razvijene, neka od njih je jače oformljena u odnosu na druge ili takve osobine poseduju dve susedne. Prisutna pojava otkriva povoljne uslove rašćenja na pravcu toka rastvora pod raznolikim termodinamičkim režimom (brzina proticanja i zasićenost rastvora, temperatura, pravci protoka, primese i dr.).

P e n t a g o n d o d e k a e d a r s k i tip je manje rasprostranjen u odnosu na tip kocke ili kockooktaedra. Međutim značajno je da je razvijen i u čistoj formi (210) kristala. Linija njegovog razvoja kreće se od kocke preko $\binom{100}{210}$, (100, 210), do (210).

Dijagonalno od glavnih linija razvoja kocka-oktaedar i kocka-pentagondodekaedar nastaju među oblici u trostrukim kombinacijama kocka--oktaedar-pentagondodekaedar sa težnjom prema obliku (210). Inače, međuoblici su uopšte ređi a dijagonalni razvoj ne gravitira u pravcu oktaedra.

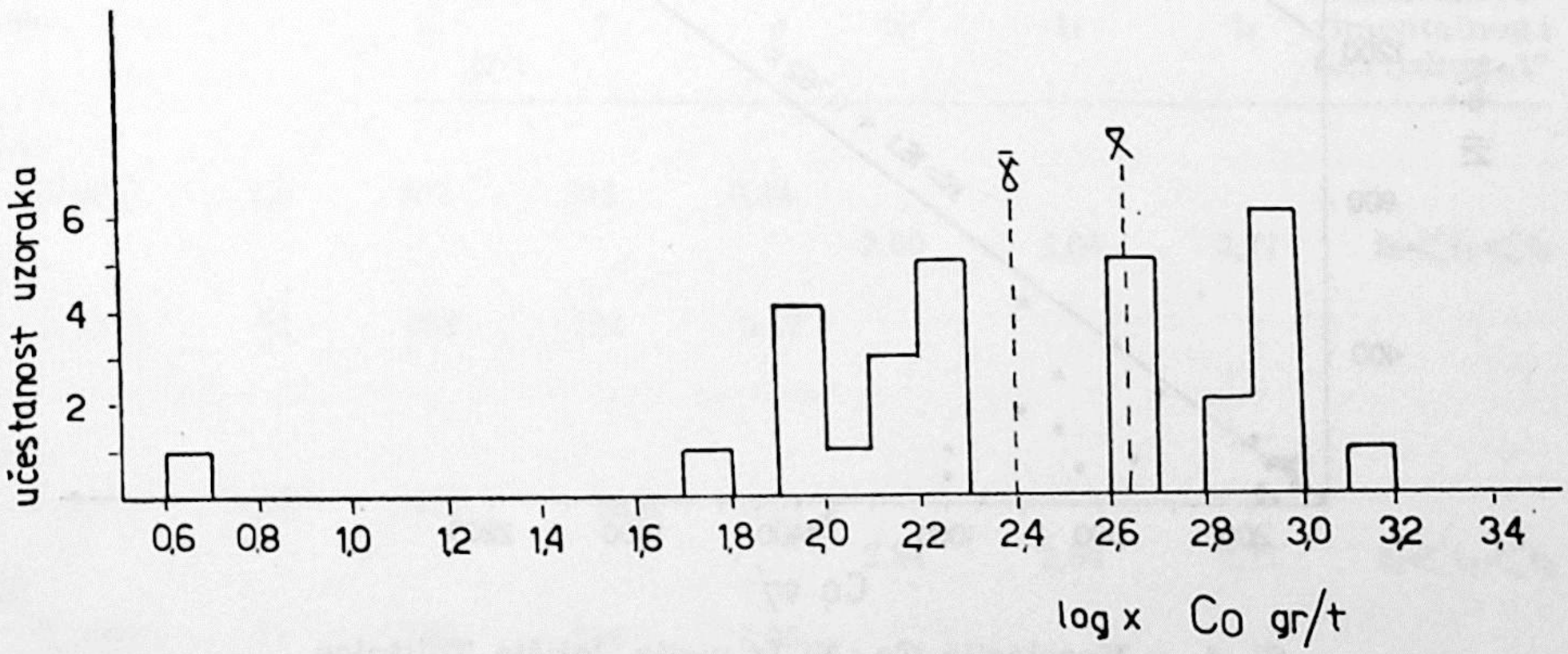
Iz svega izlazi da se evolucija oblika pirita na ovome području kreće u pravcu složenijih kombinacija i pentagondodekaedra. To označava da postoji težnja prema nešto nižoj temperaturi stvaranja na obodu rudne zone. Jer, čisti oktaedarski oblici, koji nastaju u uslovima visoke temperature i brzog rašćenja, u ovim paragenezama nisu zapaženi. Sa druge strane, prisustvo masivnog, sitnozrnog pirita globulaste i „drvenaste" teksture (obod male zone) utvrđuje uopšte širi interval stvaranja i verovatno pulsiranje rastvora.

RASPORED MIKROELEMENATA U PIRITU

Ovakav morfološki razvoj ovoga minerala neosporno treba da se odrazi i na mikrosastavu, mada oblici pirita zavise od mnogih drugih termodinamičkih i kristalchemijskih činilaca, kao i okolne sredine stvaranja. Uglavnom u ovome piritu utvrđeni su mnogi sastojci među kojima Co i Ni zauzimaju posebno mesto.

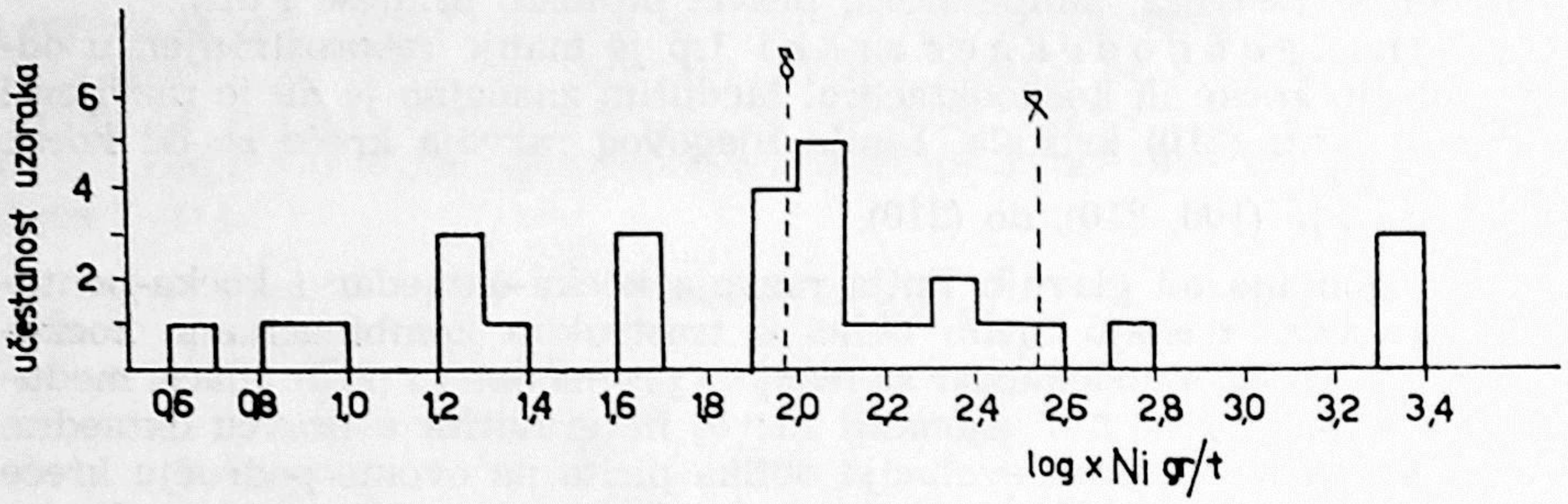
K o b a l t i n i k l. Ovi sastojci su tipomorfni za ovaj mineral a značajan je i njihov međusobni odnos.

K o b a l t je stalan sastojak i nalazi se u sadržajima od 5—1500 gr/t sa $\bar{X}=424$ gr/t, $\bar{y}=251$ gr/t $\sigma=0{,}75$ za $N=29$. Odnos $\bar{X}/\bar{y}=1{,}68$ i visoka disperzija sadržaja nesumnjivo označavaju pojačanu neujednačenost raspodele Co (Sl. 2) i podvlači uticaj određenih činilaca na njegovo koncentrisanje.



Sl. 2 — Raspodela Co u piritu, ležište Tolišnica.

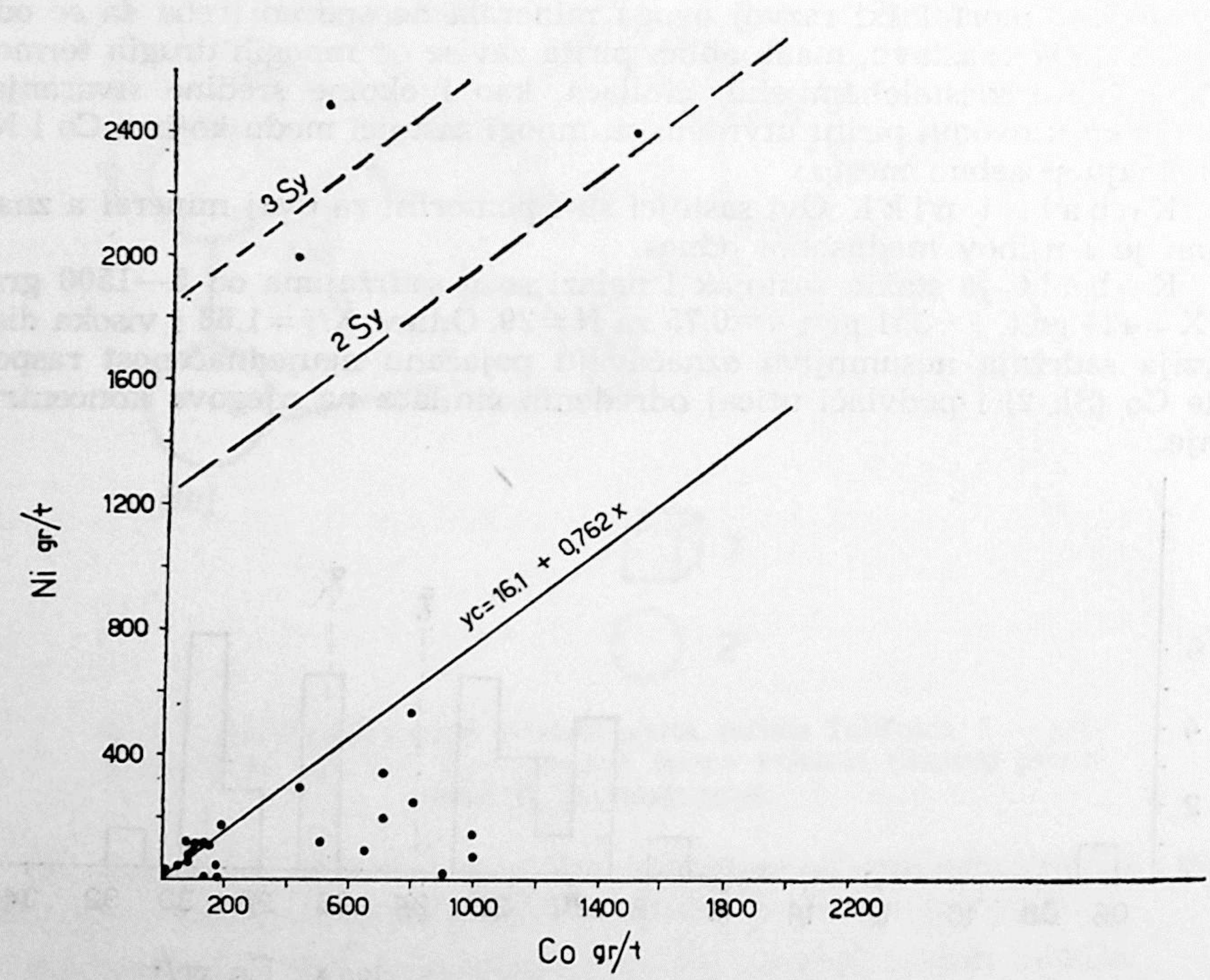
Nikl se nalazi u sadržajima od 5—2500 gr/t pri čemu je $\bar{X}=362$ gr/t, $\bar{y}=96$ gr/t i $\sigma=0{,}68$ za $N=29$. Odnos sredina $\bar{X}/\bar{y}=3{,}7$ i pojačana disperzija ističu heterogenost sadržaja Ni. (Sl. 3).



Sl. 3 — Raspodela Ni u piritu, ležište Tolišnica.

Očigledno je da Co i Ni dostižu sadržaje koji znatno odstupaju od srednjih vrednosti. To zahteva da se ispita i međusobna zavisnost Co : Ni u celom ležištu.

Tako, preko $Y_c=16{,}1+0{,}762x$ (Sl. 4), koeficijent zavisnosti para Co—Ni izražen je sa $r_1=0{,}43$. Na nivoima važnosti 5% (r_2)$=0{,}37$ i 1% (r_3)$=0{,}47$ za $df=27$ pokazuje se da je korelacija prisutna sa 19% (Tablica 3). Ovo ozna-



Sl. 4 — Korelacija Co : Ni iz pirita, ležište Tolišnica.

čava da su neki činioci u ležištu delovali suprotno njihovoj jačoj zavisnosti, jer je u ovome slučaju $r_2 < r_1 < r_3$. Nema sumnje, niska zavisnost se duguje genetskim uslovima koji su izazvali ovakvu raspodelu.

Svi izvedeni parametri raspodele kontrolisaće se i pomoću direktnog odnosa Ni/Co. Vrednosti ovoga odnosa za $N=29$ leže u granicama 0,02—8,00 sa $\bar{X}=1,2$ i $\bar{\gamma}=0,36$ čija je $\sigma=0,65$. Pri tome, $\bar{\gamma}+1\sigma$ jasno razgraničava pirite više i niže temperature stvaranja u predelu odnosa Ni : Co = 1 : 1. Sledeći ovu granicu odnosa kritična vrednost razlika geometrijskih sredina (t_1) izdvaja dve genetske grupacije pirita koje se odlikuju i sopstvenim parametrima sredina za odnos Ni/Co (Tablica 1), odnosno za sadržaj Ni i Co.

Tablica 1. — Kritične vrednosti razlika geometrijskih sredina odnosa Ni/Co u piritu, ležište Tolišnica.

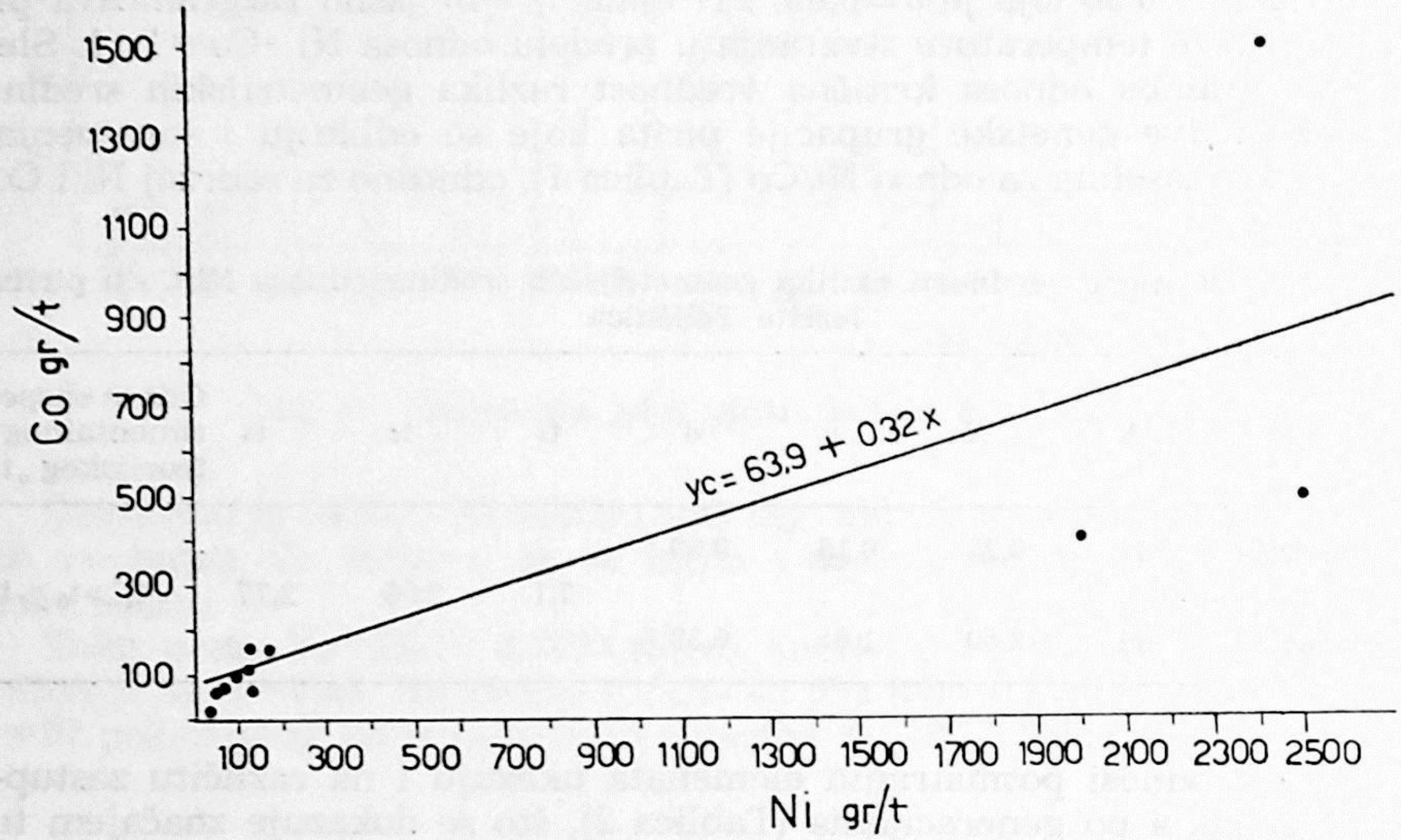
Generacije	N	$\bar{X}$	$\bar{\gamma}$	σ	t_1	t_2	t_3	Odnos eksperimentalnog i teorijskog „t“
I generacija	18	0,25	0,13	0,59	7,1	2,05	2,77	$t_1 > t_3 > t_2$
II generacija	11	2,50	1,81	0,33				

Ovakvi odnosi posmatranih elemenata ukazuju i na različitu zastupljenost sadržaja po generacijama (Tablica 2), što se dokazuje značajem t_1. Razlike između generacija pirita u sadržaju Co i Ni su sigurne na nivou greške manje od 5% a veće od 1%. Utvrđena pojava ističe prisutne veze u koncentrisanju ovih sastojaka u piritu a takođe i odstupanja u svakoj populaciji. Time se odnos Ni/Co predstavlja kao poseban korektiv i značajan kriterijum, a u vezi sa težnjama parametara sredina ispitaće se korelacija Ni i Co u svakoj populaciji.

Tablica 2. — Kritične vrednosti razlika geometrijskih sredina za Co i Ni u piritu, ležište Tolišnica.

Generacije	N	$\bar{X}$ gr/t	$\bar{\gamma}$	σ	t_1	t_2	t_3	Odnos eksperimentalnog i teorijskog „t“
Co								
I gen.	18	507	392	0,34				
Co					2,59	2,04	2,77	$t_2 < t_1 < t_3$
II gen.	11	288	124	0,59				
Ni								
I gen.	18	131	58,4	0,61				
Ni					2,31	2,04	2,77	$t_2 < t_1 < t_3$
II gen.	11	700	214	0,65				

Ispitiujući drugu generaciju sa N=11, preko $Y_c = 63,9 + 0,32x$, eksperimentalni koeficijent korelacije iznosi $r_1 = 0,86$. Na nivoima poverenja ova zavisnost je određena sa $r_1 > r_3 > r_2$. (Tablica 3) i znači jaku povezanost Ni i Co u nižetemperaturnom procesu stvaranja pirita, izraženu sa prosečnom jačinom od 74%.



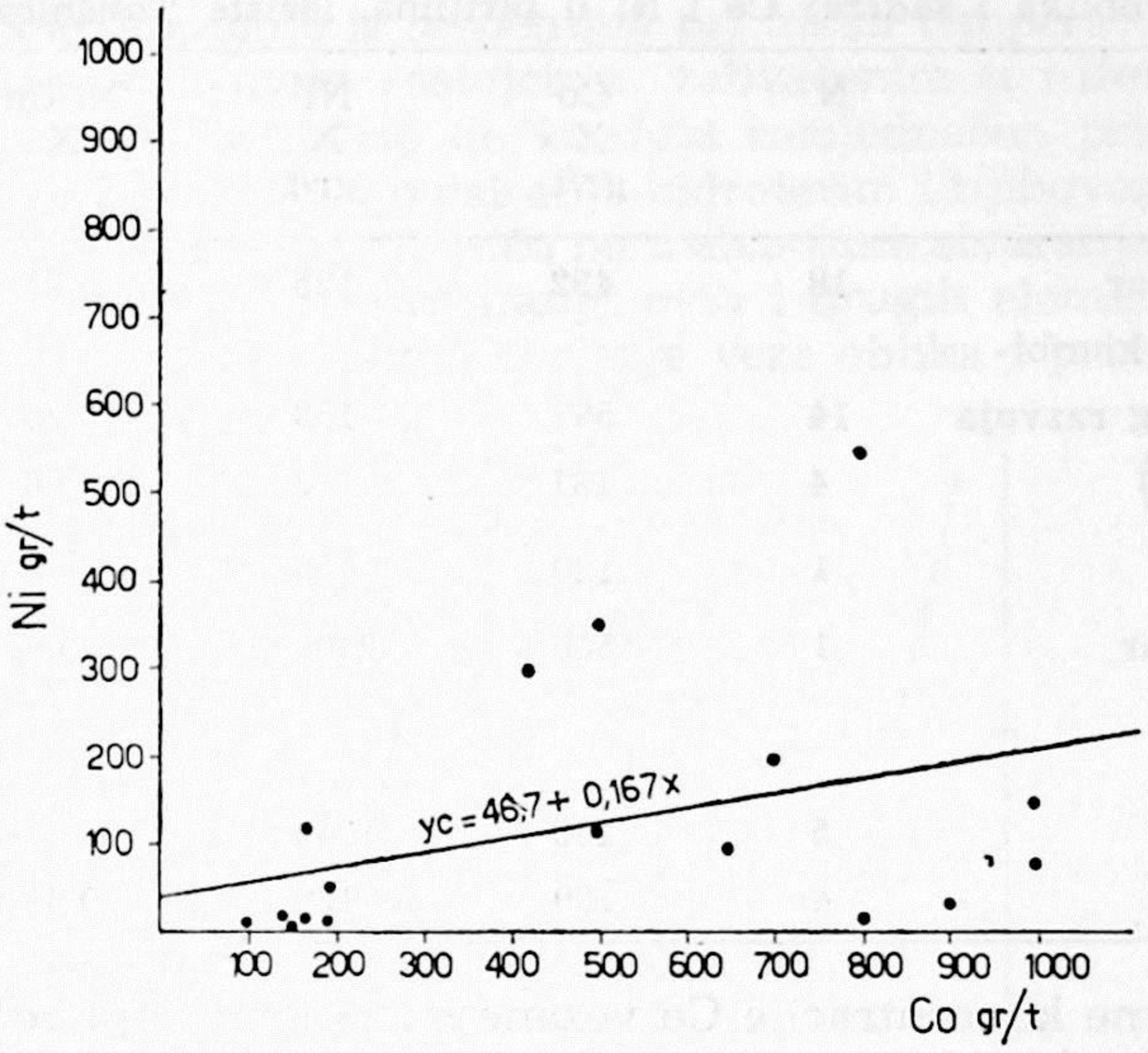
Sl. 5 — Korelacija Ni—Co u piritu II generacije, ležište Tolišnica.

U prvoj generaciji težnje ovih elemenata su drugačije. Shodno tome, preko $Y_c = 46,7 + 0,167x$, zavisnost Co—Ni izražava se $r_1 = 0,37$ za df=16. Na nivou r_2 i r_3 ne potvrđuje se zavisnost u odlaganju Ni sa porastom sadržaja Co, jer je $r_1 < r_2 < r_3$. Ova pojava utvrđuje izvesno razdvajanje Ni od Co u višetemperaturnoj generaciji, što se odražavalo i u celoj masi pirita ($r_1 = 0,43$). Suprotno ovome, u drugoj generaciji se ovi elementi prate i gde je Ni dostigao kulminaciju u nižetemperaturnim uslovima za razliku od Co.

Tablica 3. — Koeficijenti korelacije za par Co—Ni u piritu raznih generacija, ležište Tolišnica.

Generacije	df	r_1	% zavisnosti	r_2 5%	r_3 1%	Odnosi eksperimentalnog i teorijskog „r“
I gen.: Co : Ni	16	0,37	14	0,47	0,59	$r_1 < r_2 < r_3$
II gen.: Ni : Co	9	0,86	74	0,60	0,76	$r_1 > r_3 > r_2$
Ukupna masa pirita	27	0,43	19	0,37	0,47	$r_2 < r_1 < r_3$

Stoga je i prirodno da se ovi efekti odražavaju na odnosu Ni/Co, usled čega je, u celini, za prvu generaciju Co>Ni a u drugoj Ni>Co. Ovim putem su sigurno dokazane suprotne težnje koncentrisanja Co i Ni u posmatranim



Sl. 6 — Korelacija Co:Ni u prvoj generaciji pirita, ležište Tolišnica.

stadijumima s tim što se Ni orijentiše prema nižim temperaturama a Co dominira u visokotemperaturnim piritima. (Tablica 4).

Tablica 4. — Zastupljenost Co i Ni po generacijama pirita, ležište Tolišnica.

Generacije	Zastupljenost generacije %	$\bar{X}$ gr/t	Deo na generaciju gr/t	% na generaciju	Ukupno za pirit gr/t
Co : I gen.	62,0	507	314	74,20	424
II gen.	37,9	288	109	25,70	
			423	99,9	ΔS=—1,0
Ni : I gen.	62,0	131	81,2	23,4	362
II gen.	37,9	700	265,3	76,5	
			346,5	99,9	ΔS=—15,5

K o b a l t i n i k l i forme kristala. Veza oblika kristala i uslova stvaranja pirita zapažena je u mnogim slučajevima (16). U ovcme ležištu, ustvari, oblici kocke i kockooktaedra, ređe kocka-oktaedar, pentagondodekaedar i složene kombinacije, predstavljaju tipomorfne oblike. Osim kockooktaedra i kodke sve ostale forme su podređene. Usled toga, u pogledu sa-

držaja Co i Ni biće posmatrane grupacije među kojima su neke manje reprezentativne stojeći ipak na liniji veze oblika kristala i primesa u njima. (Tablica 5).

Tablica 5. — Osnovne grupe oblika i sadržaj Co i Ni u piritima, ležište Tolišnica.

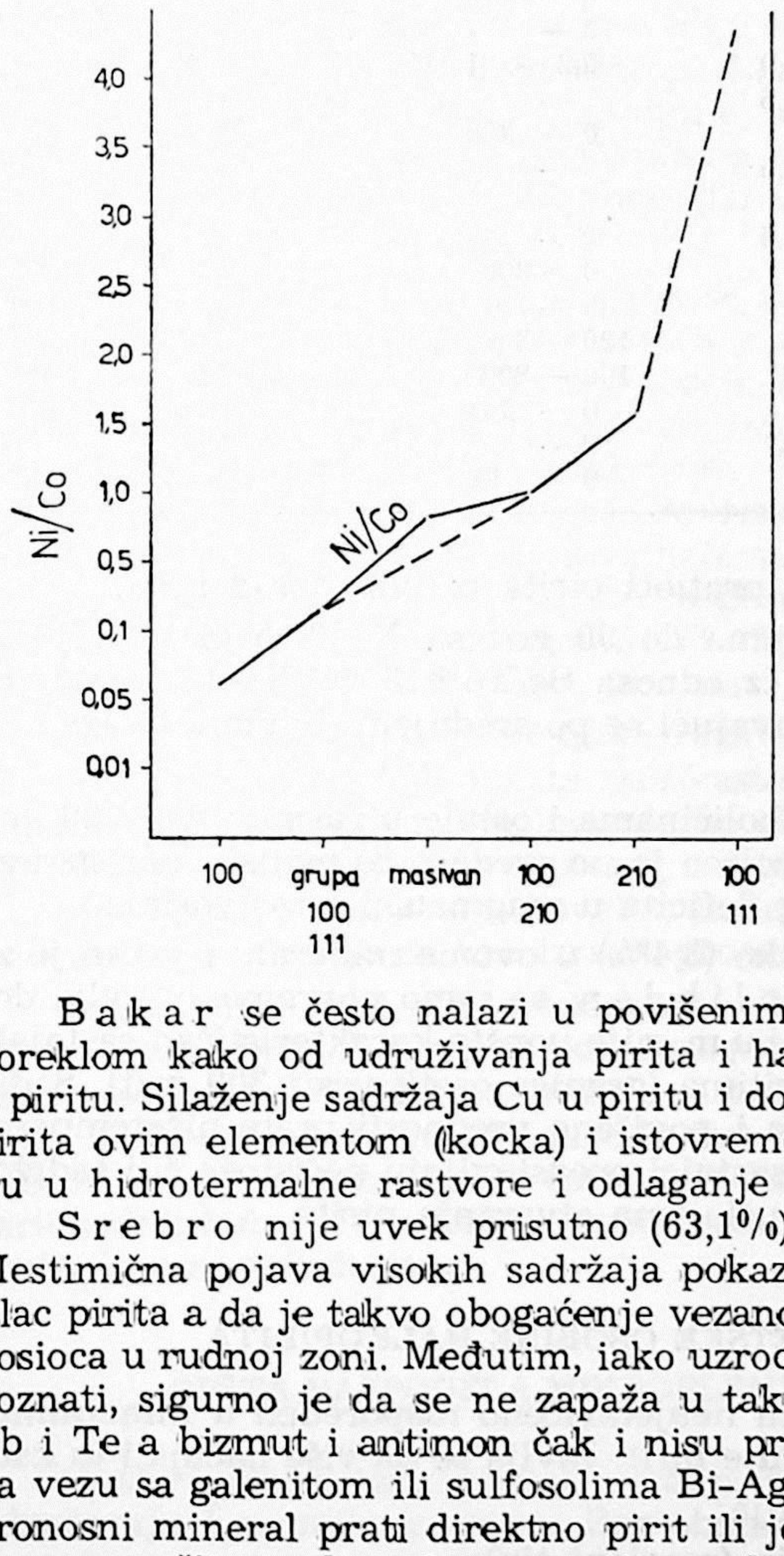
Glavne morfološke grupacije	N	Co X gr/t	Ni X gr/t	Ni/Co X
Grupa I: kocka i kockooktaedar	18	492	125	0,25
a) 100; $\binom{100}{111}$ sa retkim kombinacijama dijagonalnog razvoja	14	593	158	0,26
b) kocka sa retkim $\binom{100}{111}$	4	137	9	0,06
Grupa II: $\binom{100}{210}$	1	120	120	1,00
Grupa III: pentagondodekaedar	1	1500	2400	1,60
Grupa IV:				
— kockooktaedar $\binom{100}{111}$; antiskeletne figure	5	233	1048	4,40
Grupa V: masivan	4	150	122	0,81

Kako se pokazalo, glavne koncentracije Co vezane su za grupaciju gde dominira oblik kocke i kockooktaedra sa svim prelaznim i retkim formama (Sl. 1). Međutim, najprostija forma — kocka (Tablica 5, grupa I,b) ne dostiže uvek visoko obogaćenje, ali u odnosu na sadržaj Ni predstavlja pirit dubljih nivoa i visoke temperature stvaranja. Što su kombinacije složenije i sa približavanjem pentagondodekaedru znatno brže raste sadržaj Ni nego Co. Pa ipak, ni u jednoj grupaciji Co ne dostiže takav odnos Ni/Co kakav se sreće u osnovnoj morfološkoj grupi (Tablica 5, grupa I), što je vanredno jasno pokazano na krivoj odnosa Ni/Co (Sl. 7).

Dosadašnja ispitivanja (16) su pokazala da porast koncentracije Co u rudnim rastvorima vodi pojavi složenijih oblika pirita. Ovo su svakako pojave specifične za određena ležišta, tako da se saobrazno uslovima razvijaju jedne forme na račun drugih po vertikalnom preseku ili po širini žice (16). Po tome, prisustvo primesa Co i Ni deluju na promenu oblika kristala usko vezanog sa tipom rešetke i strukturnim razmeštajem atoma. Zato oblik kocke može da nosi nizak sadržaj oba elementa i da ne dođe do promene oblika, odnosno kocke. U slučaju oktaedarskih kristala, vezanih za niže delove žica i njihove centralne delove, dostiže se najjače obogaćenje kobaltom (0,4% Co) i umerene sadržaje Ni (oko 0,03%). Čak i kocke nose visok sadržaj Co (0,25%) ali i veoma niske količine (0,006%).

Uprkos mogućim specifičnostima, ovakve pojave nalaze mesto i u našem slučaju. Očigledno je da se najviši sadržaji Co i niži Ni nalaze upravo u kocko-kockooktaedarskoj grupaciji sa slabo razvijenim pljosnima oktaedra i bržim kretanjem rastvora. Sa druge strane, čiste kocke, nastale u mirnijim uslovima, nose i niske sadržaje Co i Ni, što znači da nisu postojali uslovi za dejstvo primesa u pravcu promene osnovnog oblika. Veoma retko ali se ipak sreće i oblik kockooktaedar $\binom{100}{111}$, izuzetno obogaćen ni-

klom pri čemu se pojavljuju i „antiskeletne“ forme koje označavaju više nivoe dometa rastvora, brzu promenu zasićenosti rastvora i bržu kristalizaciju (ivice). Pentagondodekaedar nosi povišene količine Ni i Co i gde dominira Ni. Na koncentrisanje Ni uopšte moglo je da utiče i njegovo pojačano iznošenje iz serpentina pri nižim temperaturama. Masivni piriti su siromašniji ovim sastojcima, zahvaćenim u nižetemperaturnim uslovima i gde takođe dolazi do izražaja neujednačen prinos u vremenu i prostoru imajući u vidu i pulsiranje hidrotermi i njihovog sastava. Ovome doprinose i brojni uslovi koji utiču na mehanizam stvaranja oblika kristala i izomorfno i dijadohijsko prihvatanje ovih i drugih elemenata. Zato su ove zapažene pojave samo glavno obeležje veze oblika i primesa u piritu ovoga ležišta.



Sl. 7 — Ponašanje odnosa Ni/Co po morfološkim grupama kristala pirita, ležište Tolišnica.

B a k a r se često nalazi u povišenim sadržajima (Tablica 6) koji su poreklom kako od udruživanja pirita i halkopirita tako i od primesa Cu u piritu. Silaženje sadržaja Cu u piritu i do 90 gr/t ukazuje na osiromašenje pirita ovim elementom (kocka) i istovremeno podvlači kasnije nastupanje Cu u hidrotermalne rastvore i odlaganje halkopirita koji potiskuju pirit.

S r e b r o nije uvek prisutno (63,1%) a dostiže sadržaj do 1700 gr/t. Mestimična pojava visokih sadržaja pokazuje da Ag nije tipomorfan pratilac pirita a da je takvo obogaćenje vezano za neravnomerno raspoređenog nosioca u rudnoj zoni. Međutim, iako uzroci obogaćenju pirita srebrom nisu poznati, sigurno je da se ne zapaža u takvim slučajevima porast sadržaja Pb i Te a bizmut i antimon čak i nisu prisutni da bi moglo da se računa na vezu sa galenitom ili sulfosolima Bi-Ag, Te-Ag, Sb-Ag, i dr. Znači, srebronosni mineral prati direktno pirit ili je Ag u njemu izomorfno primešano, naročito u drugoj generaciji u odsustvu jačih sadržaja galenita ili drugih minerala.

Tablica 6. — Pregled sadržaja mikroelemenata u piritu po generacijama, ležište Tolišnica (gr/t).

	Generacije I N=18 od — do	$\bar{X}$	II N=11 od — do	$\bar{X}$	Ukupno X gr/t N=29
Co	100 — 1000	507	5 — 1500	288	424
Ni	5 — 550	131	40 — 2500	700	362
Cu	90 — 7000	2107	170 — 1%	2459	2240
Pb	0 — 1000	70	0 — 200	28	55
Sn	—	—	0 — 500	45	17
Ag	0 — 400	61	0 — 1700	156	98
Mo	0 — 90	11	0 — 70	11	11
Se	0 — 90 (N=10)	30	5 — 7 (N=2)	6	32,5
Te	0 — 20 (N=10)	2,9	0,2 — 1 (N=2)	0,6	2,5
Tl	0 — 10	0,5	—	—	0,3
Zn	0 — 800	55	0 — 300	27	44
In	0 — 4,5	0,5	—	—	0,3
As	—	—	—	—	—
Mn	0 — 45	8,5	0 — 140	51	24
Ti	0 — 3000	306	0 — 3000	1298	682
Al	200 — 3500	1291	300 — 1%	4990	2694
Mg	100 — 1200	408	120 — 3500	1417	791
Ca	0 — 1%	1433	100 — 8000	2121	1694
Ba	14 — 600	134	0 — 700	252	179
V	0 — 3	0,1	0 — 5	2,5	1,2
Cr	0 — 10	2	0 — 90	11	6,2

Selen i telur su stalni pratioci pirita iz ovih parageneza.

Selen se javlja u sadržajima do 90 gr/t sa $\bar{X}=32,5$ gr/t i jače se koncentriše u prvoj generaciji. Iz odnosa Se/Te=13 za N=12 zapaža se da je pirit selenskog tipa približavajući se po srednjem sadržaju ovoga elementa sličnim mineralizacijama.

Telur se nalazi u niskim količinama i ostaje u rasponu 0,2—20 gr/t sa $\bar{X}=2,3$ gr/t. Ove vrednosti dovoljno jasno svedoče da pritiske parageneze ne prate teluridi zbog primarnog deficita u magmatskim rastvorima.

Kalaj se sreće krajnje retko (3,4%) u ovome mineralu i vezan je za drugu generaciju (500 gr/t) a molibden se samo povremeno javlja dostižući najviše do 90 gr/t. Talijum nije uopšte karakterističan sastojak, dok je arsen odsutan u ovim piritima (granica osetljivosti 300 gr/t). Sadržaj Ba ukazuje na tragove barita i povišene vrednosti prate nižetemperaturnu generaciju, dok petrogeni sastojci predstavljaju nečistoće čiji sadržaj raste prema nižetemperaturnim uslovima stvaranja pirita.

OSNOVNE PARAGENETSKE OSOBINE HALKOPIRITA

Halkopirit je u ovome ležištu neujednačeno raspoređen u mineralnim paragenezama u kojima preovlađuje pirit. Javlja se na više načina i to kao:

1. Žice i masivna nagomilanja;
2. Impregnaciono rasejavanje (rasejani tip);
3. Splet žilica i slabija nagomilanja.

Ž i c e halkopirita (br. 1, 5, 18) dostižu i nekoliko desetina santimetara debljine. Obično su jače silifikovane i prate najizrazitije tektonske prsline i pukotine orijentisane u pravcu pružanja rudne zone. Bogate su halkopiritom, često masivne teksture a pirit se koncentriše uglavnom po njihovim bokovima. Ove žice se ređe javljaju i obično po pružanju i bočno postepeno prelaze u razbijeni tip koji čine splet žilica i manjih nagomilanja, skrama duž prslina, uklopljenih u kvarcno-piritskoj i silifikovanoj steni. U kvarcno-halkopiritskim žicama, nekada limonitisanim, halkopirit se nalazi u vidu zrna (br. 18), žilica i skrama u kvarcnoj masi. Pojava ovih žica označava i pravce najjače otvorenih pukotina i jačeg razlamanja.

Halkopirit se često javlja i u vidu tankih žilica i s p l e t a žilica razne crijentacije u jako brečiziranom i izmenjenom dijabazu. Samo ponekada preovlađuje nad piritom ili se povlači u takvoj meri da su to prave žice i nagomilanja pirita sa podređenim ili čak gotovo odsutnim halkopiritom. Tada je halkopirit sitnozrn i intimnije udružen sa piritom i mineralima stene. Prisutna su i sitnija nagomilanja i takve pojave se sreću i znatno ispod erozionog preseka rudne zone (Tb-12) čineći prelaz ka impregnacionom tipu.

I m p r e g n a c i o n i tip je najviše zastupljen način pojavljivanja pri čemu se halkopirit sa piritom rasejava u vidu zrna, okca, tankih žilica nepravilne orijentacije (br. 11, 7, 3 i dr.), što zavisi od ispucalosti i jačine promena stene. Po pravilu, rasejani tip prati silifikacija i alteracioni procesi duž tokova rastvora koje je usmeravala brečizacija dijabaza i vidno kolebanje sadržaja halkopirita i pirita. Povremena jača zastupljenost jednog ili drugog minerala dovodi do tragova halkopirita ili su oba prisutna u krajnje niskim količinama. Neujednačenost rasporeda ovoga minerala je, stoga, očigledna i prostire se i prema dubini (TB-12) u jače ili slabije otvorenim prslinama. Nema sumnje, i u ovome tipu pirit dominira u paragenezama.

Teksturni način pojavljivanja izražava se u vidu individualisanih zrna, agregata i masivnog halkopirita školjkastog preloma. Veoma retko se sreće u kristalima (sfenoedri). Pretvaranje po obodu zrna napredovalo je sve do njihovih zaostataka u limonitisanoj i silifikovanoj masi i u raznim stadijumima stvara se halkozin, kovelin, malahit i azurit. Ipak, limonitiizacija halkopirita prikazuje se kac izrazit proces (br. 17 i dr.).

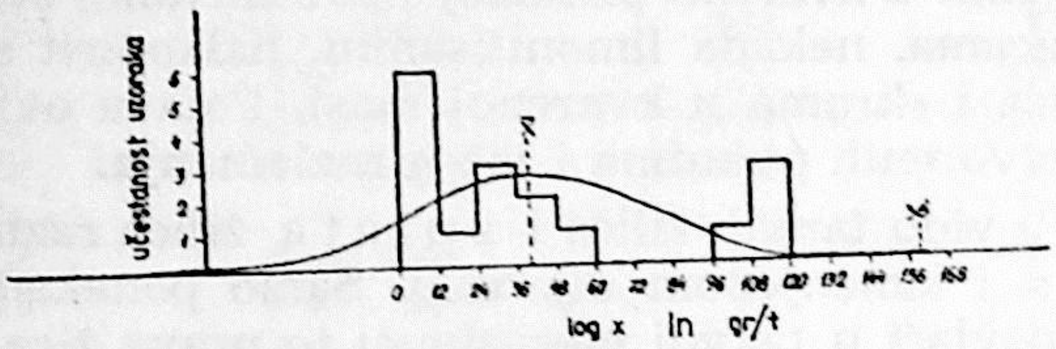
Ranija (10—12) i ova proučavanja ukazuju da je halkopirit mlađi od pirita. Halkopirit obično preseca agregate pirita ili uklapa njegove često zaobljene kristalne oblike a sreću se i pojave venaca sitnozrnog pirita oko plaža halkopirita. Pojava da su ova dva minerala i bez određenog odnosa svedoči takođe o nezavisnom odlaganju halkopirita u prostoru. Sam halkopirit sadrži kubanit i valerit, a zatim i sfalerit, u obliku orijentisanih izdvajanja ili samostalnih zrna.

OPŠTA RASPODELA MIKROELEMENATA U HALKOPIRITU

Ovakvi odnosi halkopirita i ostalih članova parageneze nesumnjivo se odražavaju i na mikrosastavu. Bez obzira na mestimične promene, uglavnom je posmatran svež mineral u kome su prisutni In, Ga, Zn, Ag, Co, Ni i drugi sastojci (Tablica 7).

Indijum—galijum—cink. Ovi elementi su po učestanosti pojavljivanja u ovcme mineralu posebno karakteristični.

I n d i j u m je stalno prisutan sastojak u halkopiritu koji je i njegov glavni nosilac. Javlja se u sadržajima od 1,5—120 gr/t i sa srednjim vrednostima $\bar{X}=42{,}5\pm2{,}7$ gr/t, $\bar{y}=22{,}6$ gr/t i $\sigma=0{,}53$ za $N=17$. Odnos $\bar{X}/\bar{y}=1{,}88$ i disperzija sa svoje strane ističu prosečnu heterogenost raspodele indijuma.



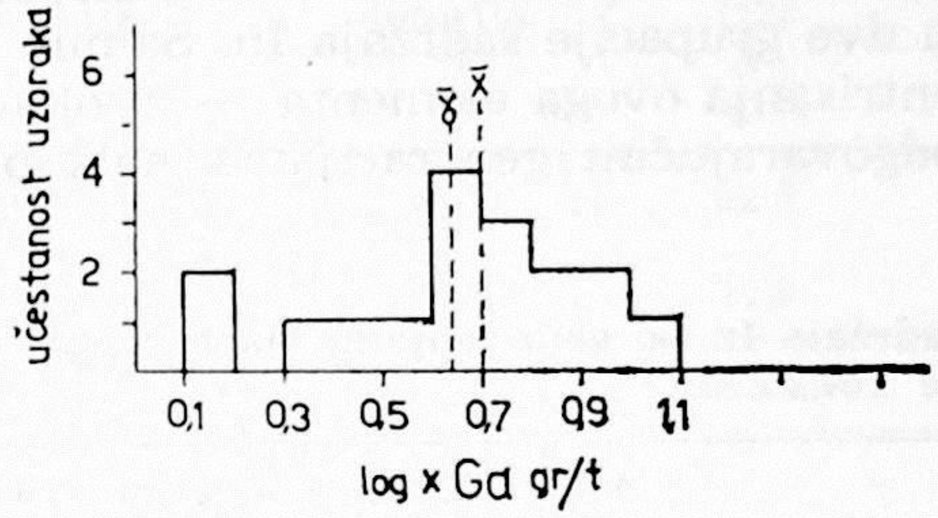
Sl. 8 — Kriva raspodele In u halkopiritu, ležište Tolišnica.

Ovakav raspored sadržaja In se odražava na krivoj raspodele (sl. 8). Međutim, izražena asimetričnost udesno u skladu je sa gornjim vrednostima koje indiciraju dejstvo određenih činilaca i odstupanje ovoga elementa od normalne simetrične distribucije. Odstupanje je utvrđeno pomoću

Tabela 7. Sadržaj mikroelemenata

Br. uzor.	In	Mn	Pb	Sn	As	Sb	Ge	Bi	Mo	Ag	Ni	Co	Ba
1.	120	7	10	20	—	—	—	—	9	100	7	1,5	—
3.	35	25	30	—	—	—	—	—	35	60	12	16	50
4.	6	25	70	—	—	—	—	—	7	150	50	400	50
5.	12	4	—	—	—	—	—	—	4	100	8	2,5	200
6.	6	45	35	—	—	—	—	—	—	110	7	4	70
7.	90	45	17	—	—	—	—	—	—	50	3	3	—
11.	14	25	22	—	—	—	—	—	4,5	80	300	750	50
14.	45	2,5	35	—	—	—	—	—	—	150	7	4	20
16.	25	8	90	—	—	—	—	—	5	60	120	80	—
17.	4	3	10	—	2200	—	—	—	—	10	50	1000	60
18.	40	3	70	—	—	—	—	—	—	50	50	180	150
20.	110	80	90	—	—	—	—	—	7	65	25	35	50
TB-12 (bušotina):													
22.	50	6	10	—	—	—	—	—	—	600	40	30	14
22a.	120	—	25	—	—	—	—	—	—	1700	7	4	50
23.	35	120	—	—	—	—	—	—	—	600	7	35	—
24.	1,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
25.	11	100	170	—	—	—	—	—	7	20	50	180	100

$\chi_1^2 = 2.287$ za df = 8 na nivoima važnosti P005% = 15,5 (χ_2^2) i P001% = 20,1 (χ_3^2), pri čemu je eksperimentalno $\chi_1^2 > \chi_3^2 > \chi_2^2$. Pravi značaj ovakve kontrole se upravo i sastoji u otkrivanju dejstva genetskih činilaca koji su u ovome slučaju doveli do pojave visokih sadržaja In.



Sl. 9 — Raspodela Ga u halkopiritu, ležište Tolišnica.

Galijum je takođe stalno prisutan sastojak u granicama sadržaja od 1,5—10,0 gr/t čije je $\bar{X} = 5,0$ gr/t, $\bar{\gamma} = 4,3$ gr/t i $\sigma = 0,24$ za $N = 17$. Odnos $\bar{X}/\bar{\gamma} = 1,1$ jasno ukazuje da je raspodela dosta homogena, što znači da se genetski uslovi nisu odrazili preko ovoga elementa.

u halkopiritu, ležište Tolišnica gr/t.

Tl	Ga	Se	Te	Zn	Al	Ti	Ca	Mg	Cr	V	Ga/In	Co/Ni
—	10	5	1,0	1000	600	10	140	800	—	—	0,08	0,2
—	3	1,0	0,1	200	3500	200	400	900	5	3	0,09	1,3
—	5	—	—	300	1500	1000	400	900	10	3	0,83	8,0
—	7	320	1,0	—	600	10	250	3000	—	—	0,70	0,3
—	8	—	—	400	2800	300	250	3000	—	—	1,30	0,3
—	6	—	—	400	200	25	300	100	—	—	0,05	1,0
—	1,5	—	—	300	7000	200	—	2500	5	—	0,10	2,5
100	4	—	—	200	2000	40	100	800	2,5	—	0,08	0,5
—	5	—	—	6000	2000	250	300	350	1,5	—	0,20	0,6
—	6	—	—	—	1200	70	2200	1200	5	—	1,50	20,0
—	3	200	2,0	1400	500	30	300	350	—	—	0,08	3,6
—	5	35	1,0	1000	2000	300	300	1500	4	—	0,04	1,4
—	3	6	1,0	1000	1%	700	100	300	6	8	0,06	0,9
—	6	—	—	1700	4500	250	140	800	6	—	0,05	0,5
—	4	10	1,0	250	2000	30	1%	1000	—	—	0,11	5,0
—	1,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	5	—	—	200	2000	1000	400	2400	—	5	0,40	—

Imajući u vidu raznolikost raspodele In i Ga, njihovi međusobni odnosi daju posebne odlike uslovima odlaganja halkopirita. Tako, zapaža se da se vrednosti odnosa Ga/In u ovome mineralu kreću od 1,50—0,04 sa $\bar{X}=0,39$. Iz toga sledi da ovaj parametar pokazuje pretežno nižetemperaturne uslove stvaranja halkopirita na sadašnjem erozionom preseku. U stvari, disperzija odnosa i veličina $\gamma+0,5\,\sigma$ otkrivaju dve grupacije sadržaja In. Samim tim, najavljuju se različiti režimi koncentrisanja ovoga elementa — visokotemperaturni i nižetemperaturni sa odgovarajućim generacijama halkopirita (Tablica 8).

Tablica 8. — Srednje vrednosti sadržaja In po generacijama halkopirita, ležište Tolišnica.

Generacije halkopirita	N	X gr/t	γ gr/t	σ	X_I/X_{II}	X/γ	Ga/In
I generacija	7	82,6	72,4	0,19	5,5	1,1	0,07
II generacija	10	14,8	10,0	0,88		1,4	0,67

Potvrda za ovakve puteve odlaganja indijuma nalazi se u proveri važnosti parametara sredina. Preko kritične razlike geometrijskih sredina (Tablica 9) vidi se da je vrednost t_1 značajna na nivou t_2 a takođe i na nivou t_3 za df=15 čime se nedvosmisleno utvrđuje značaj dobijenih sredina za generacije. Ovaj postupak, najzad, definiše genetsko-temperaturne uslove kao uzročnika ovakve raspodele In u neprekidnom procesu stvaranja halkopirita počev od visokotemperaturnog do završnog stadijuma. Ovim se, istovremeno, neosporno jasnije rasvetljavaju okolnosti pod kojima se razvijala mlađa pulsaciona faza sa halkopiritom postepeno sve siromašnija indijumom zadržavajući gotovo ujednačen i nekarakterističan raspored sadržaja Ga.

Tablica 9. — Kritična razlika geometrijskih sredina za In u utvrđenim generacijama halkopirita, ležište Tolišnica.

Generacije	N	γ gr/t	σ	t_1	t_2	t_3	Odnos teorijskog i eksperimentalnog „t“
I generacija	7	72,4	0,19	3,01	2,15	2,95	$t_1>t_3>t_2$
II generacija	10	10,0	0,88				

Ovakav proces primarne migracije In doveo je do različitog učešća pojedinih stadijuma halkopirita u opštem balansu ovoga elementa (tablica 10). Iz odnosa stadijuma jasno je da se ovakav stepen indijumonosnosti halkopirita duguje prvoj generaciji, što je posledica početne visoke temperature u novoj postpiritskoj fazi aktiviranja hidrotermi u hemijskom i vremenskom smislu.

Tablica 10. — Relativna zastupljenost In u halkopiritu po generacijama, ležište Tolišnica.

Generacije	Zastupljenost halkopirita %	Sadržaj In u halkopiritu $\bar{X}$ gr/t	Sadržaj In na generaciju gr/t	% generaciju	Ukupni In u halkopiritu
I generacija	41,1	82,6	33,70	79,4	42,5
II generacija	58,9	14,8	8,7	20,6	
	42,4		100,0	$\Delta S = 0,1$	

Cink se u halkopiritu nalazi u sadržajima od 0—6000 gr/t čije je $\bar{X} = 896$ gr/t i $\bar{\gamma} = 320$ gr/t za $N = 16$ a odnos $\bar{X}/\bar{\gamma} = 2,8$. Iako veoma nizak, prosečan sadržaj (γ) je dovoljno karakterističan da pokaže kako je Zn, odnosno sfalerit, gotovo stalni pratilac halkopiritskih parageneza nalazeći se u halkopiritu u vidu zvezdica, zahvaćenih zrna ili samostalnog člana u paragenezi (10). Pomenuti odnosi ovih minerala navode i na pretpostavku da je sfalerit mogao delom da utiče i na mikrosastav halkopirita, naročito u pogledu sadržaja In ili drugih mikroelemenata.

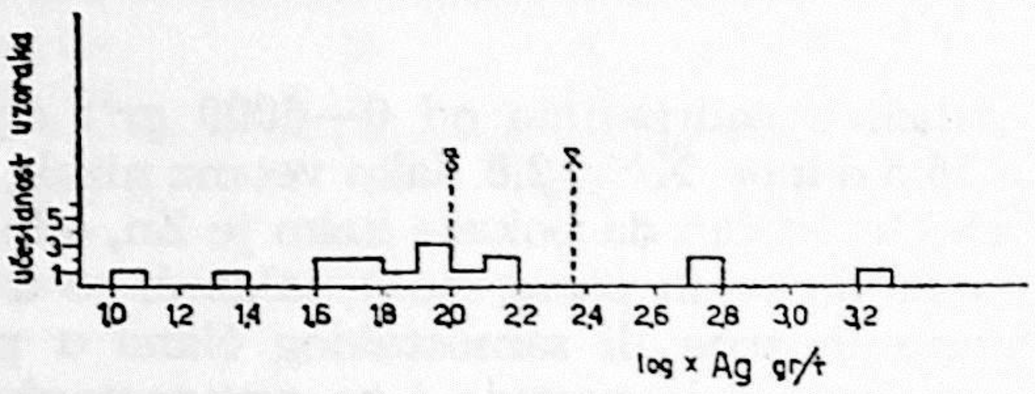
Ako se posmatraju neka piritsko-sfaleritsko-halkopiritska ležišta (Ural), u kojima halkopirit sadrži In od tragova do 110 gr/t a sfalerit ga sadrži do 320 gr/t, zapaža se da je u našem slučaju reč o nešto drukčijem tipu sa slabo zastupljenim sfaleritom (piritsko-halkopiritsko-sfaleritski tip). Uticaj In iz sfalerita kontrolisan je korelacijom para Zn—In prekc $Y_c = 52,1 - 0,005x$ za $N = 14$. Koeficijent korelacije $r = 0$ označava da sadržaj Zn, odnosno sfalerita, ne pokazuje vezu sa indijumom, već je In vezan u rešetki halkopirita. Stoga, uticaj primešanog sfalerita na indijumonosnost halkopirita može potpuno da se zanemari, što naročito dokazuju i odnosi Zn/In u ovome mineralu (Tablica 11).

Tablica 11. — Odnosi Zn/In u halkopiritu, ležište Tolišnica.

Lokalnost/ mineral	In $\bar{X}$ gr/t	Zn $\bar{X}$ gr/t	Zn/In (iz srednjih vrednosti)	Zn/In (iz pojedinačnih odnosa)
Tolišnica:				
— halkopirit	42	896	20,6	14,0
Trepča:				
— sfalerit		3.767		
— ilvait		14		
— amfibol		8,5		

Iz gornjih odnosa (Tablica 11) jasno se izvlači opšta zakonitost: vrednost odnosa Zn/In značajno opada u mineralu u kome se ne oseća dejstvo glavnog nosioca indijuma (sfalerit). Prema tome, u ovome slučaju je halko-

pirit glavni koncentrator In a ne neki drugi mineral. Kod halkopirita, čak i u Pb—Zn ležištima, sadržaj In nekada dostiže vrednosti za sfalerit, naročito u onim nastalim na visokoj temperaturi i u uslovima povlačenja sfalerita (1—2). Istovremeno, ovo znači da su viša zastupljenost halkopirita i nešto kasnije nastupanje doveli do vezivanja glavnih količina In za ovaj mineral čiji je inače mineralni klark 14 gr/t za razna ležišta. U stvari, mineralni klark indijuma za piritsko-sfaleritsko-halkopiritski tip ležišta (Ural) dostiže u halkopiritu 22 gr/t. U poređenju sa pomenutim vrednostima, koeficijent koncentracije In u halkopiritu iz proučavanog ležišta iznosi 3,0 u odnosu na mineralni klark za halkopirit ili 1,9 prema sadržaju ovog elementa u halkopiritu Cu-mineralizacija sa Urala.



Sl. 10 — Raspodela Ag u halkopiritu, ležište Tolišnica.

S r e b r o se nalazi u sadržajima 10—1700 gr/t. Ovakav raspon sadržaja izražava se sa $\bar{X}=243$ gr/t, $\bar{\gamma}=100$ gr/t i $\sigma=0{,}53$ za $N=16$. Pojačana heterogenost raspodele ogleda se i u odnosu $\bar{X}/\bar{\gamma}=2{,}43$, a vrednost $\gamma+1{,}0\ \sigma$ najavljuje prisustvo populacije jače obogaćene sa Ag (sl. 10). Kritična razlika sredina po najavljenim grupacijama na nivoima P005% (t_2) i P001% (t_3), s obzirom na $t_1=1{,}13$, ne potvrđuje prisustvo posebnih populacija, iako se najviši sadržaji Ag vezuju za prvu generaciju halkopirita. Nešto povišene vrednosti sreću se u obe generacije i ova pojava može da se pripiše mestimičnom obogaćenju minerala-nosioca na raznim pravcima orudnjenja. Postoji verovatnoća o prisustvu srebronosnog minerala, naročito kada je reč o visokim sadržajima Ag prisutnim u obe grupacije (br. 22, 23).

Nikl i kobalt. Raspored Ni i Co u halkopiritu iz ovoga ležišta ima poseban značaj.

N i k l je uvek prisutan sastojak i to u sadržajima 3—300 gr/t sa srednjim vrednostima $\bar{X}=46$ gr/t, $\bar{\gamma}=18{,}7$ i $\sigma=0{,}47$ za $N=16$. i prosečnom vrednošću odnosa $\bar{X}/\bar{\gamma}=2{,}4$. Preko $\gamma+1{,}0\ \sigma$ zapažaju se retka obogaćenja niske jačine u intervalu 120—300 gr/t. Ove težnje su izražene upravo u drugoj generaciji za razliku od prve generacije ($\bar{X}=19$ gr/t). Pa ipak, kritična razlika $t_1=1{,}59$ pomenute težnje u drugoj generaciji ($\bar{X}=67$ gr/t) ne potvrđuje kao zakonitost ($t_1<t_2<t_3$) uz uopšte niske količine Ni u mineralu.

K o b a l t je zastupljen u sadržajima 1,5—1000 gr/t a srednji sadržaji se karakterišu sa $\bar{X}=171$ gr/t, $\bar{\gamma}=30$ gr/t i $\sigma=0{,}90$ za $N=16$. Odnos $\bar{X}/\bar{\gamma}=5{,}6$ i izrazito visoka disperzija sadržaja odražavaju oštru neujednačenost rasporeda i pretežno niske sadržaje Co. U prilog ovome ide i veličina $\gamma+1{,}0\sigma$, iznad koje leži oko 18% sadržaja, koja indicira koncentrisanje Co prema drugoj generaciji halkopirita (400—1000 gr/t). Kritična razlika sredina (Tablica 12) jedva se približava nivou važnosti od 5% i otkriva samo blago

Tablica 12. — Kritične razlike geometrijskih sredina za Co u generacijama halkopirita, ležište Tolišnica.

Generacije	N	X gr/t	γ gr/t	σ	t_1	t_2	t_3	Odnos teorijskog i eksperimentalnog „t“
I gen.	7	36,0	10,5	0,69	2,0	2,11	2,95	$t_1 \sim t_2 < t_3$
II gen.	9	274	55,0	0,85				

koncentrisanje Co u nižetemperaturnom halkopiritu ali ne i sigurnu zakonitost raspodele. Takve mestimične pojave obogaćenja kobaltom (Tablica 13), zajedno sa odnosom Co/Ni, indiciraju moguće prisustvo kobaltovih ili kobaltonosnih mikrominerala uz prosečno nisku kobaltonosnost ovoga halkopirita na erozionom preseku.

Tablica 13. — Povišeni sadržaji Co i odnos Co/Ni u halkopiritu druge generacije, ležište Tolišnica.

Mineral/br. uzorka	Co	Ni	Co/Ni
Halkopirit:			
br. 11	750	300	2,5
17	1000	50	20,00
25	180	50	3,6
4	400	50	8,0

Selen i telur po svojoj zastupljenosti mogu da budu značajni i zbog bližeg razjašnjenja mineralnog sastava parageneza. U sličnim ležištima u SSSR-u i Bugarskoj sadržaj Se ($\bar{X}$ = 80—121 gr/t) u halkopiritu i naročito Te ($\bar{X}$ = 19—196 gr/t) pokazuje vezu sa prisustvom telurida u drugim mineralima. U našem slučaju, raspored Se i Te je izrazito karakterističan (Tablica 14).

Tablica 14. — Sadržaj Se i Te u halkopiritu, ležište Tolišnica.

Бр. узорка	Se gr/t	Te gr/t	Se/Te
„Velika zona“:			
3	1,0	0,1	10,0
5	320,0	1,0	320,0
22	6,0	1,0	6,0
23	10,0	1,0	10,0
„Mala zona“:			
1	5,0	1,0	5,0
18	200,0	2,0	100,0
20	35,0	1,0	35,0

S e l e n odlikuje srednja vrednost $\bar{X}=82$ gr/t i veoma široko kolebanje sadržaja u mineralu. Izrazito povećane količine vezane su za kvarcno-halkopiritsku žicu sa sitnozrnim halkopiritom (br. 18) i žicu sa masivnim halkopiritom (br. 5), bez obzira na generacije.

T e l u r se sreće u krajnje niskim sadržajima sa $\bar{X}=1{,}0$ gr/t. Niska primarna zasićenost rastvora telurom ogleda se i u značajnom osiromašenju halkopirita iz svih tipova mineralizacije čime se ističe da nije moglo da dođe ni do stvaranja telurida bilo kojih elemenata u ležištu. Sa druge strane, prema koncentracionim nivoima Se i Te pokazuje se da je Te oko 74 puta niže zastupljen od selena, dok Se ostaje u granicama srednjih sadržaja poznatih za ležišta ovog tipa.

Tablica 15. — Sadržaj mikroelemenata u piritu i halkopiritu, ležište Tolišnica, gr/t.

	Pirit N=29		Halkopirit N=16	
	od — do	$\bar{X}$	$\bar{X}$	od — do
In	0 — 4,5	0,3	42 (N=17)	1,5 — 120
Ga	—	—	5 (N=17)	1,5 — 10
Tl	0 — 10	0,3	6,2	0 — 100
Se	4 — 90	32 (N=12)	82 (N=7)	1 — 320
Te	0 — 20	2,5 (N=12)	1 (N=7)	0,1 — 2
Sn	0 — 500	17	1,1	0 — 20
As	—	—	129	0 — 2200
Sb	—	—	—	—
Ge	—	—	—	—
Pb	0 — 200	55	42	0 — 170
Zn	0 — 800	44	896 (γ=330)	0 — 6000
Mo	0 — 90	11	4,5	0 — 35
Co	5 — 1500	424	171 ($\bar{\gamma}$=30)	1,5 — 1000
Ni	5 — 2500	362	46 ($\bar{\gamma}$=18)	3 — 300
Ag	0 — 1700	98	243 ($\bar{\gamma}$=100)	10 — 1700
Ba	0 — 700	179	54	0 — 200
Cr	0 — 90	6,2	2,8	0 — 10
V	0 — 5	1,2	1,2	0 — 8
Mn	0 — 140	24	31	0 — 120
Al		2684	2650	
Ti		682	275	
Ca	1694	1694	968	
Mg		791	1243	
Ni/Co	0,02 — 6,00	0,9		

A r s e n je prisutan samo u jednom slučaju (osetljivost metode 300 gr/t) i prati povišeni sadržaj Co (br. 17 : 1000 gr/t). Ovo znači da osim prisustva arsenopirita postoji i mogućnost pojave tragova kobaltovih arsenida (?).

Ostali elementi kao Pb, Mo, Tl, Ba i drugi prateći sastojci ukazuju sa jedne strane na nizak sadržaj njihovih minerala u paragenezama ili na uticaj mehaničkih nečistoća (Tablica 15). Kalaj je krajnje redak i u tragovima a g e r m a n i j u m nije uopšte prisutan.

PONAŠANJE MIKROELEMENATA U SEKUNDARNIM MINERALIMA PRATIOCIMA HALKOPIRITA

Od sekundarnih minerala udruženih sa halkopiritom pojavljuju se halkozin i kovelin, limonit, malahit i azurit i to na mestima gde su nižetemperaturni ili epigenetski procesi najjače naglašeni.

H a l k o z i n (Cu_2S) se javlja u vidu slobodnih zrna a najčešće je udružen sa halkopiritom i malahitom. Obično se nalazi po obodu zrna halkopirita. U monomineralnoj frakciji je crnkaste boje i osnovna je komponenta. Pokazuje veoma složena udruživanja sa malahitom i halkopiritom, pri čemu daje oštar kontakt sa ovim zadnjim ili se u halkozinu nalaze samo zaostaci halkopirita. Sve ovo ukazuje da je ovaj mineral vezan za reakcione promene primarnog minerala-halkopirita i koga prožima i u vidu žilica zajedno sa malahitom.

Kontakt halkozina i malahita je nekada oštar ili malahit obuhvata zrna halkozina sa zaostacima halkopirita. Zdrobljena zrna halkozina su i prožeta žilicama malahita, što jasno ističe kasnije nastupanje malahita koji zahvata sve minerale.

M a l a h i t ($CuCo_3 \cdot Cu/OH/_2$) se nalazi u zrnima i ređe u fibroznim agregatima i najzastupljeniji je na krajnjem SZ delu zone u zdrobljenom i oksidisanom orudnjenju (br. 17). Zrna malahita su masivnog izgleda i zelene boje, samostalna ili ovaj mineral uklapa sve druge minerale, naročito halkopirit i halkozin prožimajući ih na pomenuti način. Nekada je halkopirit nagrižen i zamenjen malahitom sa zaostacima primarnog minerala.

L i m o n i t nastaje na halkopiritu i jasno se zapaža narastanje ovoga minerala na zrnima ili su takva zrna halkopirita potpuno pretvorena. Uglavnom, to je mešavina hidroksida Fe, neoksidisanog halkopirita, često malahita i drugih minerala.

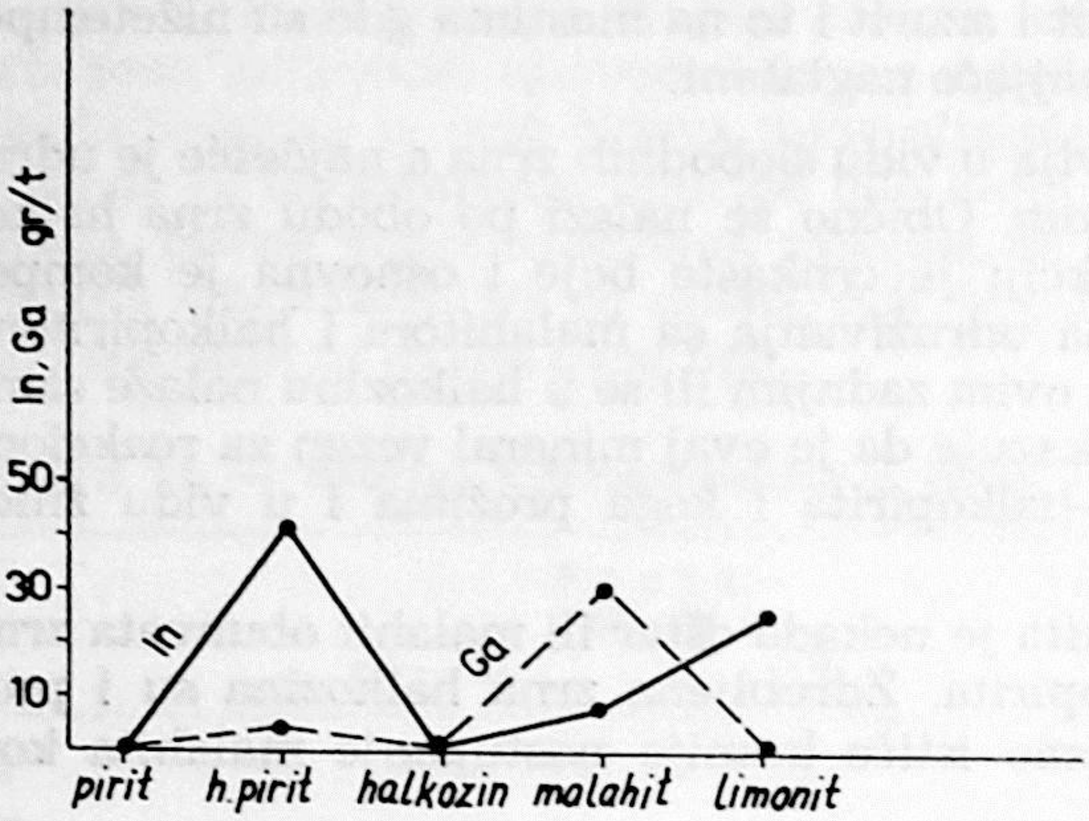
A z u r i t ($2CuCO_3 \cdot Cu/OH/_2$) i k o v e l i n (CuS) se retko sreću i to u tragovima i opisanim udruživanjima.

Ovakve reakcione promene u niskotemperaturnim procesima i supergenom stadijumu neosporno su se odrazile i na mikrosastavu, naročito u odnosu na In, Ga i neke druge sastojke.

Indijum se, kao što se pokazalo, značajno koncentriše u halkopiritu ($\bar{X}=42$ gr/t). U sekundarnim mineralima nastaje osiromašenje u odnosu na primarni mineral, ali takođe i značajan pad sadržaja In u oksidisanom halkopiritu. U asocijaciji halkopirit-halkozin-malahit (br. 17), halkopirit sadrži 4 gr/t In i 6 gr/t Ga, malahit 9 gr/t In i 30 gr/t Ga a kriptokristalasti halkozin ili halkozin udružen sa malahitom i zaostacima halkopirita nosi samo tragove ovih elemenata. Ova pojava označava izvesnu preraspodelu sastojaka u korist epigenetskih produkata, što se potvrđuje i sadržajem In (23 gr/t) u limonitskoj materiji gde očigledno dolazi do preuzimanja ovoga elementa iz halkopirita (sl. 11).

U malahitu i limonitu se značajno koncentriše As (1400—4000 gr/t) a raste i sadržaj Y i La. Lantan se u malahitu koncentriše do 800 gr/t a itrijum dostiže i 1200 gr/t, dok limonit sadrži do 100 gr/t La i 15—40 gr/t Y.

Pojava ovih elemenata u sekundarnim mineralima predstavlja odraz dejstva kiselijeg magmatskog zaostatka na šta ukazuje i prisustvo drugih sastojaka (F, Sn i dr.).



Sl. 11 — Preraspodela In i Ga u sekundarnim mineralima, ležište Tolišnica.

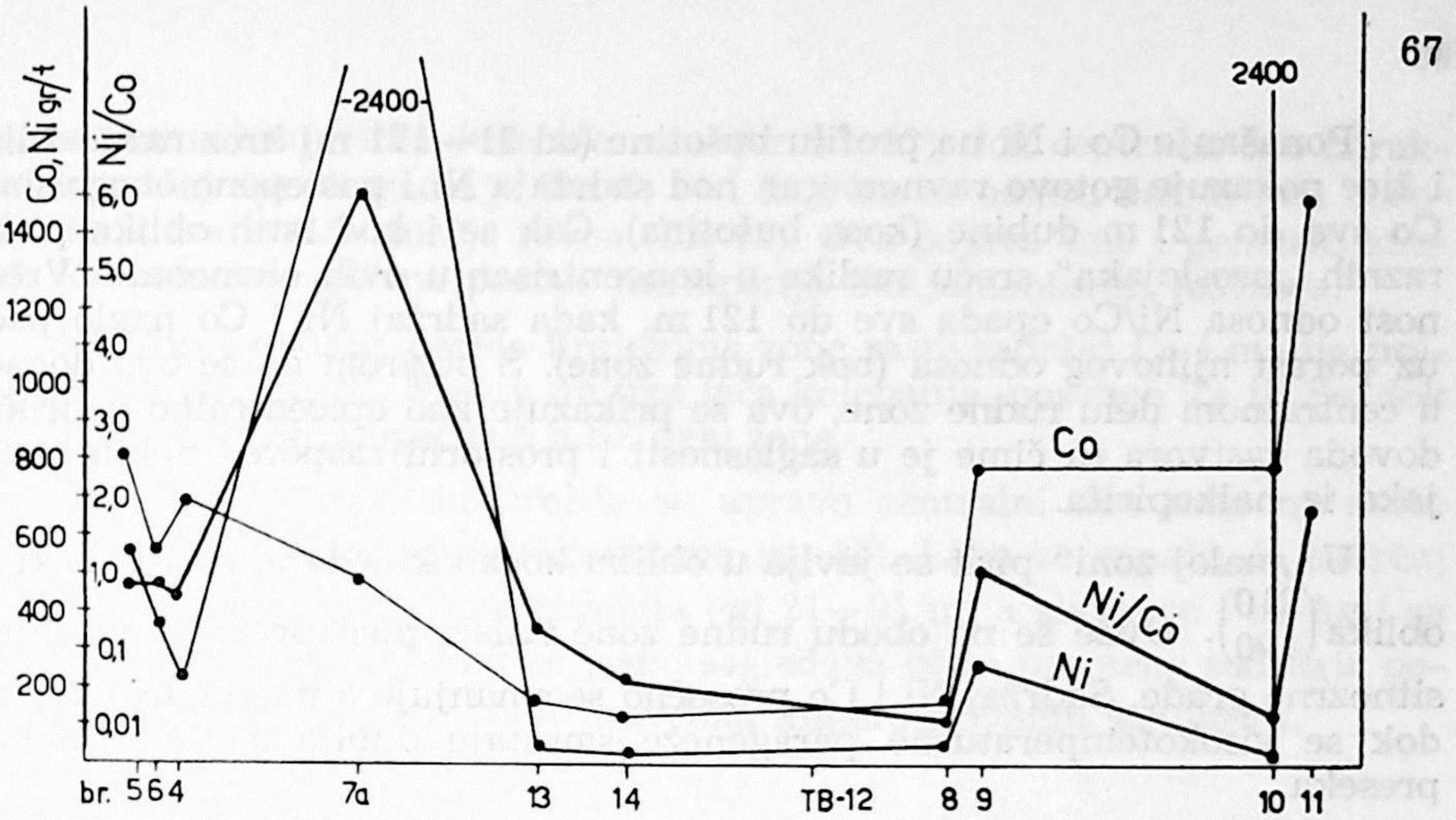
Kobalt i nikl nisu posebno karakteristični za pomenute sekundarne minerale i jedino što se Co značajnije odlaže u halkozinu (1600 gr/t) zajedno sa As. Sadržaj Ag u limonitu ne prelazi 200 gr/t, a petrogeni sastojci kao Mn, V, Cr i drugi prisutni su u ovim mineralima u povećanim količinama.

NEKA ZAPAŽANJA O PROSTORNOM RASPOREDU MIKROELEMENATA IZ PIRITA I HALKOPIRITA

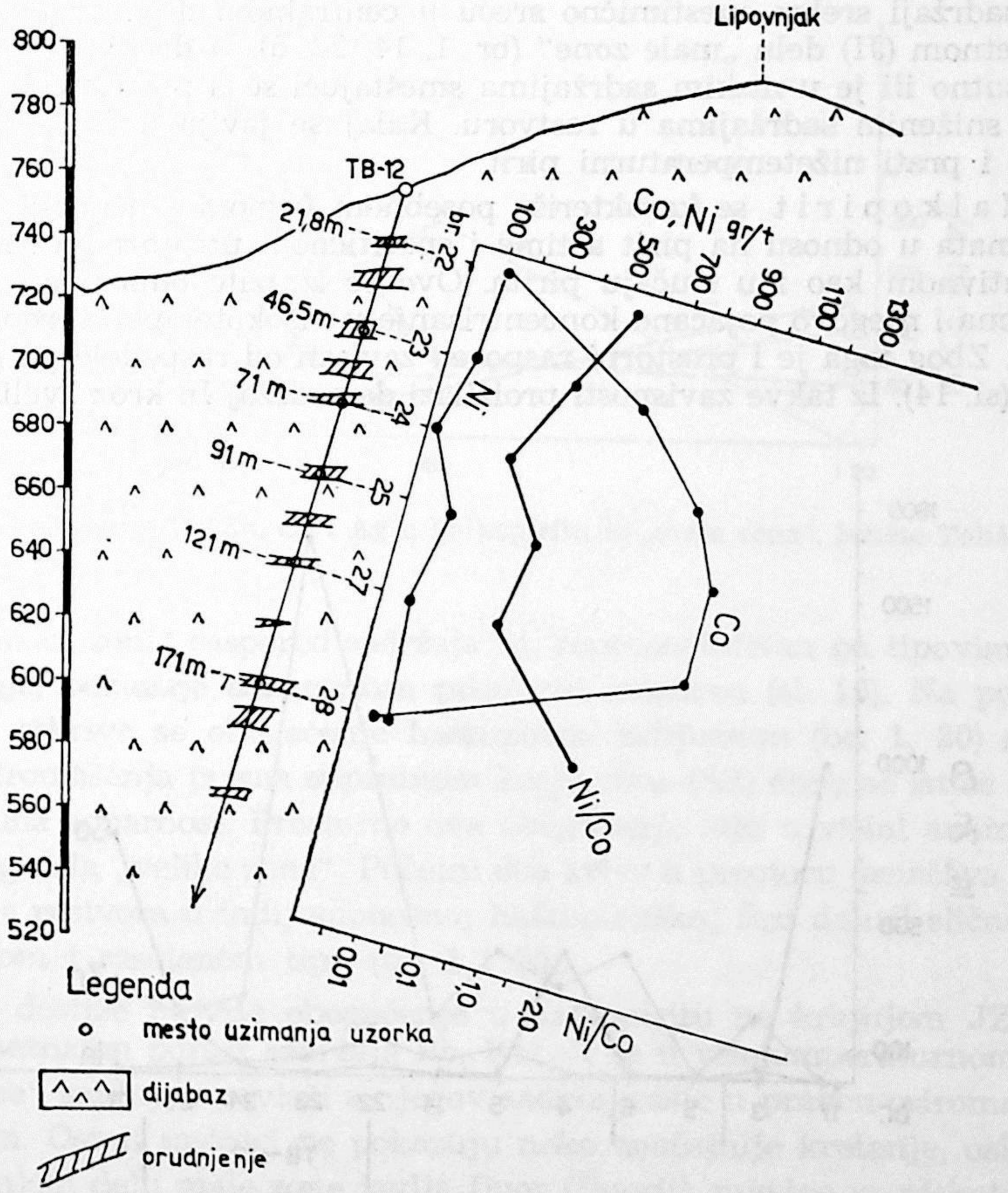
Raspored mikrosastojaka u piritu i halkopiritu je usko vezan za faze mineralizacije i stadijumnost stvaranja minerala. Ne mogu se izuzeti i mnogi drugi geohemijski i kristalohemijski činioci, zbog čega će se prostorni razmeštaj elemenata posmatrati kao posledica sveukupnih i različitih uticaja.

U p i r i t u je u izvesnoj meri mikrosastav zavisan i od morfologije kristala i uopšte minerala a pretežno od zastupljenosti generacija. Zavisnost prostornog rasporeda od preovlađivanja starije ili mlađe generacije najočiglednija je kod Ni i Co.

U „velikoj zoni“ raspored Ni ističe delove ili rudne partije gde se oseća njegovo koncentrisanje ili jače osiromašenje a sadržaj Co pokazuje jače kolebanje. No bez obzira na pojedinačno ponašanje, tek odnos Ni/Co reljefnije odražava njihove koncentracione nivoe u prostoru (sl. 12). To znači da se mestimično, na istom erozionom preseku, sreću piriti sa različitim mikrosastavcm i kristalnim oblicima (kocke, kockooktaedri, pentagon-dodekaedri i druge trostruke kombinacije), što uvodi kao opštu osobinu genetsko-geohemijsku raznolikost stvaranja. Ovo upravo potvrđuje sadržaje Co (80—1000 gr/t) ili Ni koji na kraju zone može značajnije da raste. Uglavnom centralni deo zone odlikuju niske vrednosti odnosa Ni/Co, što se zapaža i na profilu bušotine (TB-12).



Sl. 12 — Ponašanje nekih sastojaka na profilu kroz „veliku zonu, Tolišnica.



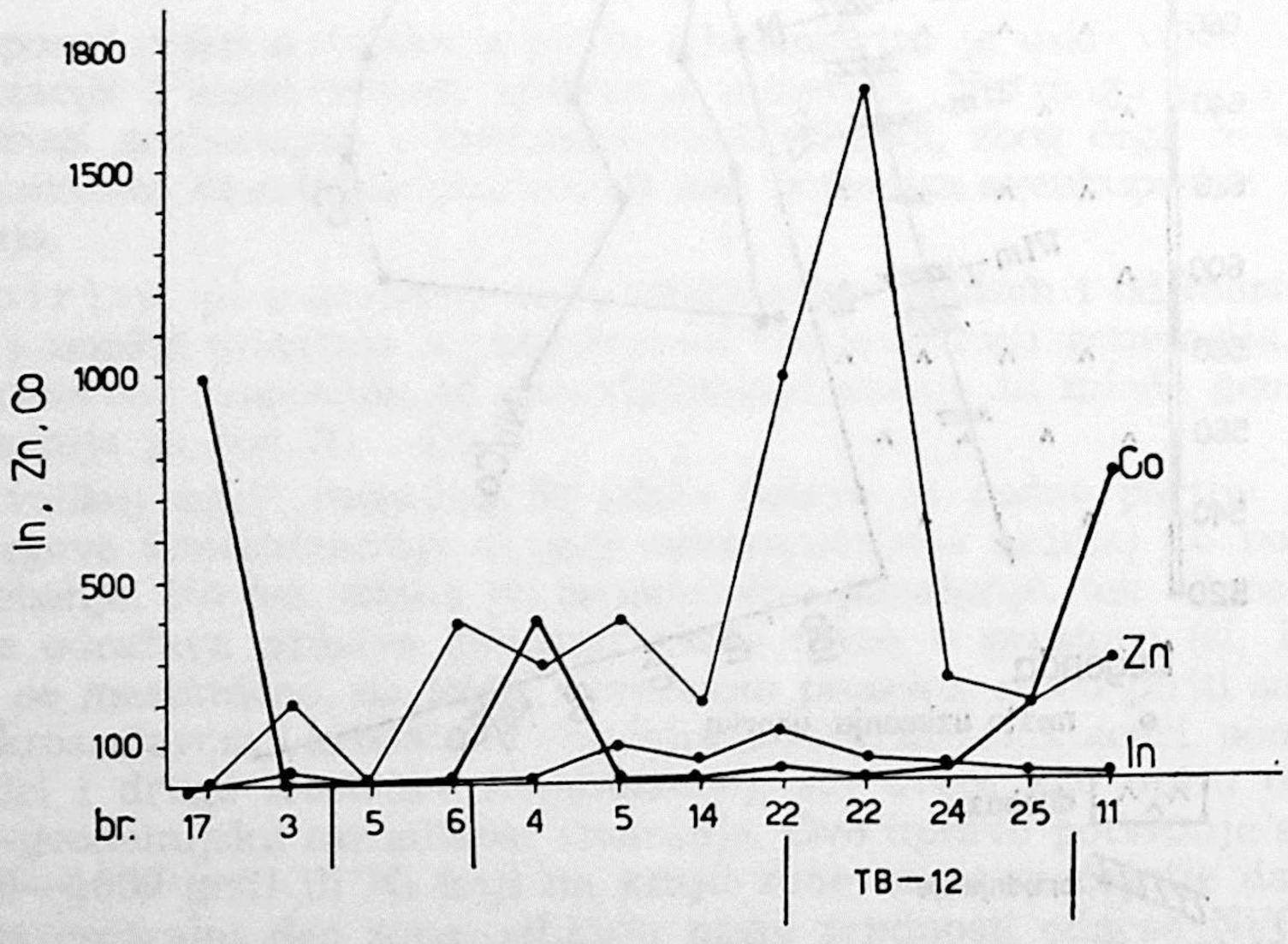
Sl. 13 — Kretanje sadržaja Ni, Co i odnosa Ni/Co na profilu bušotine (TB-12), Tolišnica.

Ponašanje Co i Ni na profilu bušotine (od 21—171 m) kroz razne žilice i žice pokazuje gotovo ravnomeran hod sadržaja Ni i postepeno obogaćenje Co sve do 121 m dubine (kosa bušotina). Čak se i kod istih oblika pirita raznih „proslojaka“ sreću razlike u koncentrisanju ovih elemenata. Vrednost odnosa Ni/Co opada sve do 121 m, kada sadržaj Ni i Co naglo pada uz porast njihovog odnosa (bok rudne zone). S obzirom da se ovo događa u centralnom delu rudne zone, ova se prikazuje kao epicentralno područje dovoda rastvora sa čime je u saglasnosti i prostorni raspored nekih sastojaka iz halkopirita.

U „maloj zoni“ pirit se javlja u obliku kockooktaedara, retko kocki ili oblika $\binom{210}{100}$. Ovde se na obodu rudne zone nalazi pirit pretežno masivne, sitnozrne građe. Sadržaj Ni i Co prosečno se smanjuje a raste odnos Ni/Co, dok se visokotemperaturne parageneze smeštaju dublje ispod erozionog preseka.

Pasmatrajući obe zone u pogledu rasporeda Ag pokazuje se da se povišeni sadržaji srebra mestimično sreću u centralnom delu „velike zone“ i u početnom (JI) delu „male zone“ (br. 1, 14, 22, 5). U drugim delovima Ag je odsutno ili je u niskim sadržajima smeštajući se u pogodan mineral pri opšte sniženim sadržajima u rastvoru. Kalaj se javlja u JZ delu „velike zone“ i prati nižetemperaturni pirit.

H a l k o p i r i t se karakteriše posebnom faznom asocijacijom mikroelemenata u odnosu na pirit a time i specifičnom prostornom raspodelom indikativnom kao i u slučaju pirita. Ovo se izrazitc odnosi na prisustvo indijuma i njegovo pojačano koncentrisanje u visokotemperaturnom halkopiritu. Zbog toga je i prostorni raspored zavisan od raspodele po generacijama (sl. 14). Iz takve zavisnosti proizilazi da sadržaj In kroz „veliku zonu“

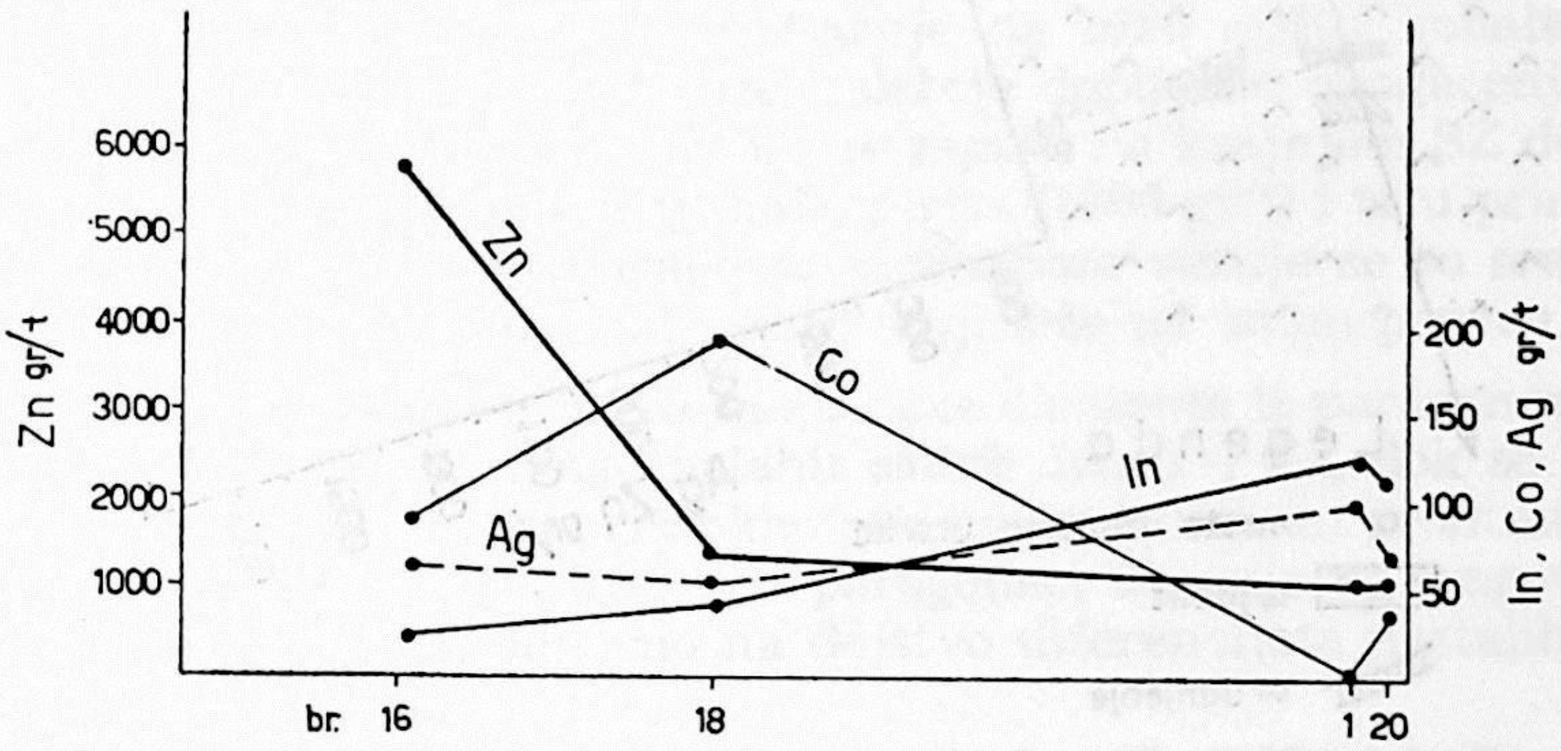


Sl. 14 — Uprošćeni profil kroz „veliku zonu“, ležište Tolišnica.

opada prema krajevima duže ose zone (br. 11, 17), dok centralni deo karakteriše značajnije obogaćenje (br. 7, 14 i dr.), što se odnosi delom i na bušotinu koja kontroliše dublje nivoe (TB-12). Ova pojava ima i genetski značaj, jer pokazuje glavne pravce nastupanja indijumonosnih rastvora.

Nasuprot ovome, prema krajevima zone raste sadržaj Co i manje pravilno i Zn (JZ) ili Ni. Srebro ne trpi jača kolebanja, posebno Te ili Se, dok As dostiže najviše obogaćenje u SZ delu zone.

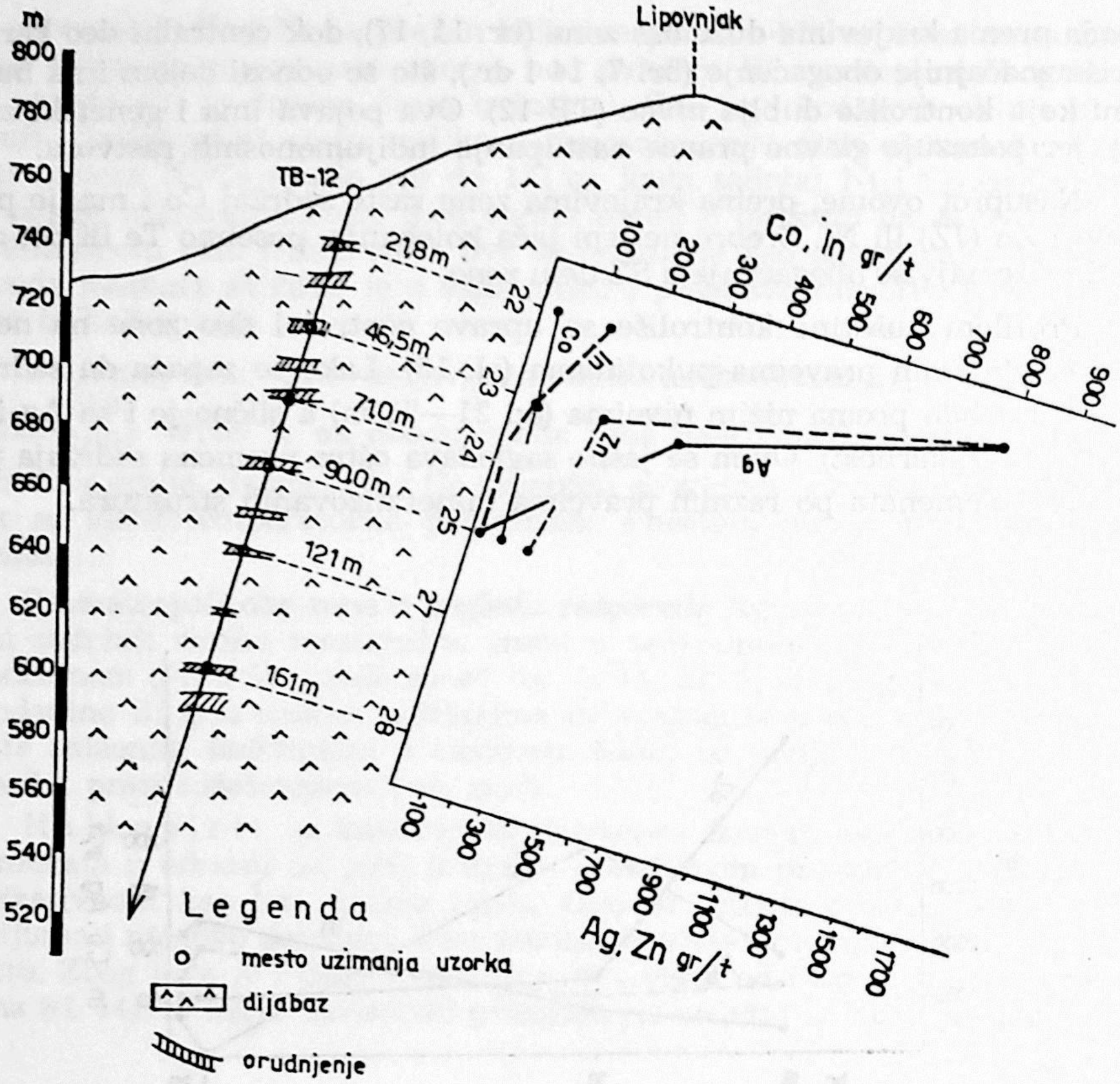
Profilom bušotine kontroliše se upravo centralni deo zone na nešto jače orudnjenim pravcima-pukotinama (sl. 15). Lako se zapaža da sadržaj In oštro opada prema nižim nivoima (od 21—91 m) a slično je i sa Ag i sa Zn (bočna zonarnost). Ovim se jasno sagledava oštra promena sadržaja pomenutih elemenata po raznim pravcima mineralizovanih struktura.



Sl. 15 — Ponašanje In, Zn, Co i Ag u halkopiritu iz „male zone", ležište Tolišnica.

U „maloj zoni" raspored sadržaja In, reprezentativan po tipovima mineralizacije, pokazuje asimetričan prostorni raspored (sl. 16). Na početku zone (JI) otkriva se obogaćenje halkopirita indijumom (br. 1, 20) sa težnjom osiromašenja prema suprotnom kraju zone (SZ) čime se ističe bočna horizontalna zonarnost. Prostorno ova obogaćenja leže u visini anomalnog centralnog dela „velike zone". Početni deo krive u prostoru označava jedan od centara rastvora u indijumonosnoj halkopiritskoj fazi dajući slične osobine žičnom i rasejanom tipu (br. 1 i 20).

Cink dostiže najviše obogaćenje u halkopiritu na krajnjem JZ delu zone uz neznatan porast sadržaja Pb. Kobalt se u višetemperaturnom delu „male zone" značajno povlači a njegov sadržaj raste u pravcu osiromašenja indijumom. Ostali sastojci ne pokazuju neko značajnije kretanje, osim što se u srednjem delu male zone javlja fluor (fluorit) zajedno sa niskotemperaturnim piritom (br. 19).



Sl. 16 — Kretanje sadržaja In, Ag, Zn i Co na profilu bušotine (TB-12), ležište Tolišnica. (Geol. Prof. po D. Purić, R. 1 : 2000)

ZAKLJUČAK

Imajući u vidu podatke o odnosima glavnih minerala i ponašanju mikroelemenata može da se zaključi sledeće:

1. Mineralizacija se nalazi u tektonski ispucalim dijabazima utisnutim u serpentinisane peridctite. Posle tektonskog drobljenja ove su zahvatili hidrotermalni rastvori odlažući rudnu mineralizaciju u brečiziranoj steni, duž prslina i jače ili slabije otvorenih pukotina i vršeći metasomatske promene. Od glavnih primarnih minerala stvoreni su pirit, halkopirit, redak sfalert i još ređi galenit, kao i tragovi drugih minerala. Pored po postanku kasnijih minerala (halkozin, fluorit i dr.) u supergenom stadijumu javljaju se limonit, malahit i drugi pratioci.

2. Pirit je najzastupljeniji mineral i sreće se u kristalnim i masivnim agregatima uz preovlađivanje kristalnih oblika (kocka, kockooktaedar, kocka-oktaedar, kocka-pentagondodekaedar, redak pentagondodekaedar, dvostruke ili trostruke kombinacije). Prisutne su dve generacije, pri čemu se u prvoj koncentriše Co a u drugoj dominira Ni. Prva generacija se vezuje

za središni deo zone sa najvišom T° stvaranja a često je praćena drugom generacijom koja se povlači prema krajevima. Kristalni oblici pirita pokazuju globalnu vezu sa sadržajem Co i Ni s tim štc u oblicima (210) preovlađuje Ni nad Co a u drugim je Co > Ni sa retkim izuzecima u prisustvu „antiskeletnih" figura. Zapaža se i pirit mlađi od halkopirita i koji bi mogao da označava prisustvo i mlađe faze (pulsacija) zajedno sa fluoritom Pirit prate Ag, nekada u visokim a prosečno niskim sadržajima, zatim Se i Te i drugi manje značajni sastojci. Ovaj mineral je najčešće tektcnski drobljen i čije prsline zapunjavaju mlađi minerali.

3. Halkopirit zapunjava prsline u piritu, uklapa pirit, ili se sreće u nagomilanjima siromašnim piritom (žice, okca, žilice i dr.). Kao pretežno posebna kasnija faza sa prinosom Cu, u paragenezi sa sfaleritom i pratećim mineralima, nosi i novu asocijaciju elemenata (In, Ga, Zn, Ag, Se, Co/Ni, nizak sadržaj Te i dr.) a ne odlikuje se prisustvom Bi, Sb ili Sn, štc znači odsustvom telurida i sulfoantimonida. Srebro mestimično dostiže visok sadržaj i, kao u slučaju pirita, smešta se u pogodan mineral. Prosečan sadržaj Co je nekoliko puta niži u cdnosu na sadržaj Co u halkopiritu iz sličnog tipa ležišta (Stanča). Ovo ukazuje na nižu opštu kobaltonosnost rastvora piritske i halkopiritske faze i slabije dopunsko obogaćenje putem reakcionih procesa. Pcrast sadržaja Co se zapaža na krajnjem SZ delu zone, zajedno sa As, u drugoj generaciji halkopirita (1000 gr/t) i to u pravcu opadanja sadržaja In. Najjače obogaćenje indijumom vezuje se za srednji deo „velike zone" i početni deo „male zone" koji leže na istom pravcu.

4. Sekundarni minerali preuzimaju neke elemente iz parageneze. Limonit koncentriše In, Y, La i As, malahit sadrži La, Y i Ga, dok se povišene količine Co i As sreću u halkozinu kao nižetemperaturnom produktu halkopirita. Prisustvo La, Y i F (fluorit) u paragenezi ukazuje na tragove kiselijeg magmatskog ostatka, odnosno na dejstvo diferencijata nastalih u širem vremenskom intervalu.

5. Raspored nekih mikrcelemenata u piritu (Co i Ni) i halkopiritu (In i Co) izdvajaju srednje delove zone kao višetemperaturne a bokove i krajeve rudne zone karakterišu nižetemperaturni uslovi stvaranja. Rastvori na svim pravcima, u raznim pukotinama, ne samo da nisu bili iste temperature već se u njihovim produktima menjao i mikrosastav. Ovo se odncsi na halkopirit i pirit čak i istih kristalnih oblika u rasejanom ili žičnom tipu. Opadanje sadržaja Cu, In, Ag i drugih sastojaka po dubini rudne zone odražava različite visinske nivoe raznih mineralizovanih pukotina i prslina ističući bočnu visinsku zonarncst i hemijsku neujednačenost mikrosastava halkopirita. Ove pojave odgovaraju pulsiranju i nejednakom dometu (bočno i vertikalno) visoke temperature i zasićenosti rastvora (koncentracioni nivoi). U prisustvu pulsiranja i toka rastvora krcz pukotinski filtracioni sistem nejednake propustljivosti, čemu su doprinele ranije metasomatske promene i kristalizacija pirita, odlagan je halkopirit sa opštom osobinom nehomogenosti mikrosastava matičnih rastvcra i njihovog postepenog osiromašenja u pogledu sadržaja In, Ag, i drugih sastojaka. Sa padom temperature i delimičnim prinosom putem reakcionih promena starijih minerala zahvatani su sastojci (Co i dr.) tipični za ovaj proces. Nije došlo do koncentrisanja elemenata koji su mogli da daju sulfosoli u piritsko-halkopiritsko-sfaleritskoj mineralizaciji.

6. Na visokotemperaturnim delovima rudne zone koreni mineralizacije Cu nisu značajnije udaljeni od erozionog preseka. Na preseku nižetemperaturnih parageneza halkopirita i pirita, visokotemperaturni nivo stvaranja se nalazi u većim dubinama (hipocentralno područje) sa geotermalnim oreolom oko glavnih dovodnih kanala i najjače geotermalne anomalije. Tako se u prostoru izrazio nejednak domet i brzina cirkulacije rastvora viscke temperature, podrazumevajući i postepeno hlađenje i pulsiranje rastvora, u vertikalnom i horizontalnom smislu. Očigledno je da se ne zapažaju gornji delovi ležišta sa bogatijom kcrisnom mineralizacijom i polimetalnom facijom a mineralizacija se karakteriše nivoom prslina, mestimično jače otvorenih pukotina dajući štokverkno-impregnacioni tip ležišta.

(Primljeno 16. V 1979)

LITERATURA

1. Arsenijević M., 1969: — Opšti pregled rasporeda sadržaja retkih i drugih mikroelemenata u glavnim sulfidnim mineralima niza Pb—Zn ležišta Jugoslavije, Radovi IGRI, knj. 6, Beograd.
2. Arsenijević M., 1977: — Geohemijska proučavanja mineralizacija bakra na području Tolišnica—Stanča, FSD Geoinstituta, Beograd.
3. Bezmen I. N., 1975: — Pirit-pirotinovie geotermometričeskoe raspredeljenije Ni i Co.
4. Bamba T., 1976: — Ofioliti and related copper deposite of the Ergani Maden, Ecc. Bull. MTA, N. 86, Ankara.
5. Genetičeski tipi mestoroždenija redkih elementov; Geohemija, mineralogija i genetičeskie tipi mestoroždenija redkih elementov, T. 3, Izd. „Nauka“, Moskva, 1966.
6. Fleischer M., 1955: — Minor elements in some sulfide minerals, Economic Geology, vol. 5, Lancaster.
7. Karamata S., 1962: — Tercijarni magmatizam Dinarida, njegove faze i njegove glavne petrohemijske karakteristike, V savetovanje geologa SFRJ, II deo, Beograd.
8. Mulatov G. M., 1977: — O raspredeljeniji selena i telura v rudoobrazujuščih suljfidah nekatorih mestoroždenij Uzeljginskovo rudnovo polja, Geohemija № 5, ANSSSR, „Nauka“, Moskva.
9. Mihailović-Vlajić N., 1969: Mineraloško-geohemijski indikatori orudnjenja bakra u Timočkoj eruptivnoj oblasti, Zbornik radova, Bor.
10. Purić D., 1975: — Izveštaj o istraživanju bakrovog orudnjenja na području Tolišnica—Stanča za 1975/76. god. IGRI, Beograd.
11. Putnik S., Isailović S., Simić V., 1971: — Izveštaj o prospekciono-istražnim radovima na istraživanju bakra u zapadnoj Srbiji, fond IGRI, Beograd.
12. Putnik S., Purić D., 1976: — Pojava Fe-Cu-Co mineralizacije u dijabazima na lokalnosti Stanča (Planina Čemerno), Rudarstvo, geologija i metalurgija, Tehnika, br. 3, Beograd.
13. Putnik S., i dr., 1975: — Izveštaj o osnovnim istraživanjima mineralnih sirovina — bakra na području Kraljevo—Raška za 1974. god. IGRI, Beograd.
14. Searle L. D., 1972: — Mode of occurence of cupriferous pyrite deposits of Cyprus, Lusaka.
15. Ćirić V. B., 1954: — Neka zapažanja o dijabaz-rožnoj formaciji Dinarida, Vesnik Zavo. za geol. geofiz. istraživanja NRS, knj. 5, Beograd.
16. Džafarov V. Ć., 1970: — Kristalomorfologija pirita i jejo rainezagenetičeskoe značenie, Baku.

Résumé

LES PROPRIETES GEOCHIMIQUES DE LA MINERALISATION SULFUREE DE CUIVRE DANS LES DIABASES DE TOLIŠNICA (KRALJEVO, SERBIE)

by

Milorad Arsenijević

Dans ce gisement ont été faites les recherches différentes géologiques (10—13) et aussi minéralogiques sauf des détails en ce qui concerne la morphologie des pyrites associés au chalcopyrite et leurs conditions d'apparition. Ces minéraux eux-même sont incorporés aux diabases qui sont bien déformés par les actions tectoniques présentant un gisement de type de „stockwerk". Les paragenèses de ce gisement sont très simples où participent le chalcopyrite, le pyrites, la blende, les traces de galène, les minéraux sécondaires de Cu et de Fe (la malachite, l'azurite, la chalcosine, le limonite), etc. et les minéraux devenus à la processus d'alteration des diabases. La quantitée du chalcopyrite varie jusqu'aux traces en comparaison avec le pyrites qui est le plus fréquant dans le minerai de ce gisement.

Le pyrite apparaît sous forme des agrégats cristallins ou en grains massifs, tandis que le chalcopyrite est extrêmement rare en cristaux sfenoedrals. Les formes cristallines du pyrite sont presentées par les cubes (100), cube-octaedre $\binom{100}{111}$ cube-pentagondodecaedre $\binom{100}{210}$ cube-octaedre (100, 111) d'une part et d'autre part apparaîsent les combinaisons de cube et de pentagondodecaedre où les combinaisons complèxes toutes les trois formes. Le pyrite est plus agé que le chalcopyrite et le dernièr se trouve en masses grainues dans les fusures du pyrite ou les cristaux du pyrite sont inclus par la masse du chalcopyrite.

Les études géochimiques n'ont pas été faites jusqu'à présent. Au point de vue de la disposition géochimique de l'In, il est evident qu'il se concentre exclusivement dans le chalcopyrite abcutissant jusqu'à 120 gr/t. L'enrichissement en indium est etroitement lié à la génération plus agée, tandis que la génération plus jeune est appauvrie aussi même que les minéraux sécondaires de Cu. Pourtant, les teneurs en Ga sont toujours bases (a 10 gr/t) à l'exception de la malachite ou le galium ne dépasse pas la limite de 30 gr/t. On apperçoit une concentration sécondaire de quelques e' Cements dans les mineraux de Cu ci-dessus nommé et dans le limonite (In). La malachite contient parfois de La (à 800 gr/t) et l'Y (à 1200 gr/t).

Le cobalt et le nickel sont enrichis dans les pyrites. La génération d'une température plus élevée se caractérise par l'enrichissement en Co par rapport à la génération plus jeune où s'accumule le nickel (les pyrites massifs, les formes — 210, les cristaux antisqueletes). Dans le chalcopyrite on apperçoit une augmentation de teneur en Co vers la deuxième génération (à 1000 gr/t) poursuivie par la valeur moyenne ($\bar{X}$) très basse en général.

Le Se est concentré dans la chalcopyrite ($\bar{X}=82$ gr/t) en plus grande quantité que dans le pyrite ($\bar{X}=38$ gr/t) auquel la teneur de Te ne dépasse pas 20 gr/t. Le chalcopyrite ne contient pas de Te plus que 2 gr/t et le Zn

apparaît en teneurs jusqu'à 6000 gr/t habituelement exprimé sous forme des inclusion de la blènde ou des produits d'exolutions. D'autre part, l' argent est disseminé dont les teneurs aboutissent rarement à 1700 gr/t n'importe s'il s'agit des pyrite ou des chalcopyrites. Ce fait ne souligne qu'une hétérogenéite générale des solutions hydrothermales. La disposition de Mo n'est pas caractèristique aussi même que celle-là de Sn et d'As. Le germanium est absent dans tous les mineraux et surtout dans le chalcopyrite (<10 gr/t).

La distribution des éléments en question fait voir une succession de formation de pyrite et du chalcopyrite. Celui dernière se représente comme un minéral plus jeune que le pyrite en se caractérisant d'une composition changeable à partir de la génération agée. Les éléments comme le Bi et le Sb tout à fait manqent dans ces paragénèse où en même temps apparaît une appauvrissement en Te, ce que revèle un caractère plus basique de magma maternelle. Une revivation des actions hydrothermales est arrivé dans les diabases ecrasés et bien alterés (silification, chloritisation, etc.) en déposant au cours de la première phase de mineralisation le pyrite et dans la deuxième le chalcopyrite, etc. La présence de quelques éléments comme le lanthan, l'ytrium et aussi la fluorine, d'une fréquence trop faible, fait voir les traces des solutions magmatiques plus acides superposées à la minéralisation plus agée. Une zonalité de repartition des éléments en espace a lieu. Ce phenomène est provoqué par les différentes phases tectoniques d'une part et d'autre part par la perméabilité des diabase influant sur le changement de temperature et de concentration des éléments. Ces différences sont accentuées à mesure que l'éloignement lateral de mineralisation est avancé de la direction principale de circulation des solutions hydrothèrmales.

(Reçu le 16. V 1979)

R A D O V I Geoinstituta, knjiga 13., god. 1979.
Beograd, Rovinjska ul. 12.

Milorad Arsenijević

UDK 553.495 : 551.796

KOEFICIJENT RASPODELE URANA U GLINOVITIM TALOZIMA PRIRODNIH VODENIH TOKOVA

U ovome radu prikazuje se veza sadržaja urana u glinovitom talogu, steni-formaciji i vodama u kojima se ovi stvaraju. Ova veza je uspostavljena pomoću koeficijenta (M) koji smanjuje uticaj rasejanog urana iz stene na njegovo koncentrisanje u glinovitim talozima. Ovakav postupak, ispravljajući geometrijsku sredinu sadržaja urana u glinovitim talozima za sadržaj urana ($\bar{y}$) u steni, utvrđuje prag anomalnosti za sve uzorke bilo da je korišćen ukupni ili rastvorni migrativni uran. Izdvojene anomalije pokazuju neposredniju povezanost sa hemijskim oreolom disperzije koji je, posredstvom adsorbcije urana iz vode, delovao na sadržaj urana u glinovitom talogu. Slični uticaji se otkrivaju i u slučaju dejstva mehaničkog oreola rastvornih minerala urana u pomenutoj sredini. Dejstvo koeficijenta raspodele provereno je na granitoidima Janjskog masiva u kome je poznato prisustvo uranske mineralizacije.

Pri istraživanju urana kao jedna od pomoćnih geohemijskih metoda, pored hidrogeohemijske, koristi se i metoda aluviona, odnosno glinovite frakcije. Ova frakcija čini smešu sitnih odlomaka stena, minerala, organskih ostataka i hemijskih sedimenata. U stvari, ona odražava okolne stene, kcru raspadanja i aluvijalni nanos ili vodeni talog uopšte. To znači da je glinovita frakcija veoma složenog sastava i nosi otisak hemijskog i mineralnog sastava okolnih stena i rudne mineralizacije. S obzirom da se stvara u vodenim tokovima usko je povezana sa hemijskim promenama u kontaktirajućim površinskim i podzemnim vodama koje razaraju stenovitu podlogu i iz nje iznose razne sastojke. Eroziona dejstva, gravitaciona diferencijacija materijala i hemijsko dejstvo vode stvaraju mehaničko-hemijske taloge u zasečenim delovima terena. Na taj način, u stalnim ili povremenim vodenim tokovima — rekama, potocima i na izvorima nastaju mehaničko-hemijski oreoli disperzije minerala ili elemenata čiji domet zavisi od geohemijskih osobina, nagiba terena, sastava stena i vode, kao i cd stabilnosti minerala.

Na hemijski oreol u vodenom rastvoru utiče i mehanička frakcija minerala i to više onih koji su manje stabilni u oksidacionim uslovima i čiji su sastojci lakomigrativni sve do alkalne sredine, kac što je to izraženo u slučaju urana. Upravo zato je i korisno da se pri njegovim istraživanjima istovremeno kontrolišu i aluvijalni nanosi i prirodne vode u istim vodo-

---

[1] Geoinstitut, Beograd.

tokcvima. Međutim, zbog dejstva mehaničko-hemijskih oreola i promene hemizma voda, neophodno je da se pri identifikovanju anomalnih sadržaja ovi povežu i sa sadržajem ukupnog urana ili, pak, njegovim lakopokretljivim rastvornim delom u stenama o čemu se i raspravlja u ovome radu.

OSNOVNE OSOBINE MIGRACIJE URANA

Ne ulazeći u mehanizam endcgene migracije urana, pri ovim razmatranjima osnovna pažnja je usmerena na opšte geohemijske osobine pojavljivanja i migracije u egzogenim i oksidacionim uslovima koji kontrolišu izdanke rudne mineralizacije ili stene u nivoima gde voda još uvek može da vrši pcjačano ispiranje, u odsustvu redukcionog režima.

Uran je litofilan elemenat i njegovo koncentrisanje u magmatskom procesu je usmereno prema granitoidima i pegmatitima, vulkanitima ili tufovima, dok rudna mineralizacija nastaje u različitim stenama ili je sekundarno odložena u sedimentima. Bilo u kojim stenama rasejan je u mineralima u izomorfnom i dijadohijskom stanju ili se nalazi na površini zrna, duž prslina i u šupljinama mineralne mase. Stene, rudna ili rasejana mineralizacija, na erozionom preseku ili u dubljim nivoima, izložene su neprekidnom dejstvu erozionih i hemijskih procesa razaranja i rastvaranja. Ovo se izražava u vidu stalnog iznošenja urana putem površinskih i podzemnih voda, prenošenja i odlaganja u aluvionima zajedno sa mineralnim česticama. Laka rastvorljivost oksidnih minerala i slabija nekih sekundarnih jedinjenja ne dozvoljava njihovo koncentrisanje u aluvionima izuzev takvih kao niobati, titanati, monacit i drugi teškorastvorljivi nosioci urana.

Ovaj elemenat se lako oksidiše i u prirodi je ustanovljen četvorovalentan i šestovalentan uran. Četvorovalentan uran obrazuje jedinjenja u uslovima nedostatka kiseonika, u dubljim nivoima sa redukcionim režimom, kao i na raznim nivoima u prisustvu redukcionih materija.

Šestovalentan uran je, naprotiv, karakterističan za oksidacionu sredinu, lakc se hidrolizuje i obrazuje jon UO_2^{++}. Velike razmere uranil-jona (dužine 6,04—6,84 Å i širine 2,64 Å) omogućava mu da u egzogenim ili oksidacionim uslovima obrazuje brojne sopstvene minerale sa vanadijumom, fosforom i drugim jonima. Uranil-jon može da se smesti čak i u strukturi molekula vode (4,5).

Ulcga vodenih rastvora je stoga od prvenstvenog značaja za rasejavanje i prenošenje urana, odnosno za stvaranje hemijskih oreola disperzije u vodi i aluvijalnim sedimentima-glinovitim talozima. Rastvorljivost i postojanost urana u vodama je najbolja u obliku natrijum-uranil-bikarbonata $[Na_2/UO_2/CO_3/]n \cdot H_2O$ ili trikarbonat-uranila $[UO_2/CO_3/_3]$ sa Na, Mg, K i Ca. Njihova postojanost u rastvoru, izuzev UO_2CO_3, prostire se preko neutralne, slaboalkalne do alkalne sredine (pH ~10) a dokazana je i uloga ugljene kiseline u rastvorljivosti uranila. Osim toga, uranil-sulfat $[UO_2SO_4 \cdot 3H_2O]$ ili dvojne soli uranil-sulfata sa alkalnim ili zemnoalkalnim elementima i Fe^2 dobro su rastvorljive u kiselim sredinama sa pH do 4,25 kada ispadaju iz rastvora. Organske alkalne humusne soli ili uranil-hloridi su takođe postojani u prirodnim vodenim rastvorima.

Na jaču ili slabiju postojanost sadržaja urana u vodama, pored hemizma voda, utiče klimatska zonarnost, količina vode, kao i vrsta stene i drugi faktori. Rasejani uran u vodama vlažnog klimata je znatno nižeg sadržaja, dok se više koncentriše u slabijim vodenim tokovima, plitkim izvorima sa manjom količinom vode, naročito u suvom periodu ili suvim klimatskim uslovima. Sa porastom mineralizacije vode raste i količina urana, što je ispitano i dokazano i na našim terenima (1, 2). Odstupanje od ove zakonitosti zapaža se na ležištima ili mineralizacijama urana u zoni oksidacije ili u vodama koje dolaze iz redukcione sredine. Takve pojave — izrazito visok ili značajno nizak sadržaj — sa jedne strane ukazuje na pojačan prinos (Eh +) dajući oreol disperzije a sa druge strane pokazuje osiromašenje vode uranom (Eh —). U oba slučaja se otkriva odstupanje od pozitivne korelacije između sadržaja urana i opšte mineralizacije vode. Takvi primeri, vezani za zone oksidacije, prisutni su i u nekim našim mineralizovanim zonama (1).

Stene kao granitoidi, vulkaniti i njihovi tufovi i druge formacije mogu da daju oreole disperzije urana u vodi, naročito u suvim klimatima, koji maskiraju slabije mineralizacije. Ova pojava se sreće u onim slučajevima ako je stenovita podloga još i tektonski drobljena, hidrotermalno izmenjena i sa naglašenim epigenetskim procesima. To sve inače olakšava dejstvo voda i rastvaranje minerala stena ili rasejane mineralizacije. U takvim prilikama, za jasnije sagledavanje i diskriminaciju pravih anomalija, pored mnogih drugih metodskih pristupa, značajno je da se prouči koeficijent vodne migracije urana, odnos prema opštoj mineralizaciji vode, radon, radijum i drugi pomoćni parametri (Si, He, Ar, ili H_2S) u cilju kontrole struktura (izvori). Dovodeći još u vezu sadržaj urana u vodi sa sadržajem urana u stenama, zatim sa količinom soli i hemijskim tipovima voda uočavaju se zone pojačane migracije ovoga elementa. Ovo postaje značajno ako se ima u vidu različito ponašanje i iznošenje elemenata iz svežih stena, izmenjenih i drobljenih, dubokih i plićih nivoa (R_n-emaniranje iz kolektora), iz oksidacionih ili redukcionih sredina. Pri tome, posebno je značajan proces obaranja urana iz vodenih rastvora u mehaničko-hemijsku frakciju koja se odlaže u vodenim tokovima u vidu glinovitih taloga ili aluviona.

ČINIOCI UTICAJNI NA KONCENTRISANJE URANA U GLINOVITO-HEMIJSKIM TALOZIMA

Polazeći od pomenutih faktora za koje se smatra da određuju geohemijski put urana od primarnog izvora do sredine sekundarnog koncentrisanja mogu se istaći neke glavne grupe činilaca od izuzetnog globalnog značaja. U ove spadaju:

a) Vrste primarnih izvora-stene i uranska rasejana ili rudna mineralizacija.

b) Tektonske strukture, mehaničke deformacije, hidrotermalna alteracija i savremeni epigenetski procesi.

c) Gravitaciona diferencijacija materijala i mehanički oreoli minerala.

d) Voda kao posrednik (hemijski sastav, reaktivna sposobnost jona ili jedinjenja urana, pH, redoks-potencijal, gasni sastav) i hemijski oreoli, klimatski uslovi i dr.

e) Adsorbcioni procesi, vrste barijera i remobilizacija.

Kao što je poznato, obrazovanje oreola disperzije, odnosno koncentrisanje urana u glinovitim talozima, vezano je za mnoge činioce od kojih se neki teško mogu da kontrolišu. Rasejani uran u pomenutim oblicima, u zdrobljenim i izmenjenim argiliziranim stenama, epigenetski se lakše pokreće dajući rasejani ili povišeni sadržaj u vodama. Zavisno od preraspodele između čvrste i tečne faze, sposobnosti i hemijske aktivnosti uranil-jona da gradi lakorastvorna ili teže rastvorna jedinjenja, rasejana i rudna mineralizacija daju slične indikacije oreola disperzije urana u vodama ili glinovitim talozima. U ovim slučajevima kao regulatori održavanja urana u vodi javljaju se u prvom redu geohemijske barijere. Takve pojave nastaju usled dejstva čvrste faze i promene hemizma, odnosno karaktera sredine u vodama, izazivajući jače ili slabije obaranja urana iz prirodnih razblaženih rastvora.

Koloidne čestice u talogu ili u suspenziji svojim privlačnim električnim silama adsorbuju uran iz vode ili se ovaj taloži zbog promene karaktera sredine. Jačina jonske izmene ili adsorbovanja neosporno zavisi i od veličine čestica. U stvari, ne ulazeći dublje u mehanizam ove pojave, utvrđeno je da su najbolji adsorbenti urana, kao i nekih drugih katjona, minerali glina, zatim koloidni hidroksidi Fe i Mn, Al i Mg ili organska materija. Uran se taloži i u vidu organsko-uranskih kompleksa a takođe i kada kompleksni uranil dođe u dodir sa fosfatnim i vanadijumovim jonom ili uopšte sa agensima koji dovode do koagulacije uranovih rastvornih jedinjenja.

Minerali glina, budući da su čvrsti produkti raspadanja stena, nose vezani i adsorbovani uran na površinama čestica, duž ivica strukturnih slojeva ili je ovaj i čvršće vezan. Različite strukturne osobine minerala glina izazivaju i različitu jačinu adsorbcije urana, pri čemu se montmorionit javlja kao njegov najjači adsorbent. Promenom uslova u vodenoj sredini, slabo vezani uran može opet delom da pređe u tečnu fazu (remobilizacija) i da pojačava oreol disperzije. Hidroksidi Mn i Fe obaraju se u glinovitim talozima zajedno sa glinom i drugim mineralnim česticama i adsorbuju uran, kao i druge metale. Adsorbovani metali vremenom zadobijaju čvršće veze i teže se izvlače hladnim rastvorima, što se zapaža kod organske materije usled stvaranja organskouranskih kompleksa.

Zbog svega ovoga, ako bi se sadržaj urana u glinovitim talozima, kao mešavini čestica sa primarnim i lakopokretljivim uranom, posmatrao nezavisno od sadržaja ovoga metala u stenama onda bi se u oreol disperzije uračunavali svi povišeni i visoki sadržaji u odnosu na normalno rasejavanje. Na taj način bi se zanemarila veza rasejanog urana iz određene formacije-stene i onoga iz glinovitog taloga čije čestice i drugi precipitati takođe nose rasejani uran pored adsorbovanog urana iz vode.

Šta se zaista događa na istom litološkom kompleksu za svaki poseban slučaj u toku rutinskog istraživanja teško može da se utvrdi. Pa ipak, mineralni sastav glinovitog taloga i sadržaj minerala glina-montmorionita u slaboanomalnim i jakoanomalnim uzorcima dozvoliće da se razjasni preraspodela urana (10). Prisustvo lakopokretljivog U u stenama, kao i laka oksidacija oksidnih primarnih i slabija sekundarnih minerala, pokazuje da se i ova komponenta mora da koristi kod analize značaja disperzije urana u vodama i glinovitim talozima. Uvođenjem faktora ukupnog ili lakopokretljivog urana iz stena značajno se koriguje stepen koncentracije

urana u glinovitim talozima, a takođe i vodama, prouzrokovane pomenutim uticajima. Ovo je naročito važno u slučaju kada u stenama nema vidljivih tragova primarnih ili sekundarnih minerala urana i kada se sreće izvesno obogaćenje stalnim dodirom vode i adsorbenata.

KOREKCIONI FAKTOR ANOMALNIH SADRŽAJA URANA U GLINOVITIM TALOZIMA

S obzirom na ove činjenice neophodno je da se unesu i novi elementi ublažavanja svih pomenutih uticaja. Do sada ove korekcije u odnosu na ukupni ili rastvorni uran nisu vršene. Osim izračunavanja normalnog rasejavanja (X ili $\bar{\gamma}$) i koeficijenta anomalnosti ili prostog statističkog izdvajanja anomalnih uzoraka ($X+n \cdot \sigma$ ili $\bar{\gamma}+n \cdot \sigma$) drugih pristupa nije bilo a koristio se ukupan uran u glinovitom talogu bez povezanosti sa sadržajem urana u okolnim stenama. Usled toga, posmatrajući prirodnu zavisnost sadržaja urana u glinovitim talozima od njegovog sadržaja u steni i od sekundarnog obogaćenja uvešćemo popravku za prisustvo ukupnog ili rastvornog urana u stenama i glinovitom talogu. Ova popravka se postiže, po ovome pristupu, na dva načina:

a.) Za obračun anomalnosti koristiće se ukupni uran u steni i glinovitom talogu.

b.) Kao merne vrednosti uzimaju se sadržaji rastvornog pokretljivog urana u steni i glinovitom talogu.

Oba načina su zadovoljavajuća s tim što je drugi način sa rastvornim uranom nešto precizniji u pogledu na genezu glinovitih taloga i poreklo urana u njima. Međutim, u ovome postupku (b) je potrebno određivanje rastvornog i ukupnog urana u stenama i glinovitom talogu uz primenu pogodne hemijske metodike za stvarno uočavanje lakopokretljivog dela urana. Prema tome, prvi način (a) se pokazuje pogodnijim i u smislu manjih troškova istraživanja dajući uopšteniju sliku raspodele urana. Uopšte uzev, drugi slučaj definiše raspodelu urana postavljajući je u usku vezu sa sekundarnom migracijom rasejanog urana iz stena, koja se i koriguje, i primarnih nagomilanja uranovih minerala u okolnim stenama čija laka rastvorljivost omogućava dopunsko obogaćenje vode.

Ovaj novi pristup ublažavanja dejstva obogaćenja stena uranom na glinovite taloge postiže se preko sledećeg izraza:

Postupak 1.:

$$M = \frac{A}{R \times S}$$

gde je M — korigovana anomalnost sadržaja urana u glinovitom talogu-uzorku, A — sadržaj urana u gr/t u uzorku glinovitog taloga, R — geometrijska sredina sadržaja urana u gr/t rečnih ili izvorskih glinovitih taloga i S — geometrijska sredina sadržaja urana u gr/t za određenu vrstu stena. Izračunavanje i korigovanje anomalnosti vrši se korišćenjem ukupnog urana u obe sredine.

U drugom slučaju, izraz ostaje isti ali se koriste druge komponente:

Postupak 2.:

$$M = \frac{A \text{ (rastvorni U)}}{R \text{ (rastv. U)} \times S \text{ (rastv. U)}}$$

pri čemu je M = korigovana vrednost anomalnosti U u glinovitom uzorku, A — sadržaj rastvornog urana u uzorku glinovitog taloga u gr/t, R — geometrijska sredina sadržaja rastvornog urana za sve uzorke glinovitih taloga u gr/t i S — geometrijska sredina sadržaja rastvornog urana u određenoj geološkoj formaciji.

Iz svega izlazi da se povezivanjem srednjih vrednosti sadržaja urana u rečnom (R) glinovitom talogu za određene stene i u samoj steni (S) uvećava izračunata geometrijska sredina za glinovite taloge. Time se postiže ublažavanje dejstva primarnc čvrsto vezanog urana u glinovitom talogu a podizanjem nivoa praga anomalnosti ističe se uloga adsorbovanog urana proizašlog na račun pojačanog oreola disperzije u vodi i prouzrokovanog uticajem rasejane ili rudne mineralizacije. U intervalu između „praga“ i prvobitne srednje vrednosti za glinovite taloge ostaju povećanja sadržaja urana koja mogu da vcde poreklo od dela rastvornog rasejanog urana iznetog iz nemineralizovanih stena i adsorbovanog glinovitim talogom. To znači da se otklanja dejstvo rasejanog urana iz stena i razdvaja od oreola hemijske disperzije vezancg za mineralizaciju. Uticaj primešanih čestica minerala urana u glinovitom talogu (mehanički oreol) takođe će na ovaj način jasno da bude zapažen.

KONTROLA DEJSTVA NOVOG KOEFICIJENTA NA PRIMERU JANJSKOG GRANITNOG MASIVA (STARA PLANINA)

Područje koje zahvata Janjski granitoidni masiv prostire se, manje ili više pravilno, na prostoru od Debeštičke reke na JI do Bajinog Dola na severozapadu. Ovi graniti, kalkoalkalnog niza, tektonski su jako zdrobljeni a praćeni su jakim hidrotermalnim i metasomatskim primenama koje zahvataju i okolnu seriju dajući i mešane stene. Hidrotermalne promene su nekada toliko napredovale da se javljaju i prave glinovite žice a sreće se i veliki broj radioaktivnih anomalija sa oksidima urana gde su na nekim vršena i rudarska istraživanja Mezdreja, Bajin Do i dr.).

Na ovome masivu su ranije vršena regionalna hidrogeohemijska ispitivanja hemijskih oreola disperzije urana (M. Arsenijević, 1957; S. Pokrajac, 1961) i regionalna ispitivanja glinovitih taloga (S. Pokrajac, 1961) u kojima su utvrđeni povišeni sadržaji ukupnog urana (Tablica 1). Raspodela ukupnog i rastvornog urana takođe je proučavano ali samo u granitoidima janjskog masiva (S. Pavlović i dr., 1962).

Tablica 1. — Sadržaj ukupnog urana u glinovitim talozima tekućih voda, granitoidni masiv Janje (Stara Planina) po S. Pokrajcu, 1961.)

Lokalnost	Br. uzorka glinovitog taloga-aluviona	Sadržaj ukupnog urana u glinovitom talogu-aluvionu (V. Ocokoljić, hem.)
Bajin Do	584	100
Inovska reka	699	80
Muslin Perčin (sev. padina)	98	75
Inovska reka (sev. od Tumbe)	101	30
Inovska reka	73	31
Inovska reka	711	30
Inovska reka	104	28
Inovska reka	28	28
Inovska reka	103	26
Inovska reka	709	24
Mezdreja	31	50
Trestina (leva obala Debeštičke reke)	231	26
Janjski masiv	707	40
Janjski masiv	199	30
Janjski masiv	140	25

Svi ovi sadržaji ukupnog urana su razvrstani u anomalije uzimajući „po iskustvu“ nešto više od petostrukog nadvišavanja geohemijskog fona ($\bar{\gamma}$ — geometrijska sredina).

Da bismo proverili novi pristup u razvrstavanju anomalija koristićemc se istim i poznatim srednjim vrednostima sadržaja urana za glinovite taloge i za granitoide na kojima su sakupljeni uzorci (Tablica 2). Pri ovome će se za osnovu razmatranja uzeti geometrijske vrednosti sadržaja urana u obe sredine. Primenimo li ove vrednosti (Tablica 2) na obrazac 1 dobiće se sledeće:

$$M = \frac{A}{R \times S} = \frac{100 \text{ gr/t U}}{4{,}3 \text{ gr/t U} \times 5{,}5 \text{ gr/t U}} = \frac{100}{23{,}65} = 4{,}2$$

Tablica 2. — Srednji sadržaji urana u glinovitim talozima i granitoidima janjskog masiva, Stara Planina.

Vrsta uzoraka	N	Ukupni U X gr/t	Ukupni U γ	Rastvorni U X gr/t	Rastvorni U γ
Glinoviti talozi	150	10,6	4,3		
Granitoidi		6,4	5,5	3,9	2,9

Na ovaj način, uračunavanjem ranije pomenutih činilaca, dobija se korigovana srednja vrednost za uran u glinovitim talozima i rezervni prag koji iznosi 23,7 ili 24,0 gr/t U. Brojne vrednosti anomalija su znatno niže od onih dobijenih po „iskustvu“ samo na osnovu prvobitnog fona (4,3 gr/t)

i imaju sigurniju osnovu za odbacivanje kao slučajnih sva nadvišavanja nekorigovanog fona urana u glinovitim talozima do korigovane vrednosti „praga“ (24,0 gr/t U). Očigledno je da su zbog poznatih sekundarnih procesa svi raniji načini unosili više nesigurnosti i proizvoljnosti u ocenjivanju stvarnog praga anomalnosti. Neosporno, ovi parametri su promenljivi i stoje u zavisnosti od formacije i uslova na određenom području.

Tablica 3. — Korigovana kontrastnost anomalija ukupnog urana u glinovitim talozima, Janjski masiv, Stara Planina.

Br. uzorka	Korekcija po M	Br. uzorka	Korekcija po M
584	4,2	73	1,2
699	3,3	711	1,2
98	3,1	104	1,1
101	1,2	28	1,1
103	1,08	231	1,08
709	1,0	707	1,60
31	2,08	140	1,04
199	1,10		

Zahvaljujući prikazanom koeficijentu za regionalna istraživanja na posmatranom terenu dovoljno jasno se otkriva oreol disperzije urana u mehaničko-hemijskoj frakciji, odnosno u glinovitim talozima (Tablica 3).

Ovakvi podaci i kontrastnost anomalija, u uslovima pojačanog ispiranja urana iz mehanički zdrobljenih stena i kaolinisanih žica sa sadržajem minerala urana, nema sumnje verno odražavaju pojavljivanje zaista povišenih sadržaja urana u zoni granitoida, odnosno prisustvo sekundarnih oreola disperzije. Znači, oreol disperzije se sigurno registruje u glinovitim talozima a koji se javljaju i kao posledica odlaganja urana iz anomalnih uranonosnih voda i prisustva urana u čvrstoj frakciji taloga. Ovi problemi na relaciji stena — glinoviti talog u detaljnoj proveri anomalija mogu da se bliže povežu sa stenama u užoj ili neposrednoj okolini, slivu potoka ili izvora. Kontrolom mineralnog sastava glinovitog taloga dolazi se do još preciznijih podataka o uzročnicima obaranja urana.

Ovaj postupak udružen sa proučavanjem ponašanja koeficijenta vodne migracije urana, koji je uveo A. I. Pereljman (7) a primenjen je u drugim (M. Arsenijević, 1975; 3,9) kao i u ovome slučaju, daje još više podataka o oreolima disperzije. Tako, ako bi se uvažavali pomenuti kriterijumi onda Pereljmanov „koeficijent vodne migracije“ treba u slučaju urana izvesno dopuniti korišćenjem isključivo njegovog rastvornog dela u stenama. Na karakterističnom primeru lokalnosti Mezdreja (Stara Planina), ovaj koeficijent bi izgledao ovako:

$$K_M = \frac{_M \cdot 100}{a \cdot n_x} = \frac{6200 \times 10^{-6}\ \text{gr/l}}{0{,}920 \times 2{,}9\ \text{gr/t}} \cdot 100 = 0{,}232.$$

gde je $_M$ — sadržaj urana u vodi, a — opšta mineralizacija vode u gr/l
n_x — sadržaj rastvornog urana u okolnoj steni-formaciji.

U slučaju da se koristi ukupni uran iz stene gotovo dvostruko se smanjuje indeks migrativnosti urana ($K_M = 0,122$) usled uračunavanja i teško pokretljivog urana iz stenske podlcge. Sasvim je razumljivo, pri tome, da je upravo migrativni deo urana iz stene ili mineralizacije glavni faktor obogaćenja voda i zato je ovaj posebno pogodan za ocenu preraspodele urana između čvrste i tečne faze. Ovo je upravc sasvim jasno pokazano na uzorku vode (Mezdreja) koja direktno ispira tektonski ispucalu stenu sa slabijom uranskom mineralizacijom ispod rudarskog rada (ušće sa Debeštičkom rekom).

Osim toga, koeficijent „metalizacije vode“ uranom (M. Arsenijević, 1961; 1) na istom primeru Mezdreje iznosi:

$$K_{ME} = \frac{M}{A} = \frac{920 \text{ mg/l}}{6200 \times 10^{-6} \text{ gr/l}} = 0,14$$

pri čemu je M — opšta mineralizacija vode i A — sadržaj urana u vodi u γ/l.

Iz ovoga se vidi da se oba koeficijenta (K_M i K_{ME}) kreću u suprotnim pravcima po veličini relativnih vrednosti. Značajnija odstupanja indeksa vrednosti K_{ME} iznad tačke preseka sa pravcem rasta vrednosti K_M ne ukazuje na jače prisustvo minerala urana ili, pak, odražava udaljenost od izvcra snabdevanja vode uranom. Naprotiv, ako se pravci presecaju a vrednost K_{ME} i dalje opada, prisustvo mineralizacije urana je sigurnije.

Upoređujući sva tri koeficijenta anomalnosti (M, K_M i K_{ME}) očigledno je da se na području Janjskog masiva, odnosno u užoj lokalnosti Mezdreje, sreće slučaj izrazite sekundarne migracije urana u vodama i glinovitim talozima usko vezane za uransku mineralizaciju. Prostorno poklapanje sva tri indikatora, ne računajući i druge metode, uz korigovanje nekih od važnih činilaca u interakciji stena-voda-glinoviti talog, ističe se jasno posredno ctkrivanje prisustva oreola disperzije posmatranog elementa.

Na ovaj način sigurno je pokazana efikasnost primene koeficijenta „M“ za glinovite taloge a potvrđenog drugim pomenutim parametrima. Međutim, ovaj pristup, po istom principu, može da se koristi i za istraživanje drugih metala koji se nalaze i kao primarni sastojci u steni ili se javljaju u vidu crudnjenja. Ovo se odnosi na oreole disperzije nastale prenošenjem mehaničkim putem, odlaganjem iz vodenih rastvora ili vezanih za koru raspadanja korigujući normalno rasejavanje pogodnih elemenata za njihov sadržaj u okolnim stenama.

Kod svake metode pojedinačno, koje se kcriste pri ovakvim istraživanjima, ostaje problem izdvajanja anomalija čija jačina može da zavisi od udaljenosti od primarnog izvora (dubina rudnih tela, dimenzije oreola, klima idr.). Ta pojava je zaista teško pristupačna pravcj oceni, ali je isto tako teorijski opravdano da se takvi uslovi odraze uopšte na sniženom sadržaju posmatranih elemenata bilo da je reč o normalnom rasejavanju ili znacima o prisustvu oreola rasejavanja.

ZAKLJUČAK

Pri hidrogeohemijskom istraživanju oreola disperzije urana koristi se njegova raspodela u vodama i glinovitim talozima, a takođe i u stenama. Glinoviti talozi, odnosno aluvijalni nanosi, u slučaju urana su od posebnog značaja kod uočavanja anomalija i oreola disperzije. Prikazani postupak ima za cilj da se genetski povežu činioci koji utiču na stvaranje sastava glinovitih taloga i stoga se naglašava sledeće:

1. Imajući u vidu genetsku povezanost sadržaja urana u glinovitim talozima, vodi, okolnim stenama, kori raspadanja i mineralizacijama, uvodi se izraz za izračunavanje kontrasta anomalnih sadržaja olakšavajući njihovo razlikovanje od lažnih anomalija. Prema izrazu $M = \frac{A}{R \times S}$ gde se, pored sadržaja urana u glinovitom talogu (A), koristi geometrijska sredina sadržaja urana u glinovitim talozima rečnih ili izvorskih tokova (R) i geometrijska sredina sadržaja urana u stenama (S) a na osnovu ukupnog ili rastvornog urana. Preko ovih činilaca, ustvari, vrši se korekcija mesnog geohemijskog fona otklanjajući uticaj sadržaja urana u česticama minerala poreklom iz stena i odloženih u glinovitim talozima a takođe i dela rastvornog urana iz stena koji se iz vode adsorbuje čvrstom fazom. Ovakvom selekcijom neposredno se ističe prisustvo pravog oreola disperzije, hemijskog ili mehaničkog, prouzrokovanog uticajem pojačane uranonosnosti u stenovitoj podlozi (rasejani minerali, rudna mineralizacija i dr.).

2. Ovaj koeficijent (M), korektivnog značaja, zatim Pereljmanov koeficijent vodne migracije (K_M) i koeficijent metalizacije (K_{ME}) nesumnjivo se dopunjavaju pri oceni zona pojačane migracije urana i njegovog odlaganja u glinovitom talogu. Anomalnost poreklom od adsorbcije rasejanog urana značajno se isključuje a ističe pokretljivi uran koji odražava oreol disperzije oko primarnog izvora elementa.

3. Novi koeficijent raspodele (M) može da se koristi i u slučaju istraživanja anomalnosti kore raspadanja (metalometrija), aluviona uopšte, na pogodne elemente primarne prisutne u stenama uz specifičnu razradu samog pristupa proučavanja. Provera ovakvih mogućnosti je vršena na nekim primerima a uvek zahtevaju poznavanje sadržaja metala u okolnim stenama u kojima se istražuje mineralizacija.

(Primljeno 25. IV 1979)

LITERATURA

1. Arsenijević M., 1961: — Uran u vodama Osogova, Glasnik Prir. muz., serija A, knj. 16—17, Beograd.
2. Arsenijević M., 1967: — O problemima razvitka, primeni i značaju geohemije u istraživanju radioaktivnih i nekih drugih elemenata u Institutu za geološko-rudarska istraživanja i ispitivanja nuklearnih i drugih mineralnih sirovina. Radovi, Geoinstitut, knj. 3, Beograd.
3. Arsenijević M., 1975: — Alkalni i zemnoalkalni elementi u mineralnim vodama Srbije, Radovi, Geoinstitut, knj. 10, Beograd.
4. Данчев И. В., Лапинская А. П., 1965: — Месторождения радиоактивного сырья, изд. „Недра“, Москва.

5. Красникоов И. В., 1964: — Геологические предпосылки поисков месторождений урана, Атомиздат, Москва.
6. Pavlović S., Ristić M., 1962: — Petrološka, geohemijska i tektonska proučavanja nekih granitoida Jugoslavije i karakter njihove metalogenije, V savetovanje geologa Jugoslavije, Beograd.
7. Перельман А. И., 1972: — Геохимия элементов в зоне гипергенеза, изд. „Недра“, Москва.
8. Pokrajac S., 1961: — Izveštaj o hidrogeohemijskoj prospekciji na terenu Stare Planine (A. Antonović, 1962, Izveštaj V grupe Stare Planine za 1961. god., FSD, Geoinstitut), Beograd.
9. Pokrajac S., 1977: — Izučavanje, primena, razvoj i uvođenje pojedinih metoda u procesu istraživanja nuklearnih sirovina, Geohemijska ispitivanja, Izučavanje geohemijskih pokazatelja za iznalaženje izvora urana na Bukulji, FSD, Geoinstitut, Beograd.
10. Arsenijević M., 1969: — Prilog poznavanju rasporeda urana i torijuma u tufovima (Vladičin Han — Srbija), Radovi Geoinstituta, knj. 5, Beograd.

Summary

COEFFICIENT OF URANIUM DISTRIBUTION IN STREAMS SEDIMENTS OF NATURAL WATER FLOWS

by

Milorad Arsenijević

In this paper, together with general conditions of migration, it is presented a new aproach tc study of anomalies of stream sediments for the investigation of secondary uranium aureoles. It is introduced the cofficient $M = \frac{A}{R \times S}$ where M is correction of uranium distributions A — content of uranium in the stream sediment sample, R — the geometric mean value of uranium in the stream sediments and S — the geometric mean value of uranium in the rccks. This coefficient can be calculated using either total or soluble uranium content.

This last parameter compensates the influence of effect of disseminated rock uranium on its concentration in stream sediments. The genetic relation of uranium content in rocks, natural waters and stream sediments demands a correction of the geometric mean ccntent of uranium in stream sediments for its rock content expressed either as total or as soluble migrative uranium. Any forme of uranium rock content has an influence on concentration of this element in stream sediments due to gravitional differentiation of materials as well as adsorbtion from water.

The new coefficient by determining the „background“ of anomaly for all sample from the same formation, enables the expression of anomalies wich have originated due to either chemical dispersion aurecle of uranium in water or to mechanical aureole of minerals related to some mineralization. In such a way, many uncertainties present in empirical treatement can be avoided by the studies of secondary dispesion aureoles. This is valide for uncertainties wich appear even in the course of very ccmplicated and

expensive statistic operations wich are supposed that are taking in consideration the effect of primary uranium rock contents.

The effect of this coefficient has been checked in the course of studies of Stara Planina granitoid rccks wich contain U — mineralizations.

However, it is injustified in absolute favorization of applicability of one or another of presently used methodes considering that the geochemical as well as statistical methodes in the course cf recalculation of anomalies or more precise determination of specific aureoles of elements dispersion still now have not comprehensate many actualy influencing geological geochemical factors. No cne methodes gives absolute certainty for precise selection of anomalous from nonanomalous contents. This is especialy expressed by considering the effect of distance of anomalous pcint from primary source as well as the another factors. Consequently, in this methodes are retaining an only prognostic character for discovery particularly of uranium depcsits.

(Received 25. IV 1979)

R A D O V I Geoinstituta, knjiga 13., god. 1979.
Beograd, Rovinjska ul. 12.

Veljko Omaljev[1]

UDK 553.495 : 551.736 (497.12)

RASPODELA URANA, TORIJUMA I KALIJUMA U GREDENSKIM SLOJEVIMA ŽIROVSKOG VRHA

(sa 6 slika i 3 tabele)

Statistička izučavanja raspodele urana, torijuma i kalijuma pomoću dvojnih histograma predstavljaju primenu nove metodologije kod geohemijskih izučavanja fonskih koncentracija ovih elemenata. Slična proučavanja su poznata pretežno kod proučavanja raspodele elemenata i jedinjenja u magmatskim stenama primenom klasične metodologije statističkih proučavanja (L. H. A h r e n s, D. A. R o d i n o v, i mnogi drugi). U našoj stručnoj literaturi takva izučavanja su izostala, koliko je autoru poznato.

Pored činjenice da izučavana komponenta (elemenat) na nivou fonskih koncentracija najčešće predstavlja ništavnu količinu, metodologija dvojnog histograma pruža niz korisnih detalja za bolje shvatanje fenomena rasejavanja, odnosno koncentrisanja elemenata. Pri tome je od naročitog značaja identifikacija geohemijskih procesa koncentrisanja korisne komponente, koja predstavlja rudonosni proces sposoban da proizvede koncentracije od ekonomskog interesa.

UVOD

Prilikom prospekcije nuklearnih sirovina vrši se oprobavanje svih litološko-geohemijskih jedinica za određivanja fonskih koncentracija urana, torijuma i kalijuma, u cilju razumevanja prirodne radioktivncsti stena. Tako je u fazi prospekcije gredenskih slojeva na Žirovskom vrhu uzeto 94 primeraka sa površine, a kasnije je uzeto još 390 primeraka (ukupno 484) iz bušotina i rudarskih radova sa horizonta 580 m. Radiometrijske analize na uran, torijum i kalijum urađene su u radiometrijskoj laboratoriji Geoinstituta u Beogradu.

Ovi podaci do sada nisu bili adekvatno statistički obrađivani. Sem izučavanja S. G o j k o v i ć a (1965) fonskih koncentracija, V. O m a l j e v a (1971) parcijalne radioaktivnosti ovih stena i C. M a r k o v a (1971) geohemijskih migracija ovih elemenata, do sada nije bilo svestranijih proučavanja.

Prilikcm statističkih izučavanja raspodele elemenata u stenama u svetskoj literaturi, autori se uglavnom zadovoljavaju konstatacijom da je raspodela normalna ili lognormalna, odnosno da se ne pokorava ovim zakonima. Ukcliko se radi o geohemijskim analizama distribucije elemenata, na određenom stadijumu njihove migracije, često izostaje statistička analiza

---

[1] Geoinstitut, Beograd.

raspodele. Tome svakako doprinosi, po našem mišljenju, neadekvatna metodologija statističkih izučavanja, koja je pretežno matematička a ne i geohemijska. Klasičnom metodologijom statističkih izučavanja ne ispituju se sami elementi u funkciji broja njihovih atoma, već se izučava raspodela ukupne količine materija (koje mi nazivamo *orudnjenje st. — statističko),* odnosno zapremine, po koncentraciji kao nezavisnoj promenljivcj. Statistička raspodela samih elemenata ostaje skrivena.

Teorijska osnova ove nove metodologije je objavljena *(V. O m a l j e v,* 1978a i 1978b) i za razumevanje izložene materije u ovom radu neophodno je proučiti teoreme i zakone raspodele koji su u tim radovima objavljeni. Radi boljeg praćenja geološko-geohemijske interpretacije statističke raspodele, korisno je upoznati se sa dosadašnjim radovima autora (V. O m a l j e v, 1977a, 1977b) na geostatističkim izučavanjima raspodele urana u rudnim telima ležišta Žirovski vrh.

U svakom konkretnom slučaju izučavanja raspodele, uvek dajemo *matematičke parametre raspodele* koji određuju tip raspodele elementa, što predstavlja novinu u ovom radu. Tipovi raspodele određeni su sa tri zakona koji egzaktnc određuju, preko parametara raspodele, dali je raspodela elementa (u funkciji broja njegovih atoma) u prostoru *simetrična* (bliska *normalnoj), levoasimetrična (logaritamska* nekad bliska *lognormalnoj)* ili je *desnoasimetrična* (za ovaj tip raspodele još nije definisana matematička kriva kao funkcija).

Geohemijska analiza statističke raspodele izučavanih elemenata uključuje diskusiju o karakteru sedimentne diferencijacije, koja je uslovila raspodelu elemenata u funkciji egzogene migracije i procesa akumulacije. Pri tome je od naročitog značaja metalogenetski aspekt raspodele, radi identifikacije prisustva rudonosnih procesa sposobnih da u krajnjem slučaju dovedu do značajnih akumulacija nekog elementa (u našem slučaju urana) u ekonomskom smislu.

Geohemijska izučavanja statističkom metodologijom procesa migracije i akumulacije elemenata moraju biti selektivna u odnosu na karakter geohemijske sredine. U konkretnom slučaju, uran se različito ponaša u oksidacionim i redukcionim uslovima, što znači različito u crvenim i sivim gredenskim slojevima. Sva statistička izučavanja su bila parcijalna, tj. posebno je proučavana raspodela ovih elemenata u crvenim, a posebno u sivim klastičnim sedimentima Žirovskog vrha. Crvene i sive tvorevine predstavljaju različite geohemijske sredine i zato je statističko izučavanje u nediferenciranim gredenskim slojevima geološko-geohemijski neopravdano.

Osnovne populacije u svakoj izučavanoj geohemijskoj sredini predstavljene su statističkim uzorcima različite veličine. Ukoliko je broj podataka u statističkom uzorku veći i karakter raspodele bliži idealnoj normalnoj ili lognormalnoj raspodeli, populacije uzoraka st. vernije predstavljaju osnovnu populaciju elementa.

Poseban je problem broja podataka u statističkim uzorcima, koji u našem slučaju veoma varira te to znatno otežava statističku analizu, tj. različita reprezentativnost veoma utiče na kvalitet statističke analize i donetih zaključaka.

Statistička ispitivanja ovih elemenata su paralelno izvođena u *linearnim* i *logaritamskim statističkim razmerama* (V. O m a l j e v, 1977a, 1977b, 1978a, 1978b) radi veće preglednosti raspodele. Sem toga i karakter raspodele ovih elemenata je veoma različit, pa je svakako bilo potrebno detaljnije proučavanje raspodela u više statističkih razmera. Napominjemo da pojam statističke razmere nije ni u kakvoj vezi sa grafičkom razmerom, jer statistička razmera predstavlja model univerzalnog rasporeda podataka u klasama po vrednosti koncentracija kao geološke nezavisne promenljive.

Simboli geoloških nezavisnih promenljivih su: x za uran, y za torijum i z za kalijum.

Primena ove metodologije u geohemijskim izučavanjima statističke raspodele elemenata je u početnoj fazi, te je autor unapred zahvalan na predlozima i sugestijama u smislu usavršavanja metodologije i terminologije statističkih pojmova.

GREDENSKI SLOJEVI ŽIROVSKOG VRHA

Formacija gredenskih slojeva Žirovskog vrha geološki pripada terigenim klastičnim tvorevinama tipa „red beds", verovatno srednje permske starosti. To su fluvijalni sedimenti, nastali u procesu sedimentacije jednog relativno velikog rečnog sistema. Sedimentacija je imala cikličan karakter, gde se smenjuju sedimenti rečnih korita i poplavnih ravnina. U ovom radu zadržavamo staru modifikovanu podelu gredenskih slojeva u vertikalnom smeru na tvorevine pet ritmova sedimentacije. U svakom ritmu sedimentacije smenjuju se tvorevine rečnih korita sa tvorevinama poplavnih ravnina (V. O m a l j e v, 1967a, 1979).

Tvorevine rečnih korita imaju veoma heterogeni granulometrijski sastav, veliku debljinu i sivu boju zbog redukcionog režima uslovljenog prisustvom organske materije. Tvorevine poplavnih ravnina su ujednačenijeg granulometrijskog sastava, to su pretežno alevroliti i sitnozrni peščari, a zbog dugotrajnog delovanja slobodnog kiseonika iznad nivoa stalnih podzemnih voda izvršena je potpuna oksidacija i sedimenti su pretvoreni u crvene. Prema tome svaki ritam sedimentacije davao je kao produkte sive i crvene klastične tvorevine, koje zovemo sivi i crveni litološki član ritma sedimentacije.

U procesu sedimentacije vremenom je došlo do progresivne promene uslova sedimentacije, reka je vremenom degradirana na sistem raspletene reke sa brojnim relativno plitkim koritima, u kojima je na kraju sedimentacije preovladao oksidacioni režim, te su i sedimenti ovih plitkih korita pretvoreni u crvene klastite (V. O m a l j e v, 1979).

Formaciju gredenskih slojeva delimo na dve subformacije (ranije serije) na osnovu litološko-geohemijskih karakteristika klastičnih tvorevina; i to na:

1. Sivu gredensku subformaciju, kao stariju;
2. Crvenu gredensku subformaciju, kao mlađu.

Siva gredenska subformacija (ranije siva serija) je litolcški izgrađena od sivih članova I, II, III i IV ritma sedimentacije i crvenih članova I, II i III ritma sedimentacije kao crvenih proslojaka. Ukupna debljina sive subformacije je ocenjena na 200 do 300 metara i u njoj veoma preovlađuju sive klastične tvorevine. Crveni proslojci su relativno tanki, cd 10 do 40 metara i verovatno u ukupnoj debljini stuba ne prelaze 30% učešća (najverovatnije oko 20%). Uranova mineralizacija (sa visokim koncentracijama urana) je genetski vezana za sive klastične tvorevine, te se siva subformacija nekad tretira i kao rudonosna gredenska formacija (terminologija do sada nije usaglašena).

Crvena gredenska subformacija je litološki izgrađena od crvenih tvorevina IV i V ritma sedimentacije, sa jednim sivim proslojkom (sivi član V ritma sedimentacije) male debljine. Ukupna debljina crvene subformacije je ocenjena oko 500 metara. Sa aspekta uranonosnosti ove tvorevine predstavljaju sterilni deo subformacije gredenskih slojeva. Na širem prostoru Savskih bora i Karavanki često je jedino razvijen ovaj crveni član, tada imamo slučaj razvića crvene gredenske formacije bez učešća sivih litoloških članova.

RASPODELA URANA, TORIJUMA I KALIJUMA

Raspodela urana, torijuma i kalijuma u klastičnim tvorevinama formacije gredenskih slojeva na Žirovskom vrhu izučavana je parcijalno u odnosu na geohemijsko-litološke sredine; posebno za crvenu subformaciju, crvene proslojke u sivoj subformaciji i sive klastične tvorevine sive subformacije. Broj podataka u statističkom uzorku iz crvenih proslojaka je veoma mali i praktično ne zadovoljava, što svakako ima odraza na kvalitet i pouzdanost statističke analize. Veličina statističkog uzorka iz crvene subformacije uslovno zadovoljava, dok uzorak st. iz sivih klastita potpuno zadovoljava po veličini, odnosno po reprezentativnosti.

Raspodela relativnih frekvencija orudnjenja st. (statističkog) i ispitivanog elementa po geološkoj slučajnoj promenljivoj x (U), y (Th) i z (K) je predstavljena dvojnim histogramima u linearnim i logaritamskim statističkim razmerama. Stubovima je predstavljena raspodela relativnih frekvencija orudnjenja st., a punim stubićima je predstavljena raspodela relativnih frekvencija ispitivanog elementa.

Krive gustine raspodele nisu konstruisane, ali se mogu lako zamisliti nad histogramima, tako da se mogu relativno lako zapaziti modusi. Na apscisi su uvek dati položaji glavnih tačaka, tj. parametara raspodele: medijane orudnjenja st. *(M)*, srednjeg sadržaja $(\bar{x})$ i medijane ispitivanog elementa *(Mx, My* ili *Mz)*. Položaj srednjeg sadržaja na apscisi je u tački preseka krivih gustina relativnih frekvencija orudnjenja st. i ispitivanog elementa, saglasno 2. teoremi (V. O m a l j e v, 1978b), što predstavlja novu definiciju ovcg statističkog parametra.

RASPODELA URANA

Raspodela urana u pojedinim litološko-geohemijskim sredinama formacije gredenskih slojeva je veoma različita, kako po formi tako i po položaju na apscisi. Te razlike dolaze zbcg razlike oksidaciono-redukcionog potencijala sredine, koji utiče na uranove atome zbog njihove sposobnosti da menjaju valentno stenje. Parametri raspodele za pojedine statističke uzorke dajemo u tabeli 1, evidentne su razlike u vrednosti parametara, naročito srednjeg sadržaja $\overline{x}$.

Tabela 1. — Parametri raspodele urana za statističke uzorke

Statistički uzorak	N	M (ppm)	$\overline{x}$ (ppm)	Mx (ppm)
Crvena subformacija	146	2,2	2,21	2,5
Crveni proslojci	29	2,3	2,93	3,5
Sivi klastiti	309	4,4	7,18	9,1

Crvena subformacija

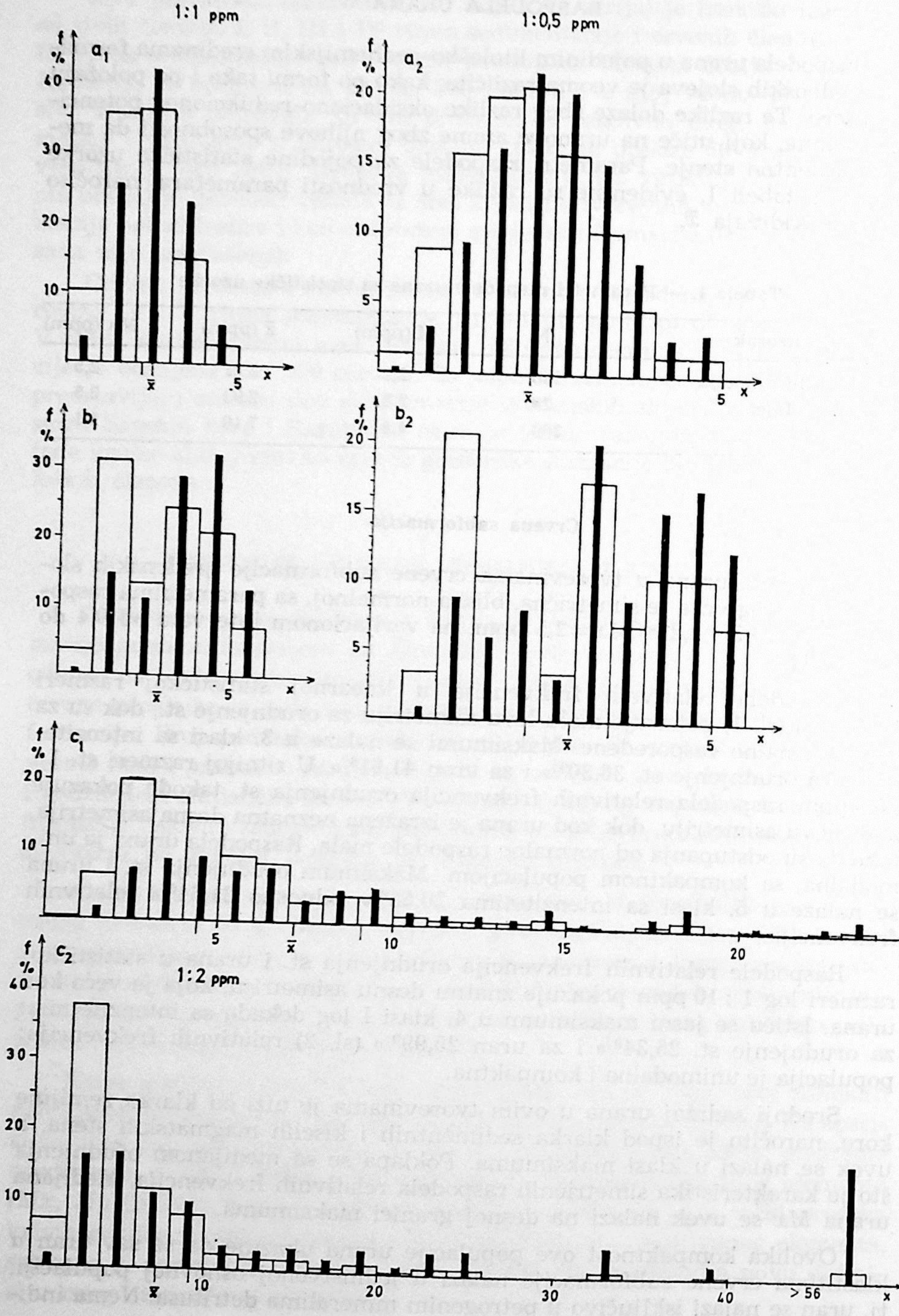
Raspodela urana u tvorevinama crvene subformacije gredenskih slojeva Žirovskog vrha je simetrična, bliska normalnoj, sa parametrima raspodele $M=2,2=\overline{x}=2,21<Mx=2,5$ ppm, na varijacionom intervalu od 0,4 do 5,0 ppm U.

Raspodela relativnih frekvencija u linearnoj statističkoj razmeri 1 : 1 ppm (sl. 1) pokazuje malu levu asimetriju za orudnjenje st., dok su za uran normalno raspoređene. Maksimumi se nalaze u 3. klasi sa intenzitetima: za orudnjenje st. 36,30% i za uran 41,91%. U sitnijoj razmeri st. 1 : : 0,5 ppm raspodela relativnih frekvencija orudnjenja st. takođe pokazuje malu levu asimetriju, dok kod urana je izražena neznatna desna asimetrija, tako da su odstupanja od normalne raspodele mala. Raspodela urana je unimodalna, sa kompaktnom populacijom. Maksimum orudnjenja st. i urana se nalaze u 5. klasi sa intenzitetima 20,55%, odnosno 21,64% relativnih frekvencija.

Raspodele relativnih frekvencija orudnjenja st. i urana u statističkoj razmeri log 1 : 10 ppm pokazuje znatnu desnu asimetriju, koja je veća kod urana. Ističu se jasni maksimumi u 4. klasi I log dekade sa intenzitetima: za orudnjenje st. 25,34% i za uran 25,99% (sl. 2) relativnih frekvencija; populacija je unimodalna i kompaktna.

Srednji sadržaj urana u ovim tvorevinama je niži od klarka zemljine kore, naročito je ispod klarka sedimentnih i kiselih magmatskih stena, a uvek se nalazi u klasi maksimuma. Poklapa se sa medijanom orudnjenja što je karakteristika simetričnih raspodela relativnih frekvencija. Medijana urana Mx se uvek nalazi na desnoj granici maksimuma.

Ovolika kompaktnost ove populacije urana ukazuje da se sav uran u klastitima crvene subformacije nalazi u jedinstvenoj osnovnoj populaciji, tj. uran se nalazi isključivo u petrogenim mineralima detritusa. Nema indi-


1:1 ppm
f %
a1
40
30
20
10
x̄
.5
x
1:0,5 ppm
a2
20
15
10
5
5
b1
30
20
10
5
b2
c1
c2
1:2 ppm
40
> 56

cija o prisustvu bilo kakvih procesa preraspodele ili prinošenja urana u vidu bogatijih parcijalnih populacija. To znači da je prilikom oksidacije ovih tvorevina praktično izlužen sav mobilni uran iz vezivne materije, tako da su kasnije stvoreni autigeni sastojci cementne materije potpuno bez urana.

Srednji sadržaj urana u crvenoj subformaciji se nalazi između vrednosti klarka intermedijarnih i kiselih magmatskih stena. Prilikom raspadanja stena izvornog područja svakako je bila izlužena nevelika količina urana. Tom prilikom je došlo do raspadanja feldspata i petrogenih minerala koncentratora urana, kao što su bojeni minerali (biotit, hornblenda) i sav u njima prisutan uran je prešao u rastvor. Prilikom sedimentne diferencijacije došlo je do rasturanja akcesornih koncentratora urana (alanit, monacit, sfen, apatit, i dr.). Tako je ostao samo uran ugrađen u petrogenim mineralima koji su pretaloženi (kvarc, liskuni, feldspati, i dr.), minimalno izlužen u toku površinskog raspadanja i transporta materijala.

Prilikom sedimentacije klastičnog materijala sa ostacima biljne materije na poplavnim ravninama došlo je do obaranja znatne količine urana iz rastvora, koji je bio labavo vezan u vezivnoj glinovitoj materiji, bar na nivou klarka sedimentnih (3,2 ppm) ili kiselih magmatskih stena (3,5 ppm), a verovatno i više. Kasniji procesi oksidacije doveli su do ponovnog mobilisanja i izluživanja svog luživog urana, naročito onog iz vezivne materije (V. Omaljev, 1979). Na kraju je ostao samo neluživi uran u pretaloženim mineralnim zrnima, nasleđen još iz primarnih izvora.

Po podacima D. Novaka (1977) podzemne vode koje izviru iz tvorevina crvene subformacije imaju oko 0,1 ppb urana, što je regionalni minimum bezrudnih sedimentnih formacija (L. S. Evseeva, i dr. 1974). Uran se u savremenom dobu praktično ne luži iz ovih crvenih klastičnih tvorevina.

Crveni proslojci

Raspodela urana u tvorevinama crvenih proslojaka u sivoj subformaciji je veoma neujednačena, što je svakako posledica malog broja podataka u statističkom uzorku. Raspodela je levoasimetrična po 2. zakonu (logaritamskom), sa parametrima raspodele $M=2{,}3<\bar{x}=2{,}93<Mx=3{,}5$ ppm, na varijacionom intervalu od 0,7 do 5,4 ppm U.

←———

Sl. 1 — Dvojni histogrami raspodele urana u linearnoj statističkoj razmeri (parametri raspodele dati su u tabeli 1):
a — Crvena subformacija (u dve statističke razmere, a_1 i a_2).
b — Crveni proslojci (u dve statističke razmere, b_1 i b_2).
c — Sivi klastiti (u dve statističke razmere, c_1 i c_2).

Fig. 1 — The dual histograms of uranium distribution in the linear statistical scale (the parameters of distribution are given in Table 1):
a — Red subformation (in two statistical scales, a_1 and a_2).
b — Red interbeds (in two statistical scales, b_1 and b_2).
c — Gray clastic rocks (in two statistical scales, c_1 and c_2).

Cela populacija je pomerena udesno za jednu klasu u linearnoj statističkoj razmeri 1 : 0,5 ppm (u odnosu na crvenu subformaciju), dok je u razmeri st. 1 : 1 ppm proširena za jednu klasu udesno (sl. 1). Raspodele relativnih frekvencija orudnjenja st. i urana su multimodalne, maksimum orudnjenja st. je na levoj strani histograma u 3. klasi (1 : 0,5 ppm), a maksimum urana je u 7. klasi, sa približno jednakim intenzitetima oko 20%.

U statističkoj razmeri log 1 : 10 ppm raspodele relativnih frekvencija orudnjenja st. i urana su desnoasimetrične, maksimum orudnjenja st. je u 6. i 7. klasi I log dekade sa intenzitetom 20,69%, dok se naročito ističe maksimum urana sa intenzitetom 32,04% u 7. klasi I log dekade (sl. 2).

Srednji sadržaj urana u crvenim proslojcima je iznad vrednosti klarka zemljine kore i približava se klarku sedimentnih stena. Karakterističan je položaj srednjeg sadržaja na apscisi linearne i logaritamske statističke razmere jer dolazi u klasu izrazitog minimuma, a uvek se nalazi između dve medijane što je karakteristika logaritamske raspodele. Povećana vrednost je svakako previsoka zbog uticaja bogatijih proba na relativno mali broj podataka statističkog uzorka.

Ovi crveni sedimenti poplavnih ravnina takođe nemaju mobilnog urana u cementnoj materiji, sav uran se nalazi isključivo u petrogenim mineralima detritusa, nasleđen još iz primarnih izvora.

Sivi klastični sedimenti

Sivi klastični sedimenti sive subformacije gredenskih slojeva se najčešće identifikuju sa samom subformacijom (ranije sivom serijom), što ćemo i mi u tekstu često činiti.

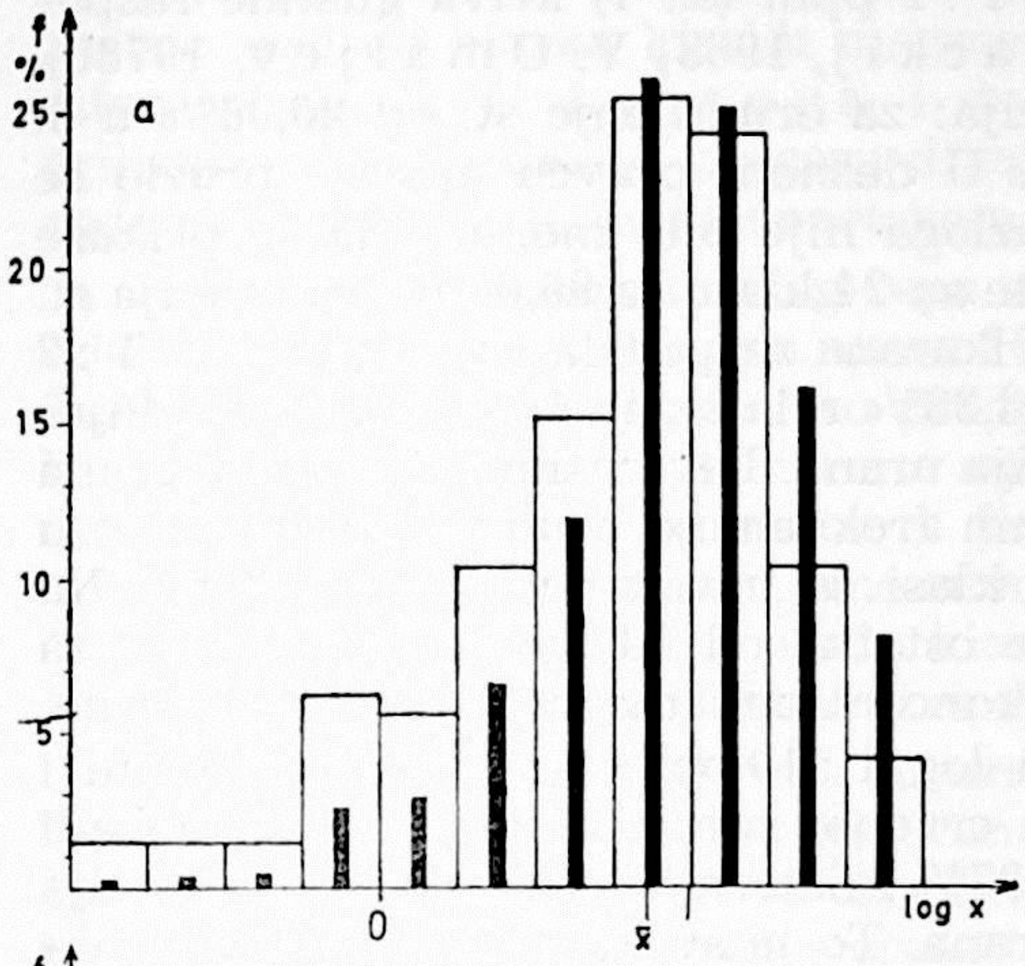
Raspodela urana u ovim tvorevinama sive subformacije je bitno različita od raspodele u crvenoj subformaciji, što je i očekivano. Razlika je u desnom pomeranju populacije po apscisi, povećanom varijacionom intervalu od 0,9 do 98,0 ppm U, a osobito velika razlika je po tipu raspodele. Ove razlike su evidentne po obliku dvojnih histograma i obliku krivih gustina raspodele. Raspodela je tipično levoasimetrična, tj. logaritamska po 2. zakonu, sa parametrima raspodele $M=4{,}4<\bar{x}=7{,}18<Mx=9{,}1$ ppm U.

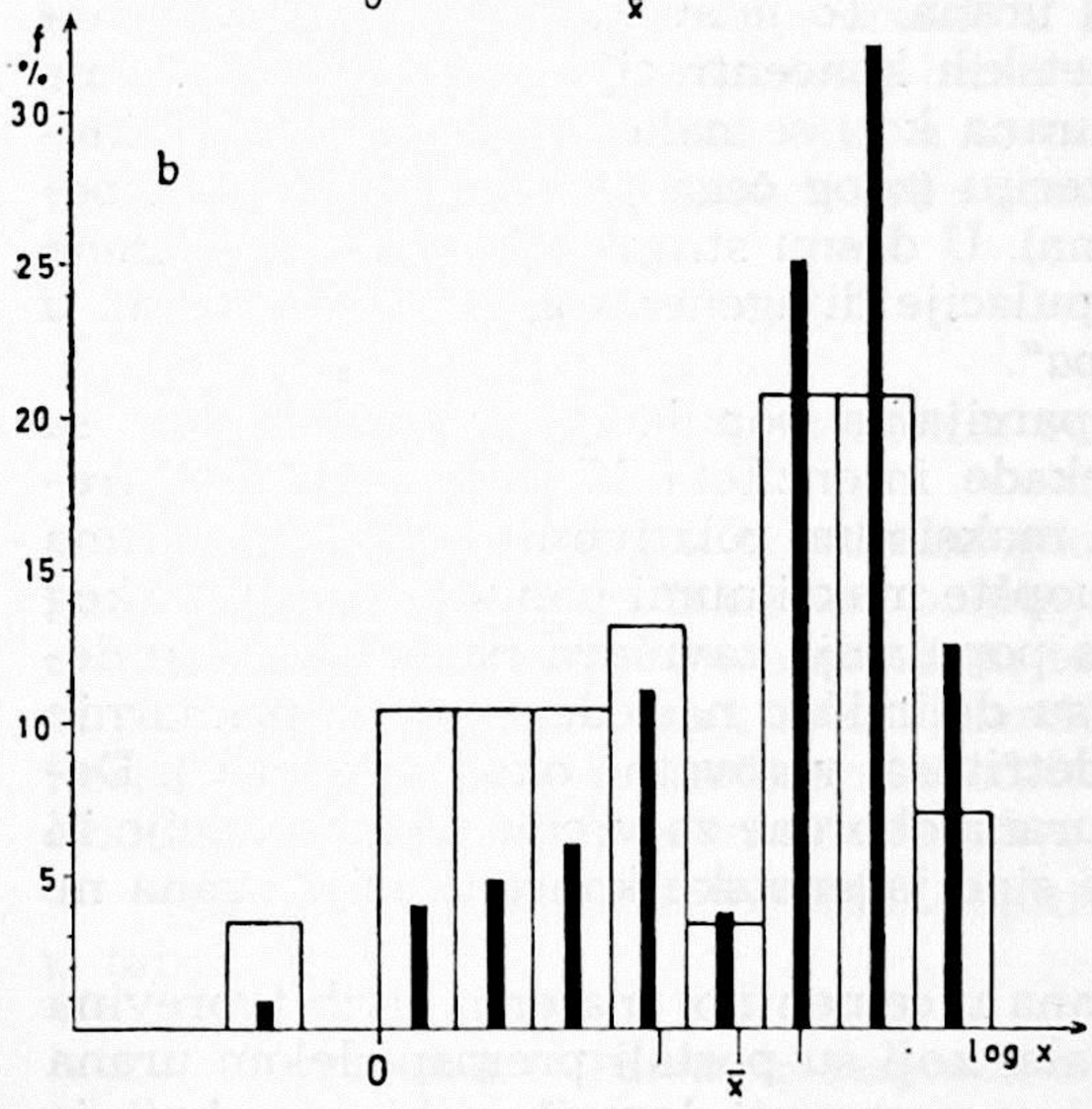
Sl. 2 — Dvojni histogrami raspodele urana u logaritamskoj statističkoj razmeri:

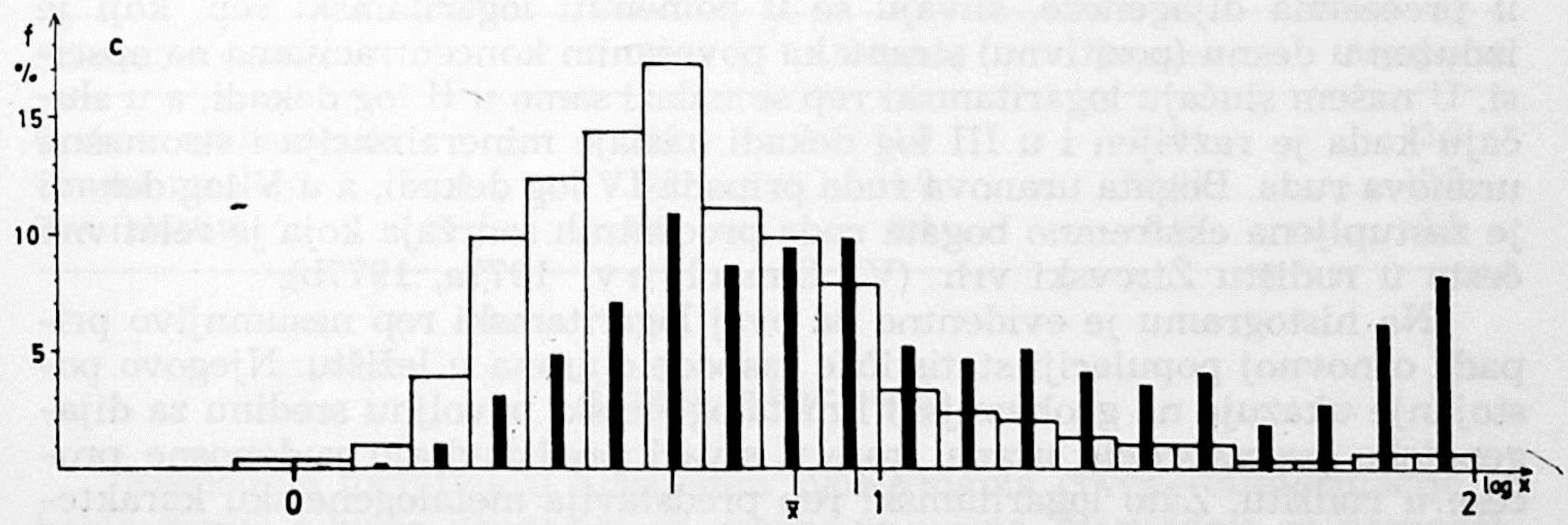
a — Crvena subformacija
b — Crveni proslojci
c — Sivi klastiti

Fig. 2 — The dual histograms of uranium distribution in the logarithmic statistical scale:

a — Red subformation
b — Red interbeds
c — Gray clastic rocks


f
%
25
20
15
10
5
a
log 1:10 ppm
0
x̄
log x


f
%
30
25
20
15
10
5
b
0
x̄
log x


f
%
15
10
5
c
0
x̄
1
2
log x

U linearnoj statističkoj razmeri 1 : 1 ppm (sl. 1) kriva gustine raspodele je *leva Razumovska* (V. V. B o g a c k i j, 1963; V. O m a l j e v, 1978b), sa maksimumom relativnih frekvencija: za orudnjenje st. od 20,06% u 3. klasi i za uran u 5. klasi sa 9,28%. U desnom pravcu apscise pružio se veliki „rep", tako da iz tehničkih razloga nije bilo moguće da se prikaže cela skala histograma od 98 klasa (date su 24 klase sa 96,08% orudnjenja st. koje sadrži 73,42% urana). Zato je prikazana raspodela i u razmeri st. 1 : 2 ppm, gde je u 40 klasa zastupljeno 98,38% relativnih frekvencija orudnjenja st. sa 83,12% relativnih frekvencija urana. Leva asimetrija je povećana jer se maksimum od 37,54% relativnih frekvencija orudnjenja st. našao u 2. klasi, a maksimum urana je u 3. klasi sa intenzitetom od 16,49%. Na desnoj strani histograma prikazan je ostatak od 1,62% orudnjenja st. sa 16,88% urana, koje čine 5 proba sa koncentracijama preko 57 ppm urana.

Raspodela u statističkoj razmeri log 1 : 10 ppm (sl. 2) je po suštini i formi bitno drugačija od raspodele u crvenoj subformaciji. U I log dekadi se nalazi kompaktna populacija sa 87,37% relativnih frekvencija orudnjenja st. i 54,65% relativnih frekvencija urana. To je svakako najbrojnija parcijalna populacija urana sindijagenetskih koncentracija, koja bi odgovarala gechemijskoj populaciji fonskog urana koji se nalazi u petrogenim mineralima, uključujući i vezivnu materiju (zbog čega je ova populacija i pomerena na desnu stranu histograma). U desnu stranu apscise kontinuirano se nadovezuju nove parcijalne populacije dijagenetskog mobilnog urana u vidu pozitivnog *„logaritamskog repa"*.

Ova najbrojnija kompaktna parcijalna populacija je unimodalna, sa maksimumom u 7. klasi I log dekade intenziteta 17,15% relativnih frekvencija urana, a u istoj klasi je i maksimum relativnih frekvencija urana intenziteta svega 10,72%, a to su uopšte maksimumi populacije statističkog uzorka. Ova najbrojnija parcijalna populacija završava na kraju I log dekade, a njene akumulacije urana su delimično nasleđene još iz primarnih izvora (u petrogenim mineralima detritusa, verovatno oko 2,5 ppm U). Delimično su tu i nove akumulacije urana oborene za vreme sedimentacije ili neposredno iza sedimentacije. Ove sindijagenetske koncentracije urana ne prelaze u II log dekadu.

Nove parcijalne populacije urana u cementnoj materiji sivih tvorevina u vidu sopstvenih uranovih minerala, koji su postali preraspodelom urana u procesima dijageneze, slivaju se u pomenuti logaritamski rep, koji je izdužen u desnu (pozitivnu) stranu ka povećanim koncentracijama na apscisi. U našem slučaju logaritamski rep se nalazi samo u II log dekadi, a u slučaju kada je razvijen i u III log dekadi nastaje mineralizacija i siromašna uranova ruda. Bogata uranova ruda pripada IV log dekadi, a u V log dekadi je zastupljena ekstremno bogata ruda procentnih sadržaja koja je relativno česta u rudištu Žirovski vrh (V. O m a l j e v, 1977a, 1977b).

Na histogramu je evidentno da ovaj logaritamski rep nesumnjivo pripada osnovnoj populaciji statističke raspodele urana u ležištu. Njegovo postojanje ukazuje na geohemijski i metalogenetski povoljnu sredinu za dijagenetske preraspodele urana, koje u stvari predstavljaju rudonosne procese u rudištu. Zato logaritamski rep predstavlja metalogenetsku karakteristiku sive subformacije, odnosno sivih klastičnih sedimenata Žirovskog vrha (V. O m a l j e v, 1979), koja je na taj način egzaktno identifikovana kao rudonosna formacija.

Srednji sadržaj urana u klastičnim tvorevinama sive subformacije je znatnc veći od klarka kiselih magmatskih stena i odgovara fonu alkalnih diferencijata (L. L. L e o n o v a, i dr., 1961). To je posledica prinosa urana prilikom preraspodele u procesu dijageneze, a to smatramo da predstavlja rudonosne procese u metalogenetskom smislu.

Odsecanjem logaritamskog repa srednji sadržaj urana kompaktne parcijalne pcpulacije (granica na nivou 10 ppm U) pada na 4,5 ppm U, što možemo zaokružiti na 4 ppm. Ako predpostavimo da su singenetske akumulacije urana slične onim iz crvene subformacije, odnosno crvenim klastičnim tvorevinama i da se nalaze u petrogenim mineralima, najverovatniji srednji sadržaj je 2,5 ppm U (na nivou klarka zemljine kore). U tom slučaju u vezivnoj materiji sivih klastičnih tvorevina ima jcš oko 1,5 do 2,0 ppm U, a to bitno razlikuje sive tvorevine od crvenih.

Primerci za ova ispitivanja su uzimani samo u sterilnim delovima sivih klastičnih sedimenata, praktično van primarnih oreola rasejavanja urana oko rudnh tela. Ukoliko bi se uzorkovali i primarni creoli oko rudnih tela, logaritamski rep bi porastao i prešao u III log dekadu. Za ocenu perspektivnosti sa aspekta uranonosnosti bitno je prisustvo pcmenutog logaritamskog repa daleko od rudnih tela, a to predstavlja egzaktan statistički kriterijum za pozitivnu metalogenetsku ocenu već u prvoj fazi prospekcije nuklearnih sirovina.

RASPODELA TORIJUMA

Raspodela torijuma u pojedinim geohemijskim sredinama je relativno različita, kako po formi tako i po položaju na apscisi. Torijum ne učestvuje u oksidaciono-redukcionim procesima, te smo očekivali da različite geohemijske sredine u crvenim i sivim klastičnim tvcrevinama nemaju uticaja. Pored granulometrijske sedimentne diferencijacije verovatno su i procesi oksidacije doveli do pomenutih razlika.

Parametri raspodele torijuma ispitivanih statističkih uzoraka dati su u tabeli 2.

Tabela 2. — Parametri raspodele torijuma za statističke uzorke

Statistički uzorak	N	M (ppm)	$\bar{y}$ (ppm)	My (ppm)
Crvena subformacija	146	11,8	10,84	13,5
Crveni proslojci	29	11,0	11,01	12,3
Sivi klastiti	309	6,4	6,98	7,5

Crvena subformacija

Raspodela torijuma u klastičnim tvorevinama crvene subformacije je heterogenija i bitno drugačija cd raspodele urana. Raspodela je desnoasimetrična, sa parametrima $\bar{y}=10,84<M=11,0<My=13,5$ ppm, na varijacionom intervalu 1,2 do 22,3 ppm Th.

Desna asimetrija raspodele torijuma predstavlja iznenađenje, jer po Tolstoju i dr. (1965) negativna (desna) asimetrija nastaje zbog prisustva više minerala (petrogenih) koncentratora elementa. U našem slučaju to mogu biti akcesorni minerali bogati torijumom, kao što su alanit i monacit, koji su primećeni u sivim peščarima (u crvenim tvorevinama nije bilo detaljnih mineraloških proučavanja).

Desna asimetrija na histogramu linearne razmere st. 1 : 1 ppm (sl. 3) je izazvana parcijalnom populacijom torijuma u predelu apscise od 10 do 20 ppm, koja ima normalnu tendenciju raspodele relativnih frekvencija. U njoj se nalaze maksimumi orudnjenja st. u 14. klasi (10,96%) i torijuma u 16. klasi (14,50% relativnih frekvencija). Osnovna populacija torijuma u ovim tvorevinama je uopšte multimodalna. Najbogatija proba je usamljena.

U statističkoj razmeri log 1 : 10 ppm (sl. 4) desna asimetrija raspodele relativnih frekvencija je veoma povećana. Maksimumi su veoma izraženi i nalaze se na desnoj strani histograma u 2. klasi II log dekade, sa intenzitetima: za orudnjenje st. 32,19% i za torijum 42,14% relativnih frekvencija. Raspodela je uslovno unimodalna, jer se na levoj strani naslućuju relativno malo zastupljene siromašne parcijalne populacije torijuma.

Srednji sadržaj torijuma u crvenoj subformaciji je manji od klarka zemljine kore i približava se klarku sedimentnih stena i uvek se nalazi levo od maksimuma relativnih frekvencija. Medijana torijuma *My* se uvek nalazi u klasi maksimuma, što je karakteristika ovog tipa raspodele.

Postojanje više modusa u linearnoj statističkoj razmeri ukazuje na postojanje više parcijalnih populacija (logaritamska razmera st. nije pogodna za desnoasimetrične raspodele), koje sve zajedno čine osnovnu populaciju torijuma. Tip raspodele ukazuje na nesumnjivo prisustvo koncentratora torijuma u crvenim tvorevinama, a intenzitet glavnog maksimuma (naročito u log razmeri st.) može značiti da je bilo sekundarne preraspodele torijuma ili je on obaran iz rastvora. Na takve procese ukazuje A. A. Drozdovskaja i dr. (1968), torijum je mobilniji nego što se predpostavljalo i crveni sedimenti koji su intenzivno oksidisani mogu biti sekundarno obogaćeni. Predpostavljam da je moguće izvesno obogaćenje cementne materije crvenih tvorevina sa torijumom, odnosno da se vezivna materija ovih tvorevina ponaša kao koncentrator torijuma.

→

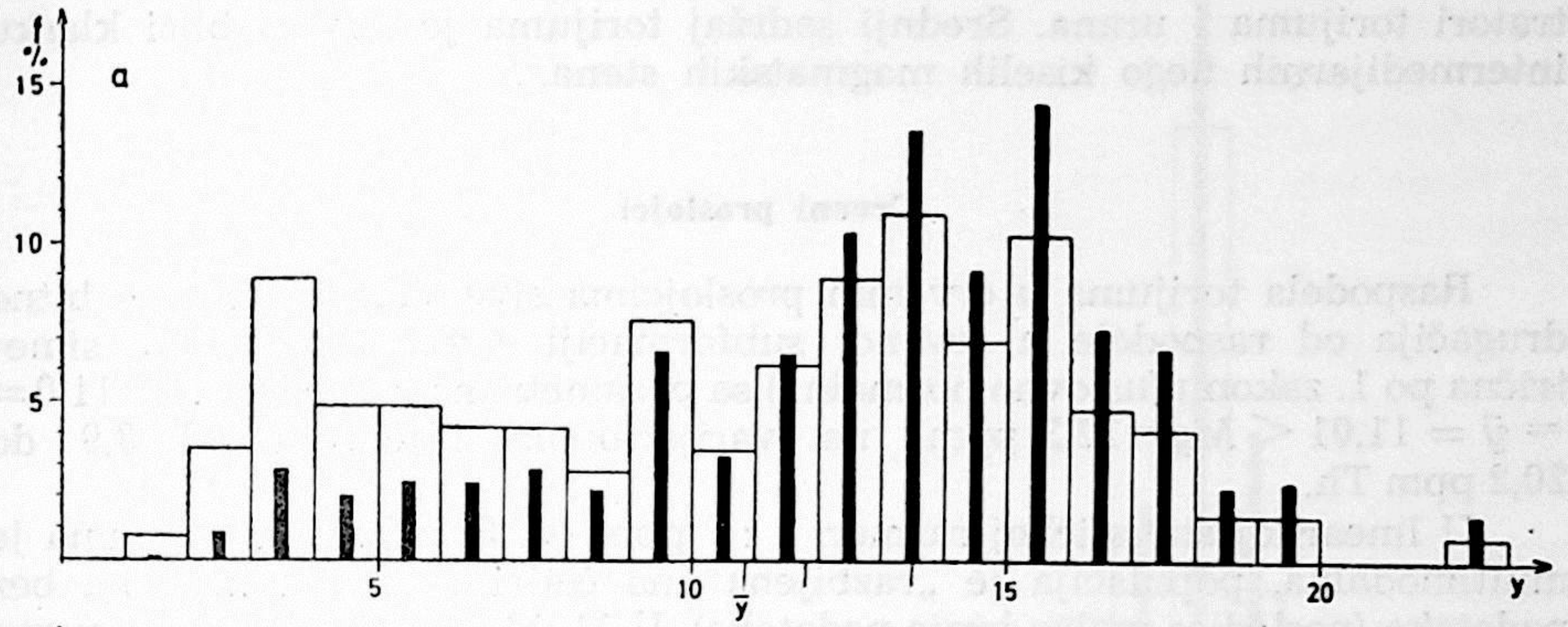
Sl. 3 — Dvojni histogrami raspodele torijuma u linearnoj statističkoj razmeri (parametri raspodele dati su u tabeli 2):

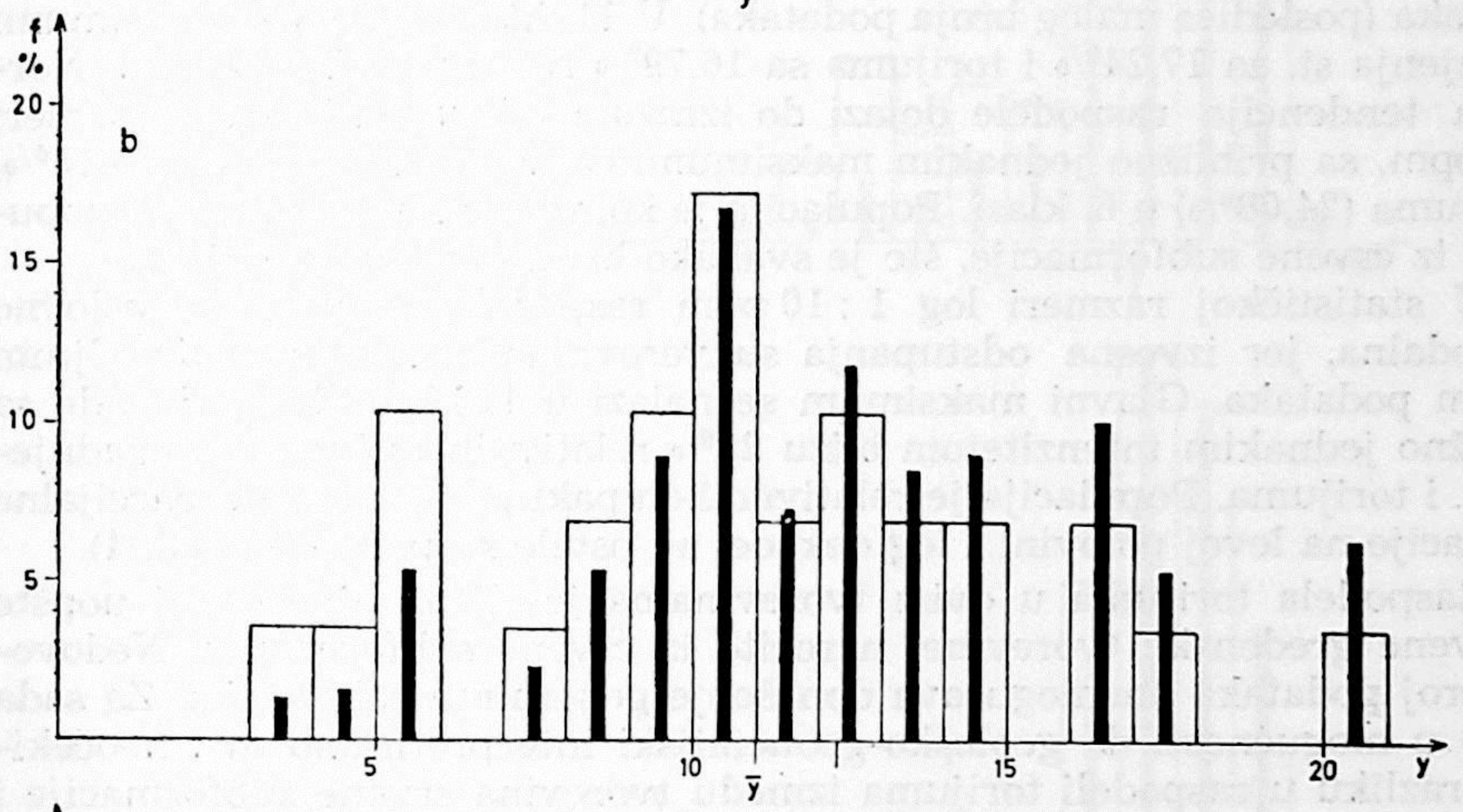
a — Crvena subformacija
b — Crveni proslojci
c — Sivi klastiti

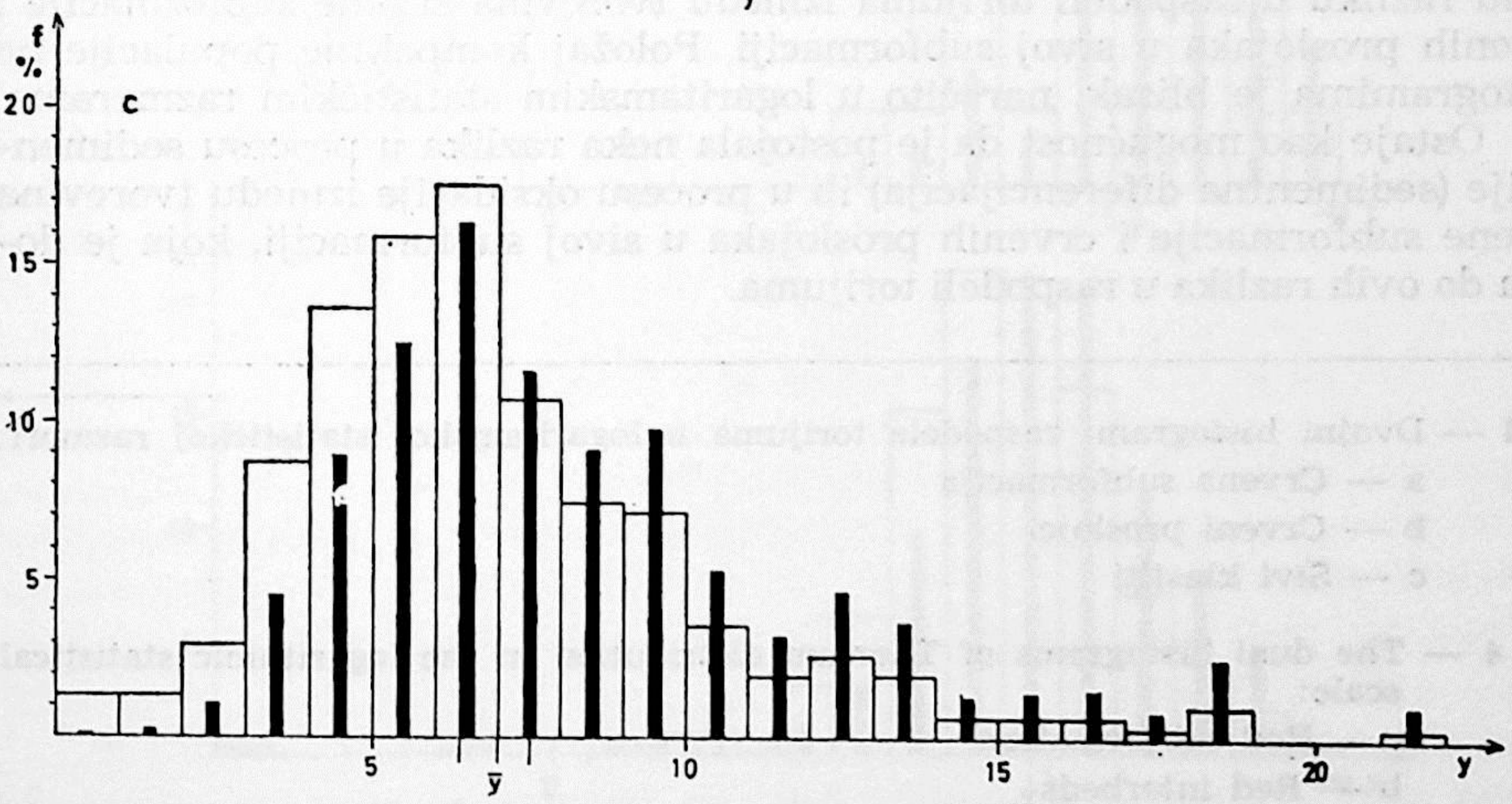
Fig. 3 — The dual histograms of thorium distribution in the linear statistical scale (the parameters of distribution are given in Table 2):

a — Red subformation
b — Red interbeds
c — Gray clastic rocks

1:1 ppm


f
%
15
10
5
a
5
10
$\bar{y}$
15
20
y


f
%
20
15
10
5
b
5
10
$\bar{y}$
15
20
y


f
%
20
15
10
5
c
5
$\bar{y}$
10
15
20
y

U procesu raspadanja stena izvornog područja svakako je došlo do znatnog osiromašenja torijumom, što je prvenstveno zbog opšteg osiromašenja svih gredenskih tvorevina akcesornim mineralima, koji su koncentratori torijuma i urana. Srednji sadržaj torijuma je znatno bliži klarku intermedijarnih nego kiselih magmatskih stena.

Crveni proslojci

Raspodela torijuma u crvenim proslojcima sive subformacije je bitno drugačija od raspodele u crvenoj subformaciji. Ova raspodela je simetrična po 1. zakonu (uslovno normalna) sa parametrima raspodele $M = 11{,}0 = \bar{y} = 11{,}01 < My = 12{,}3$ ppm, na varijacionom intervalu od 3,9 do 20,2 ppm Th.

U linearnoj statističkoj razmeri 1 : 1 ppm (sl. 3) raspodela torijuma je multimodalna, populacija je „razbijena“ na četiri grupe sa klasama bez podataka (posledica malog broja podataka). U 11. klasi se nalaze maksimumi orudnjenja st. sa 17,24% i torijuma sa 16,79% relativnih frekvencija. Normalna tendencija raspodele dolazi do izražaja tek u statističkoj razmeri 1 : 2 ppm, sa približno jednakim maksimumima za orudnjenje st. (24,13%) i torijuma (24,08%) u 6. klasi. Populacija je kompaktnija u odnosu na populaciju iz crvene subformacije, što je svakako kvalitetno nova osobina.

U statističkoj razmeri log 1 : 10 ppm raspodela torijuma je uslovno unimodalna, jer izvesna odstupanja su verovatno izazvana nedovoljnim brojem podataka. Glavni maksimum se nalazi u 1. klasi II log dekade sa približno jednakim intenzitetom blizu 28% relativnih frekvencija orudnjenja st. i torijuma. Populacija je relativno kompaktna, jer izostaju parcijalne populacije na levoj polovini I log dekade, a i ostale su podređene (sl. 4).

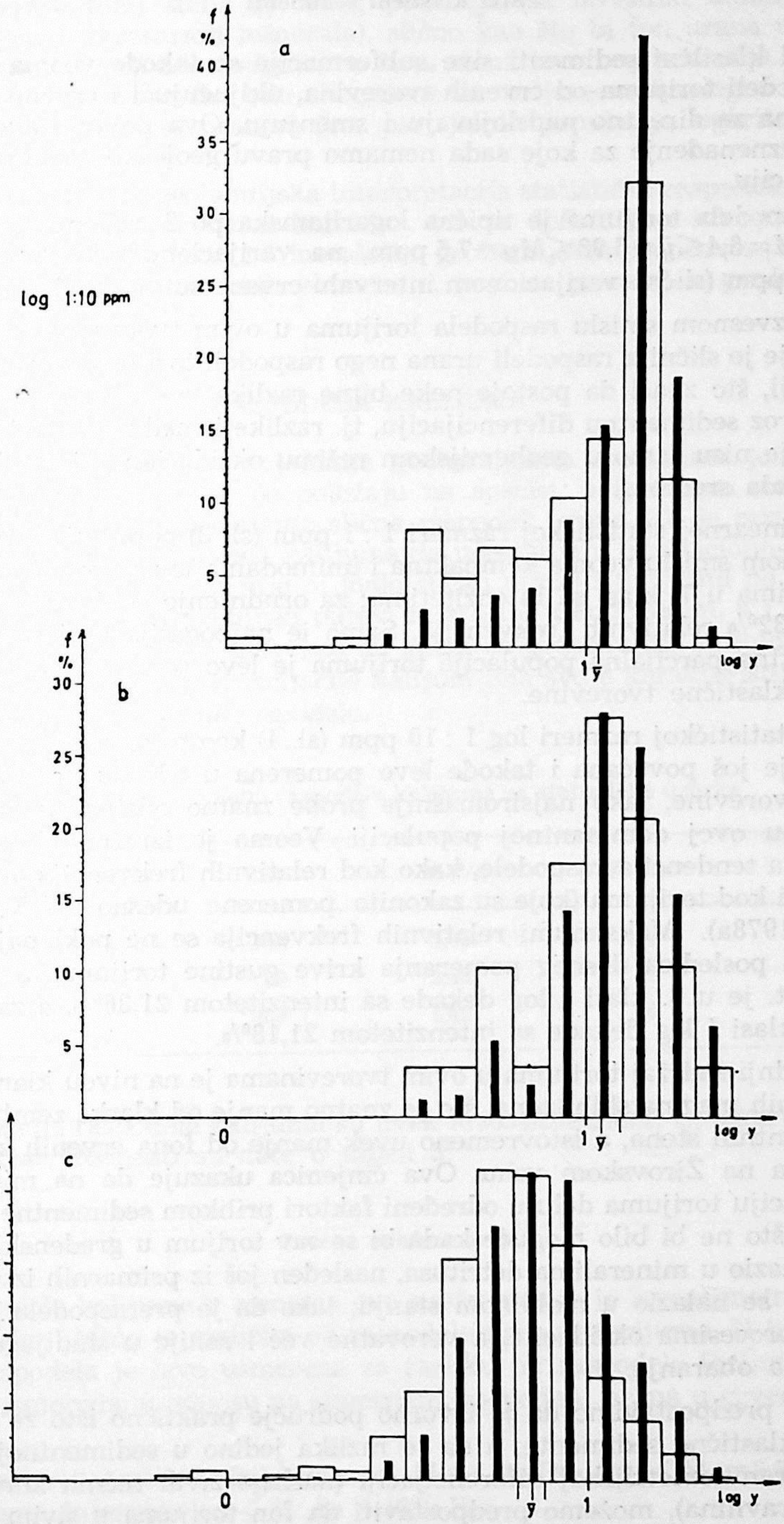
Raspodela torijuma u ovim tvorevinama je slična očekivanoj uopšte za crvene gredenske tvorevine, naročito iz crvene subformacije. Nedovoljan broj podataka onemogućava donošenje generalnih zaključaka. Za sada nismo u mogućnosti da geološko-geohemijski interpretiramo ovu neočekivanu razliku u raspodeli torijuma između tvorevina crvene subformacije i crvenih proslojaka u sivoj subformaciji. Položaj kompaktne populacije na histogramima je blizak, naročito u logaritamskim statističkim razmerama.

Ostaje kao mogućnost da je postojala neka razlika u procesu sedimentacije (sedimentna diferencijacija) ili u procesu oksidacije između tvorevina crvene subformacije i crvenih proslojaka u sivoj subformaciji, koja je dovela do ovih razlika u raspodeli torijuma.

→

Sl. 4 — Dvojni histogrami raspodele torijuma u logaritamskoj statističkoj razmeri:
a — Crvena subformacija
b — Crveni proslojci
c — Sivi klastiti

Fig. 4 — The dual histograms of Thorium distribution in the logarithmic statistical scale:
a — Red subformation
b — Red interbeds
c — Gray clastic rocks


log 1:10 ppm
f
%
40
35
30
25
20
15
10
5
a
log y
1 ȳ
f
%
30
25
20
15
10
5
b
0
1 y
log y
f
%
20
15
10
5
c
0
y
1
log y

Sivi klastični sedimenti

Sivi klastični sedimenti sive subformacije se takođe veoma razlikuju po raspodeli torijuma od crvenih tvorevina, uključujući i crvene proslojke sa kojima se direktno nadslojavaju i smenjuju. Ova pojava takođe predstavlja iznenađenje za koje sada nemamo pravu geološko-geohemijsku interpretaciju.

Raspodela torijuma je tipična logaritamska po 2. zakonu, sa parametrima $M=6{,}4<\bar{y}=6{,}98<My=7{,}5$ ppm, na varijacionom intervalu od 0,3 do 21,9 ppm (slično varijacionom intervalu crvene subformacije).

U izvesnom smislu raspodela torijuma u ovim tvorevinama sive subformacije je sličnija raspodeli urana nego raspodeli torijuma u crvenoj subformaciji, što znači da postoje neke bitne razlike već u procesu sedimentacije kroz sedimentnu diferencijaciju, tj. razlike između crvene i sive subformacije nisu samo u geohemijskom režimu oksidacionog ili redukcionog potencijala sredine.

U linearnoj statističkoj razmeri 1 : 1 ppm (sl. 3) populacija torijuma je u izvesnom smislu veoma kompaktna i unimodalna levoasimetrična, sa maksimumima u 7. klasi sa intenzitetima: za orudnjenje st. 17,48% i za torijum 16,32% relativnih frekvencija. Samo je najbogatija proba usamljena. Kompaktna parcijalna populacija torijuma je levo pomerena u odnosu na crvene klastične tvorevine.

U statističkoj razmeri log 1 : 10 ppm (sl. 4) kompaktnost populacije torijuma je još povećana i takođe levo pomerena u odnosu na crvene klastične tvorevine, iako najsiromašnije probe znatno odstupaju kao da ne pripadaju ovoj dominantnoj populaciji. Veoma je izražena logaritamski normalna tendencija raspodele, kako kod relativnih frekvencija orudnjenja st. tako i kod torijuma (koje su zakonito pomerene udesno — V. Omaljev, 1978a). Maksimumi relativnih frekvencija se ne poklapaju, što je zakonita posledica desnog pomeranja krive gustine torijuma, a za orudnjenje st. je u 8. klasi I log dekade sa intenzitetom 21,36%, a za torijum je u 9. klasi I log dekade sa intenzitetom 21,18%.

Srednji sadržaj torijuma u ovim tvorevinama je na nivou klarka intermedijarnih magmatskih stena, što je znatno manje od klarka zemljine kore i sedimentnih stena, a istovremeno uvek manje od fona crvenih klastičnih tvorevina na Žirovskom vrhu. Ova činjenica ukazuje da na migraciju i akumulaciju torijuma deluju određeni faktori prilikom sedimentne diferencijacije, što ne bi bilo moguće kada bi se sav torijum u gredenskim slojevima nalazio u mineralima detritusa, nasleđen još iz primarnih izvora. Deo torijuma se nalazio u mobilnom stanju, tako da je preraspodela bila moguća u procesima oksidacije, a verovatno već i ranije u sindijagenetskim procesima obaranja.

Ako predpostavimo da je izvorno područje praktično isto za crvene i za sive klastične sedimente, a da je razlika jedino u sedimentnoj, prvenstveno granulometrijskoj diferencijaciji (naslage živih rečnih korita i poplavnih ravnina), možemo predpostaviti da fon torijuma u sivim tvorevi-

nama odgovara fonu stena izvornog područja (sa izvesnim umanjenjem zbog smanjenja akcesornih minerala), slično kao što bi fon urana u crvenim tvorevinama približno odgovarao fonu stena izvornog područja. U tom bi slučaju crvene tvorevine bile obogaćene sa torijumom, analogno obogaćenju sivih tvorevina sa uranom (bez parcijalnih populacija logaritamskog repa).

Ovakva geološko-geohemijska interpretacija statističke raspodele urana i torijuma imaju preliminarni karakter, jer za definitivnu interpretaciju je potrebno više statističkih i mineraloško-geohemijskih proučavanja populacija i mineralnih formi ovih elemenata, koji su prisutni u gredenskim slojevima.

RASPODELA KALIJUMA

Raspodela kalijuma u pojedinim geohemijskim sredinama je takođe veoma različita po formi i po položaju na apscisi, u izvesnom smislu je slična raspodeli torijuma i manje slična raspodeli urana. To je razumljivo posledica nesposobnosti atoma kalijuma da učestvuje u oksidaciono-redukcionim procesima. Kalijum nije ni malo sličan uranu i torijumu po hemijskim osobinama, ali geohemijski putevi migracije u endogenim, a i u izvesnom smislu u egzogenim uslovima su slični sa pomenutim aktinidima. U procesima sedimentne diferencijacije kalijum ima svoje karakteristike koje mu daju specifičnost forme raspodele.

Tabela 3. — Parametri raspodele kalijuma za statističke uzorke

Statistički uzorak	N	M (%)	$\bar{z}$ (%)	Mz (%)
Crvena subformacija	146	1,79	1,84	2,53
Crveni proslojci	29	2,48	2,58	3,12
Sivi klastiti	309	1,42	1,59	1,67

Parametri raspodele kalijuma su uvek levoasimetrični, tj, logaritamski, a numeričke vrednosti su date u tabeli 3.

Crvena subformacija

Raspodela kalijuma u stenama ove subformacije je levoasimetrična, tj. logaritamska i bitno je različita od raspodele urana i torijuma. U izvesnom smislu raspodela je levo usmerena za razliku od raspodele torijuma koja je desno usmerena, u odnosu na simetričnu raspodelu urana u crvenoj subformaciji.

Parametri raspodele kalijuma su $M=1,79<\bar{z}=1,84<Mz=2,53\%$, na varijacionom intervalu od 0,21 do 4,46% K.

Raspodela kalijuma na histogramu linearne statističke razmere 1 : 2‰ (sl. 5) je generalno levoasimetrična, multimodalna, tako da izgleda kac ravnomerna na pojedinim varijacijama u vidu neprekidnih oscilacija krive gustine oko generalne krive leve Razumovske. Maksimumi relativnih frekvencija su: za orudnjenje st. u 3. klasi sa intenzitetom 10,96%, a za kalijum u 13. klasi sa intenzitetom 12,00%.

U statističkoj razmeri log 1 : 10% (sl. 6) raspodela kalijuma je logaritamski desnoasimetrična, uslcvno bimodalna. Ovu asimetriju izaziva parcijalna populacija u I negativnoj log dekadi sa maksimumom malog intenziteta za orudnjenje st. u 3. klasi I negativne log dekade (brojanje log dekada i klasa je sada u levom smeru ka —∞). U I log dekadi izdvaja se kompaktna parcijalna populacija kalijuma sa tendencijom logncrmalne raspodele. Maksimumi relativnih frekvencija su u 5. klasi I log dekade sa intenzitetima: za orudnjenje st. 17,12% i za kalijum 26,00%.

Srednji sadržaj kalijuma je znatno niži od klarka zemljine kore, intermedijarnih magmatskih stena i sedimenata, što ukazuje na znatno osiromašenje prilikom sedimentne diferencijacije za vreme taloženja poplavnih naslaga gredenske formacije. Položaj srednjeg sadržaja je uvek levo od maksimuma relativnih frekvencija kalijuma, jedino je medijana kalijuma *Mz* uvek u klasi maksimuma, što je zakonitc za raspodele sa desnom asimetrijom i logaritamskim odnosima.

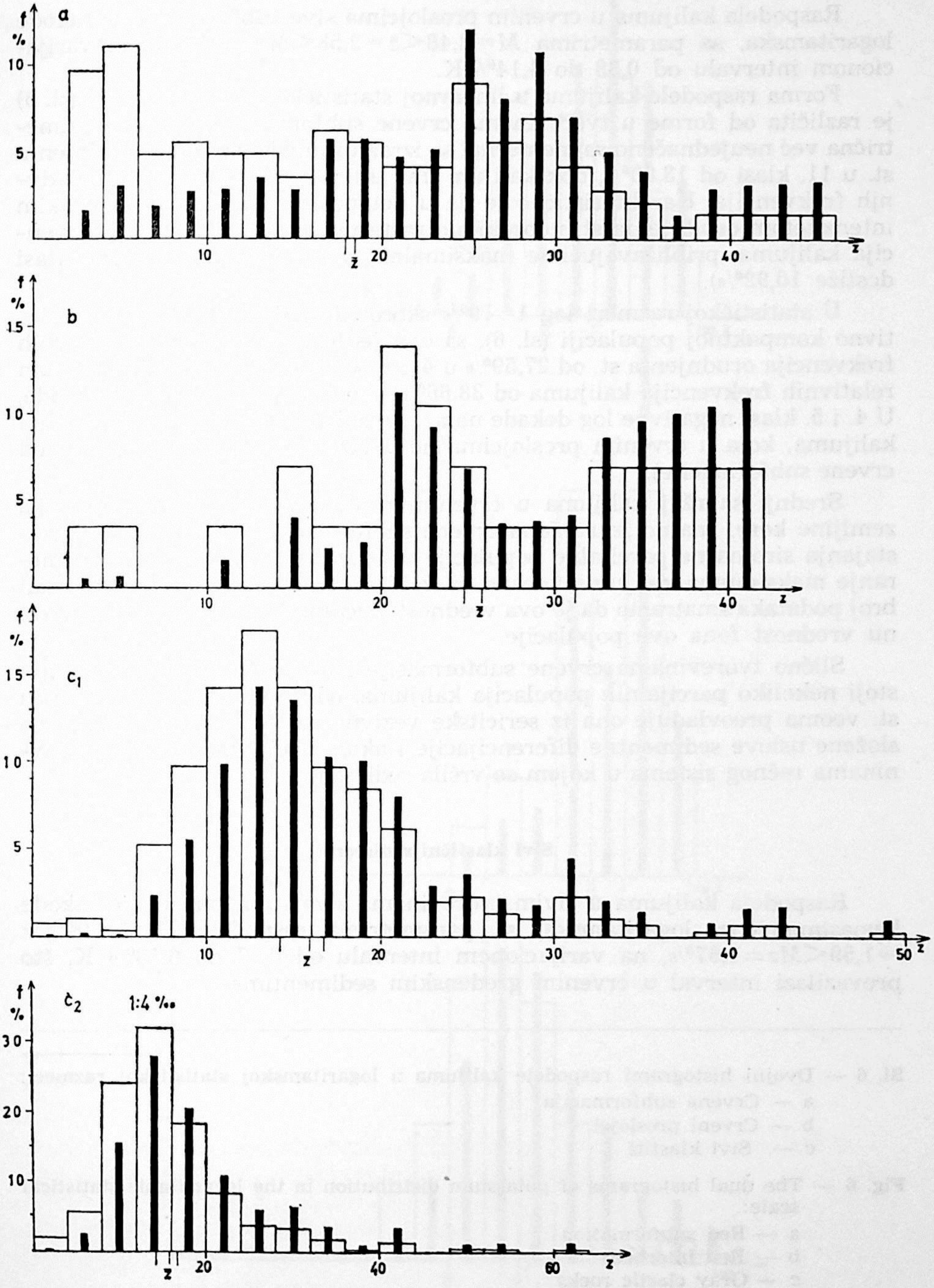
Sa histograma se jasno vidi da postoje nekoliko parcijalnih populacija kalijuma u tvorevinama crvene subformacije Žirovskog vrha. Među njima veoma dcminira jedna sa tendencijom lognormalnog rasejavanja, što je naročito izraženo kod raspodela relativnih frekvencija kalijuma (znatno više od orudnjenja st.). Glavna masa kalijuma se svakako nalazi u petrogenim mineralima, među njima je najznačajnija glinovita vezivna materija, koja je prekristalisala u sericitsko-silicijsku materiju. Količina kalijuma u mineralima detritusa je svakako podređena, jer u 30% relativnih frekvencija orudnjenja st. iz negativne lcg dekade ima samo 9,2% kalijuma, a preko 90% kalijuma se nalazi u dominantnoj kompaktnoj populaciji I log dekade.

Kalijum iz glinovitog matriksa se svakako akumulirao vezivanjem u glinovitu materiju u toku procesa sedimentacije, ili nešto ranije pri transportu materijala. Na taj način je sprečeno odnošenje kalijuma u vidu pravih rastvora do završnih voda svetskog mora. Prilikom raspadanja stena izvornog područja svakako je oslobođena velika količina kalijuma iz raspadnutih feldspata i liskuna. Jedan deo cslobođenog kalijuma je vezan i akumuliran u procesu sedimentne diferencijacije u crvenim gredenskim sedimentima.

——————→

Sl. 5 — Dvojni histogrami raspodele kalijuma u linearnoj statističkoj razmeri (parametri raspodele dati su u tabeli 3):
a — Crvena subformacija
b — Crveni proslojci
c — Sivi klastiti (u dve statističke razmere, c_1 i c_2)

Fig. 5 — The dual histograms of potassium distribution in the linear statistical scale (the parameters of distribution are given in Table 3):
a — Red subformation
b — Red interbeds
c — Gray clastic rocks (in two statistical scales, c_1 and c_2)


1:2 ‰
a
f
%
10
5
10
z̄
20
30
40
z
b
f
%
15
10
5
10
20
z̄
30
40
z
c1
f
%
15
10
5
10
z
20
30
40
50
z
c2
1:4 ‰
f
%
30
20
10
z
20
40
60
z

Crveni proslojci

Raspodela kalijuma u crvenim proslojcima sive subformacije je takođe logaritamska, sa parametrima $M=2{,}48<\bar{z}=2{,}58<Mz=3{,}12\%$, na varijacionom intervalu od 0,38 do 4,14% K.

Forma raspodele kalijuma u linearnoj statističkoj razmeri 1 : 2‰ (sl. 5) je različita od forme u tvcrevinama crvene subformacije, nije levoasimetrična već neujednačeno ravnomerna, sa izrazitim maksimumom orudnjenja st. u 11. klasi od 13,80%, dok kalijum ima intenzitet samo 11,22% relativnih frekvencija. Karakteristično je da u pet poslednjih klasa sa jednakim intenzitetom orudnjenja st. neprekidno raste intenzitet relativnih frekvencija kalijuma, približavajući se maksimalnoj vrednosti (u poslednjoj klasi dcstiže 10,92%).

U statističkoj razmeri log 1 : 10% skoro sav kalijum se nalazi u relativno kompaktnoj populaciji (sl. 6), sa dva jednaka maksimuma relativnih frekvencija orudnjenja st. od 27,59% u 4. i 6. klasi I log dekade. Maksimum relativnih frekvencija kalijuma od 38,66% se nalazi u 6. klasi I log dekade. U 4. i 5. klasi negativne log dekade nalazi se izolovana parcijalna populacija kalijuma, koja u crvenim prcslojcima ne dolazi do izražaja (za razliku od crvene subformacije).

Srednji sadržaj kalijuma u crvenim proslojcima je na nivou klarka zemljine kore, znatno iznad fona crvene subformacije. To je posledica izostajanja siromašne parcijalne populacije u negativnoj log dekadi uz pomeranje maksimuma kalijuma udesno uz veliki intenzitet. S obzirom na mali broj podataka smatramo da je ova vrednost slučajna, i da ne odražava stvarnu vrednost fona ove populacije.

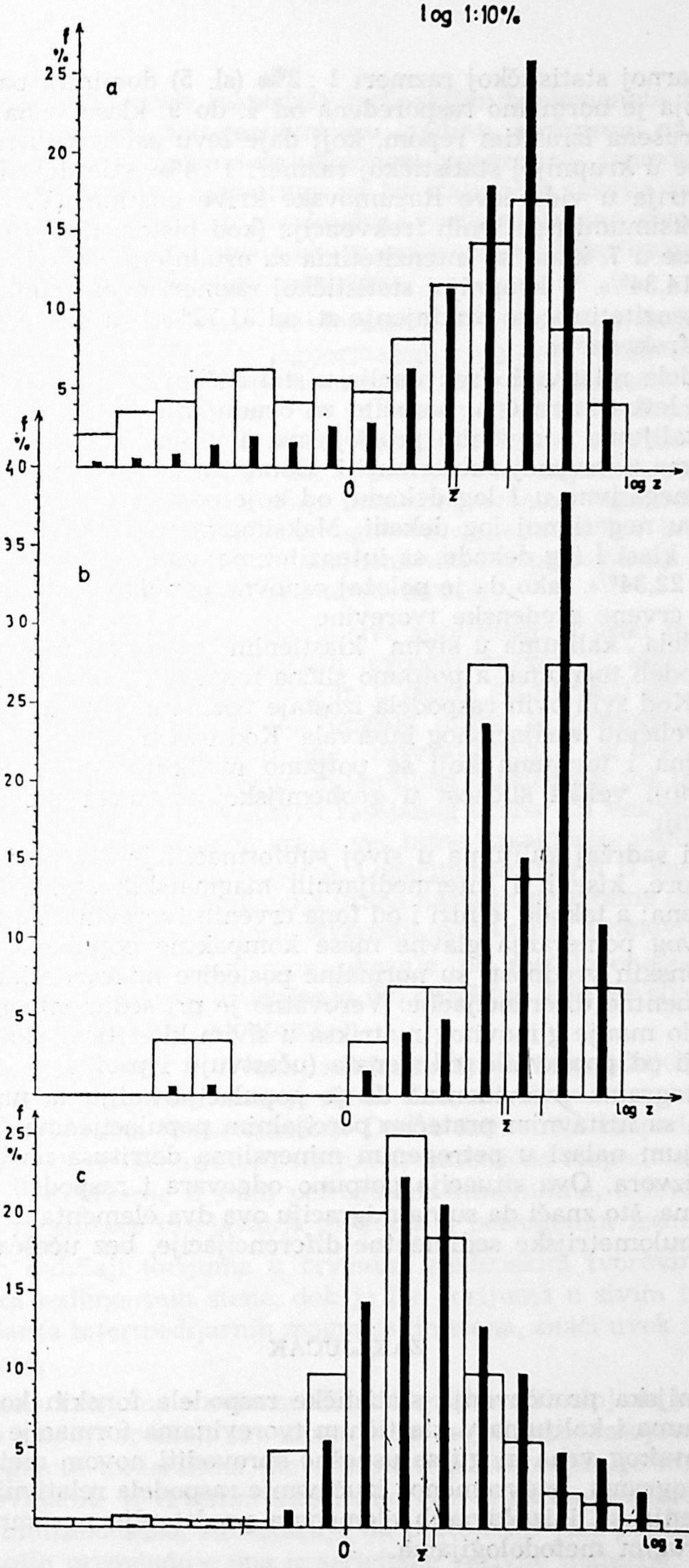
Slično tvorevinama crvene subformacije i u crvenim proslojcima postoji nekcliko parcijalnih populacija kalijuma, od kojih trenutno u uzorku st. veoma preovlađuje ona iz sericitske vezivne materije. Ovo ukazuje na složene uslove sedimentne diferencijacije i akumulacije na poplavnim ravninama rečnog sistema u kojem se vršila sedimentacija.

Sivi klastični sedimenti

Raspodela kalijuma u sivim tvorevinama sive subformacije je takođe levoasimetrična, logaritamska, sa parametrima raspodele $M=1{,}42<\bar{z}=1{,}59<Mz=1{,}67\%$, na varijacioncm intervalu od 0,17 do 6,13% K, što prevazilazi interval u crvenim gredenskim sedimentima.

Sl. 6 — Dvojni histogrami raspodele kalijuma u logaritamskoj statističkoj razmeri:
a — Crvena subformacija
b — Crveni proslojci
c — Sivi klastiti

Fig. 6 — The dual histograms of potassium distribution in the logarithmic statistical scale:
a — Red subformation
b — Red interbeds
c — Gray clastic rocks


f %
25
20
15
10
5
a
0
z
log z
f %
40
35
30
25
20
15
10
5
b
0
z
log z
f %
25
20
15
10
5
c
0
z
log z

U linearnoj statističkoj razmeri 1 : 2‰ (sl. 5) dominira parcijalna populacija koja je normalno raspoređena od 4. do 9. klase, a na dalje simetrija je narušena izrazitim repom, koji daje levu asimetriju raspodeli. To je uočljivije u krupnijoj statističkoj razmeri 1 : 4‰, gde dolazi do izražaja leva asimetrija u vidu leve Razumovske krive gustine (V. O m a l j e v, 1978b). Maksimumi relativnih frekvencija (kod histograma sitnije razmere st.) nalaze se u 7. klasi, sa intenzitetima za orudnjenje st. od 17,48% i kalijuma od 14,34%. U krupnijoj statističkoj razmeri maksimumi dolaze u 4. klasi sa intenzitetima: za orudnjenje st. od 31,72% i za kalijum od 27,82% relativnih frekvencija.

Raspodela relativnih frekvencija u statističkoj razmeri log 1 : 10% (sl. 6) je malo levoasimetrična, naročito za orudnjenje st. Po formi je slična raspodeli kalijuma u crvenim proslojcima, a veoma je različita od raspodele kalijuma u crvenoj subformaciji. Dominira kompaktna populacija na prelazu iz negativne u I log dekadu, od koje odstupa neznatna parcijalna populacija u negativnoj log dekadi. Maksimumi relativnih frekvencija se nalaze u 2. klasi I log dekade, sa intenzitetima: za orudnjenje st. 24,92% i za kalijum 22,34%, tako da je položaj osnovne populacije pomeren ulevo u odnosu na crvene gredenske tvorevine.

Raspodela kalijuma u sivim klastičnim tvorevinama je umnogome slična raspodeli torijuma, a potpuno slična raspodeli urana u crvenim tvorevinama. Kod svih ovih raspodela izostaje pozitivan logaritamski rep, bez obzira na veličinu varijacionog intervala. Kod ova tri elementa, a naročito kod kalijuma i torijuma koji se potpuno razlikuju po strukturi svojih atoma, postoji velika sličnost u geohemijskoj migraciji pri sedimentnoj diferencijaciji.

Srednji sadržaj kalijuma u sivoj subformaciji je znatno ispod klarka zemljine kore, kiselih i intermedijarnih magmatskih stena, kao i sedimentnih stena; a takođe je niži i od fona crvenih tvorevina. To je posledica znatnog levog pomeranja glavne mase kompaktne populacije po apscisi. Sniženje fonskih vrednosti su normalne posledice migracije kalijuma prilikom sedimentne diferencijacije. Verovatno je pri sedimentaciji u rečnim koritima bilo manje glinovitog matriksa u sivim klastitima, koji su znatno krupnozrniji od poplavnih sedimenata (učestvuju i psefiti).

Sa histograma je evidentno da je populacija kalijuma unimodalna i kompaktna, sa ništavnim pratećim parcijalnim populacijaama. To znači da se sav kalijum nalazi u petrogenim mineralima detritusa nasleđen još iz primarnih izvora. Ova situacija potpuno odgovara i raspodeli torijuma u ovim stenama, što znači da su na migraciju ova dva elementa delovali samo faktori granulometrijske sedimentne diferencijacije, bez učešća hemijskih procesa.

ZAKLJUČAK

Geohemijska proučavanja statističke raspodele fonskih koncentracija urana, torijuma i kalijuma u klastičnim tvorevinama formacije gredenskih slojeva Žirovskog vrha mogu se uspešno sprovoditi novom metodologijom dvojnih histograma. Istovremenoa izučavanje raspodela relativnih frekvencija orudnjenja st. i izučavanih elemenata predstavlja nesumnjivu prednost nad drugim metodologijama.

Izučavanje statističke raspodele radioaktivnih elemenata izvedeno je posebno za svaku geološko-geohemijsku sredinu, s obzirom na postojanje velikih razlika u oksidaciono-redukcionom potencijalu između crvenih i sivih gredenskih slojeva. Formirana su tri statistička uzorka iz tvorevina: crvene subformacije, crvenih proslojaka i sivih tvorevina sive subformacije. Velika razlika u broju podataka u ovim statističkiim uzorcima otežavala su geološko-statističku interpretaciju.

Raspodela urana u crvenoj subformaciji je simetrična (bliska normalnoj), a istovremeno je bliska i lognormalnoj raspodeli relativnih frekvencija orudnjenja st. i urana. To je posledica rasejavanja urana u petrogenim mineralima detritusa, nasleđena još iz primarnih izvora. Srednji sadržaj urana je ispod klarka zemljine kore. Raspodela urana u crvenim proslojcima u sivoj subformaciji je različita, pokorava se logaritamskom zakonu zbog znatno većeg srednjeg sadržaja izazvanog desnom logaritamskom asimetrijom. Mali broj podataka onemogućava sagledavanje i interpretaciju ovih razlika, jer je u crvenim proslojcima uran u petrogenim mineralima detritusa takođe nasleđen još iz primarnih izvora.

U sivim klastičnim tvorevinama sive subformacije uran je bitno drugačije statistički raspoređen, izrazito levoasimetrično, tj. logaritamski, sa karakterističnim logaritamskim repom u desnu (pozitivnu) stranu apscise. Kompaktna parcijalna populacija fonskog urana je pomerena udesno u odnosu na crvene klastične tvorevine i završava se u I log dekadi, a dolazi od rasejanog urana u petrogenim mineralima (nasleđena još iz primarnih izvora). Bitna razlika je u prisustvu rasejanog urana i u vezivnoj materiji. Ova sindijagenetska populacija urana već bitno karakteriše redukcionu sredinu u sivim klastičnim tvorevinama. Logaritamski rep u II log dekadi dolazi od mlađih parcijalnih populacija urana nastalih procesima preraspodele, što su u stvari rudonosni procesi stvaranja sopstvenih uranovih minerala.

Postojanje logaritamskog repa ukazuje na metalogenetski povoljnu sredinu stvaranja uranovih orudnjenja, što egzaktno definiše sive gredenske klastične sedimente kao rudonosne.

Raspodela torijuma u crvenoj subformaciji je iznenađujuće desnoasimetrična, u crvenim proslojcima je simetrična, a u sivim tvorevinama je izrazito levoasimetrična (logaritamska). Desna asimetrija raspodele ukazuje na postojanje više koncentratora torijuma, simetrična raspodela ukazuje na ravnomerno rasejavanje u svim petrogenim mineralima, a leva asimetrija ukazuje na nejednako rasejavanje torijuma u petrogenim mineralima.

Srednji sadržaji torijuma u crvenim gredenskim tvorevinama su na nivou klarka sedimentnih stena, dok je fon torijuma u sivim tvorevinama na nivou klarka intermedijarnih magmatskih stena, znači uvek ispod klarka zemljine kore.

Raspodela kalijuma u svim sredinama gredenskih slojeva je uvek levoasimetrična (logaritamska), što ukazuje na nejednako rasejavanje kalijuma u petrogenim mineralima. Leva asimetrija raspodele je maksimalna u sivim tvorevinama. U crvenim klastičnim tvorevinama raspodela kalijuma je izrazito multimodalna, što ukazuje na postojanje više parcijalnih populacija, od kojih preovlađuje ona iz sericitske vezivne materije.

Srednji sadržaji kalijuma u crvenim proslojcima sive serije su na nivou klarka zemljine kore, u crvenoj subformaciji srednji sadržaji kalijuma su niži, a u sivim tvorevinama su znatno niži od klarka zemljine kore i sedimentnih stena. To je svakako posledica sedimentne, prvenstveno granulometrijske diferencijacije, jer sivi sedimenti živih rečnih korita su krupnozrniji i sadrže znatno manje glinovite vezivne materije od crvenih sedimenata stvaranih na poplavnim ravninama rečnog sistema.

(Primljeno 7. IX 1979)

LITERATURA

1. Ahrens, L. H., 1954a: The lognormal distribution of the elements. Geochim. et Cosmochim. Acta, Vol. 5, № 2, p. 49—73.
2. Ahrens, L. H., 1954b: The lognormal distribution of the elements II. Geochim. et Cosmochim. Acta, Vol. 6, № 2/3, p. 121—131.
3. Ahrens, L. H., 1957: Lognormal-type distributions — III. Geochim. et Cosmochim. Acta, Vol. 11, № 4, p. 205—212.
4. Ahrens, L. H., 1963: Lognormal-type distributions in igneus rocks — IV. Geochim. et Cosmochim. Acta, Vol. 27, № 4, p. 333—343.
5. Bogackij, V. V., 1963: Matematičeskij analiz razvedočnoj seti. Gosgeoltehizdat, Moskva.
6. Borovko, N. N., 1964: Obobščenij lognormalnij zakon raspredelenija soderžanij himičeskih elementov v porodah i rudah. Geohimija, № 3, Moskva.
7. Drozdovskaja, A. A. i Meljnik, Ju. P., 1968: Novie eksperimentaljnie i rasčetnie dannie o migracii torija v gipergenih uslovijah. Geohimija, № 4, Moskva.
8. Durovič, S., 1959: Contribution to the lognormal distribution of elements. Geochim. et Cosmochim. Acta, Vol. 15, № 4.
9. Evseeva, L. S., Pereljman, A. I. i Ivanov, K. E., 1974: Geohimija urana v zone gipergeneza. Atomizdat, Moskva.
10. Lambert, I. B. and Heier, K. S., 1967: The vertical distribution of uranium, Thorium and potassium in the Continental Crust. Geochim. et Cosmochim. Acta, Vol. 31, № 3, p. 377—390.
11. Leonova, L. L. i Tauson, L. V., 1958: Raspredelenie urana po mineralam kaledonskih granitoidov Susamirskogo batolita (Centralnij Tjan-Šan). Geohimija, № 7, Moskva.
12. Leonova, L. L. i Pogiblova, L. S., 1961a: Uran v mineralah porod intruzii gor Kzil-Ompul (Sev. Kirgizija). Geohimija, № 10, Moskva.
13. Leonova, L. L., Gavrilin, R. D. i Bagraev, V. V., 1961b: Povedenie urana i torija v intruzivnom komplekse povišennoj ščeločnosti (na primere massiva Kzil-Ompul). Geohimija, № 12, Moskva.
14. Leonova, L. L., 1962: Raspredelenie torija v mineralah granitoidov Susamirskogo batolita. Geochimija, № 6, Moskva.
15. Miller, R. L. and Goldberg, E. D., 1955: The normal distribution in geochemistry. Geochim. et Cosmochim. Acta, Vol. 8, p. 53—62.
16. Murray, E. G. and Adams, J. A. S., 1958: Thorium, uranium and potassium in some sandstones. Geochim. et Cosmochim. Acta, Vol. 13, № 4, p. 260—269.
17. Novak, D., 1977: Nekaj hidrogeoloških raziskav na območju Žirovskega vrha. Loški razgledi, 24. Škofja Loka.
18. Omaljev, V., 1967: Razvoj gredenskih slojeva i uranove mineralizacije u ležištu urana Žirovski vrh. Radovi IGRI, sv. 3. Beograd.

19. Omaljev, V., 1971: Prospekcija radioaktivnih kamenin v Sloveniji. Geologija 14. Ljubljana.

20. Omaljev, V., 1977a: Geostatistički prikaz rudnog tela pomoću dvojnog histograma. Tehnika, RGM 10/77. Beograd.

21. Omaljev, V., 1977b: Geostatističko ispitivanje rudnog tela V-1 u ležištu urana Žirovski vrh. Radovi IGRI, sv. 11. Beograd.

22. Omaljev, V., 1978a: Karakteristike krive raspodele frekvencija korisne komponente u orudnjenju. Tehnika, RGM 10/78. Beograd.

23. Omaljev, V., 1978b: Teorijska osnova nove metodologije ispitivanja rasporeda korisnih komponenti u prirodnoj sredini. Radovi Geoinstituta, sv. 12. Beograd.

24. Omaljev, V., 1979a; Metalogenetske karakteristike uranskog rudišta Žirovski vrh. Doktorska disertacija. Rudarsko geološki fakultet, Beograd.

25. Omaljev, V., 1979b: Studija raspodele urana, torijuma i kalijuma u gredenskim slojevima Žirovskog vrha. Arhiv Geološkog zavoda Ljubljana.

26. Pirc, S., 1977: Uran v kamninah, vodah in muljih na območju Posavskih gub v Sloveniji. Rudarsko-metalurški zbornik, št. 4, Ljubljana.

27. Pliler, R. and Adams, J. A. S., 1962: The distribution of the thorium, uranium and potassium in the Mancos shale. Geochim. et Cosmochim. Acta, Vol. 26, p. 1115—1135.

28. Pliler, R. and Adams, J. A. S., 1962: The distribution of thorium and uranium in a Pennsylvanian weathering profile. Geochim. et Cosmochim. Acta, Vol. 26, p. 1137—1146.

29. Protić, M. i Gojković ,S., 1965: Odnos Th/U u klastičnim stenama kao indikator geohemijskih facija. I simpozijum iz geohemije. Beograd.

30. Rodionov, D. A., 1961: K voprosu o logarifmičeski-normalnom raspredelenii soderžanij elementov v izverženih porodah. Geohimija, № 4. Moskva.

31. Rodionov, D. A., 1962a: Ocenivanii srednjego soderžanija i dispersii lognormaljno raspredeljennih komponentov v porodah i rudah. Geohimija, № 7. Moskva.

32. Rodionov, D. A., 1962b: Zadača sopostavljenija srednih soderžanij lognormaljno raspredeljennih komponentov v porodah. Geohimija, № 8. Moskva.

33. Rodionov, D. A., 1963a: Trehparametričeskie raspredelenija soderžanij elementov v porodah. Geohimija, № 2. Moskva.

34. Rodionov, D. A., 1963b: Osobennosti raspredelenija srednjego arifmetičeskogo v uslovijah asimmetričnih raspredelenij soderžanij. Geohimija, № 7. Moskva.

35. Rodionov, D. A., 1964: K voprosu o statističeskom sravnenii sostavov porod. Geohimija, № 4. Moskva.

36. Ristić, M. i Markov, C., 1971: Mineraloško-geohemijske odlike sredine taloženja, indikatori orudnjenja i način postanka ležišta urana Žirovski vrh u SR Sloveniji. Radovi IGRI, sv. 7. Beograd.

37. Tolstoj, M. I. i Ostafijčuk, I. M., 1963: Nekatorie zakonomernosti statističeskogo raspredelenija himičeskih elementov v gornih porodah i ih ispoljzovanie dlja geohimičeskoj celej. Geohimija, № 10. Moskva.

38. Tolstoj, M. I., Ostafijčuk, I. M. i Gudimenko, L. M., 1965: K voprosu o tipah krivih statističeskogo raspredelenija himičeskih elementov v gornih porodah i sposobah rasčeta ih parametrov. Geohimija, № 11. Moskva.

39. Vinogradov, A. P., 1962: Srednie soderžanija himičeskih elementov v glavnih tipah izverženih gornih porod zemnoj kori. Geohimija, № 7. Moskva.

Summary

DISTRIBUTION OF URANIUM, THORIUM AND POTASSIUM IN THE VAL GARDENA DEPOSITS IN ŽIROVSKI VRH AREA

by

Veljko Omaljev

The statistical study of distribution of uranium, thorium and potassium, by the dual histograms method, represents a new approach in the investigation of background concentration of these elements.

There exist the numerous papers which treat the statistical study of distribution of various elements in the rocks (L. H. Ahrens, D. A. Rodionov, and others), usually based on the adaption of statistical methods applied from the other sciences. Several authors have, however, noted the relatively infrequent number of cases of normal or lognormal distribution in rocks, but have not further investigated this problem.

In addition that the investigated elements (uranium and thorium) represent an almost infitesimal, or very small (potassium) amounts of material relative to total volume of rocks, the new statistical methods were highly successful (V. Omaljev, 1978a, 1978b). Here of particular importance is the statistical study of distribution of elements with the concentrations serving as the independently variable.

In each specific case, the parameters which determine the type of distribution according to one of previously stated laws, were presented.

The data on concentrations of all studied radioactive elements were obtained by radiometric analyses of samples collected during several years of prospecting and underground investigations.

The statistical study has covered each geochemical-geological environment separately, and three geochemical samples for the following environments were formed: 1. Red Subformationn, 2. Red interbeds, and 3. Gray Subformation. The environment 2 and 3 belong to the Gray Subformation, and all three samples are parts of the Val Gardena formation in the Žirovski vrh area. The different number of data in the described statistical samples have introduced the difficulties in the geological-statistical interpretation.

The distribution of uranium in the Red Subformation is symmetrical (close to normal), but it is also close to lognormal distribution of relative frequencies. This is the result of dispersion of uranium in petrochemical minerals of detritus, inherited from the primary sources. The average uranium concentration is generally below the average for the Earth's crust. The uranium distribution in the Red Interbeds is generally logarithmic, but limited number of data precludes the valid conclusions. The average concentrations is slightly higher than the average for Earth's crust, and approaches those of sedimentary rocks.

Uranium is differently distributed in the Gray Subformation. Here its distribution is markedly left-asymetrical (logarithmic), with a characteristic logarithmic „thail" extending in the positive direction. The compact partial population of uranium background is shifted to the right when compared

with the red deposits, which has been caused by the presence of uranium in the cement. This syndiagenetic uranium population characterizes the reductive environment in the gray deposits. The logarithmic „tail" in the second logarithmic decade was caused by the younger uranium populations produced by the diagenetic redistribution of this element, i.e., by the mineralizing processes and formation of uranium ore minerals.

The existence of a logarithmic „tail" indicated an environment favorable for formation of uranium mineralizations.

The distribution of thorium in the red Subformation is markedly right-asymetrical (according to the 3rd law), in red interbeds is symmetrical, and in the gray sediments is markedly left-asymmetrical. The right-asymmetrical distribution indicates several concentrators of thorium, the symmetrical distribution the uniform distribution in all petrogene minerals, and the left-asymmetrical the non-uniform distribution of thorium in the petrogene minerals.

The average thorium concentrations in the red deposits are at the level of background of sedimentary rocks. In the gray deposits, it is at level of background of intermediate magmatic rocks. In both cases, the thorium concentrations are below the average for the Earth's crust.

The potassium distribution in all environments of the Val Gardena deposits is always logarithmic, indicating the non-uniform dispersion. The left-asymmetry is at maximum in the gray deposits. The potassium distribution in the red deposits is markedly multi-modal, which indicates several partial populations, the dominant being the population from the sericitic cement.

The average potassium concentrations are variable. In the red interbeds, they are close to the average for the Earth's crust; in Red Subformation, they are lower, being the lowest in the gray deposits. This was apparently caused by the sedimentary differentation, as the gray deposits were formed in the riverbeds, and the red deposits in the flood planes of a river system.

(Received 7. IX 1979)

R A D O V I Geoinstituta, knjiga 13., god. 1979.
Beograd, Rovinjska ul. 12.

Veljko Omaljev[1]

UDK 553.495 (497.12)

RASPODELA URANA U KLASTIČNIM TVOREVINAMA DRUGOG I TREĆEG RITMA SEDIMENTACIJE U LEŽIŠTU ŽIROVSKI VRH

(sa 10 slika i 3 tabele)

U ovom radu prvi put pristupamo statističkim izučavanjima raspodele urana u klastičnim tvorevinama ležišta Žirovski vrh, kao nastavku statističkih i geostatističkih ispitivanja novom metodologijom autora, pomoću dvojnih histograma. Statistička izučavanja raspodele elemenata su stalno prisutna u svetskoj literaturi, ali kod nas nije bilo sličnih pokušaja (koliko je autoru poznato). Međutim, metodologija statističkih izučavanja podataka geohemijskih prospekcija je postala standardna, sa ciljem da se usmeravaju istraživanja mineralnih sirovina. Naša metodologija predstavlja nov način izučavanja statističkih raspodela samih elemenata, kao funkcije razmeštaja njihovih atoma u prostoru koji ispitujemo.

Ovom prilikom smo iskoristili mogućnost dobijanja podataka o koncentraciji urana u klastičnim tvorevinama ležišta Žirovski vrh korišćenjem merenja radioaktivnosti gama karotažom perkusivnih bušotina. Okonturili smo određene prostore koji su istraživani bušenjem, te ova ispitivanja imaju i geostatistički karakter.

UVOD

Raspodela urana u klastičnim tvorevinama ležišta Žirovski vrh do sada nije bila statistički izučavana na nivou fonskih koncentracija. Dosadašnji napori su bili usmereni na geostatističko izučavanje raspodele urana u orudnjenju (V. O m a l j e v, 1977a, 1977b) primenom nove metodologije dvojnih histograma.

Dugogodišnjim istraživanjima uranove mineralizacije rudarskim radovima i bušenjem sakupljen je veoma veliki broj merenih podataka o radioaktivnosti okolorudnih sivih klastičnih sedimenata, a često i crvenih tvorevina interkalisanih u sivu subformaciju gredenskih slojeva (ranije sivu seriju). Ovaj sakupljeni materijal do sada nije bio iskorištavan u geološko-geohemijskim interpretacijama, smatralo se da je to neupotrebljiv materijal koji služi samo kao dokumentacija o sterilnosti konkretnih litoloških članova ili delova produktivnih rudonosnih nivoa i paketa.

Radioaktivnost klastičnih tvorevina formacije gredenskih slojeva Žirovskog vrha dolazi od radioaktivne dezintegracije prisutnih prirodnih radioaktivnih elemenata. To su pre svega uran i torijum sa svim članovima svojih radioaktivnih potomaka, a takođe i radioaktivni izotop kalijuma K^{40}. Radioaktivnost stena može se posmatrati parcijalno u odnosu na glavnog istočnika, za nas je od interesa parcijalna radioaktivnost stena koja dolazi od urana i njegovih produkata radioaktivne dezintegracije.

---

[1] Geoinstitut, Beograd.

Već ranije smo proučavali parcijalne spontane radioaktivnosti tvorevina gredenskih slojeva Žirovskog vrha (V. O m a l j e v, 1971), na osnovu srednjih sadržaja urana, torijuma i kalijuma.

Spontanu parcijalnu radioaktivnost koja u stenama dolazi od zračenja torijuma i kalijuma treba oduzeti da bi se dobila spontana radioaktivnost stena koja potiče od urana (uključujući i njegove radioaktivne potomke). Ova parcijalna radioaktivnost je ekvivalentna sa koncentracijama urana u stenama, te se na osnovu svakog pojedinačnog merenja radioaktivnosti može izračunati približna količina urana, odnosno njegova koncentracija.

Na nekoliko lokalnosti okonturili smo istraženi prostor na kojem smo izvodili ova ispitivanja raspodele urana. Okontureni prostor daje ovim ispitivanjima geostatistički karakter (V. O m a l j e v, 1977b), ali pošto cilj ove analize nije usmeren ka kvantitativnom vrednovanju već kvalitativnom ispitivanju uslova migracije i akumulacije urana, zadržavamo statistički karakter ovim ispitivanjima. Ocena koncentracija na osnovu ekvivalentnih odnosa između parcijalne radioaktivnosti urana i njegovih koncentracija, takođe daje semikvantitativan karakter ovih statističkih analiza.

Primena nove metodologije statističkih ispitivanja preko dvojnih histograma bazira na objavljenim teorijskim osnovama nove metodologije (V. O m a l j e v , 1978a, 1978b), te je za razumevanje same analize neophodno upoznavanje sa istom. Tipovi raspodele urana su dati numerički u vidu parametara raspodele, a na osnovu formulacije preko dve teoreme i tri zakona. Već je bilo izučavanja raspodele urana, torijuma i kalijuma u formaciji gredenskih slojeva Žirovskog vrha po ovoj metodologiji (V. O m a l j e v, 1979b, 1979c), što svakako predstavlja novinu u našoj praksi.

Formiranje statističkih uzoraka je bilo parcijalno u odnosu na položaj litološkog člana u litološkom stubu, kao i u odnosu na geološko-geohemijske osobine sredine, s obzirom na pripadnost konkretnom ritmu sedimentacije i oksidaciono-redukcionom potencijalu (koji se razlikuje na osnovu boje cementne materije tvorevina). Bez ovih karakteristika sredine ova ispitivanja bi bila samo statistička, dok sada imaju i karakter geohemijskih proučavanja raspodele pomoću statističkog aparata.

Geohemijska analiza statističke raspodele urana uključuje diskusiju o procesima sedimentne diferencijacije i akumulacije materijala i urana, kao i probleme migracije i akumulacije urana u sedimentima završene sedimentacije, u stadijumu dijageneze. Pri tome je težište analize na metalogenetskom aspektu statističke raspodele, zbog identifikacije rudonosnih procesa koji su uslovili povećane koncentracije urana sve do ekonomski interesantnih akumulacija.

Tipovi raspodele su definisani pomenutim teoremama i zakonima raspodele, a one mogu biti: simetrične (nekad normalne), levoasimetrične (logaritamske, nekad lognormalne) i desnoasimetrične. Svaki tip raspodele je geohemijska funkcija statističke raspodele urana u funkciji razmeštaja njegovih atoma u prostoru.

Naročito je značajan metalogenetski aspekt statističke raspodele urana, koji je zavisan od forme hemijske i mehaničke veze u prirodnoj kompoziciji sivih klastičnih sedimenata Žirovskog vrha. Nije svejedno da li su uranovi atomi izomorfno ugrađeni u rešetke petrogenih minerala, uključujući i

akcesorne (nemobilni uran), ili se oni nalaze u molekularnoj formi verovatno kao UO_2 u vezivnoj materiji te se mogu lako mobilisati promenom geohemijske situacije. Metalogenetski najznačajnija forma urana je u vidu sopstvenih minerala, najverovatnije tipa pehblende, koja se nalazi u cementnoj materiji nekad i u ekonomskim koncentracijama.

Cilj ovog rada su geohemijsko-statistička ispitivanja sterilnih ili siromašno mineralizovanih tvorevina II i III ritma sedimentacije, uključujući i crvene proslojke. Metalogenetski aspekt ovih ispitivanja se ogleda u oceni postojanja rudonosnih procesa dijagenetske preraspodele urana, sposobnih da daju ekonomske akumulacije urana u vidu rudnih tela.

Preračunavanje intenziteta radioaktivnosti u tačkama merenja možda nije strogo matematički egzaktno, ali bazira na proverenoj ekvivalentnosti između intenziteta parcijalne radioaktivnosti urana i njegove koncentracije u stenama i rudama (A. G. Grammakov, i dr., 1959; V. Omaljev, 1968, 1969b). Veliki broj podataka eliminiše slučajne greške, a sistematska greška može minimalno da pomeri populaciju urana levo ili desno po apscisi, ali ne može da promeni karakter i formu raspodele.

Prilikom preračunavanja radioaktivnosti u koncentracije urana vodilo se računa o tehničkim uticajima nedovoljne preciznosti instrumenata i operatora na niskim vrednostima merenja (korpuskularni karakter podataka, smanjena pažnja operatora). Međutim, ti uticaji nisu potpuno otklonjeni, te dolaze do izražaja u linearnim statističkim razmerama histograma (u logaritamskim ne dolaze do izražaja).

Potrebno je napomenuti da pojam statističke razmere nije ni u kakvoj vezi sa pojmom grafičke razmere, jer statistička razmera predstavlja univerzalnu shemu rasporeda podataka po klasama dvojnih histograma. Ove razmere st. mogu biti linearne i logaritamske (linearni ili logaritamski odnosi na apscisi).

Ova metodologija statističkih ispitivanja sa geohemijskog i metalogenetskog aspekta je u početnoj fazi, te je autor unapred zahvalan na predlozima i sugestijama u cilju unapređenja same metodologije i sa tim u vezi i terminologije statističkih pojmova.

LITOLOŠKA GRAĐA LEŽIŠTA

Klastične tvorevine sivog dela formacije gredenskih slojeva (ranije siva serija) u ležištu urana Žirovski vrh su stvarane u uslovima burne sedimentacije na kopnu. Na osnovu sedimentnih tekstura, kao i litološke građe, ove tvorevine su taložene iz tekućih voda relativno velikog rečnog sistema, koji je povremeno imao i karakter raspletene reke.

Rečna sedimentacija u rejonu rudišta Žirovski vrh se odvijala ciklično, a najveće litološke jedinice ovih ciklusa su svojevremeno nazvani makroritmovi ili kraće ritmovi sedimentacije (V. Omaljev, 1967a). Kasniji radovi su bili usmereni na izučavanje sekvenci sedimentacije u predelima rudarskh radova ležišta (T. Budkovič, i dr. 1976, 1977) i do sada nije generalno sagledana sva složenost ciklične sedimentacije klastičnih tvorevina rudišta, te ovi novi rezultati imaju lokalni karakter (T. Budkovič, 1978). Zato se u ovom radu služimo podelom na ritmove sedimentacije, kao pregledne sheme litološke građe sive subformacije gredenskih slojeva.

Siva subformacija je rudonosna i stvarana je u četiri ritma sedimentacije. Svaki ritam sedimentacije se sastoji iz dva litološka člana: *sivog* i *crvenog*. Sivi litološki član je stvaran u uslovima sedimentacije u živom rečnom koritu te je izgrađen od relativno grubozrnih tvorevina, gde psamiti preovlađuju nad psefitima, a peliti su relativno neznatno zastupljeni. Od samog početka sedimentacije pa sve do savremenog doba, sivi litološki članovi su stalno bili u uslovima redukcionog režima koji je uslovljen obiljem organske materije u vidu antracita (V. O m a l j e v, 1967a).

Crveni litološki član je stvaran u drugačijim uslovima sedimentacijom na poplavnim ravninama (V. O m a l j e v, 1979a), gde alevroliti preovlađuju nad psamitima (psefiti praktično izostaju). Poplavni sedimenti su bili dugo vremena izloženi oksidaciji te je posle razlaganja organske materije došlo do potpune oksidacije svih elemenata sa promenljivom valencijom, od kojih feri gvožđe daje crvenu boju tvorevinama.

Granica između sive i crvene subformacije se nalazi između sivog i crvenog člana IV ritma sedimentacije. Sivi član V ritma sedimentacije je veoma tanak i neregularno razvijen i nalazi se u crvenoj subformaciji.

Uranova mineralizacija se po pravilu uvek nalazi u sivim litološkim članovima svih četiri ritmova sedimentacije u sivoj subformaciji, to je tzv. „pojas mineralizacije“ (V. O m a l j e v, 1967a). Najveći intenzitet orudnjenosti je u sivim tvorevinama II i naročito III ritma sedimentacije, tako da su istražni radovi prvenstveno u njima bili locirani (V. O m a l j e v, 1973). Izdvajanje pojedinih litoloških članova u sivim slojevima su izvršena u domenu bolje istraženih delova rudišta (V. O m a l j e v, 1967b; T. B u d k o v i č, 1978).

Rudarski horizont 580 m ima najviši hipsometrijski nivo, a njime su istraživane tvorevine II i III ritma sedimentacije. Najveći stepen istraženosti je dostignut u sivom litološkom članu III ritma sedimentacije koji je bogato orudnjen, te je ovaj rudonosni nivo izdvojen kao I rudonosni paket (V. O m a l j e v, 1963), još na samom početku istraživanja.

Drugi ritam sedimentacije je istraživan potkopima Pi i P-9, odnosno bušotinama iz potkopa Pi. Treći ritam sedimentacije je istraživan smernim i prečnim hodnicima na dužini po pružanju oko 1.800 metara, a tom prilikom su samo delimično bili zahvaćeni i završni nivoi II ritma sedimentacije.

Sivi član II ritma sedimentacije je izgrađen od psefita i psamita, a u završnom delu često preovlađuju psamiti (V. O m a l j e v, 1967b), a debljina je ocenjena oko 100 do 150 metara.

Crveni član II ritma sedimentacije je pretežno izgrađen od crvenih alevrolita i sitnozrnih peščara, relativno male je debljine i neregularno je razvijen u centralnom delu ležišta.

Sivi član III ritma sedimentacije je izgrađen od psamita različite granulacije, psefiti i alevroliti su podređeni ili izostaju. Debljina mu varira od 20 do 40 metara. To je najbolje proučeni litološki član rudišta, ali je relativno ravnomernog psamitskog sastava, gde preovlađuju srednjezrni peščari. Pojedini delovi su obogaćeni sa organskom materijom, nekad u vidu antracitskih sočiva. Uranovo orudnjenje se pretežno nalazi u donjoj polovini ovog peščarskog litološkog člana, to je I rudonosni paket. Rudna tela su veoma različita po veličini i sadržaju urana, po pravilu veća rudna tela sadrže i sočiva bogate i ekstremno bogate rude urana (V. O m a l j e v, 1969a).

STATISTIČKA ISPITIVANJA RASPODELE URANA

Statistička ispitivanja fonskih koncentracija urana u klastičnim tvorevinama rudišta imaju karakter geohemijskih ispitivanja. Bitan preduslov je svakako dovoljno veliki broj podataka o koncentracijama urana u sterilnim klastičnim tvorevinama. Jasno je da bi geohemijska proučavanja velikog obima (preko 10 ili 15 hiljada podataka) zahtevala velika sredstva, koja se u konkretnim uslovima finansiranja istraživanja nikad ne bi mogla da sakupe za ovakva ispitivanja.

U toku prvih godina prospekcionih i istražnih radova sakupljeno je i analizirano znatan broj sterilnih sivih i crvenih klastita u kojima je radiometrijski određen sadržaj urana, torijuma i kalijuma. Statistička analiza ovih ispitivanja je u štampi. U ovom radu služimo se srednjim sadržajima torijuma i kalijuma za određivanje parcijalne spontane radioaktivnosti ovih elemenata.

Srednji sadržaji urana, torijuma i kalijuma za sive klastite i crvene proslojke sive subformacije, kao i za crvene tvorevine dati su u tabeli 1.

Tabela 1. — Srednji sadržaji urana, torijuma i kalijuma u gredenskim klastičnim tvorevinama Žirovskog vrha

Litološki član	N	U (ppm)	Th (ppm)	K (%)
Sivi klastiti	309	7,18	6,98	1,59
Crveni proslojci u sivoj subformaciji	29	2,93	11,01	2,58
Crvena subformacija	146	2,21	10,85	1,84
Crveni klastiti	175	2,33	10,87	1,96

METODOLOGIJA STATISTIČKOG ISPITIVANJA

Geohemijska raspodela elemenata u stenama i rudama je statistička pojava i može se posmatrati i ispitivati samo preko velikog broja informacija. Konkretni uslovi finansiranja istraživanja nisu pogodni da bi se mogla planirati i izvoditi masovna ispitivanja rasporeda elemenata preko klasičnog uzorkovanja i hemijskih ili radiometrijskih određivanja koncentracija elemenata u probama.

Zahvaljujući spontanoj radioaktivnosti urana primenjuju se metode radiometrijskog oprobavanja na bazi merenja radioaktivnosti „in situ". Tako je primenom gama karotaža perkusivnih bušotina izmerena radioaktivnost stotine hiljada „tačaka", a to su jedine i verodostojne informacije o koncentracijama urana, na osnovu kojih je izvršen proračun rezervi rude i urana u ležištu Žirovski vrh (V. O m a l j e v, 1969c, i kasnija Poročila za godine 1973—1978).

Podatke merenja radioaktivnosti u bušotinama iskoristili smo za određivanje koncentracija urana u stenama i rudama, na osnovu kriterijuma za kvantitativnu interpretaciju gama karotažnih dijagrama. Bitna razlika između stena i ruda je intenzitet radioaktivnosti, kod stena je intenzitet mali te dolazi do izražaja i parcijalna radioaktivnost od dezintegracije izotopa torijumovog niza, kao i izotopa K^{40}.

Karotaž perkusivnih bušotina izvođen je radiometrima GMT-14, čija je katodna cev u sondi 10 cm dužine, te jedna „tačka" merenja ima stvarne dimenzije 10 cm dužine, te se može smatrati za probu ove dužine. Koncentracija urana u ovoj jediničnoj probi se dobija po obrascima:

$$I_U = I - (I_{Th} + I_K)$$

$$x = \frac{I_U}{k}$$

gde je:

I — izmereni intenzitet radioaktivnosti u tački merenja,
I_U — parcijalna radioaktivnost urana,
I_{Th} — parcijalna radioaktivnost torijuma,
I_K — parcijalna radioaktivnost kalijuma,
x — koncentracija urana u jediničnoj probi (tački merenja),
k — koeficijent kvantitativne interpretacije gama karotaža.

Na taj način smo omogućili da podatke gama karotaža perkusivnih bušotina prevedemo u koncentracije urana, slično postupku kod radiometrijskog oprobavanja u tački (V. O m a l j e v, 1968, 1969b).

Svesni smo činjenice da pri ovim operacijama dolaze do izražaja mnoge greške, jer metoda bazira na proporcionalnosti parcijalne radioaktivnosti sa koncentracijom urana. Međutim, u svakom drugom postupku oprobavanja takođe dolazi do mnogobrojnih grešaka (koje se ne evidentiraju i ne uzimaju u obzir). Činjenica da se ovim postupkom dobija neuporedivo veći broj podataka-proba od bilo koje druge metode oprobavanja daje ovim informacijama statističku stabilnost, odnosno izvestan imunitet na slučajne greške. Sem toga ovi rezultati se koriste samo za statistička ispitivanja raspodele urana i ne služe za druge svrhe.

Na osnovu podataka sadržaja radioaktivnih elemenata iz tabele 1, spontana radioaktivnost torijuma i kalijuma za sive klastične sedimente iznosi oko 6 μR/h, a za crvene proslojke u sivoj subformaciji oko 9 μR/h, a ove vrednosti su bile oduzete od izmerene radioaktivnosti. Kod visokih intenziteta radioaktivnosti orudnjenja nije bilo popravki, jer su ove popravke zanemarljivo male u odnosu na veličinu radioaktivnosti.

Formiranje statističkih uzoraka za ova ispitivanja bila su selektivna u odnosu na položaj ispitivanog člana u litološkom stubu, kao i u odnosu na geohemijski režim oksidaciono-redukcionog potencijala. Formirano je 10 statističkih uzoraka, čije podatke dajemo u tabeli 2.

Tabela 2. — Lokacija i karakteristike statističkih uzoraka

Redni broj	Lokacija	Ritam sedimentacije	Geohemijska facija	Broj podataka u uzorku
1	Potkop Pi (95+110 m)	II	siva	1.330
2	Hodnici H-16 + H-14	II	siva	920
3	Hodnici H-16 + H-18	II	crvena	1.100
4	Potkop Pi	II	crvena	570
5	Hodnik H-212	II	crvena	960
6	Hodnici H-212 + H-214	III	siva	2.100
7	Hodnik H-205	III	siva	2.700
8	Hodnik H-214	III	siva	2.100
9	Hodnici od H-21 do H-201	III	crvena	2.200
10	Hodnici H-212 + H-214	III	crvena	1.620
				15.600

Broj podataka u pojedinim statističkim uzorcima veoma varira, a uvek je zadovoljen uslov minimalnosti koji je autor definisao u osnovama metodologije (više od 200 podataka u uzorku st.). Uslovno dovoljan broj podataka imaju 4 uzorka st. (više od 2.000 podataka), a to je broj kada je relativna frekvencija jednog podatka (po zapremini, odnosno po orudnjenju st.) manja od 0,1%. Za tri uzorka st. relativna frekvencija jednog podatka je manja od 0,2%, a za ostala tri je manja od 0,1% (najmanja je kod uzorka st. br. 7 0,037%).

Raspodela relativnih frekvencija orudnjenja st. (statističkog) i urana, po geološkoj slučajnoj promenljivoj x (koncentracija urana) predstavljena je dvojnim histogramima u logaritamskim, a nekad i u linearnim statističkim razmerama. Stubovima je predstavljena raspodela relativnih frekvencija orudnjenja st., a punim stubićima je predstavljena raspodela relativnih frekvencija urana.

Krive gustine raspodele nisu prikazane, ali se mogu lako zamisliti nad histogramima, tako da se lako mogu odrediti modusi. Na svakom dvojnom histogramu na apscisi su dati položaji glavnih tačaka, odnosno parametara raspodele: *medijane orudnjenja st. (M), srednjeg aritmetičkog sadržaja* ($\bar{x}$) i *medijane urana (Mx)*. Položaj srednjeg aritmetičkog sadržaja je određen po 2. teoremi (V. O m a l j e v, 1978b) kao tačka preseka krivih gustina raspodele relativnih frekvencija orudnjenja st. $f(x)$ i urana $f_X(x)$, što predstavlja novu definiciju ovog najvažnijeg statističkog parametra (koji ima primenu i u ekonomskoj geologiji).

RASPODELA URANA

Osnovne populacije urana u pojedinim litološko-geohemijskim sredinama su predstavljene statističkim uzorcima različite veličine (tabela 2). Već smo konstatovali da je broj podataka u svakom statističkom uzorku dovoljno velik da relativna frekvencija jednog podatka bude ispod 1% (manja je od 0,5%). Tipovi raspodele urana su uvek definisani u matematičkoj formi preko parametara raspodele, čije vrednosti dajemo u tabeli 3

Tabela 3. — Parametri raspodele urana za statističke uzorke

Redni broj	Statistički uzorak	Boja	N	M (ppm)	$\bar{x}$ (ppm)	Mx (ppm)
	II ritam sedimentacije					
1	Potkop Pi (95+110 m)	siva	1.330	5,0	5,41	6,0
2	Hodnici H-16 + H-14	siva	920	6,3	7,37	12,5
3	Hodnici H-16 + H-18	crvena	1.100	3,0	3,03	3,5
4	Potkop Pi	crvena	570	2,0	2,40	3,2
5	Hodnik H-212	crvena	960	2,5	2,90	3,4
	III ritam sedimentacije					
6	Hodnici H-212 + H-214	siva	2.100	17,8	19,46	19,5
7	Hodnik H-205	siva	2.700	12,5	17,82	18,0
8	Hodnik H-214	siva	2.100	11,6	13,86	15,7
9	Hodnici od H-21 do H-201	crvena	2.200	2,6	2,87	3,4
10	Hodnici H-212 + H-214	crvena	1.620	2,8	2,60	3,2
			15.600			

Raspodela urana se veoma razlikuje za pojedine statističke uzorke, prvenstveno zbog oštre razlike u oksidaciono-redukcionom potencijalu, a razlike su znatno manje u zavisnosti od položaja uzorka st. u litološkom stubu, odnosno od zavisnosti od ritma sedimentacije. Bez poznavanja varijacionog intervala ne može se zaključiti samo na osnovu parametara raspodele da li je došlo do formiranja mineralizacije (iznad 100 ppm U) ili orudnjenja urana (iznad 500 ppm U).

Evidentna je razlika u srednjem sadržaju između sivih tvorevina II i III ritma sedimentacije (na ispitivanim lokalnostima), što je svakako posledica različitih procesa u sindijagenetsko i dijagenetsko vreme formiranja i zrenja ovih sedimenata. Ove razlike će biti detaljnije analizirane.

Tvorevine II ritma sedimentacije

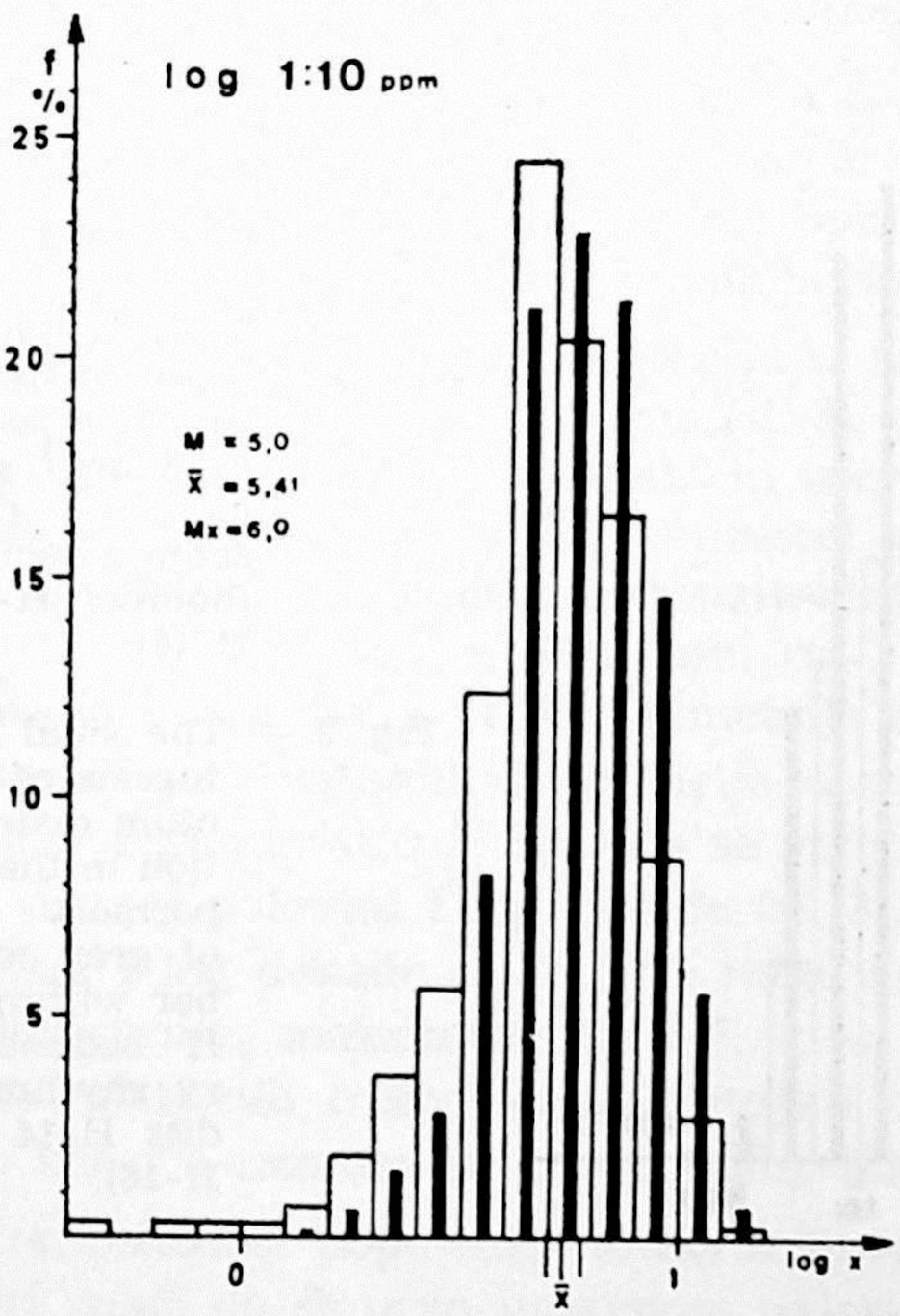
Tvorevine II ritma sedimentacije su sa litološkog aspekta najznačajnije u rudištu Žirovski vrh, jer je najveća količina materijala nataložena za vreme trajanja ovog ciklusa života rečnog sistema (u sivoj subformaciji). U to vreme je postojalo veliko centralno korito reke sa znatnom mehaničkom energijom toka, u relativno dugom geološkom vremenu. Taložili su se pretežno krupnozrniji klastični sedimenti: peščari (srednjezrni i krupnozrni) konglomeratični peščari i konglomerati (podređeno). Idući na više po litološkom stubu, energija reke opada i sve više preovlađuju psamitske granulometrijske frakcije. Povremeno rečni sistem dobija karakter raspletene reke.

Ispitivani delovi II ritma sedimentacije su bezrudni (na horizontu 580 m), ali je iz dubokih bušotina i kasnije izrađenih nižih horizonata poznato da na centralnom delu ležišta ima bogatog uranovog orudnjenja. Ovaj orudnjeni deo sivog litološkog člana II ritma nije sada ispitivan, te u ovom radu obrađujemo samo bezrudni deo tvorevina II ritma sedimentacije.

Drugi ritam sedimentacije se završava stvaranjem relativno tankog (8 do 10 metara) i povremeno neregularno razvijenog crvenog litološkog člana, izgrađenog pretežno od crvenih alevrolita i sitnozrnih peščara. Ove crvene tvorevine su stvarane na poplavnim ravninama ovoga rečnog sistema, u vreme kada se centralno rečno korito bočno pomerilo sa sadašnjeg prostora ležišta.

U centralnom delu ležišta gde se nalaze orudnjenja urana povremeno izostaje ovaj crveni poplavni član II ritma sedimentacije. Nije bilo detaljnih proučavanja da li je ovaj litološki član erodovan početkom III ritma sedimentacije kada se rečno korito opet bočno pomerilo na staro mesto. Međutim, postoji verovatnoća da se na centralnom delu ležišta poplavni pokrivač nije ni stvarao, već da je odmah nastavljena sedimentacija tvorevina III ritma, tako da su tvorevine ova dva ritma „srasle" u jedan jedinstveni II ritam sedimentacije (V. O m a l j e v, 1974b).

Raspodela urana u središnjem delu sivih konglomeratičnih tvorevina II ritma sedimentacije (uzorak st. br. 1) je levoasimetrična, tj. logaritamska. Parametri raspodele su $M=5{,}0<\bar{x}=5{,}41<Mx=6{,}0$ ppm, na varijacionom intervalu od 0,5 do 12,8 ppm U. Na ovom delu rudišta bila je izmerena povećana radioaktivnost (prilikom izrade potkopa Pi), zbog čega se pristupilo izradi bočnih hodnika i perkusivnom bušenju, ali bez pozitivnih rezultata.



Sl. 1 — Dvojni histogram raspodele urana u središnjem delu sivog člana II ritma sedimentacije (potkop Pi).

Fig. 1 — The dual histogram of uranium distribution in the central part of gray member within the II sedimentary rhythm (adit Pi).

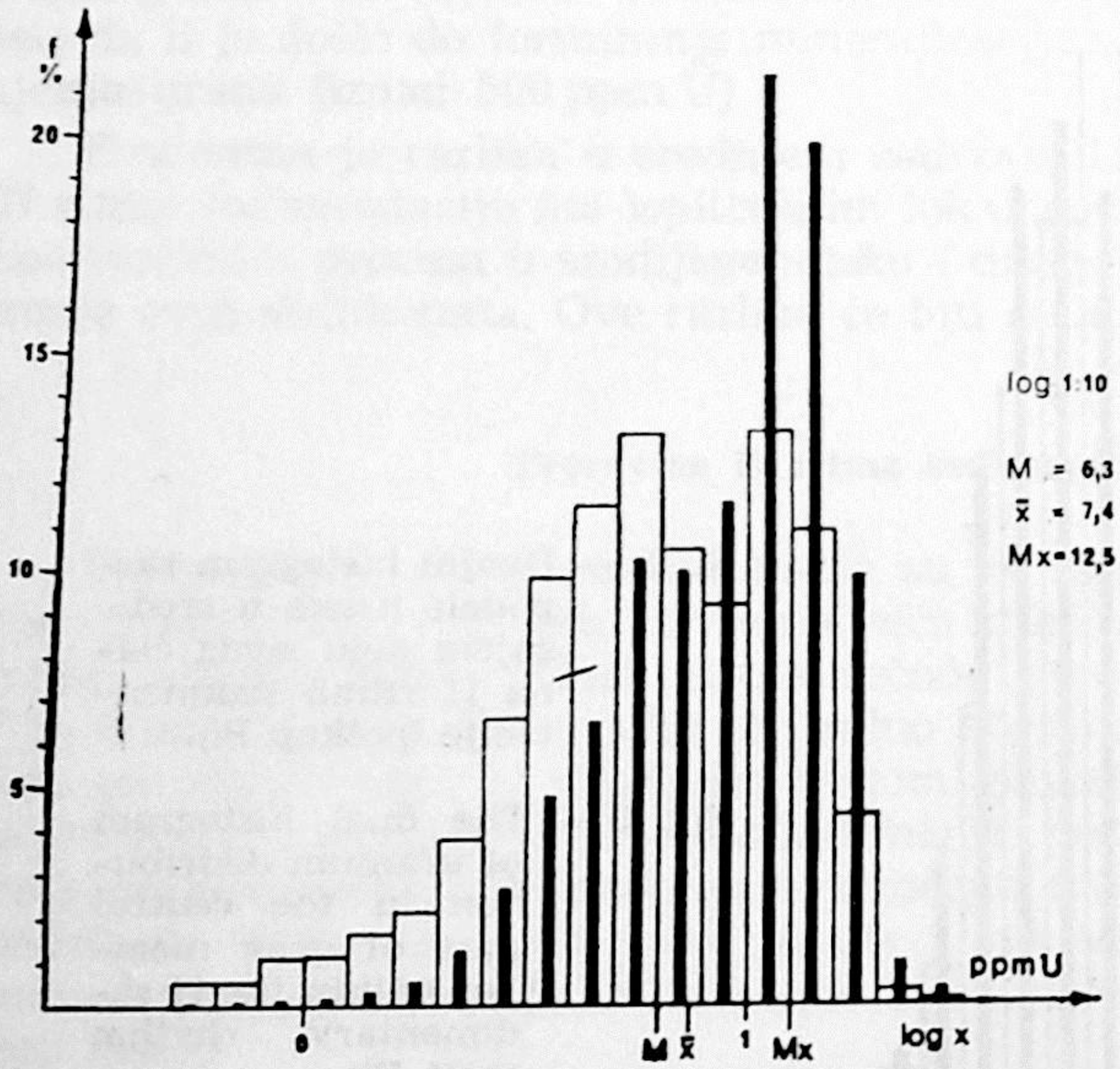
Raspodela relativnih frekvencija u statističkoj razmeri log 1 : 10 ppm (sl. 1) ima jasnu lognormalnu tendenciju, sa intenzivnim maksimumima: za orudnjenje st. u 7. klasi I log dekade sa 24,44% i za uran u 8. klasi iste

log dekade sa 22,85%. Svi parametri raspodele praktično su u maksimalnoj klasi orudnjenja st. Kriva gustine urana je zakonito pomerena u desnu stranu apscise.

Populacija urana je unimodalna i veoma kompaktna, jedino odstupaju neznatne parcijalne populacije najnižih koncentracija urana (u vidu negativnog logaritamskog repa). Ovolika kompaktnost populacije daje indicije da se sav uran nalazi u petrogenim mineralima detritusa i vezivne materije, unetim u ove tvorevine sindijagenetskim procesima za vreme sedimentacije i odmah posle nje. Nema nikakvih indicija o naknadnim procesima preraspodele urana, jer se populacija na histogramu naglo prekida pri prelazu u II log dekadu.

Srednji sadržaj urana je iznad klarka kiselih magmatskih stena, što je posledica velikog količinskog učešća urana u vezivnoj materiji. Međutim, ta količina urana u vezivu ipak nije bila dovoljna da se započnu dijagenetski procesi preraspodele urana u smislu povećanja njegovih koncentracija. Uran se u ovim tvorevinama ponašao inertno u procesima dijagenetskog zrenja sedimenata, verovatno zbog nedovoljne koncentracije mobilnog urana u vezivnoj materiji (ispod 3 ppm).

Raspodela urana statističkog uzorka br. 2 je izrazito levoasimetrična, pokorava se 2. logaritamskom zakonu (V. O m a l j e v, 1978a, 1978b), sa parametrima $M=6{,}3<\bar{x}=7{,}37<Mx=12{,}5$ ppm, na varijacionom intervalu od 0,6 do 27,3 ppm U. Ovaj statistički uzorak je uzet u povlatnom delu sivog psamita II ritma sedimentacije.



Sl. 2 — Dvojni histogram raspodele urana u završnom delu sivog člana II ritma sedimentacije (hodnici H-14 i H-16).

Fig. 2 — The dual histogram of uranium distribution in the uppermost part of gray member within the II sedimentary rhythm (adits H-14 and H-16).

Raspodela relativnih frekvencija u statističkoj razmeri log 1 : 10 ppm (sl. 2) za orudnjenje st. je jasno bimodalna, drugi modus je u stvari maksimum sa 13,5% u 1. klasi II log dekade. U istoj klasi je i maksimum relativnih frekvencija urana sa intenzitetom od 21,28%.

Postoje dve parcijalne populacije urana, siromašnija na kraju I log dekade se po položaju poklapa sa populacijom statističkog uzorka br. 1 i verovatno je slične geneze (sindijagenetske akumulacije u petrogenim mineralima detritusa i matriksa). Bogatija parcijalna populacija urana se nalazi na samom početku II log dekade i po količini urana je dominantna (sa upola manjom količinom orudnjenja st.). Uran ove populacije se nalazi u vezivnoj materiji, ali iz nekih nama nepoznatih razloga nije bio aktivan u procesima dijagenetskog zrenja sedimenata, te nije bilo preraspodele u smislu povećanih koncentracija novih parcijalnih populacija. Možemo predpostaviti da nije bila ostvarena neka kritična koncentracija mobilnog urana, ili neki drugi razlog je imobilisao uran u redukcionoj formi koju je bio zadobio u sindijagenetskim procesima odmah nakon taloženja ovih psamita.

Srednji sadržaj urana je relativno visok i nalazi se na nivou fona kiselih alkalnih diferencijata plutonskih stena i nešto je iznad srednjeg sadržaja sivih gredenskih klastita Žirovskog vrha (V. O m a l j e v, 1979b). Srednja koncentracija urana u sivim klastičnim tvorevinama je bila dovoljna da se aktiviraju rudonosni procesi preraspodele urana, ali za mali volumen ovog litološkog člana ista srednja koncentracija ili nije bila dovoljna, ili su izostali neki drugi geohemijski faktori (povremena oksidacija zbog kolebanja geohemijskih barijera) za početak procesa preraspodele urana u vidu stvaranja sopstvenih minerala. Dijagenetskog mobilnog urana u ovim tvorevinama ima blizu 5 ppm.

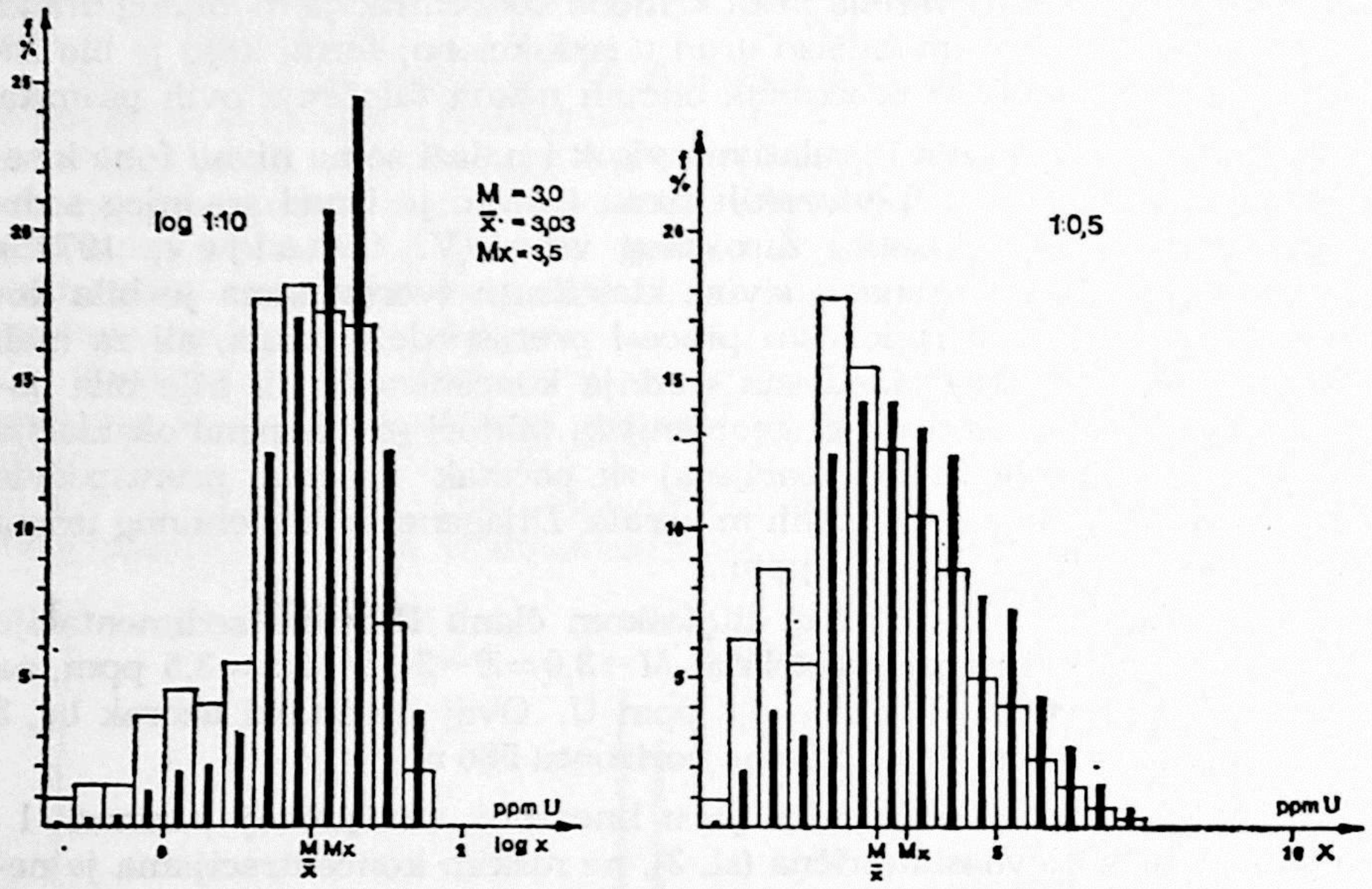
Raspodela urana u crvenom litološkom članu II ritma sedimentacije je simetrična, sudeći po parametrima: $M = 3{,}0 = \bar{x} = 3{,}03 < Mx = 3{,}5$ ppm, na varijacionom intervalu od 0,5 do 6,2 ppm U. Ovaj statistički uzorak br. 3 je uzet na jugoistočnom delu jame na horizontu 580 m.

Raspodela relativnih frekvencija u linearnoj statističkoj razmeri 1 : : 0,5 ppm je blago levoasimetrična (sl. 3), na niskim koncentracijama je neujednačena što je verovatno veštački izazvano zbog korpuskularne prirode podataka i izostaje na krupnijoj razmeri st. 1 : 1 ppm. Maksimum orudnjenja st. se nalazi u 5. klasi sa intenzitetom od 17,73%, dok za uran maksimum je u 6. klasi sa intenzitetom od 14,31% relativnih frekvencija. U krupnijoj razmeri st. 1 : 1 ppm simetrija raspodele se povećava.

Raspodela relativnih frekvencija u statističkoj razmeri log 1 : 10 ppm je veoma karakteristična. Izdvaja se veoma kompaktna parcijalna populacija u drugoj polovini I log dekade (sl. 3), sa maksimumom orudnjenja st. u 5. klasi I log dekade sa 18,18% relativnih frekvencija. Raspodela urana je heterogenija, maksimum je u 7. klasi I log dekade je intenzivniji sa 24,50% relativnih frekvencija. Postoje i siromašnije parcijalne populacije (slično kao i u razmeri st. 1 : 0,5 ppm), ali one ne igraju značajniju ulogu.

Kompaktnost populacije urana u linearnoj i logaritamskoj statističkoj razmeri znači da se uran uglavnom nalazi u relativno jedinstvenoj osnovnoj populaciji u petrogenim mineralima detritusa, nasleđen još iz primarnih izvora. Nema indicija o bilo kakvoj mobilnosti urana u dijagenetskim procesima zrenja ovih crvenih tvorevina.

Srednji sadržaj urana se nalazi između vrednosti klarka zemljine kore i sedimentnih stena, a ispod klarka kiselih magmatskih stena, a takođe nešto iznad fona crvenih proslojaka (tabela 1). Prilikom raspadanja stena izvornog područja i transporta materijala vršila se sedimentna diferencijacija, koja je uslovila srednju koncentraciju urana u ovim tvorevinama nešto ispod regionalnog fona stena izvornog područja. Prilikom sedimentacije materijala na poplavnim ravninama rečnog sistema svakako je bilo akumulirano znatno više urana, verovatno približno jednako ili više od tvorevina rečnih korita (nešto iznad klarka kiselih magmatskih stena).



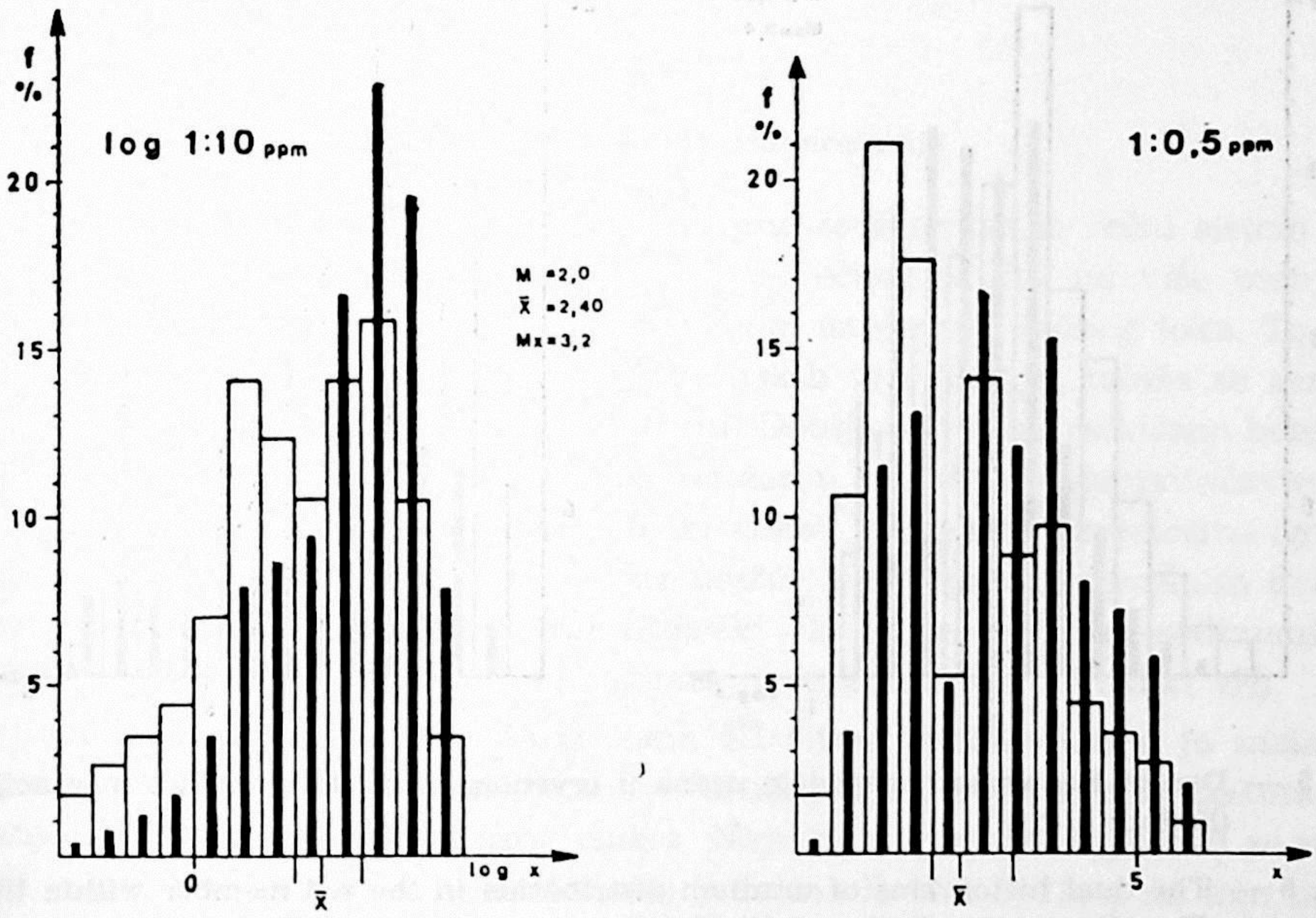
Sl. 3 — Dvojni histogrami raspodele urana u crvenom članu II ritma sedimentacije (hodnici H-16 i H-18).

Fig. 3 — The dual histograms of uranium distribution in the red member within the II sedimentary rhythm (adits H-16 and H-18).

Prilikom oksidacije poplavnih sedimenata došlo je do oksidacije i mobilisanja svog urana u matriksu, koji je prešao u rastvor i migrirao, verovatno u sive klastične sedimente (V. Omaljev, 1979a). Ostao je samo uran koji se nalazi zarobljen u mineralnim fragmentima, koji je nasleđen još iz primarnih izvora. Međutim, vrednost srednjeg sadržaja urana je viša od toga nivoa (fon urana crvene subformacije je 2,2 ppm), što je verovatno posledica izvesnog obogaćenja uranom (probe iznad 5,0 ppm U) ili produktima njegove radioaktivne dezintegracije u savremenom dobu. Ova „obogaćenja“ se nalaze samo u crvenim proslojcima sive subformacije. Moguće je da su uran ili njegovi radioaktivni potomci u neznatnoj meri migrirali u tvorevine crvenih proslojaka, verovatno iz nadizdanske zone površinskog raspadanja rudišta (utvrđena je savremena preraspodela urana — V. Omaljev, 1974c).

Raspodela urana u crvenom proslojku iz potkopa Pi (statistički uzorak br. 4) je levoasimetrična i neujednačena, te odstupa od tipa raspodele urana u crvenim tvorevinama (V. O m a l j e v, 1979b). Parametri raspodele su $M=2{,}0<\bar{x}=2{,}40<Mx=3{,}2$ ppm, na varijacionom intervalu od 0,5 do 5,6 ppm U.

Histogram raspodele u linearnoj statističkoj razmeri 1 : 0,5 ppm (sl. 4) pokazuje postojanje više parcijalnih populacija, a kriva gustine sa nekim uopštavanjima bi bila leva Razumovska (V. V. B o g a c k i j, 1963; V. O m a l j e v, 1978b). Glavni maksimum orudnjenja st. dolazi u najsiromašniju parcijalnu populaciju sa 21,05% relativnih frekvencija u 3. klasi. Maksimum relativnih frekvencija urana dolazi u 6. klasu (zajedno sa modusom orudnjenja st.) sa intenzitetom 16,51%. Minimum između ove dve parcijalne populacije nije izrazit i gubi se u krupnijoj statističkoj razmeri 1 : 1 ppm.



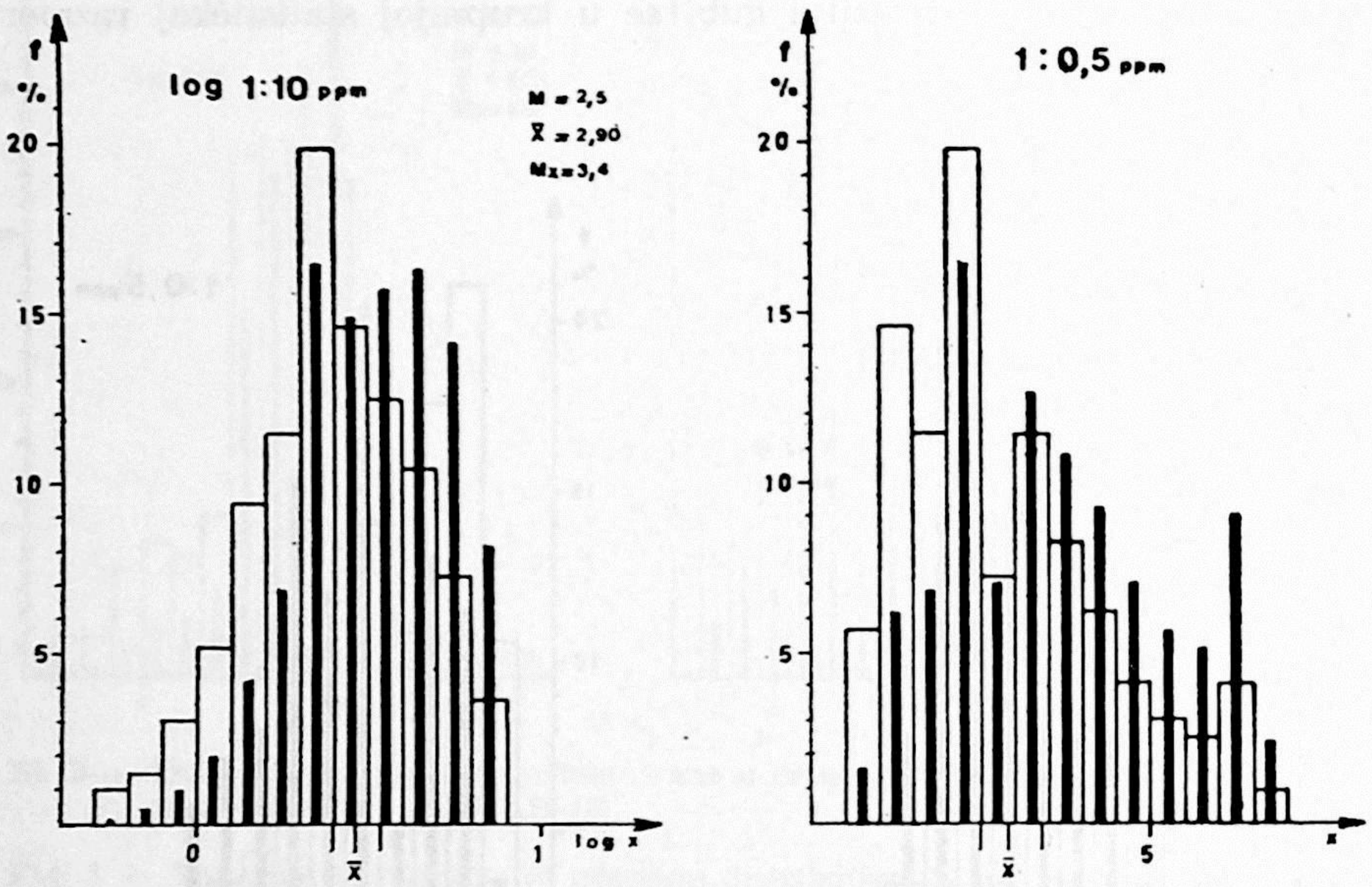
Sl. 4 — Dvojni histogrami raspodele urana u crvenom članu II ritma sedimentacije (potkop Pi).

Fig. 4 — The dual histograms of uranium distribution in the red member within the II sedimentary rhythm (adit Pi).

Raspodela relativnih frekvencija u statističkoj razmeri log 1 : 10 ppm pokazuje desnu logaritamsku asimetriju (sl. 4). Izražene su dve parcijalne populacije, a maksimumi orudnjenja st. i urana su desno pomereni i nalaze se u 6. klasi I log dekade, sa intenzitetima relativnih frekvencija: za orudnjenje st. 15.79% i za uran 22,79%.

Postojanje više modusa znači da je osnovna populacija relativno heterogena, logaritamski tip raspodele svedoči o relativno neravnomernom rasporedu urana u petrogenim mineralima, gde je zastupljen i koncentrator urana (verovatno neki akcesorni mineral).

Srednji sadržaj urana u ovom delu crvenog proslojka II ritma sedimentacije se nalazi nešto ispod klarka zemljine kore, što je blizu fona za crvene klastite Žirovskog vrha (tabela 1). Populacija urana je nešto pomerena ulevo u odnosu na uzorak st. br. 3. Verovatno i na ovom mestu postoje tragovi infiltracije urana ili njegovih potomaka u savremenom dobu.



Sl. 5 — Dvojni histogrami raspodele urana u crvenom članu II ritma sedimentacije (hodnik H-212).

Fig. 5 — The dual histograms of uranium distribution in the red member within the II sedimentary rhythm (adit H-212).

Raspodela urana u istom crvenom proslojku na severozapadnom delu horizonta 580 m (uzorak st. br. 5 iz H-212) je takođe levoasimetrična, sa parametrima $M=2{,}5<\bar{x}=2{,}90<Mx=3{,}4$ ppm, na varijacionom intervalu od 0,6 do 6,7 ppm U.

Raspodela relativnih frekvencija u statističkoj razmeri 1 : 0,5 ppm je levoasimetrična i multimodalna (sl. 5). Maksimumi orudnjenja st. i urana se nalaze u 5. klasi sa intenzitetima: za orudnjenje st. 19,79% i za uran

16,39% relativnih frekvencija. Produženje histograma u desnu stranu ima za osnovu verovatne savremene infiltracije minimalnih količina urana ili njegovih radioaktivnih potomaka.

Populacija u statističkoj razmeri log 1 : 10 ppm je kompaktna za raspodelu relativnih frekvencija orudnjenja st., sa izrazitim maksimumom u 4. klasi I log dekade sa intenzitetom 19,79% (sl. 5). Populacija samog urana je bimodalna, sa dva modusa: u 4. klasi I log dekade sa 16,39% i u 7. klasi sa 16,28% relativnih frekvencija. Ovo takođe možemo protumačiti kao uticaj izvesne kontaminacije uranom u savremenom dobu.

Srednji sadržaj urana se nalazi na nivou fona za crvene proslojke, znači između klarka zemljine kore i sedimentnih stena. Kompaktnost populacije u logaritamskoj statističkoj razmeri daje osnova interpretaciji da je ova vrednost relativno najverovatnija za crvene proslojke i svakako je posledica minimalne kontaminacije uranom.

Tvorevine III ritma sedimentacije

Za vreme stvaranja tvorevina III ritma sedimentacije rečni sistem je evoluirao u smislu degradacije centralnog rečnog korita na više manjih relativno plićih rukavaca, sa znatno manjom energijom rečnog toka. To se ogleda potpunim izostajanjem svih psefitskih granulacija, talože se samo psamiti, od kojih preovlađuju srednjezrni. Dobija se utisak relativno homogenog litološkog sastava psamita po pružanju, ali detaljnija proučavanja otkrivaju relativno heterogeniji litološki sastav, gde se u sekvencama smenjuju psamiti različite granulacije, uz učešće i alevrolita u završnim delovima sedimentnih sekvenci. Ovaj litološki član nije dovoljno sedimentološki proučen, s obzirom na njegov značaj u ležištu urana Žirovski vrh.

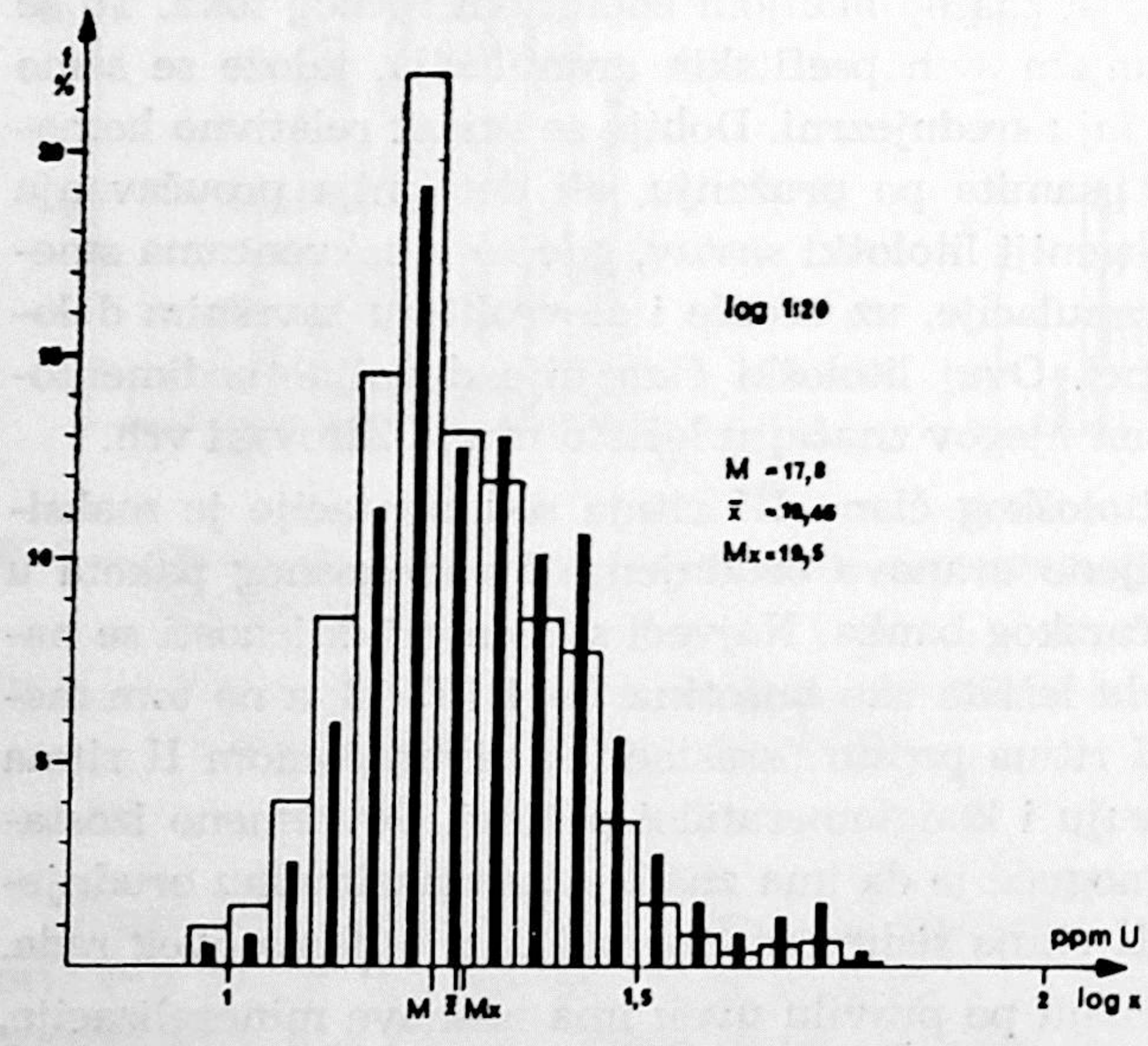
Orudnjenost sivog litološkog člana III ritma sedimentacije je maksimalna, u njemu je razvijeno uranovo orudnjenje I rudonosnog paketa u donjoj polovini ovog peščarskog banka. Najveći stepen orudnjenosti se nalazi u tzv. centralnom delu ležišta oko bušotina B-11 i B-18, a na tom mestu nekad je sivi član III ritma prosto „srastao“ sa sivim članom II ritma sedimentacije, gde učestvuju i konglomeratični peščari. Povremeno izostajanje crvenog proslojka moguće je da ima značaja za maksimalnu orudnjenost, naročito tvorevina II ritma sedimentacije, ali to nije tema ovog rada.

U ovom litološkom članu po pravilu uvek ima uranove mineralizacije, a vrlo često i orudnjenja; tako da je ispitivan samo jedan deo sterilnih sivih peščara koji odgovara I rudonosnom paketu. To je statistički uzorak br. 6 iz hodnika H-212 i H-214. Raspodela je po pravilu logaritamska, sa parametrima $M = 17{,}8 < = \bar{x} = 19{,}46 < Mx = 19{,}6$ ppm, na varijacionom intervalu od 9,3 do 58 ppm U.

Raspodela relativnih frekvencija u statističkoj log razmeri 1 : 20 ppm (sl. 6) je unimodalna, sa izrazitim maksimumima u 5. klasi II log dekade: za orudnjenje st. sa 21,90% i za uran 19,15%. Svi parametri raspodele se nalaze u ovoj maksimalnoj klasi.

Populacija urana je veoma kompaktna, a sa desne strane je asimetrična zbog postojanja pozitivnog logaritamskog repa, koji prelazi u drugu polovinu II log dekade. Relativno malo zastupljene parcijalne populacije ovog logaritamskog repa su od najvećeg značaja jer predstavljaju dijagenetske preraspodele urana u vidu sopstvenih minerala (V. O m a l j e v, 1979a, 1979b). Cela populacija je pomerena udesno i nalazi se u prvoj polovini II log dekade, sa logaritamskim repom u drugoj polovini iste log dekade.

Srednji sadržaj urana u ovom litološkom članu je veoma visok i daleko premašuje fonske vrednosti bilo koje kisele magmatske stene, a odgovara mineralizovanim i promenjenim magmatskim stenama. To nije posljedica postojanja malog logaritamskog repa, već pomenutog desnog pomeranja cele populacije. Ovo možemo interpretirati kao nedovoljno razvijenu dijagenetsku preraspodelu mobilnog urana u matriksu (kojeg je bilo preko 15 ppm), koja je počela, ali se iz nekih razloga prekinula i ostala konzervirana na ovom nivou. Ukoliko bi se preraspodela urana nastavila, logaritamski rep bi porastao (verovatno bi prešao i u III log dekadu), a kompaktna bezrudna populacija bi se levo pomerila na prelazu iz I u II log dekadu, gde joj je prirodno mesto.

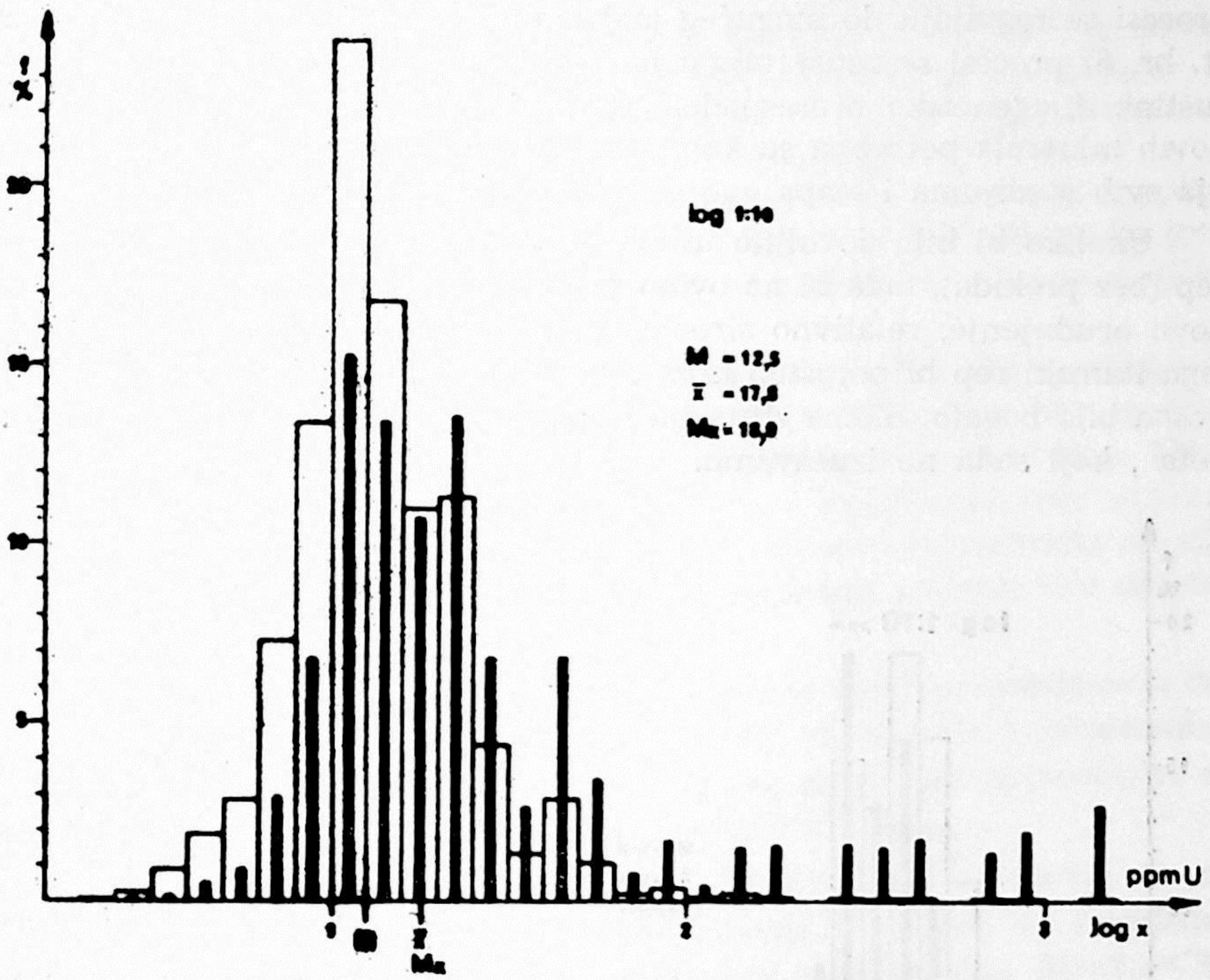


Sl. 6 — Dvojni histogram raspodele urana u sivom članu III ritma sedimentacije (sterilni deo I rudonosnog paketa u hodnicima H-212 i H-214).

Fig. 6 — The dual histogram of uranium distribution in the gray member within the III sedimentary rhythm (the sterile part of the I mineralized level in adits H-212 and H-214).

Raspodela urana mineralizovanog i slabo orudnjenog dela I paketa (uzorak st. br. 7) je izrazito logaritamska, sa parametrima raspodele $M = 12{,}5 < \bar{x} = 17{,}82 < Mx = 18{,}0$ ppm, na varijacionom intervalu od 2,5 do 1.262 ppm U (ovo je maksimalni varijacioni interval koji ispitujemo, veći ovom prilikom nisu obrađivani).

Raspodela relativnih frekvencija u statističkoj razmeri log 1 : 10 ppm (sl. 7) je praktično multimodalna i pored veoma izraženog maksimuma orudnjenja st. u 1. klasi I log dekade sa intenzitetom od 23,93% relativnih frekvencija. Multimodalnost krive gustine urana je znatno više izražena, glavni modus (maksimum) nije toliko dominantan, nalazi se u istoj klasi sa orudnjenjem st. i ima intenzitet svega 15,18% relativnih frekvencija (drugi modus je intenziteta 13,49%). Naročito je značajan dugačak logaritamski rep na kraju II, kroz celu III do na početak IV log dekade.



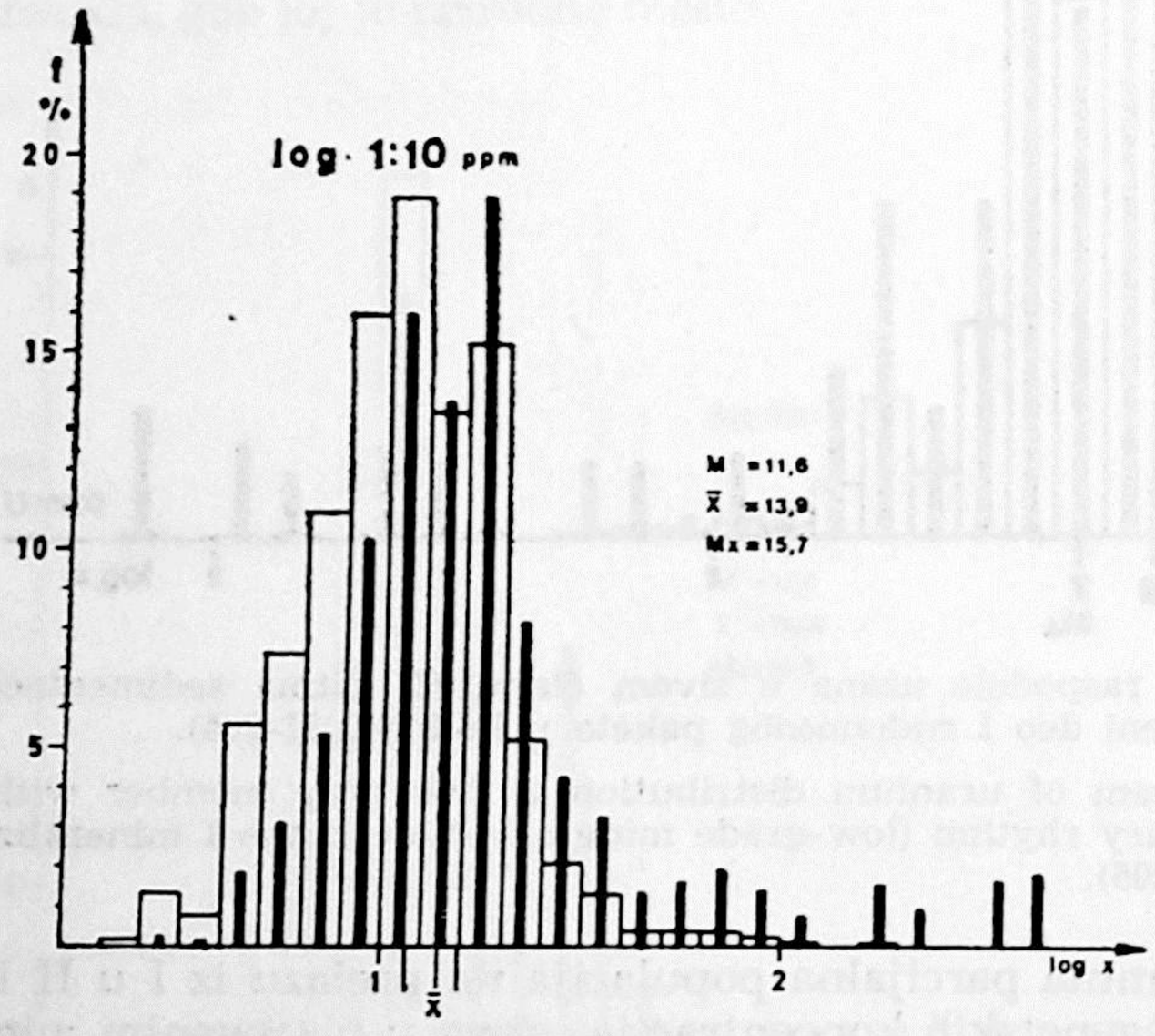
Sl. 7 — Dvojni histogram raspodele urana u sivom članu III ritma sedimentacije (siromašno orudnjeni deo I rudonosnog paketa u hodniku H-205).

Fig. 7 — The dual histogram of uranium distribution in the gray member within the III sedimentary rhythm (low-grade mineralization of the I mineralized level in adit H-205).

Kompaktna dominantna parcijalna populacija na prelazu iz I u II log dekadu dolazi od sindijagenetskih koncentracija urana u petrogenim mineralima i matriksu. Dominacija ove parcijalne populacije i u relativnim frekvencijama urana je posledica nedovoljne zastupljenosti parcijalnih populacija dijagenetskog urana iz logaritamskog repa. Zaključno sa 5. klasom II log dekade dominantna populacija ima 94,78% relativnih frekvencija orudnjenja st. sa svega 73,22% urana, a logaritamski rep u svega 5,22% orudnjenja st. ima 26,78% urana, što je ipak nedovoljno da bi se ostvarila dominacija u učešću relativnih frekvencija urana (svega 1/4). Zato je ovaj deo I paketa mineralizovan, odnosno siromašno orudnjen.

Srednji sadržaj urana je znatno viši od fona bilo koje bezrudne magmatske ili sedimentne stene. Interesantno je da je ovaj srednji sadržaj manji od uzorka st. br. 6 u kome nema ni mineralizacije urana jer nije došlo do sekundarne preraspodele. U situaciji hodnika H-205 intenziviran je dijagenetski proces preraspodele urana u vidu logaritamskog repa, do najviših mogućih vrednosti (preko 0,12% U) u zavisnosti od prisutnih količina urana. Intenzitet srednjeg sadržaja urana u oba slučaja bio je dovoljan da počnu procesi sekundarne preraspodele, u jednom slučaju (uzorak br. 7) procesi se razvijaju do mogućeg maksimuma, a u drugom slučaju (uzorak st. br. 6) procesi se zaustavljaju na početnom stadijumu. Za razumevanje suštine dijagenetske preraspodele urana kroz formiranje sopstvenih uranovih minerala potrebna su kompleksnija geohemijsko-statistička ispitivanja svih stadijuma i etapa ove sekundarne preraspodele urana.

Ukoliko bi bilo dovoljno urana razvio bi se kontinualan logaritamski rep (bez prekida), tada bi na ovom prostoru I rudonosnog paketa bilo uranovo orudnjenje, relativno siromašno. U uslovima obilja mobilnog urana logaritamski rep bi porastao kroz celu IV log dekadu i tada bi orudnjenje urana bilo bogato. Slična situacija je u drugim delovima I rudonosnog paketa , koji sada ne izučavamo.



Sl. 8 — Dvojni histogram raspodele urana u sivom članu III ritma sedimentacije (mineralizacija urana I rudonosnog paketa u hodniku H-214).

Fig. 8 — The dual histogram of uranium distribution in the gray member within the III sedimentary rhythm (low-grade mineralization of the I mineralized level in adit H-214).

Raspored urana u slabije mineralizovanom delu I rudonosnog paketa (statistički uzorak br. 8) u hodniku H-214 ima sličnosti sa predhodnim slučajem. Parametri raspodele su $M=11,6<\bar{x}=13,86<Mx=15,7$ ppm, na varijacionom intervalu od 2,5 do 530 ppm U.

Raspodela relativnih frekvencija u statističkoj razmeri log 1 : 10 ppm (sl. 8) je multimodalna. Maksimum relativnih frekvencija orudnjenja st. (sa sporednim modusom urana) se nalazi u 1. klasi II log dekade sa inten-

zitetom 18,19% (uran ima 15,90%). Maksimum relativnih frekvencija urana (sa sporednim modusom orudnjenja st. od 15,19%) je u 3. klasi II log dekade sa intenzitetom od 18,94%. Značajan logaritamski rep prelazi u III log dekadu, diskontinuiran je i nedovoljno zastupljen (verovatno nije bilo dovoljno mobilnog urana); u 1,11% orudnjenja st. ima svega 11,62% urana.

Srednji sadržaj urana je znatno viši od fona bilo kojeg diferencijata magmatskih stena, ali je istovremeno niži od srednjih sadržaja drugih statističkih uzoraka iz sivih peščara III ritma sedimentacije (tabela 3). Međutim, i ovaj intenzitet prisustva urana je bio dovoljan (preko 10 ppm mobilnog urana) da bi se procesi sekundarne preraspodele odvijali intenzivno. Položaj kompaktne parcijalne populacije sindijagenetskog urana nalazi se u istom položaju na apscisi kao i kod uzorka st. br. 7, nije toliko kompaktna jer ima dve grane kod raspodele relativnih frekvencija orudnjenja st., a naročito kod urana. Zapaža se malo levo pomeranje leve strane krive gustine orudnjenja st., što još više utiče na sniženje srednjeg sadržaja urana (procesi preraspodele su bili previše intenzivni u odnosu na stvarnu količinu prisutnog mobilnog urana).

Raspodela urana u poplavnom litološkom članu III ritma sedimentacije je složenija, jer se u njemu smenjuju crveni i sivi alevroliti i peščari. Ova smenjivanja su proučavana samo bušotinama, a na horizontu 580 m bušenje je bilo isključivo perkusivno bez jezgra (opažala se boja isplake i skupljao mulj), budući da su bušotine bile usmerene od horizonta na više. Smenjivanje slojeva različitih litološko-geohemijskih osobina nije posebno proučavano.

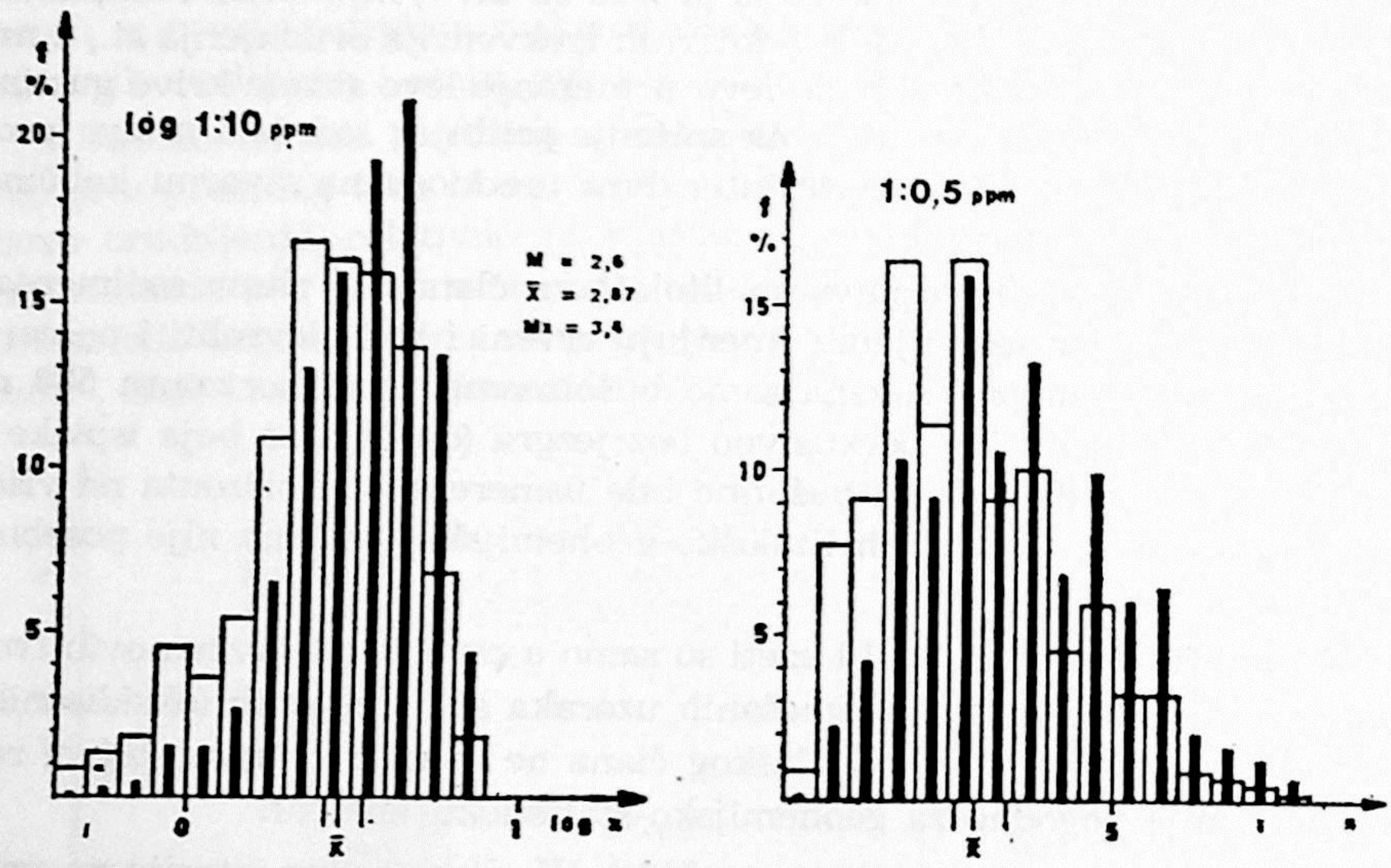
Statistički uzorci br. 9 i 10 uzeti su samo u crvenim delovima ovih tvorevina, budući da ispitivanje smešanih uzoraka st. iz crvenih (oksidisanih) i sivih (redukovanih) delova litološkog člana ne može dati upotrebljive rezultate, tj. nije pogodno za geohemijsko-statističku analizu.

Raspodelu urana u crvenom proslojku III ritma sedimentacije na prostoru hodnika H-21 do H-201 (statistički uzorak br. 9 uzet na središnjem delu horizonta 580 m) je levoasimetrična, sa parametrima $M = 2{,}6 < \bar{x} = 2{,}87 < Mx = 3{,}4$ ppm, na varijacionom intervalu 0,5 do 7,6 ppm U.

Raspodela relativnih frekvencija u linearnoj statističkoj razmeri 1 : 0,5 ppm (sl. 9) je generalno levoasimetrična, sa dvoglavim maksimumom orudnjenja st. (verovatno zbog spoljašnjeg tehničkog uticaja jer u krupnijoj razmeri postoji samo jedan maksimum) u 4. i 6. klasi sa intenzitetom 16,36%. Maksimum urana je u 6. klasi intenziteta 15,90% relativnih frekvencija. Postojanje više modusa ne ukazuje na neke posebne parcijalne populacije već na pomenute spoljne uticaje nagomilavanja podataka u pojedinim klasama. Jedino levu asimetriju izaziva parcijalna populacija koja je verovatno rezultat ranije pomenutih savremenih infiltracija, ili je u ovom slučaju moguće da se radi o nekim zaostalim reliktima zbog nepotpune oksidacije ovih poplavnih sedimenata još iz permskog vremena.

Populacija na histogramu log 1 : 10 ppm razmere st. (sl. 9) je kompaktnija na višim koncentracijama, a takođe ima jednu parcijalnu populaciju na niskim koncentracijama. Maksimumi relativnih frekvencija su: za orudnjenje st. u 4. klasi I log dekade sa intenzitetom od 16,82%, a za uran je u 7. klasi iste log dekade sa intenzitetom od 21,12% i nalazi se skoro na kraju histograma.

Srednji sadržaj urana ovog statističkog uzorka je nešto ispod fona crvenih proslojaka (tabela 1), tj. nalazi se između klarka zemljine kore i sedimentnih stena. Kompaktni deo populacije pomeren je nešto u levo tako da probe sa izuzetno visokim sadržajima urana (za crvene tvorevine) ne dolaze do izražaja u srednjem sadržaju.



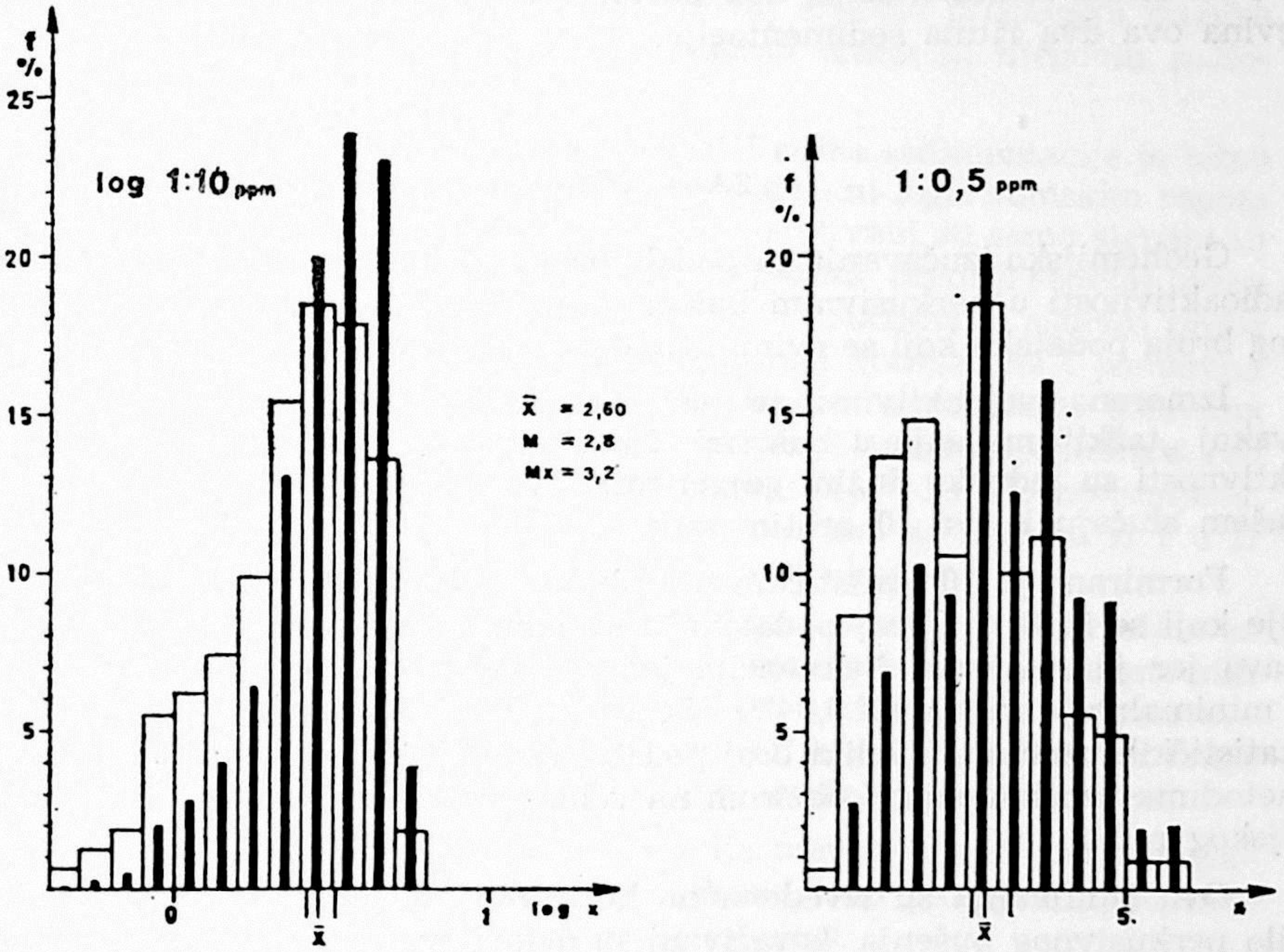
Sl. 9 — Dvojni histogrami raspodele urana u crvenom članu III ritma sedimentacije (hodnici od H-21 do H-201).

Fig. 9 — The dual histograms of uranium distribution in hte red member within the III sedimentary rhythm (adits from H-21 to H-201).

Raspodela urana u ovom crvenom proslojku na severozapadnom delu jame (hodnici H-212 i H-214, uzorak st. br. 10) je neočekivano desnoasimetrična, pokorava se 3. zakonu sa parametrima raspodele $\bar{x}=2,60<M=2,8<Mx=3,2$ ppm, na varijacionom intervalu 0,5 do 5,6 ppm U. U dosadašnjim ispitivanjima raspodele urana u gredenskim slojevima nismo imali slučaj desne asimetrije.

Raspodela relativnih frekvencija u statističkoj linearnoj razmeri 1 : 0,5 ppm (sl. 10) je veoma neujednačena, što je verovatno odraz nekih faktora rasporeda urana u prostoru. Maksimalni intenziteti se poklapaju za orudnjenje st. i za uran i nalaze se u 6. klasi sa 18,52% relativnih frekvencija orudnjenja st. i za uran 19,95%.

Histogram u statističkoj razmeri log 1 : 10 ppm pokazuje veoma veliku desnu asimetriju, tako da sa desne strane izgleda kao prekinut (otsečen). Intenzitet relativnih frekvencija orudnjenja st. postepeno rastu do maksimuma u 5. klasi I log dekade od 18,52% (u sledećoj klasi je 17,90%) i tada naglo pada. Relativne frekvencije urana (sl. 10) postepeno rastu na niskim vrednostima da bi u oblasti maksimuma naglo rasle do 23,89% u 6. klasi I log dekade (prethodna klasa ima 19,95% i naredna klasa 22,99%), da bi intenzitet naglo pao u poslednjoj klasi na svega 3,89%.



Sl. 10 — Dvojni histogrami raspodele urana u crvenom članu III ritma sedimentacije (hodnici H-212 i H-214).

Fig. 10 — The dual histograms of uranium distribution in the red member within the III sedimentary rhythm (adits H-212 and H-214).

Po literaturnim podacima za desnoasimetrične raspodele karakteristično je prisustvo koncentratora elementa (T o l s t o j, i dr., 1963, 1965), što je ovde teško primenljivo. Najznačajniji koncentratori urana su njegovi sopstveni minerali, ali je poznato da prisustvo pehblende u sivim tvorevinama izaziva levu logaritamsku asimetriju. Moguće je da u ovom prostoru crvenog poplavnog litološkog člana III ritma sedimentacije su prisutni neki akcesorni minerali u većoj količini te da oni izazivaju ovu desnu asimetriju. Savremene infiltracije urana i njegovih potomaka u vidu neznatnih kontaminacija doveli bi do viših sadržaja nekih proba, što bi dovelo obavezno do simetrične i levosimetrične raspodele.

Srednji sadržaj urana u ovom uzorku st. je nešto iznad klarka zemljine kore, niži je od fona crvenih proslojaka, ali nije najniži od ispitivanih uzoraka st. iz crvenih tvorevina (tabela 3). Položaj kompaktnog dela populacije urana je na najverovatnijem mestu na apscisi, jedino je desno asimetričnog oblika. Predpostavljamo da se radi o slučajnosti i da desna asimetrija nije karakteristika crvenih tvorevina III ritma sedimentacije.

Sem ove neočekivane anomalije u raspodeli urana, inače ne postoji neka uočljiva razlika u raspodeli urana između crvenih litoloških članova II i III ritma sedimentacije, dok postoji znatna razlika između sivih tvorevina ova dva ritma sedimentacije.

ZAKLJUČAK

Geohemijska izučavanja raspodele urana na osnovu podataka izmerene radioaktivnosti u perkusivnim bušotinama je uspešna, naročito zbog velikog broja podataka koji se ovim načinom mogu dobiti.

Izmerena radioaktivnost se može preračunati u koncentracije urana u svakoj „tački" merenja u bušotini. Dimenzije ovih tačaka merenja radioaktivnosti su jednake dužini gajger-milerove cevi u sondi radiometara i u našem slučaju iznosi 10 centimetara.

Formirano je 10 statističkih uzoraka, po 5 iz svakog ritma sedimentacije koji se ispituje. Broj podataka u svakom statističkom uzorku zadovoljava jer je relativna frekvencija jednog podatka uvek manja od 0,2%, a minimalna je manja od 0,04%. Ukupno je bilo 15.600 podataka u svih 10 statističkih uzoraka. Ovoliki broj podataka nebi bilo moguće dobiti drugim metodima uzorkovanja, s obzirom na velike troškove terenskog i laboratorijskog rada.

Ova ispitivanja su izvedena na horizontu 580 m na mestima gde je bilo perkusivnog bušenja. Istraživani su delovi tvorevina II i III ritma sedimentacije, a pri tome su izbegnuti orudnjeni delovi I rudonosnog paketa.

Raspodela urana u ispitanim delovima sivog litološkog člana II ritma sedimentacije je uvek levoasimetrična, tj. logaritamska. Populacija urana je relativno kompaktna bez izraženog logaritamskog repa. Populacija urana ima tendenciju pomeranja u desno idući naviše po litološkom stubu stvaranjem bogatije parcijalne populacije na početku II log dekade, koja verovatno sva potiče iz relativno mobilnog urana u vezivnoj materiji. Siromašnija parcijalna populacija, koja dominira po količini relativnih frekvencija orudnjenja st. pripada sindijagenetskim akumulacijama urana stvaranim za vreme sedimentcije i neposredno posle sedimentacije.

Srednji sadržaji urana u sivim klastičnim tvorevinama II ritma sedimentacije su na nivou klarka alkalnih diferencijata magmatskih stena. Intenzitet sadržaja verovatno nije bio dovoljan za početak dijagenetskih procesa preraspodele urana u formi sopstvenih minerala tipa pehblende, jer u ovim tvorevinama ima do 5 ppm mobilnog urana u vezivnoj materiji.

Raspodela urana u crvenom proslojku II ritma sedimentacije je simetrična ili levoasimetrična, što je u izvesnom smislu odstupanje od modela raspodele. Sav uran se uglavnom nalazi u kompaktnoj populaciji, što znači da je on u petrogenim mineralima detritusa nasleđen još iz primarnih izvora. Prilikom procesa oksidacije izlužio se sav mobilni uran iz matriksa, a zaostao je samo onaj zarobljen u mineralnim zrnima detritusa. Srednji sadržaji urana u ovim crvenim tvorevinama su uglavnom na nivou klarka zemljine kore ili nešto više približavajući se klarku sedimentnih stena. Predpostavljamo da je povećan srednji sadržaj crvenih proslojaka izazvan savremenim infiltracijama minimalnih količina urana ili njegovih radioaktivnih potomaka.

Raspodela urana u sivim tvoreviinama III ritma sedimentacije je bitno drugačija, uvek je izrazito logaritamska sa izraženim logaritamskim repom koga čine mlađe parcijalne populacije urana. Ispitivani su samo sterilni ili siromašno mineralizovani delovi I rudonosnog paketa. Srednji sadržaj urana bio je najviši u sterilnom sivom peščaru gde je maksimalni sadržaj probe bio svega 58 ppm urana. Populacija urana je bila kompaktna i pomerena udesno, sa malim logaritamskim repom. U drugim statističkim uzorcima gde je bilo mineralizacije ili siromašnog orudnjenja urana logaritamski rep je veoma produžen, ali njegove parcijalne populacije su malo zastupljene. Kompaktna sindijagenetska populacija se tada nalazi na prelazu iz I u II log dekadu i pomerene su ulevo u odnosu na uzorak st. br. 6.

Količina mobilnog urana u ovim tvorevinama je uvek bila dovoljna za početak dijagenetskih preraspodela urana u smislu stvaranja sopstvenih uranovih minerala. Intenzitet toga procesa je bio različit, nekad je zaustavljen u početnoj fazi iz nama nepoznatih razloga, a nekad je išao do kraja u zavisnosti od srednje koncentracije (količine) urana u matičnoj steni.

Postojanje logaritamskog repa predstavlja metalogenetski aspekt statističke raspodele urana kroz formiranje sekundarnih parcijalnih populacija urana koje mogu biti od ekonomskog interesa.

Na osnovu raspoloživih podataka preliminarno zaključujemo da je potrebno više od 5 ppm mobilnog urana da bi sekundarni procesi dijagenetske preraspodele urana uopšte počeli. Intenzitet ovih rudonosnih procesa je u direktnoj zavisnosti od količine prisutnog urana, ali da bi se proces orudnjavanja odvijao potrebni su pogodni geohemijski uslovi cikličnog smenjivanja oksidaciono-redukcionog potencijala uz stalni priliv sve novih količina mobilnog urana.

Raspodela urana u crvenom proslojku III ritma sedimentacije je složenija, povremeno je levo ili desno asimetrična, što odstupa od modela raspodele, koja je najčešće uslovno simetrična. U ovim tvorevinama je svakako prisutan koncentrator urana, ali u vidu petrogenog minerala, verovatno akcesornog. Takođe ima indicija o prisustvu izvesne kontaminacije uranom u savremenom dobu (ovaj proces nije u vezi sa pomenutim petrogenim koncentratorima urana).

(Primljeno 14. IX 1979.)

LITERATURA

1. Bogackij, V. V., 1963: Matematičeskij analiz razvedočnoj seti. Gosgeoltehizdat. Moskva.
2. Budkovič, T., 1978: Litološka kontrola uranovega orudenja na obzorju 530 m v rudišču Žirovski vrh. Rudarsko-metalurški zbornik, št. 1. Ljubljana.
3. Budkovič, T., Dimkovski, T., Dolenec, T., Florjančič, A. P., Jamšek, Z., Jurančič, J., Lukacs, E., Pečnik, M., in Todorovič, R., 1976: Poročilo o rudarsko-geoloških raziskavah ležišča urana Žirovski vrh v letu 1975 — I del. Arhiv Geološkega zavoda Ljubljana. Ljubljana.
4. Budkovič, T., Dimkovski, T., Dolenec, T., Florjančič, A. P., Pečnik, M. in Skaberne, D., 1977: Poročilo o geološko-rudarskih raziskavah ležišča urana Žirovski vrh v letu 1976. Arhiv Geološkega zavoda Ljubljana. Ljubljana.
5. Evseeva, L. S., Pereljman, A. I. i Ivanov, K. E., 1974: Geohemija urana v zone gipergeneza. Atomizdat. Moskva.
6. Grammakov, A. G., Šaškin, V. L. i Širjajeva, M. B., 1959: Rukovodstvo po gamma-oprobovaniju radioaktivnih rud v estestvennom zaleganii. Atomizdat. Moskva.
7. Leonova, L. L. i Pogiblova, L. S., 1961a: Uran u mineralah porod intrizii gor Kzil-Ompul (Sev. Kirgizija). Geohimija, № 10. Moskva.
8. Leonova L. L., Gavrilin, R. D. i Bagraev, V. V., 1961b: Povedenie urana i torija v intruzivnom komplekse povišennoj ščeločnosti (na primere massiv Kzil-Ompul). Geohimija, № 12. Moskva.
9. Omaljev, V., 1963: Perspektivnost pojava uranove mineralizacije na Žirovvrhu na bazi dosadašnjih prospekciono-istražnih radova. Fond stručne dokumentacije Geoinstituta. Beograd.
10. Omaljev, V., 1967a: Razvoj gredenskih slojeva i uranove mineralizacije u ležištu urana Žirovski vrh. Radovi IGRI, sv. 3. Beograd.
11. Omaljev, V., 1967b: Korelacija slojeva u ležištu urana Žirovski vrh. Radovi IGRI, sv. 3. Beograd.
12. Omaljev, V., 1968: Primena nove metode radiometrijskog oprobavanja u tački. Rudarsko-metalurški zbornik, št. 4. Ljubljana.
13. Omaljev, V., 1969a: Ekspoatacijsko raziskovanje v uranovem rudištu Žirovski vrh. Geologija 12. Ljubljana.
14. Omaljev, V., 1969b: A New Method of Radiometric spot sampling. Mining and Metallurgy Quaterly, Nolit. Beograd.
15. Omaljev, V., 1969c: Istraživanje ležišta urana Žirovski vrh u 1968. godini. Fond stručne dokumentacije Geoinstituta. Beograd.
16. Omaljev, V, 1971: Prospekcija radioaktivnih kamenin v Sloveniji. Geologija 14. Ljubljana.
17. Omaljev, V., 1973: Izbor lokacija istražnih horizonata na ležištu urana Žirovski vrh. Radovi IGRI, sv. 8. Beograd.
18. Omaljev, V., 1974a: Istraženost i metodologija proračuna rezervi ležišta urana Žirovski vrh. Radovi IGRI, sv. 9. Beograd.
19. Omaljev, V., 1974b: Ležište urana Žirovski vrh. 8 jugoslovenski geološki kongres na Bledu 1974. Ljubljana, 1976.
20. Omaljev, V., 1974c: Ispitivanje uslova primene i kontrole radiometrijskih metoda oprobavanja u ležištu urana Žirovski vrh. Tehnika, RGM, br. 9. Beograd.
21. Omaljev, V., 1977a: Geostatistički prikaz rudnog tela pomoću dvojnog histograma. Tehnika, RGM, br. 10. Beograd.
22. Omaljev, V., 1977b: Geostatističko ispitivanje rudnog tela V-1 u ležištu urana Žirovski vrh. Radovi IGRI, sv. 11. Beograd.
23. Omaljev, V., 1978a: Karakteristike krive raspodele frekvencija korisne komponente u orudnjenju. Tehnika, RGM, br. 10. Beograd.
24. Omaljev, V., 1978b: Teorijska osnova nove metodologije ispitivanja rasporeda korisnih komponenti u prirodnoj sredini. Radovi Geoinstituta, sv. 12. Beograd.

25. Omaljev, V., 1979a: Metalogenetske karakteristike uranskog rudišta Žirovski vrh. Doktorska disertacija. Rudarsko-geološki fakultet, Beograd.

26. Omaljev, V., 1979b: Studija raspodele urana, torijuma i kalijuma u gredenskim slojevima Žirovskog vrha. Arhiv Geološkog zavoda Ljubljana. Beograd.

27. Omaljev, V., 1979c: Raspodela urana, torijuma i kalijuma u gredenskim slojevima Žirovskog vrha. Radovi Geoinstituta, sv. 13. Beograd.

28. Protić, M. i Gojković, S., 1965: Odnos Th/U u klastičnim stenama kao indikator geohemijskih facija. I simpozijum iz Geohemije. Beograd.

29. Ristić, M. i Markov, C., 1971: Mineraloško-geohemijske odlike sredine taloženja, indikatori orudnjenja i način postanka ležišta urana Žirovski vrh u SR Sloveniji. Radovi IGRI, sv. 7. Beograd.

30. Tolstoj, M. I. i Ostafijčuk, I. M., 1963: Nekatorie zakonomernosti statističeskogo raspredelenija himičeskih elementov v gornih porodah i ih ispoljzovanie dlja geohimičeskoj celej. Geohimija, № 10. Moskva.

31. Tolstoj, M. I., Ostafijčuk, I. M., i Gudimenko, L. M., 1965: K voprosu o tipah krivih statističeskogo raspredelenija himičeskih elementov v gornih porodah i sposobah rasčeta ih parametrov. Geohimija, № 11. Moskva.

32. Vinogradov, A. P., 1962: Srednie soderžanija himičeskih elementov v glavnih tipah izverženih gornih porod zemnoj kori. Geohimija, № 7. Moskva.

33. Vojtkevič, G. V., Mirošnikov, A. E., Povarennih, A. S. i Prohorov, V. G., 1977: Kratkij spravočnik po geohimiji. Izdat. „Nedra", Moskva.

Summary

DISTRIBUTION OF URANIUM IN CLASTIC DEPOSITS OF SECOND AND THIRD RHYTHM OF SEDIMENTATION IN ŽIROVSKI VRH URANIUM DEPOSIT

by

Veljko Omaljev

In order to investigate the uranium background concentrations in the clastic sediments in Žirovski vrh uranium deposit, a geochemical and statistical study of uranium distribution within the second and third rhythmes of sedimentation were made; these two rhythmes contain the most important ore bodies within this deposit.

All data were obtained by the gamma-ray logging of percussion drill-holes. These investigations were made for 580 m level only, as this level was covered by the percussion drilling from the adits. This study includes only the sterile and weakly mineralized parts of this deposit; zones with the ore-grade mineralization were excluded, in order to avoid the eventual interference in results of geochemical distribution. However, stattistical features of the ore bodies are covered in a separate paper (V. Omaljev, 1977a, 1977b).

Total of 10 statistical samples were formed, i.e., 5 samples for each investigated rhythm of sedimentation. Due to the fact that total of 15,600 data were included in this analysis, each statistical sample contains a large number of data; the relative frequency of one datum is always less than 0.2%, and the minimum is less than 0.04%. Such large number of data, obtained by gamma-ray logging, was difficult to obtain by any other method.

All statistical analyses were conducted by a method developed by the author of this paper (V. Omaljev, 1978a, 1978b), and the uranium distributions were defined by one of the three laws of distribution.

The uranium distribution in the gray lithological member of the second sedimentary rhythm is always left-asymmetrical (logarithmic), according to the second law of distribution. The uranium population is relatively compact, with a tendency of right-wise shifting in upwards direction of lithological column, by formation of a partial population at the beginning of the second logarithmic decade. The basic uranium population belongs to syngenetic accumulations formed during the sedimentation and in the early diagenesis; here the process of creation of new, higher-grade uranium population, has not acted.

The average uranium concentrations in these deposits have remained at the average background for alkaline differentiates of magmatic rocks; such concentrations were apparently inadequate to start the diagenetic processes of uranium redistribution and formation of ore-grade mineralizations.

The uranium distribution in the red interbeds within the second rhythm of sedimentation is symmetrical or left-asymmetrical, which in some way represents the deviation from the model distribution. All uranium is within a compact population, which indicates its location inside the petrogene minerals inhrited from the primary sources. The average uranium concentration is generally at the level of mean background of Earth's crust, or slightly higher, approaching this of sedimentary rocks. The author believes that this approachment has been caused by the present infiltration of minute amounts of uranium or its daughters.

The uranium distribution within the gray sandstones of the third rhythm of sedimentation is completely different, and featured always by the characteristic logarithmic „tail" formed by the younger and richer partial uranium populations. The average uranium concentrations are the highest in the sterile gray sandstone, being lower in its mineralized portions, but always over 10 ppm. The amounts of mobile uranium within the gray sandstone were always adequate to start the diagenetic radistribution and formation of uranium minerals. The intensity of this process varied; at some places, due to some unknown reasons, it has terminated in the initial phase; at other places, it has proceded up to the formation of individual minerals, depending on the amounts of accumulated uranium.

The existence of logarithmic „tail", in metallogenetic sense, represents statistically the indication of formation of economic concentrations.

The analyzed data point out to a prelimiinary conclusion that these sediments need at least 5 ppm of mobile uranium to initiate the process of diagenetic redistribution; the intensity of this process depends on the amounts of accumulated (or introduced) uranium.

Distribution of uranium within the red interbed in the third rhythm of sedimentation is more complex and locally left- or right-assymmetric, which represents a deviation from distribution in red sediments. This is probably caused by some accessory concentrator of uranium, but a recent contamination by uranium is also possible.

(Received 14. IX 1979)

R A D O V I Geoinstituta, knjiga 13., god. 1979.
Beograd, Rovinjska ul. 12.

Stevan Divljan

UDK 552.3 (497.11)

NEKE PETROLOŠKE, MINERALOŠKE I GEOHRONOLOŠKE KARAKTERISTIKE GRANITOIDNIH STENA MALOG JASTREBCA (CENTRALNA SRBIJA)

(sa 6 slika)

U okviru projekta „Istraživanje provincija minera retkih metala u nekim granitoidnim masivima SR Srbije“ u toku 1974. god. vršena su terenska i laboratorijska ispitivanja granitoidnih i dela okolnim metamorfnih stena planine Mali Jastrebac, kao i dela pegmatitonosnog područja kristalastog kompleksa Pasjače i Vidovače planine. Ova prostorno bliska područja nalaze se približno u centralnim delovima SR Srbije i ulaze u sastav regionalne geostrukturne jedinice Srpsko-makedonske mase, predstavljajući južni nastavak Juhorsko—stalaćkog kristalastog kompleksa od koga su razdvojena delom kruševačkog tercijarnog basena i doline Južne Morave.

U terenskom ispitivanju koje se pored terenskih promatranja i prospekcije sastojalo u pretežno mrežnom oprobovanju stenskih masa, sa posebnim uzimanjem većih proba (20 do 500 kg) petrogenetski značajnijih tipova, pored autora učestvovali su i geolozi Cvetko Markov i Stanojlo Cvetić, ispirač S. Đorđević i geološki tehničar S. Nedeljković. Od laboratorijskih ispitivanja petrografske analize izvršio je S. Divljan, mineraloške analize (metoda veštačkog šliha) — C. Markov, semikvantitativne spektralne analize Stana Maksimović i Milorad Arsenijević, dipl. ing. geolozi, hemijske analize alkalija i fluora Gordana Martinović i Zvonko Červenjak, dipl. hemičari Geoinstituta i dr.

Pregled dosadašnjih istraživanja. Podaci ranijih istraživanja su dosta oskudni i svode se bitno na rezultate petrografskih i novijih petrohemijskih ispitivanja. Prve publikovane parcijalne podatke o petrografskoj građi Malog Jastrebca nalazimo kod J. Žujovića (lit. 1). S. Urošević je izvršio prva sistematičnija petrografsko-geološka izučavanja i petrografsko kartiranje (1 : 100.000) Velikog i Malog Jastrebca (lit. 1) i na području poslednjeg izdvojio različite metamorfite, pretežno liskunske gnajseve pravca pružanja folijacije pretežno SSZ—JJI sa padom u istočno polje, sa manjom masom porfiroblastičnih („klupčastih“) liskunskih gnajseva na obodnom području prema Vel. Jastrepcu, kao i brojna manja sočivasta tela amfibolskih škriljaca uložena u liskunske gnajseve paralelno folijaciji i najzad tri manje mase granitoidnih stena, takođe izdužene u pravcu SSZ—JJI, na južnim padinama planine (područje sela Krajkovca). Već iz petrografskih opisa S. Uroševića pada u oči da su i gnajsne stene ovog područja relativno bogate sa oba liskuna, da su česte pojave „epigenije biotita u muskovit“, da se na dosta mesta zapažaju turmalin i sporadično granat, da su pojave kornita sasvim retke i netipične i na neposrednim kontaktima sa granitoidnim masicama — što nam odmah ukazuje na regionalno rasprostranjenje alkalno-metasomatskih i u manjoj meri pneumatolitskih procesa.

[1] Geoinstitut, Beograd.

Najnovije petrografske i petrohemijske podatke o području Malog Jastrepca nalazimo u radu A. Kostića, V. Simića i R. Antić (lit. 8) u kome su dati bitno rezultati ispitivanja do sada malo poznatih granitoidnih stena ovog područja. Na osnovu rezultata svojih ispitivanja autori izdvajaju dve vremenski bliske faze intruzija od kojih je prva predstavljena srednje- i sitnozrnim granit-monconitima koji pokazuju tendenciju prelaza u granodiorit sa biotitom, pri čemu je sitnozrni varijetet neznatno prethodio srednjezrnom. Druga faza granitoidnog magmatizma predstavljena je leukokratnim granitmonconitom sa turmalinom i malo muskovita i zastupljena je sasvim podređeno u vidu omanjeg sočiva u kristalastim škriljcima. Jedan od najvažnijih zaključaka autora je da „posle utiskivanja granitoida, zaostali postmagmatski rastvori iz kojih je iskristalisao granitmonconit sa turmalinom, izvršili su autometamorfne promene najvećim delom u granitmonconitu i manjim delom u kristalastom omotaču. Autometamorfne promene su manifestovane mikroklinizacijom ortoklasa, sosiritizacijom plagioklasa, stvaranjem korone granata oko biotita reakcijom sa plagioklasom . . . , depozicijom turmalina, obezbojavanjem biotita na granici sa turmalinskim kristalima i stvaranjem žilica izgrađenih od kvarca i albita".

Za geološku starost granitoidnih pa i metamorfnih stena ovog područja ima za sada veoma malo preciznijih podataka. K. Petković (lit. 3) u svom opštem prikazu magmatizma i tektonike šireg područja planinskih masiva Velikog i Malog Jastrepca vezao je granitoidne stene najvećim delom za paleozoik odn. za završnu fazu Hercinske orogeneze, „kao prateće intruzije pokreta salske i pfalske faze", pri čemu dozvoljava mogućnost da „lokalne pojave malih dimenzija izvesnih granita (monconitskog tipa) i njihovih žičnih predstavnika (aplita i pegmatita)" predstavljaju intruzije vršene u toku mezozoika ili još docnije. Iako autor ne navodi lokalnost pretpostavljamo da je pod ovim mislio na male granitoidne intruzije područja Malog Jastrepca. K. Petković takođe stoji čvrsto na stanovištu da su sočivaste mase okcastih gnajseva sa područja zapadnog oboda masiva M. Jastrepca „jedini sigurni predstavnici ortoserija prekambrijske starosti u celom Jastrebačkom planinskom masivu". Prema našim preliminarnim podacima pomenuti okcasti ortognajsevi gotovo su potpuno identični sa okcastim gnajsevima područja Stalaćkih brda i Juhora i nalaze se direktno u njihovom JJI produžetku. Geohronološka ispitivanja G. Deleona i saradnika (lit. 12) utvrdila su njihovu prekambrijsku starost i najverovatnije polifaznost metamorfno-metasomatskih promena.

REZULTATI NAŠIH ISPITIVANJA

U toku terenskih istraživanja s obzirom na materijalna sredstva koja su nam stajala na raspoloženju nije vršena nikakva reambulacija postojećih oskudnih geoloških karata i skica, niti posebno izdvajanje malih masa granitoida, već se težilo da se sve postojeće na dosadašnjim kartama i eventualne nove pronađu i što bolje oprobuju. Terenskim rekognosciranjem i prospekcijom utvrđeno je da postoji desetak otkrivenih na površini masica od kojih najveće dostižu do blizu 1 km po dužoj osi, a najmanje i ispod 10 m. Terenska promatranja takođe su indicirala da se obodni gnajsevi karakte-

rišu pojačanim stupnjem kristaliniteta i granitizacionih promena bez pojava postupnih prelaza u granitoide. Takođe su u okolnim liskunskim gnajsevima i drugim metamorfitima zapažene brojne uglavnom tanke aplitoidne žice, delom takođe škriljave teksture, dok su pegmatitske tvorevine izvanredno retke i malih dimenzija što je posebno interesantno imajući u vidu relativno bliski visokometamorfni kompleks Pasjače—Vidovače koji počinje svega desetak kilometara južnije, predstavljajući južni nastavak ovog dela Srpsko-makedonske mase u celini.

A. *Rezultati petroloških ispitivanja.* — Ova ispitivanja bila su usmerena na granitoidne stene pri čemu se pretežno nije mogao primeniti sistem mrežnog oprobovanja s obzirom na nepostojanje bilo kakve preciznije geološke karte, kao i na nepravilan način pojavljivanja malih granitoidnih masa na izrazito pokrivenom području južnih padina M. Jastrepca. Na taj način često veoma uska područja (do nekoliko desetina metara) na kojima su otkriveni izdanci granitoidnih stena bila su oprobovana gustom najčešće nepravilnom mrežom (približne gustine 20×20 do 50×50 m) dok su okolne široko rasprostranjene visokokristalaste stene (migmatit-gnajsevi, leptinoliti, mikašisti, kvarciti, amfibolski i dr. škriljci) oprobovane pretežno orijentaciono.

G r a n i t o i d n e stene premda na prvi pogled dosta prostog i uniformnog biotit-granitmonconitskog do granodioritskog sastava sa podređenim i neujednačenim sadržajem muskovita i ređe turmalina, nakon detaljnijih ispitivanja otkrile su i neke ređe karakteristike. Na prvom mestu zapaženo je da se biotit javlja u relativno sitnoljuspastim agregatima koji najčešće jasno ukazuju da predstavljaju produkte totalne biotitizacije bivšeg amfibola. Sam biotit je neujednačeno zahvaćen procesom muskovitizacije, a takođe su sporadično i nešto ređe zapaženi i procesi neomikroklinizacije, albitizacije i silifikacije. Svi zapaženi fenomeni zajedno sa već navedenim procesom turmalinizacije ukazuju da je današnji „biotitski monconitgranit" Malog Jastrepca dobrim delom produkat relativno složenih, najverovatnije pretežno postmagmatskih alkalno-silicijskih metasomatskih procesa kojima su prethodili pneumatolitski. Pored već pomenutih od strane ranijih istraživača (lit. 8) pojava reakcionog granata i sosiritizacije plagioklasa, od interesa je pomenuti i sporadičnu pojavu biotitizacije i muskovitizacije plagioklasa koji najčešće pokazuje relikte porfirskog razvića. Detaljnije izučavanje mikrofiziografskih karakteristika u celini ukazalo nam je da je primarna stena imala porfirsku strukturu i uzev u obzir sve rezultate mikroskopskih ispitivanja zaključili smo da je primarna stena odgovarala granodiorit — do kvarc-diorit-porfiritu i da su intenzivne promene pomenutog tipa dovele do obrazovanja današnjih relativno uniformnih granitmonconitskih stena, pri čemu i njegovi aplitoidni derivati pokazuju najčešće intenzivne alkalno-metasomatske preobražaje i turmalinizaciju sa retkim stvaranjem odn. pojavama grajzenizacije bivših žičnih najverovatnije primarno aplitoidnih derivata.

Pored turmalina o dejstvu gasova i para na granitoide svedoči prisustvo malih količina fluorita koji je utvrđen mineraloškim analizama većih primeraka, kao i konstantno povišen sadržaj fluora u ispitivanim granitoidima

(vidi tabelu 2). Najčešći akcesorni minerali granitoida su apatit, rudni mineral i sfen koji su takođe, prema rezultatima mikroskopskih ispitivanja većim delom obrazovani na račun metasomatskih prinosa i reakcija.

Delimična ispitivanja širih oreola manjih granitoidnih masa ovog područja ukazala su često prisustvo biotitskih migmatit gnajseva koji najverovatnije predstavljaju produkte regionalnih alkalno-metasomatskih promena bivših gabroidnih (metagabroidnih) i amfibolitskih stena, dok su znatno ređe otkriveni metamorfiti koji po svojim mikrofiziografskim karakteristikama ukazuju na produkte alkalno-metasomatskih izmena bivših skarnova i kornita izrazito obogaćenih muskovitom, delom hloritom, mineralima epidotske grupe i aktinolitom. U biotitskom gnajsu u neposrednoj blizini metasomatski izmenjene granodioritporfioritske masice na području sela Krajkovca (Manastirski potok) mineraloška analiza veće probe otkrila je prisustvo akcesornog kasiterita pored izrazito preovlađujućeg granata (94% od ukupnog sadržaja akcesornih minerala), turmalina (3%), apatita, metaličnih minerala (pirita, halkopirita, galenita), cirkona, minerala epidotske grupe i pojedinačnih zrna leukokseniziranog sfena, fluorita, monokliničnog piroksena, monacita.

Od interesa je pomenuti da se u granodiorit-porfiritskim stenama Velikog Jastrepca, koje se u vidu brojnih žica i manjih masica javljaju u širem egzokontaktnom pojasu biotitsko-granodioritske mase u centralnom delu ove planine (lok. Ravnište) — zapažaju samo slabi začeci postmagmatske biotitizacije i muskovitizacije, nasuprot njihovom, kao što smo već istakli, intenzivnom i ekstenzivnom razviću u svim granitoidnim stenama i pratećim metamorfitima na širem području Malog Jastrepca. Na osnovu dosadašnjih ispitivanja granodioritski masiv Vel. Jastrepca je znatno mlađi po postanku od opisanih granitoida M. Jastrepca, premda za sada još uvek raspolažemo sa minimalnim brojem geohronoloških analiza i to bez i jedne izohrone.

Hemijske analize dvaju uzoraka iz različitih masa alkalno-metasomatski izmenjenih granodiorit-porfiritskih stena (lokalnosti Čuka SZ od sela Krajkovca i Manastirski potok (na istočnom obodu sela) na osnovu preračuna prema sistemu CIPW-Lacroix i prema mineraloško-hemijskoj klasifikaciji Lacroix odgovaraju kalko-alkalnom monoonitskom granitu, sa srednjim normativnim plagioklasom 43 i 48% An. Petrohemijske vrednosti po Niggli-u ukazuju na opdalitski tip granitske grupe magmi kalkoalkalnog niza sa tendencijom prelaza u si-monconitski tip monconitske grupe magmi kalijskog niza, pri čemu ovaj jače ili slabije izraženi monconitski karakter nesumnjivo predstavlja odraz alkalno-metasomatskih promena primarno granodioritske ili kvarc-dioritske stene.

B. *Rezultati mineraloških analiza.* — Mineraloška analiza metodom veštačkog šliha izvršena je pre svega na većem uzorku (60 kg) metasomatski izmenjenog granodiorit-porfirita sa južnih padina M. Jastrepca (lok. Manastirski potok) i dobijen je sledeći semikvantitativni sadržaj različitih akcesornih minerala (u delu koncentrata težem od 2,82):

Metalični minerali (magnetit, ilmenit, pirotin, pirit, limonit, halkopirit, galenit, sfalerit)	44%
granat	41%
turmalin, apatit, epidot-zoizit, fluorit, sfen, monacit, barit	15%

Mineraloška analiza intenzivno kataklazirane i hloritisane, delom piritisane granodiorit-porfiritske stene na kojoj nisu zapažene alkalno-metasomatske promene, sa područja severnih padina M. Jastrepca (lok. Kulina) pokazala je sledeći semikvantitativni sadržaj akcesornih minerala (težina primerka 56 kg):

pirit	50%
cirkon	31%
siderit	10%
apatit	5%
sfen	3%
epidot, amfibol, granat, anatas, fluorit, barit	1%

Najzad biotitski gnajs, delom feldspatiziran i najverovatnije obogaćen biotitom (iz neposredne blizine kontakta sa granitom lokalnosti Manastirski potok) pokazao je sledeći semikvantitativni sadržaj akcesornih minerala (težina primerka 28 kg):

granat	94%
turmalin	3%
apatit	1%
metalični minerali (pirit, limonit, halkopirit, galenit)	1%
cirkon, epidot-zoizit	1%
pojedinačna zrna: leukoksenizirani sfen, fluorit, monoklinični piroksen, monacit, kasiterit	

Do danas na području M. Jastrepca jedino u navedenom biotit gnajsu utvrđeno je prisustvo tragova kasiterita, dok u izvesnim muskovitiziranim i manje-više albitisanim aplitoidnim stenama koje su pokazivale i neke druge karakteristike grajzenskih tvorevina nije pozitivno utvrđen kasiterit. Visok sadržaj granata karakterističan je za sve granitoidne, aplitske i gnajsne stene koje pokazuju indikacije jačih ili slabijih alkalno-metasomatskih promena, kao i za pegmatite, dok je sadržaj turmalina i metaličnih minerala krajnje varijabilan.

Kao što smo već pomenuli samo preliminarna ispitivanja granitoidnih stena sa područja Velikog Jastrepca, lociranih oko 20 km ZSZ od granitoidnih masica Krajkovca, utvrdila su samo neznatne začetke biotitizacije i muskovitizacije. Ne ulazeći u bilo kakva poređenja zadržaćemo se samo na konstataciji da je magmatsko-metamorfni kompleks Velikog Jastrepca u toku svoje geološke istorije bio nesumnjivo na znatno većem rastojanju od izvora fluida koji su vršili navedene pneumatolitske i alkalno-metasomatske promene. Rezultati mineraloških analiza sadržaja akcesornih minerala iz jednog uzorka neznatno biotitizirane i muskovitizirane granodiorit-porfiritske stene iz manje mase locirane u južnom egzokontaktu granodioritskog masiva Velikog Jastrepca (težina primerka 32 kg) su sledeći:

metalični minerali (pirit, limonit, tragovi magnetita)	83%
epidot	10%
apatit	5%
alanit	1%
amfibol, granat, staurolit, cirkon	1%
sfen, rutil, barit, fluorit, monacit (?)	1%

Područje metamorfnog kompleksa Vidovače — Pasjače. — Prilikom terenskih radova izvršena su i manja uporedna ispitivanja i oprobovanja pegmatitskih tvorevina iz Pasjačko-Vidovačkog visokometamorfnog kompleksa. Severni obod kompleksa nalazi se svega desetak km južnije od područja M. Jastrepca, predstavljajući južni nastavak metamorfita ovog

dela Srpsko-makedonske mase. Postoje određene petrološke indikacije da su u Pasjačko-vidovačkom kompleksu pretežno otkriveni dublji nivoi kristalaste serije u poređenju sa područjem M. Jastrepca. Detaljnija poređenja nisu vršena, pa čak ni pegmatitskih tvorevina, s obzirom na izvanredno mali broj pegmatitskih tela otkrivenih u metamorfitima M. Jastrepca, nasuprot Pasjačko-vidovačkom delu gde je otkriveno više od 100 pegmatitskih žica i sočiva veoma varirajućih dimenzija, na području približno iste površine kao malojastrebačko, ali bez pojava granitoidnih stena.

U centralnim delovima Pasjačko-vidovačkog kompleksa pretežno su razvijeni mikašisti i različiti pretežno dvoliskunski migmatit gnajsevi, sa generalnim pravcem pružanja folijacije, kao i u većem delu Srpsko-makedonske mase SSZ—JJI, sa varirajućim padovima, koji gledano u celini indiciraju postojanje antiklinorijuma. Oko dvadesetak najvećih pegmatitskih tela dostiže debljinu od desetak pa do nekoliko desetina metara sa dužinom do više stotina metara, pokazujući pravac pružanja i pad najvećim delom paralelno folijaciji okolnih metamorfita. Najveća pegmatitska tela nalaze se u SZ i SI delovima kristalastog kompleksa. Prema rezultatima naših ranijih ispitivanja šireg područja (lit. 5) berilonosna pegmatitska tela najčešće su srednjih dimenzija (ispod 10 m debljine) i grupisana su približno u centralnoj zoni pegmatitonosnog područja, tj. na području glavnog grebena i istočnih padina planine Vidovače odn. relativno najbliže temenim delovima predpostavljenog antiklinorijuma. U nekima od ovih pegmatita otkriveni su prvi put u našoj zemlji primarni i sekundarni minerali urana a istovremeno izvestan broj ovih pegmatita sadrži manje količine krupnih kristala berila (do 0,5 m dužine) pored kvalitetnog muskovita, feldspata i kvarca.

Do sada izvršena mineraloška ispitivanja velikih proba pegmatita (težine 100 do 300 kg) zahvatila su pored pegmatita centralne zone lokalnosti Dobrotić (sa pojavama uraninita i sekundarnih uranovih minerala i berila), još i albitizirane delove velikih pegmatitskih tela lokalnosti Rečica, iz istočnog obodnog pojasa, kao i lokalnosti Vidovački Krš iz zapadnog obodnog pojasa pegmatitonosnog područja. U lokalnosti Dobrotić I pored glavnih pegmatitskih minerala mineraloška analiza utvrdila je i znatan sadržaj turmalina, zatim granata i apatita i kao akcesorne minerale (glavne): cirkon, beril, monacit, metalične minerale (magnetit, pirit, halkopirit, galenit, molibdenit i znatno ređe uraninit i uranotorijanit), dok su kao znatno ređi detektovani ksenotim, epidot, sfen, kalcit, piroksen, amfibiol, barit, anatas i rutil. Blizak sadržaj akcesornih minerala otkriven je i u albitisanom delu velikih pegmatita lokalnosti Rečica i Vidovački Krš sa izuzetkom uranovih

minerala i berila koji nisu otkriveni ni u jednom pegmatitu znatnijih dimenzija i izvan centralnog pojasa pegmatitonosnog područja. Na tabeli 1 dat je prikaz semikvantitativnih sadržaja akcesornih minerala pomenutih pegmatitskih tela Pasjačko-vidovačkog i jedne manje pegmatitske žice Malojastrebačkog kristalastog kompleksa.

Tabela 1 — Semikvantitativni sadržaji akcesornih minerala (u %) u težem delu koncentrata iz nekih pegmatita Pasjačko—vidovačkog i Malojastrebačkog kristalastog kompleksa

	Vidovački Krš (Ab-deo)	Dobrotić I (sitnozr. obod. deo)	Rečica (Ab-zona)	Mali Jastrebac	Primedba za vrstu metaličnih minerala
granat	85%	22%	83%	59%	Vidovački Krš:
apatit	8	23	7	2	pirit, markasit, limonit.
metalični minerali	3	1	2	1	Dobrotić I:
ksenotim ± monacit	2	1	3 (mon.)	1 (mon.)	galenit, sfalerit, pirit, limonit, halkopirit (u sfaleritu), Cr — spinel.
cirkon	1	1	3	1	
turmalin	1	54	1	38	
epidot	1	1	1	1	Rečica:
fluorit	1	—	—	1	magnetit, martit, ilmenit, pirit, limonit, galenit, halkopirit, kovelin, tetraedrit (u glaenitu).
amfibol	1	1	1	1	
piroksen	—	1	—	—	
sfen	1	1	1	1	
šelit	1	1	1	—	
barit	1	1	—	1	M. Jastrebac:
korund	1	—	—	—	pirit, limonit, halkopirit.
rutil	1	1	—	1	
anatas	—	1	—	—	
ksenotim	—	—	1	—	

Na osnovu ovih za sada preliminarnih ispitivanja semikvantitativnog sadržaja akcesornih minerala iz navedenih delova Srpsko-makedonske mase može se zaključiti da gledano u celini pegmatiti koji sadrže beril i uranove minerale pokazuju najveću raznovrsnost sadržaja akcesornih minerala, dok albitisani delovi ispitivanih pegmatitskih tela pokazuju povišene sadržaje granata i u manjoj meri minerala retkih zemalja — monacita ± ksenotima i verovatno cirkona.

REZULTATI SPEKTROHEMIJSKIH ISPITIVANJA STENA

Na tabeli 2 prikazane su srednje vrednosti semikvantitativnih sadržaja izvesnog broja (15 do 20) retkih i rasejanih elemenata u glavnim petrogenim tipovima granitoidnih i srodnih stena, kao i manji broj analiza sa područja granitoidnog masiva V. Jastrepca. Jedna od osnovnih karakteristika metasomatski izmenjenih granodiorit-porfiritskih stena M. Jastrepca jeste povišenje sadržaja Li tako da bi u poređenju sa srednjom vrednošću sadržaja Li koje navodi K. K. Turekian (lit. 14) za granitoide bogate Ca, sadržaj Li u našim stenama bio povećan 6 puta, dok je za Rb ovo povećanje svega oko 1,5 puta. Mišljenja smo da je pomenuto povećanje sadržaja nesumnjivo u vezi sa zapaženim procesima biotitizacije i muskovitizacije. Nasuprot ovome zapaža se izrazito nizak sadržaj Li i Rb u granitoidnim stenama relativno geografski bliske mase granitoidnih stena V. Jastrepca. Takođe se u granitoidima M. Jastrepca zapaža izvesno povećanje sadržaja Sn i F u odnosu na srednju vrednost, premda se može očekivati i više s obzirom na intenzitet i tip metasomatskih promena. Izvesna povećanja srednjeg sadržaja Ti, Mn i Cr kao i Co i Ni mogu se najlogičnije protumačiti kao indikacija da je primarna stena bila i nešto bazičnija od granodiorita odn. granodiorit-porfirita definisanih samo na osnovu reliktnih struktura i mineralnog sastava. Izvesno manje opadanje srednjeg sadržaja Ba najverovatnije je posledica delimične albitizacije K-feldspata, što može da objasni delom i opadanje Sr, međutim izraziti pad sadržaja Sr (gotovo 10 puta) u odn. na njegov klark u bazičnijim granitoidima najverovatnije je pretežno posledica biotitizacije bivše hornblende u ovim stenama, koja je zajedno sa plagioklasom bila glavni koncentrator Sr. Karakteristično je gotovo konstantno manje preovlađivanje K_2O nad Na_2O, što najverovatnije takođe nije primarna karakteristika ovih stena.

Iz tabele 2 pada u oči i gotovo indentičan sadržaj detektovanih retkih i rasejanih elemenata u dvoliskunskim biotitskim gnajsgranitima malojastrebačkog područja, koje smo i na osnovu petrografskih ispitivanja pripojili obodnim jače gnajsificiranim i metasomatski izmenjenim varijetetima manjih granodiorit-porfiritskih masa.

Relativno visok sadržaj i Ba i Sr u granitoidnim stenama V. Jastrepca posledica je njihovog specifičnog biotit-plagiogranitskog sastava, dok nizak sadržaj Li, Rb i F u istim stoji u skladu sa zapaženim sasvim neznatnim prisustvom postmagmatskih alkalno-metasomatskih i drugih (pneumatolitskih) procesa.

Na osnovu razmatranja sadržaja navedenih retkih i rasejanih elemenata u različitim granitoidnim i manjim delom metamorfnim stenama nameće se zaključak da su na području M. Jastrepca glavna mesta izvesnog obogaćenja u Li, F, Rb i delom najverovatnije i Sn — bile manje mase ispitivanih metasomatski izmenjenih granodiorit-porfiritskih stena i da udaljavanjem od istih tj. u okolnim liskunskim gnajsevima i drugim (pretežno liskunovitim) škriljcima osetno opada sadržaj ovih „grajzenofilnih“ elemenata, manje ili više proporcionalno sa opadanjem sadržaja kalije.

Tabela 2

Statistički parametri sadržaja nekih retkih i rasejanih elemenata (ppm) u M a l i J a s t r e b a c

	Metasomatski izmenjeni granodiorit-porfirit (n=43)			Gnajsificirani granodiorit-porfirit (jače metasomatski izmenjeni) (n=6)			Dvoliskunski gnajsevi i gnajsomikašisti (ortoserija) (n=8)		
	$\bar{x}$	σ	v%	$\bar{x}$	σ	v%	$\bar{x}$	σ	v%
Ti	4287	1384	32	3977	1077	27	2388	1095	46
Mn	939	280	30	647	131	20	357	240	67
Pb	12	9	75	8	4	50	5	3	60
Sn	tr.	—	—	tr.	—	—	tr.	—	—
Be	—	—	—	—	—	—	—	—	—
V	46	10	22	42	5	12	20	15	75
Cu	26	9	35	24	4	17	19	6	32
Y	15	10	67	18	8	44	8	5	62
Zr	262	39	15	265	28	10	348	188	54
Ni	30	46	153	17	1	6	25	20	80
Co	10	3	30	11	1	9	5	4	80
Sc	22	7	32	24	5	20	9	6	67
Cr	96	37	38	92	69	75	121	80	66
La	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ba	349	143	41	264	40	15	338	273	81
Sr	49	22	45	44	15	34	24	27	112
Li	121	71	59	124	85	68	61	58	95
Rb	151	77	51	194	106	55	102	92	90
Cs	—	—	—	—	—	—	—	—	—
F	1077	623	58	1178	260	22	705	444	63
K_2O%	2,91	0,28	10	2,76	0,24	9	2,62	0,86	33
Na_2O%	2,85	0,38	13	2,22	0,20	5	2,52	0,98	39

ZAKLJUČCI

Osnovni zaključci petrološko-mineraloških i geohemijskih ispitivanja, vršenih na delovima regionalne geostrukturne jedinice Srpsko-makedonske mase u području razvića granitoidnih stena Malog i dela Velikog Jastrepca, kao i delovima pegmatitonosnog područja Pasjačko-vidovačkog visokokristalastog kompleksa, bili bi sledeći:

a) za manje proboje granitoidnih stena Malog Jastrepca utvrđeno je da su primarno odgovarale najverovatnije granodiorit-porfiritskim stenama hipoabisalnog nivoa konsolidacije i da su u toku svoje geološke istorije pretrpele pneumatolitske i alkalno-metasomatske promene — biotitizaciju, muskovitizaciju, sericitizaciju, turmalinizaciju i sporadično mikroklinizaciju (K-feldspatizaciju) i albitizaciju. Mineraloške analize većih proba ovih granitoida utvrdile su prisustvo fluorita među akcesornim mineralima, dok sadržaj fluora u steni premaša dva puta vrednost klarka za dati tip granitoida. Pomenute pojave pripadaju nesumnjivo procesima grajzenizacije u

granitoidnim i srodnim stenama Malog Jastrebca i dela Velikog Jastrebca

Veliki Jastrebac								
Aplitoidne stene (n=5)			Aplitoidni muskovitski gnajsevi (n=5)			Grano-diorit porfiriti (n=4)	Biotit grano-diorit (n=1)	Apliti (n=2)
$\bar{x}$	σ	v%	$\bar{x}$	σ	v%	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$
1766	1297	73	1660	862	52	1375	1400	165
388	204	53	133	104	78	638	640	330
5	2	40	5	2	40	21	16	34
26	37	142	tr.	—	—	14	—	—
(tr.) 1	—	—	tr.	—	—	—	—	—
24	23	96	28	17	61	26	27	tr.
40	29	72	14	7	50	73	22	12
18	26	144	13	27	208	tr.	tr.	tr.
241	202	84	211	197	93	133	150	44
19	10	53	13	4	31	18	16	15
6	8	133	tr.	—	—	4	3	тр.
7	7	100	6	4	67	tr.	tr.	tr.
84	29	35	87	27	31	21	120	71
—	—	—	—	—	—	—	—	—
178	189	106	364	571	156	488	500	620
66	86	130	218	277	127	304	300	23
23	13	56	17	12	71	6	7	5
95	55	58	71	86	121	48	60	45
—	—	—	—	—	—	—	—	—
388	186	48	397	288	72	315	300	275
1,52	1,05	69	1,77	1	56	1,59	1,25	2,24
4,95	3,15	64	6,57	18	274	4,96	5,55	5,04

širem i savremenijem značenju ovoga termina. Takođe je konstatovano da je sadržaj Li povećan 5 puta, Sn 2 do 3 puta i Rb oko 1,5 puta u odn. na klark. Navedeni i drugi fenomeni indiciraju, po našem mišljenju, da se ispitivane granitoidne stene zajedno sa delom metamorfita svoga omotača nalaze najverovatnije relativno blizu krovine jedne veće granitoidne intruzije još neotkrivene na području Malog Jastrepca;

b) mišljenja smo da je za eventualna buduća istraživanja od interesa činjenica da granitoidne i prateće žične stene prostorno relativno bliskog granodioritskog masiva Velikog Jastrepca pokazuju samo embrionalne pojave alkalno-metasomatskih procesa, biotitizacije i muskovitizacije, kao i jače izražene hidrotermalne sericitizacije, što ukazuje na širi opseg postmagmatskih alkalno-metasomatskih procesa na području celokupnog jastrebačkog planinskog masiva, kao i njihovu genetsku povezanost i pored dosadašnjih podataka o znatnoj raznodobnosti stvaranja granitoidnih stena Malog i Velikog Jastrepca.

Rezultati dosadašnjih ispitivanja ovog dela Srpsko-makedonske mase ukazuju na mineraloško-geohemijsku srodnost malobrojnih pegmatitskih tvorevina Malog Jastrepca sa daleko brojnijim i neuporedivo krupnijim istim tvorevinama Pasjačko-vidovačkog kompleksa i pored jasnih razlika, posebno u stupnju i tipovima metamorfno-metasomatskih promena pratećih stenskih masa obeju područja.

c) Dosadašnja geohronološka ispitivanja granitoidnih stena M. i V. Jastrepca, iako minimalna po broju, dala su neke rezultate koji zaslužuju pažnju. Do sada jedina geohronološka analiza alkalno-metasomatski izmenjenog granodioritporfira M. Jastrepca, izvršena na biotitu Rb-Sr metodom, dala je starost od 210 miliona godina (srednji trijas), dok je K-Ar metoda dala znatno veću starost od 300 miliona (srednji-gornji karbon)[1]. S druge strane starost relativno bliskog i petrohemijski srodnog biotitskog granodiorita (plagiogranita) Vel. Jastrepca merena na biotitu Rb-Sr metodom iznosila je 37 miliona, na istom mineralu K-Ar metodom — 52 miliona i najzad metodom deformacije elementarne ćelije cirkona dobijena je starost od 40 miliona godina (lit. 10). Na taj način postoje prilično ubedljivi dokazi o znatno većoj apsolutnoj starosti granitoida M. Jastrepca, i s obzirom na uočene metasomatske promene, logično je očekivati da bi merenje starosti cele stene (izohrona starost) dalo još veću vrednost. Na osnovu raspoloživih podataka za druge delove Srpsko-makedonske mase Rb-Sr starost biotita metasomatski izmenjenih granitoidnih stena M. Jastrepca bila bi najbliža starosti pegmatita i nekih predstavnika liskunskih gnajseva kristalastog kompleksa Pasjače—Vidovače gde je starost pegmatita lokalnosti Dobrotić, metodom radiogenog olova iz uraninita, iznosila 245 miliona godina (lit. 10), dok se starost liskunskog gnajsa merena metodom Rb-Sr i K-Ar na oba liskuna kretala od 192 do 229 miliona godina[1], što je, kao što smo već pomenuli veoma blisko starosti biotita iz granitoida Stalaćsko-juhorskog dela Srpsko-makedonske mase. Na taj način svi navedeni rezultati geohronoloških merenja ukazivali bi na intenzivnu magmatsku i metasomatsku aktivnost u intervalu geološkog vremena gornji karbon—donja jura odnosno od središnjih faza Hercinske orogeneze do početnih faza Alpijske. Svi navedeni podaci još jednom ukazuju na potrebu daljih sistematičnijih i uporednih geohronološko-petroloških izučavanja posebno na područjima razvića granitoidnih i pegmatitoidnih tvorevina Srpsko-makedonske mase u celini.

d) Kao što smo već pomenuli zapaža se da kako metamorfiti tako i granitoidne stene Malog Jastrepca pokazuju nešto niži stupanj metamorfno-metasomatskih promena u poređenju sa manje-više identičnim ili srodnim stenama severnijih (Stalaćsko-juhorski kompleks) i južnijih (Pasjačko-vidovački antiklinorijum) delova Srpsko-makedonske mase što, po našem mišljenju, istovremeno ukazuje da na području M. Jastrepca imamo erozijom pliće zasečene delove u odnosu na ostale „kristalaste horstove" pomenute geostrukturne jedinice. Sva dosadašnja ispitivanja pokazuju da su u procesu složene geološke evolucije današnjeg visokometamorfnog i delom granitoidnog kompleksa Malog i delova Velikog Jastrepca, kao i kompleksa Pasjače—Vidovače značajnu ulogu imali pneumatolitski i alkalno-metaso-

---

[1] Usmeno saopštenje A. Lovrića, rukovodioca Geohronološke laboratorije Geoinstituta (još neobjavljeni podaci).

matski procesi koji bi se, s obzirom na sporadično pojavljivanje manjih granitoidnih i gnajs-granitskih masa, najverovatnije mogli definisati kao regionalno-kontaktno-metasomatski sa danas izraženim indikacijama različitog dubinskog nivoa konsolidacije pomenutih intruzivnih masa, čiji je veći deo još neotkriven na površini. Ova predpostavljena najverovatnije višefazna intruzija najverovatnije batolitskih razmera na više mesta je, zajedno sa različitim metamorfitima svoga omotača, raskidana poprečnim i uzdužnim razlomima duž kojih su vršena u toku geološke istorije najverovatnije višestruka pretežno vertikalna pomeranja pojedinih blokova znatnijih dimenzija i danas predstavljenim kristalastim (gnajsno-granitskim i metamorfnim) horstovima Juhora, Stalaćkih brda, Crnog Vrha, Jastrepca, Pasjače—Vidovače, Babičke gore i dr. Pomenuti intruzivni i alkalno-metasomatski procesi, nedovoljno raščlanjeni i geohronološki datirani, uslovili su stvaranje a najverovatnije i delom rasejavanje napred pomenutih i do danas samo parcijalno zapaženih i istraživanih retkometalnih i dr. mineralizacija, najverovatnije još uvek i skrivenih u nekim delovima pomenutih područja.

S obzirom na otkrivene pojave pneumatolitskih i metasomatskih procesa granitoida i okolnih stena za sada kao najinteresantnije područje za dalja detaljnija istraživanja ostaje područje južnih padina Malog Jastrepca u široj okolini sela Krajkovca. Za pasjačko-vidovačku oblast neophodno bi bilo izvršiti sistematska mineraloško-petrološka i geohemijska ispitivanja različitih vrsta metamorfita posebno na širem i užem području pegmatitonosnog pojasa, s obzirom na veoma mali broj podataka o mineraloško-geohemijskim karakteristikama i potencijalnih mogućnosti postojanja disperzovanih retkometalnih mineralizacija u pojedinim delovima posebno pomenutog pegmatitonosnog pojasa.

(Primljeno 23. VII 1979)

LITERATURA

1. Uroševi ć S. — Jastrebac — geološko-petrografska studija granita i kristalastih škriljaca (Glas Srpske kralj. akademije, knj. CXXXVII, Beograd, 1929.).
2. Divljan S. — Prethodni rezultati geološko-petrografskih ispitivanja terena uže okoline Žitnog Potoka, južno od Prokuplja (Glasnik SAN, IV, sv. 2, Beograd, 1952.).
3. Petkovi ć K. — Magmatske stene Jastrebačkog planinskog masiva, doba njihove konsolidacije i veza magmatskih pokreta sa orogenim fazama i potfazama (Prvi Jugoslovanski geološki kongres, Bled, 1954. Predavanje in poročila; izd. Ljubljana, 1956. god.).
4. Pavlovi ć P., Divljan S. — Pojave kvarcno-distenskih stena i pegmatita sa distenom u kristalastim škriljcima kod sela Rgaje, JZ od Prokuplja (Zbornik radova Geološkog instituta „J. Žujović“, knj. IX, Beograd, 1957.).
5. Divljan S. — Izveštaj o prospekciji berilijuma i litijuma u pegmatitima Pasjače i Vidovače (Fond naučno-stručne dokumentacije Instituta za geološko-rudarska istraživanja nuklearnih i dr. mineralnih sirovina, Beograd, 1957.).
6. Pavlović S. i saradnici — Izučavanje granitoida Jugoslavije — granitoidni masiv Stalaća (Fond naučno-stručne dokumentacije Instituta za geološko-rudarska istraživanja nuklearnih i dr. mineralnih sirovina, Beograd, 1963.).
7. Nikolić D. — Pegmatiti S.F.R. Jugoslavije (Doktorska disertacija — Fond naučno-stručne dokumentacije Instituta za geološko-rudarska istraživanja nuklearnih i dr. mineralnih sirovina, Beograd, 1963.).

8. Kostić A., Simić V., Antić R. — Granitoidne stene Krajkovca na Malom Jastrebcu (Glasnik Prirodnjačkog muzeja, Ser. A, knj. 22, Beograd, 1967.).
9. Turner F. — Metamorphic Petrology — Mineralogical and Field Aspects (Mc Graw - Hill, Inc., New York, 1968.).
10. Deleon G. — Pregled rezultata odredivanja apsolutne geološke starosti granitoidnih stena u Jugoslaviji (Radovi Instituta za geološko-rudarska istraživanja nuklearnih i dr. mineralnih sirovina, sv. 6, Beograd, 1969.).
11. Markov C., Mihailović-Vlajić N. — Opšta zapažanja o akcesornim mineralima u granitoidnim stenama Jugoslavije (Radovi Instituta za geološko--rudarska istraživanja nuklearnih i dr. mineralnih sirovina, Beograd, 1969.).
12. Deleon G., Dromnjak M., Lovrić A. — Stroncijumova starost stena Juhorsko-stalačkog metamorfnog kompleksa (VII kongres geologa SFRJ, Zagreb, 1970, knjiga II — mineralogija i petrologija, izdata u Zagrebu 1972. god.).
13. Рундквист Д. В., Денисенко В. К., Павлов И. Г. — Грейзеновые месторождения (изд. „Недра", Москва, 1971.).
14. Turekian K. K. — Distribution of Elements in the Crust of Earth (iz Encyclopedia of Science and Technology; izd. Mc Graw — Hill, New York, 1971.).
15. Mihailović-Vlajić N., Divljan S., Markov G. — Opšta razmatranja o procesima grajzenizacije na teritoriji SFRJ (VIII kongres geologa Jugoslavije, Bled, 1974., knj. 1 mineralogija, petrologija, geokemija, izdato u Ljubljani 1976. god.).
16. Divljan S. — Istraživanje provincija minerala retkih metala u nekim granitoidnim masivima SR Srbije (M. Jastrebac, Pasjača, Vidovača) (Izveštaj — Fond naučno-stručne dokumentacije Instituta za geološko-rudarska istraživanja nuklearnih i dr. mineralnih sirovina, Beograd, 1975).
17. Divljan S., Mihailović-Vlajić N., Cvetić S. — Prikaz novijih shvatanja o genezi granitoidnih stena Cera (IX kongres geologa SFRJ; Sekcija: mineralogija-petrografija-geohemija, Sarajevo, 1978. god.).

Summary

SOME PETROLOGICAL, MINERALOGICAL AND GEOHRONOLOGICAL CHARACTERISTICS OF GRANITOID ROCKS OF MALI JASTREBAC MTS. (CENTRAL SERBIA)

by

Stevan Divljan

This area is the part of a regional geostructural zone of Serbian-Macedonian mass and is located in Central Serbia (north of town of Prokuplje).

The most interesting results were obtained during the studies of granitoid rocks of Mali Jastrebac mts. where pneumatolitic and hydrothermal (alkali-metasomatic) alterations of numerous small irregular masses of primarily granodiorite porphyritic rocks were detected. These alterations are expressed by the relatively weak and variable degree of tourmalinization, a rather subordinate fluoritization, and by relatively intensive biotitization, muscovitization as well as the less developed microclinization and albitization. All these phenomena indicate that mentionned originally hornblende-granodiorite (partly quartz-diorite) porphyritic rocks, with parts of their metamorphic haloes, have been exposed to intensive and polyphase alterations, chemicaly and mineralogicaly very close to graisenization process. The small occurrences of quartz-muscovite-tourmaline greisens, sporadicaly with geochemicaly increased Sn, have been discovered in

aplitoid veins in vicinity of these altered granitoid masses. It is of interest to note that in adjacent distinctly larger biotite-grandiorite pluton of Veliki Jastrebac mts. (granitoid massif of Ravnište) we have observed only the slight, more embryonic stages of these alterations.

Our partial investigations of southern but much larger continuation of the same high-crystalline area (south of Toplica river and Prokuplje town) have been limited mostly to central parts of pegmatite-bearing belt which represents the largest and economicaly most important pegmatite-bearing area of Yugoslavia. We have applied here the so called „mass sampling" i.e. collecting of large samples (up to 500 kg by weight) from five more or less geneticaly characteristic pegmatitic bodies, as well as from some of surrounding migmatitic gneisses and micaceous schists. In addition to the previously known beryl and minor uraninite occurrences (together with some secondary uranium minerals), our laboratory investigations of pegmatite samples indicate the presence of different other accessories, i.e. monazite, zircon, xenotime, uranothorianite, apatite, as well as subordinate amounts and traces of numerous metalic accessory minerals (analyst C. Markov and collaborators). The investigations of both parts of Serbian-Macedonian mass indicate also the mineralogical and geochemical relationships between the infrequent and small pegmatite veins of Mali Jastrebac region, and numerous and generally much larger pegmatitic bodies of the mentioned southern continuation of the same high-crystalline zone i.e. of Vidovača and Pasjača mts. region. According to classification of pegmatites, based on the content of their principal accessory minerals, the pegmatites from both areas belong predominantly to tourmaline-garnet-apatite type.

Relatively recent absolute age studies of granitoid rocks from both Mali and Veliki Jastrebac massifs, althought insufficient in number and nonsystematic, supplied some very interesting results. The only one dating conducted on biotite from alkalized granodiorite-portphyrite from Mali Jastrebac (Rb-Sr method) indicates on age of 210 millions years* (Middle Triassic); however, the K-Ar age of the same mineral indicates a higher value of about 300 millions years* (Middle to Upper Carboniferous). On the other side the age of biotite from spatialy nearest and petrochemicaly similar granodiorite from Veliki Jastrebac pluton, measured by Rb-Sr method, is 37 millions years, and by K-Ar method, 52 million years (lit. 10). Some earlier dating of the same rock, by method of zircon elementary cell deformation (C_0), gave a value of 40 million years. These results present a rather convicting evidence about much higher age of Mali Jastrebac granitoid compared with the similar rocks from adjacent Veliki Jastrebac massif. Considering detected intensive metasomatic and less intensive pneumatolitic alterations of all small granitoid masses from Mali Jastrebac it can be expected that the application of some other method would give again more or less different ages. Also comparing these results with a few available absolute age data of rocks and minerals from some other parts of Serbian-Macedonian mass it is clear that the age of biotite from Mali Jastrebac granitoid is the nearest to age of the same and other minerals of

---

* Unpublished data — personal communication of Aleksandar Lovrić, geologist, Chief of Geohronological laboratory of Geoinstitute.

some pegmatites and gneisses from Vidovača — Pasjača high-crystalline area. The absolute age of uraninite of pegmatite from Dobrotić locality (Vidovača mts.), by the method of radiogenic Pb, is 245 million years (lit. 10), while the age of the adjacent two-mica gneiss, dated by Rb-Sr and K-Ar methods on both micas, indicates the ages ranging from 192 to 229 million years**. These ages are rather close to the age of biotite from small, coarse-grained granitoid masses situated in a somewhat more northern part of Serbian-Macedonian mass, in Stalać hills area. In our opinion all mentioned ages could be satisfactory explained as consequences of intensive metasomatic and magmatic activity, especially during the geological time interval from Upper Carboniferous up to Lower Jurassic i.e. from the middle Hercynian up to early Alpine orogenesis.

It is also important fact that the different metamorfites as well as granitoid rocks of Mali Jastrebac area indicate somewhat lower grade of metamorphic and metasomatic transformations when compared with the adjacent rocks in the north (Stalać hills) and south (Vidovača and Pasjača) parts of Serbian-Macedonian mass, from which the Mali Jastrebac „horst" is separated by late Alpine (Miocene) tectonic depressions of present Prokuplje and Kruševac basins. This is in agreement with our conclusion that the region of Mali Jastrebac actualy represents a less eroded parts, when compared with the other high-crystalline horsts of Serbian-Macedonian mass.

All our studies, as well as the studies of some other authors, indicate that, during complex geological evolution of present highly metamorphosed, primarily different sedimentary and magmatic rocks (generaly considered of Proterozoic to Upper Cambrian age) of these parts of Serbian-Macedonian mass, a very important role was played by the alkali-metasomatic and related processes. These processes, most probably, should be generally defined as regional contact-metasomatic. There are also more or less expressed indications of presently different erosion level of separate high-crystalline horsts, penetrated sporadicaly by smaller granitoid bodies, more or less metamorphosed and metasomatized as well. It seems that the larger parts of these granitoid masses are still not exposed at the present surface, and are actualy indicated by their metasomatic „fronts" and pegmatite formations. Consequently, in the wider region of Juhor—Stalać—Mali Jastrebac—Vidovača-Pasjača mts. (and further in southern continuation of Serbian-Macedonian mass) there exists, most probably, a still unexposed granitoid mass of batholitic dimensions which is, together with the surrounding metamorphic-metasomatic formations, intersected by the numerous longitudinal and more or less perpendicular disjunctive faults, along which mostly the vertical movements of separate blocks took place. These blocks are represented presently by gneis-granitoid and metamorphic high-crystalline horsts of Juhor, Stalać, Mali Jastrebac (and the part of Veliki Jastrebac mts.), Vidovača-Pasjača, as well as some other horst-type mountains of Serbian-Macedonian mass.

(Received 23. VII 1979)

** Unpublished data — personal communication of Aleksandar Lovrić, geologist, Chief of Geohronological laboratory of Geoinstitute.

Sl. 1 (uzorak B-84000): Intenzivno sericitisani (S), delom biotitizirani (B) i granatisani (G) ostaci porfirokristala zonarnog plagioklasa u delom rekristalisaloj osnovnoj masi bivšeg najverovatnije granodiorit-porfirita

Fig. 1 (sample B-84000): Intensively sericitized (S), partly biotitized (B), and garnetized (G) relicts of phenocryst of zoned plagioclasse surrounded by partly recrystallized groundmass of primarily granodiorite-porphyritic rock (most probably) (+N; 20×).

(+N; 20×).

Sl. 2 (uzorak B-84003): Potpuna sericitizacija (S) i intenzivna biotitizacija (B) ostataka bivših porfirokristala plagioklasa u rekristalisaloj i metasomatski izmenjenoj bivšoj granodiorit-porfiritskoj (ili srodnoj) steni (nikoli delom ukršteni; 20×).

Fig. 2 (sample B-84003): Complete sericitization (S), and intensive biotitization (B) of relicts of plagioklase phenocryst in metamorphosed and metasomatized primarily granodiorite-porphyritic (or related) rock (Nicols partly crossed; 20×).

Sl. 3 (uzorak B-84015): Ostaci porfirokristala potpuno albitisanog plagioklasa, delom biotitiziranog (B) i muskovitiziranog (M) u uškriljenom i metamorfno-metasomatski izmenjenom bivšem najverovatnije granodiorit-porfiritu (+N; 20×).

Fig. 3 (sample B-84015): The relicts of completely albitized plagioclase phenocryst, partly biotitized (B) and muscovitized (M) in metamorphicaly and metasomaticaly transformed the most probably original granodiorite--porphyrite (+N; 20×).

Sl. 4 (uzorak B-84049): Intenzivno uškriljeni i metasomatski izmenjeni najverovatnije bivši granodiorit-porfirit sa retkim porfiroblastima neoalbita (Ab) i neobiotita (B) (+N; 20×).

Fig. 4 (sample B-84049): Intensively foliated and metasomaticaly transformed the most probably original granodiorit-porphyrite containing rare phenoblasts of neoalbite (Ab) and neobiotite (B) (+N; 20×).

Sl. 5 (uzorak B-84154): Granodiorit Velikog Jastrebca (Ravnište). Na mikrosnimku se zapažaju početne faze muskovitizacije (M) biotita (B), kao i zrna epidota (E) uklopljena i korodovana biotitom. Takođe se zapažaju početne faze muskovitizacije (M) plagioklasa (oligoklas-andezina), pored pojave sericitskih ljuspica koje se jače koncentrišu u pojedinim zonama plagioklasnih zrna (+N; 20×).

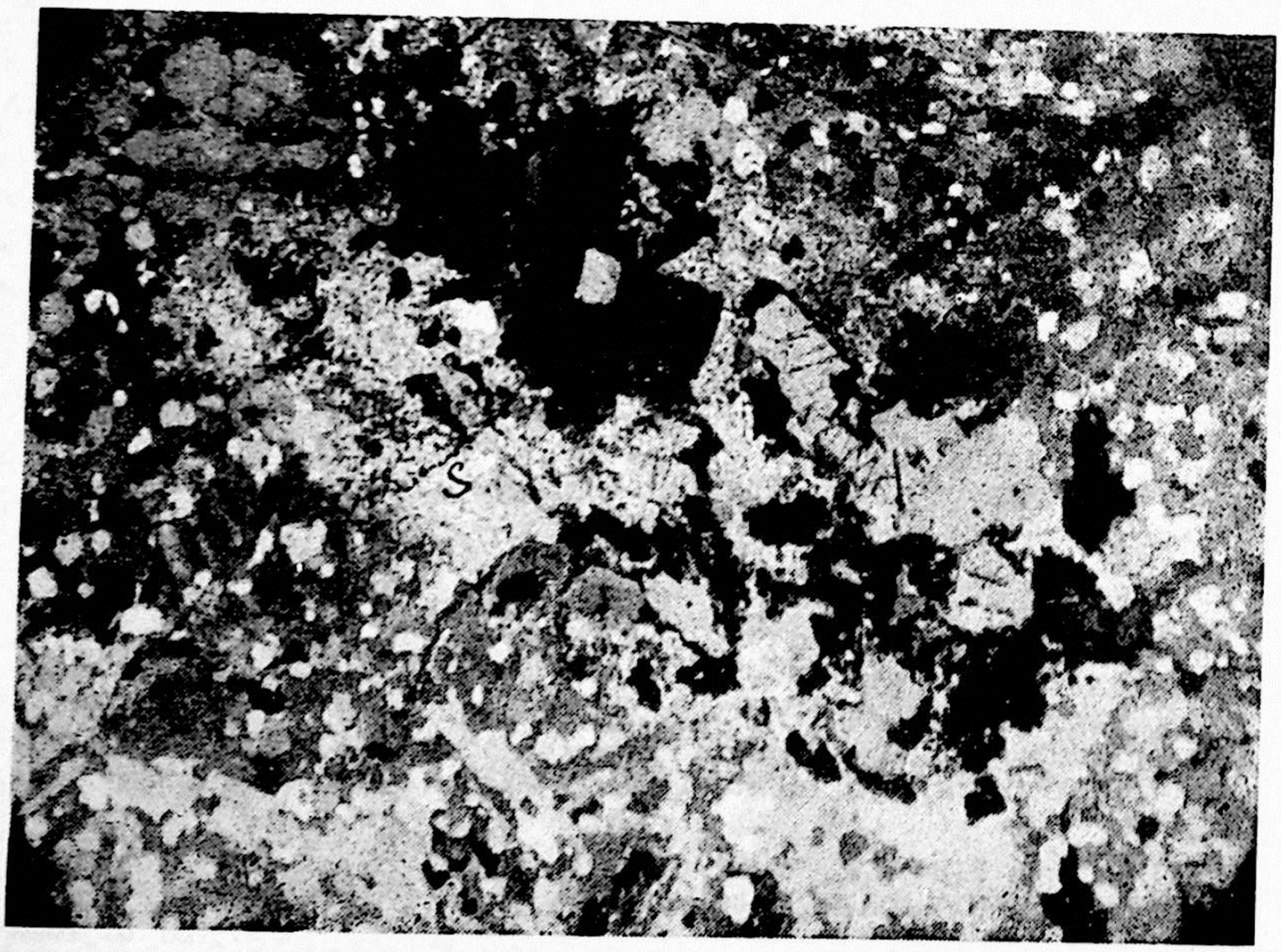
Fig. 5 (sample B-84154): Granodiorite of Veliki Jastrebac massif (Ravnište). On the photos there are visible initial phases of muscovitization (M) of biotite (B), as well an epidote (E) grain included and coroded by biotite. There are also visible the embryonic stages of muscovitization of plagioclase (Pl; oligoclase-andesine) together with fine sericite (S) flakes which are more concentrated in some plagioclase zones (+N; 20×).

Sl. 6 (uzorak B-84156): Granodiorit-porfirit, sa područja egzokontakta granitoidnog masiva Velikog Jastrebca, sa vidljivim embrionalnim fazama muskovitizacije (M) i biotitizacije osnovne mase stene i sporadičnom retkom delimičnom muskovitizacijom fenokristala zonarnog plagioklasa (+N; 20×).

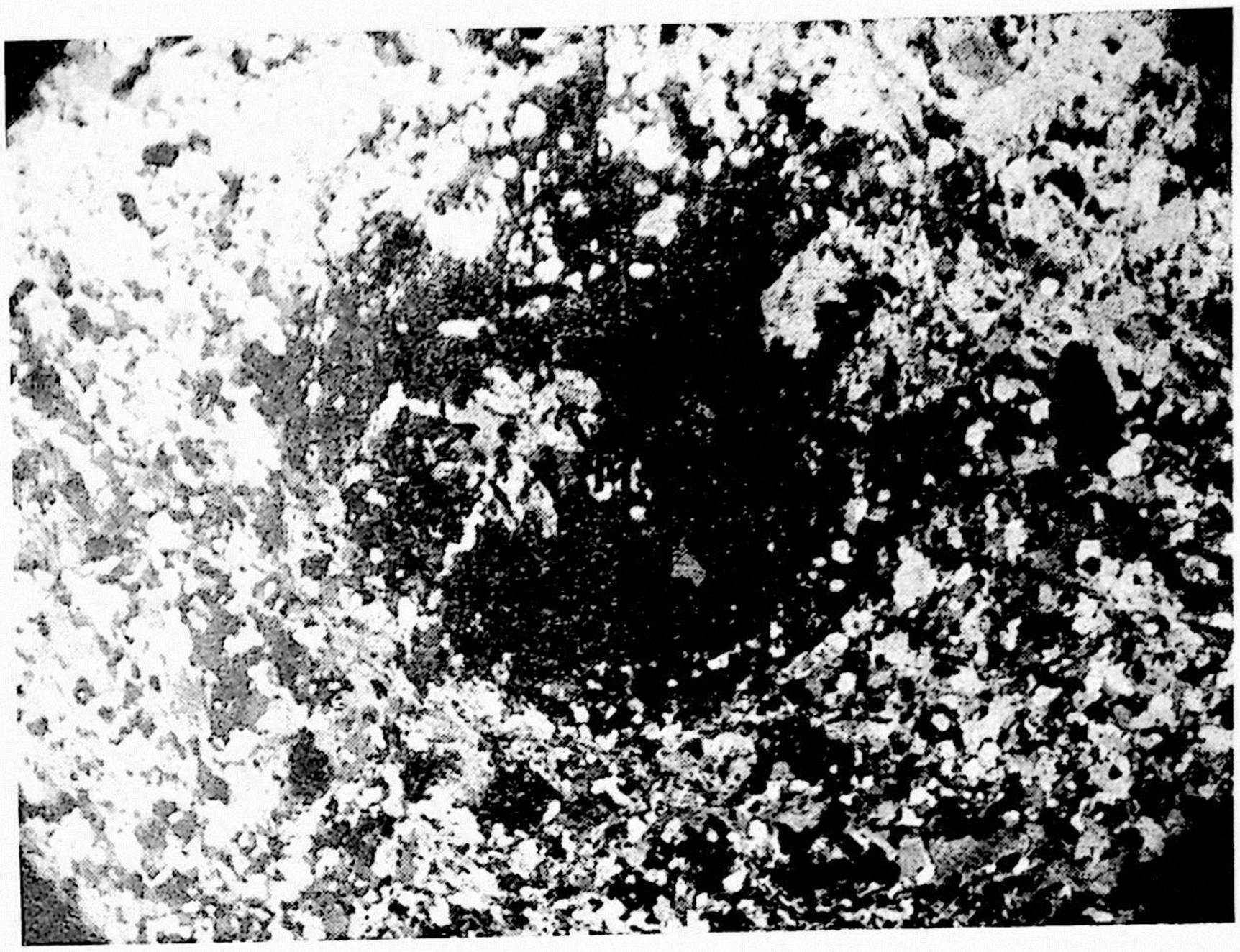
Fig. 6 (sample B-84156): Granodiorite-porphyrite vein sample from exocontact part of Veliki Jastrebac granodioritic massif. There are visible embryonic stages of muscovitization (M) and biotitization (B) of rock groundmass and sporadicaly slight muscovitization of plagioclase phenocrysts (+N; 20×).



Sl. 1
Fig. 1



Sl. 2
Fig. 2



Sl. 3
Fig. 3



Sl. 4
Fig. 4



Sl. 5
Fig. 5



Sl. 6
Fig. 6

R A D O V I Geoinstituta, knjiga 13., god. 1979.
Beograd, Rovinjska ul. 12.

Damnjan Protić[1] i Petar Đalović[2]

UDK 551.49 (497.11)

TERMOMINERALNE VODE RAJČINOVIĆA BANJE

(sa 1 slikom, 2 tabele, 2 priloga — u tekstu)

Termomineralna voda u Rajčinovića banji se pojavljuje u specifičnim hidrogeološkim uslovima i na teritoriji Jugoslavije predstavlja specifičnu vrstu tih voda. Ovo se ogleda, pre svega, u visokom sadržaju fluora — oko 8 mg/l, s obzirom na srednji sadržaj ovog elementa u zemljinoj kori koji iznosi 0,08‰. Takođe je povišen sadržaj Sr — 3,1 mg/l.

Iz datih atomskih odnosa elemenata sadržanih u termomineralnoj vodi, može se dobiti jasan uvid da su ove vode tipične za hidrogeološke masive, kojima ovaj teren i pripada. Akvifer termalne vode povišene temperature ne bi trebalo da je na velikoj dubini. Zbog toga je i dalje istraživanje termomineralnih voda u Rajčinovića banji veoma perspektivno, usmereno na kaptiranje termomineralnih voda u karbonatnim stenama paleozojskog kompleksa na dubini 500—700 m.

1. UVOD

Termomineralna voda u Rajčinovića banji spada, prema svojim fizičko-hemijskim osobinama, u red kvalitetnih termomineralnih voda pa se već duži niz godina koristi u balneoterapiji i za piće. Rezultati dosadašnjih istraživanja su pokazali da postoje uslovi za još veće i raznovrsnije iskorišćavanje ovih voda.

U radu su analizirani rezultati hidrogeohemijskih istraživanja u području banje, sa ciljem da se definišu geohemijski uslovi sredine u kojoj se nalazi izdan termomineralnih voda. Analizirani su i hidrogeotermski odnosi kao doprinos usmeravanju daljih istraživanja termomineralnih voda u području.

2. OPŠTI PODACI

Rajčinovića banja se nalazi oko 6 km udaljena od Novog Pazara, u blizini puta N. Pazar—Sjenica. Smeštena je u dolini Rajčinovića reke, pritoke Ljudske reke, odnosno reke Raške. Ovde je dolina Rajčinovića reke široka 80—200 m, dužine oko 1 km. Sa istočne strane je dosta strma padina brda, dok se zapadna strana strmo diže za oko 30 m visine, a zatim prelazi u ravan plato i blagu padinu. Nadmorska visina banje je oko 550 m.

[1] Geoinstitut, Beograd.
[2] Geozavod, Beograd.

Klima područja banje može da se okarakteriše kao subalpska sa postupnim prelazom između godišnjih doba. Najhladniji mesec je januar, sa srednjom mesečnom temperaturom od —2°C, a najtopliji jul, sa srednjom temperaturom 19,3°C. Prosečna godišnja visina atmosferskih padavina iznosi 638,3 mm (period 1929—39), odnosno 604,1 mm (period 1948—54. god.). Minimum srednjih mesečnih padavina za taj višegodišnji period je u februara — 26,5 mm, a maksimum u maju — 82,1 mm. S obzirom i na druge klimmatske karakteristike, u banji su dobri uslovi za lečenje i oporavak pacijenata.

2.1. Osvrt na dosadašnja istraživanja

Do 1954. god. postojala je u banji kaptaža termomineralne vode — bunar dubine 3,0 m. Voda ovog bunara, u količini oko 0,2 l/s, temperature 30°C, korišćena je za kupanje, a pored toga postojale su česme sa hladnom mineralnom vodom koja se koristila za piće.

U cilju povećanja kapaciteta izvorišta, izvršeno je u toku 1954/55. god. istražno bušenje od strane Instituta za medicinsku hidrologiju i klimatologiju (radovima je rukovodio Ž. Kapetanović). Izbušeno je ukupno 19 istražnih bušotina u kojima je dobijena voda različite temperature, ali veoma slične mineralizacije. Izdašnost svih bušotina je iznosila 1,9 l/s, a temperatura vode od 38—42°C. Rezultati su dati u „Elaboratu o izvršenim istraživanjima u Rajčinovića banji 1954/55. god., „Novopazarske banje — Novopazarska Ilidža, Rajčinovića, Sopoćani i voda Bukovica“, Beograd, autor Ž. Kapetanović.

Na osnovu ovih istraživanja, N. Milojević je u radu „Mineralne vode okoline Novog Pazara“, objavljenom u Zborniku radova Instituta „Jovan Žujović“ 1955. god. dao opširniji pregled geoloških i hidrogeoloških prilika Rajčinovića banje. Prema prof. Milojeviću, potok Rajčinovića je usekao svoje korito duž raseda koji ide kontaktom krednog fliša i paleozojskih škriljaca. Položaj raseda nije tačno utvrđen pošto je pokriven nanosom. Topla voda koristi ovaj rased probijajući se iz dubine prema površini terena. U aluvijalnom nanosu termomineralna voda se meša sa hladnom vodom podzemnog toka navedenog potoka, zbog čega se rashlađuje i delimično menja svoj hemijski sastav (postaje manje mineralna).

Nakon ovih, izvedena su geofizička istraživanja u toku 1973. god. („Izveštaj o geofizičkim ispitivanjima na području Rajčinovića banje“, Geozavod, 1973.).

Sledeća obimnija istraživanja su preduzeta 1975. god., i ona još traju. U ovom periodu izvedena su kompleksna hidrogeološka istraživanja terena, a izbušeno je i 6 istražnih bušotina, od kojih je jedna dubine do 350 m. Istraživanja izvodi Geozavod, Beograd.

3. OPŠTE GEOLOŠKE I HIDROGEOLOŠKE KARAKTERISTIKE TERENA

Područje Rajčinovića banje se karakteriše relativno složenom geološkom građom, pa su složeni i hidrogeološki odnosi u terenu.

Najstarije tvorevine u terenu su metamorfiti karbona — kristalasti škriljci, koji predstavljaju direktan nastavak metamorfnog kompleksa Bosne i zapadne Srbije. Paleozojska serija je izgrađena većim delom od metamorfisanih kvarc-sericitskih peščara i argilošista, zatim filita i sericitsko-mermerisanih krečnjaka, kvarcitnih breča i zelenih škriljaca, amfibolita, amfibolskih škriljaca i dr. Mestimično su jako škriljavi, polomljeni i poremećeni pa se zbog toga lako odvajaju u tanke pločice i ljuspe. Škriljci pripadaju mlađem paleozoiku, mada najgornje partije možda pripadaju i donjem trijasu pošto su znatno manje metamorfisane. Ove tvorevine izgrađuju desnu obalu Rajčinovića reke i imaju veliko prostranstvo idući prema JZ. Škriljci u ovoj seriji zauzimaju različite položaje, jako su ubrani, tako da im se pravac pada stalno menja. U blizini banje padaju prema JJZ; na površini terena lako se troše i raspadaju.

U osnovi, ovo su vodonepropusne stenske mase, izuzev krečnjaka koji potencijalno može da bude značajan kolektor podzemnih voda, ali to istraživanjima još nije utvrđeno.

Kredne tvorevine imaju znatno površinsko rasprostranjenje (prilog 1). Razvijene su u faciji fliša (senonski fliš) u kojoj je izdvojeno više članova — breče, krečnjaci, lapori, alevriti i dr. Naslaga izgrađuje teren istočno i SI od Rajčinovića banje i ima funkciju hidrogeološkog kompleksa u kome preovlađuju vodonepropusne stene. Dobro vodopropusne stene su sprudni krečnjaci i krečnjačke breče bazalnog dela serije. U tom delu serije su istražnim bušenjem zahvaćene mineralne vode (u intervalu 37—61 m dubine).

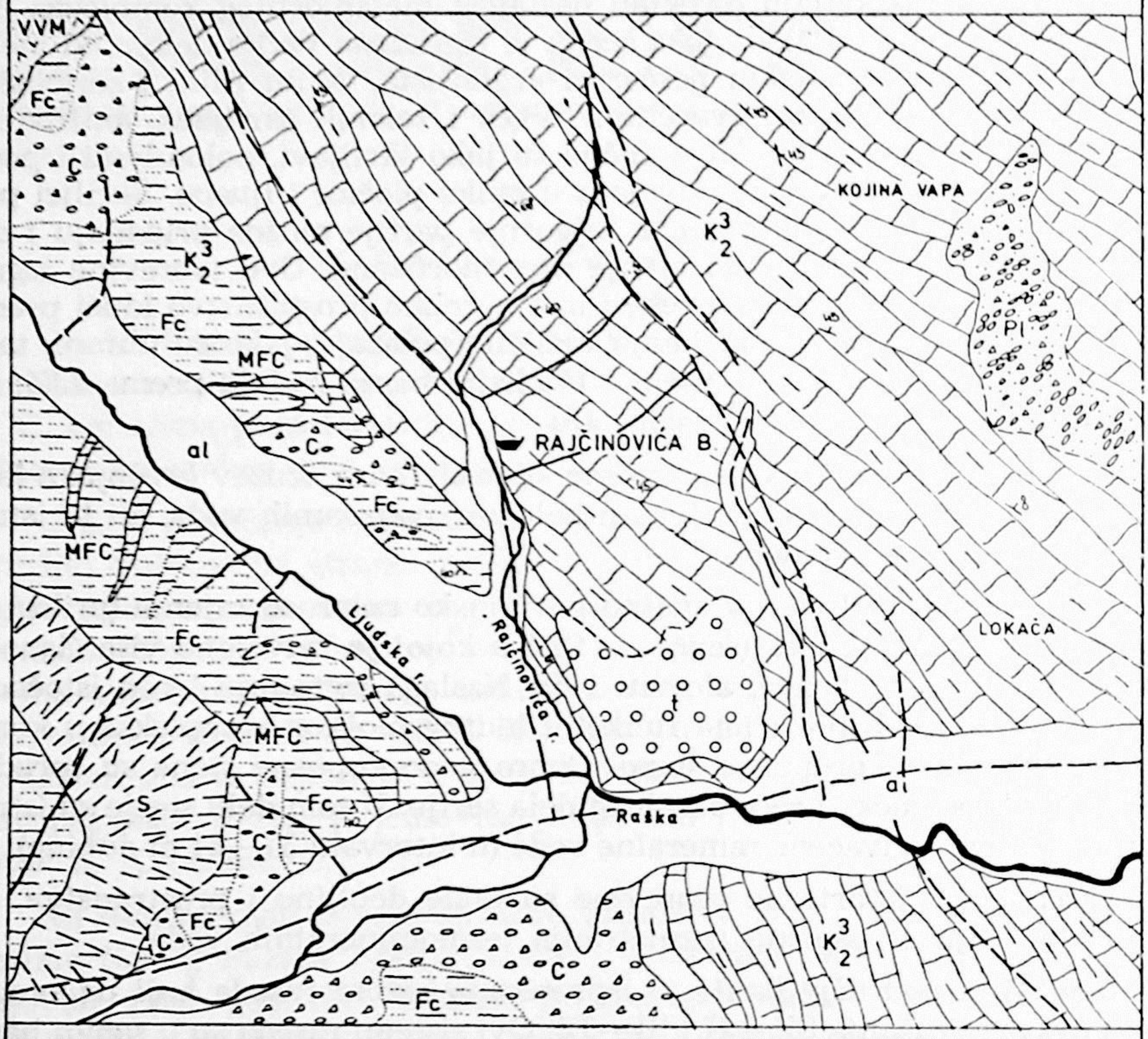
Tercijarne i kvartarne tvorevine su male debljine i prostranstva, pa nemaju značaja sa aspekta razmatranja termomineralnih voda.

Uže i šire područje banje je ispresecano nizom raseda koji uglavnom imaju pravac pružanja SZ—JI i SI—JZ. Ovi sistemi raseda su u samoj banji svakako uslovili pojavljivanje termomineralnih voda u toj lokaciji, ali su u isto vreme još više komplikovali geološke odnose u terenu (prilog 2). Izražena tektonika područja u znatnoj meri otežava problem istraživanja i kaptiranja termomineralnih voda.

4. FIZIČKO-HEMIJSKE ODLIKE TERMOMINERALNIH VODA

Fizičko-hemijski sastav podzemnih voda uopšte predstavlja jedan od bitnih faktora koji ukazuju na uslove hidrogeohemijske sredine. Geohemijski procesi koji dovode do obogaćenja podzemnih voda različitim komponentama određeni su, sa jedne strane, svojstvima samih hemijskih komponenata i njihovih jedinjenja, a sa druge strane — specifičnošću uslova okolne sredine: povišenim sadržajem ovih komponenata u stenskim masama, uticajem aktivnih gasova (O_2, CO_2, H_2S i dr.), izmenom Eh-pH, delovanjem temperaturnog faktora zajedno sa visokim pritiskom itd.

GEOLOŠKA KARTA
UŽEG PODRUČJA RAJČINOVIĆA BANJE
1:25 000



LEGENDA:

- al — ALUVION
- S — SIPAR
- t — TERASNI SEDIMENTI
- Pl — ŠLJUNAK, PESAK, BREČE
- VVM — TUFOVI I TUFITI
- K_2^3 — FLIŠ: KREČNJACI, LAPORCI, ARENITI I DR.
- MFC — TALKŠISTI I FILITI
- Fc — FILITI
- C — KVARCNI KONGLOMERATI I BREČE
- PRETPOSTAVLJENI RASED
- UTVRĐENI RASED
- 5 — ELEMENTI PADA SLOJEVA

0 250 500 1000 1500 m

PRILOG 1

Prvi sačuvani podaci o hemijskim ispitivanjima termomineralne vode u Rajčinovića banji odnose se na 1951. god. Tada je ispitivanje vode obavila Dr J. Đorić u hemijskoj laboratoriji SANU. Nakon toga je bilo više ispitivanja hemizma voda u toku izvođenja hidrogeoloških istraživanja. Izvestan broj reprezentativnih hemijskih analiza je dat u tabeli 1, iz koje se može sagledati karakter hemizma termomineralnih voda u akviferima koji su na različitim dubinama u terenu, kao i promene hemizma u istom akviferu tokom vremena.

Termomineralna voda je tipična za grupu HCO_3 - Na voda, CO_2 gasnog sastava. Uopšte uzev, nema bitnih razlika u hemizmu voda između pojedinih kaptiranih akvifera, što znači da je bušotinama zahvaćena voda koja potiče iz jednog zajedničkog vodonosnog sloja. Međutim, ako se detaljnije analizira tabela 1, uočava se da se sa povećanjem dubine menjaju određene karakteristike, koje se ogledaju u sledećem.

Eksploataciona bušotina, koja kaptira vodu iz laporovitih krečnjaka sa dubine oko 16 m, davala je 1955. god. vodu mineralizacije preko 5,000 g/l (suvi ostatak 3,590 g/l). Sadržaj Na je bio 1,405 g/l, a Cl — 0,170 g/l. U toku višegodišnje eksploatacije smanjivao se sadržaj pojedinih komponenata, tako da je 1978. god. suvi ostatak iznosio 1,939 g/l, sadržaj Na — 0,530 g/l, a Cl — 0,100 g/l. Razlike u vrednostima sadržaja datih komponenata mogu biti posledica različitih metoda i različitih perioda analiziranja voda, ali je verovatnije da je to posledica uzroka druge prirode. Naime, na toj dubini je obnavljanje termomineralnih voda iz dubljih nivoa otežano, pojačava se mešanje sa običnim podzemnim vodama, što izaziva progresivno umanjenje mineralizacije (razblaživanje) termomineralnih voda. U bušotini u kojoj je kaptirana voda na dubini 102 m (Rb-4) dobijena je termomineralna voda sličnih osobina kao u plitkoj eksploatacionoj bušotini (i dalje je zona intenzivne vodozamene), a povećanje koncentracije hemijskih komponenata je utvrđeno u bušotini koja je dubine 350 m. Iako ova bušotina nije presekla u dubljim delovima terena neki značajniji kolektor sa mineralnom vodom, ipak se zapaža da je hemijski sastav mineralnih voda stabilniji u funkciji vremena, a ukupna mineralizacija povišena u odnosu na pliće delove terena.

Karakteristično za ovu termomineralnu vodu je povišen sadržaj fluora — u visini od 5,0—8,0 mg/l. Povišen sadržaj F je, po pravilu, karakterističan za ugljenokisele mineralne vode niske tvrdoće i visokog sadržaja soli alkalnih metala. Od mikrokomponenata je visok sadržaj Sr — 3,1 mg/l.

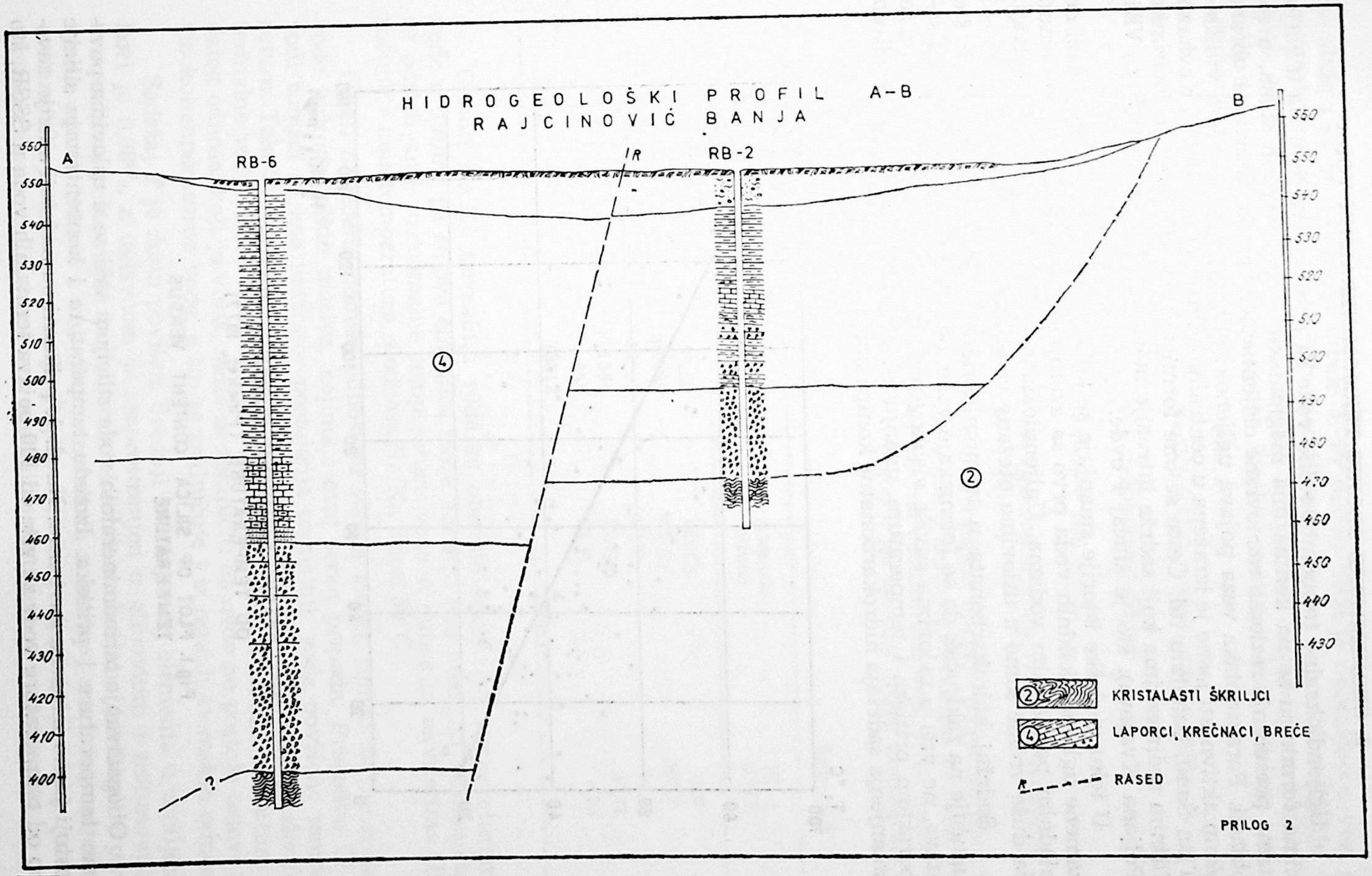
Pored bunara koji daje toplu mineralnu vodu izgrađene su i dve česme koje daju hladnu kiselu vodu. Hladna kisela voda koja hrani česme dobija se iz prslina i pukotina kristalastih škriljaca. Ona potiče od termomineralne vode koja se iz dubljih delova terena probija duž glavnog raseda, uz put ispunjava prsline i pukotine i usporenom cirkulacijom kroz njih hladi se. U višim nivoima terena meša se sa običnim podzemnim vodama pa su i njene fizičko-hemijske karakteristike veoma promenljive u funkciji vremena. Za vreme zimske sezone i za vreme intenzivnijeg prodiranja atmosferskih taloga u podzemlje, izdašnost ovih česmi se povećava, ali atmosferska voda koja se infiltrira utiče na mineralizaciju vode, koja se smanjuje i opada sa povećanjem kapaciteta. Temperatura vode na izvorima merena za vreme otapanja snega iznosila je 7°C a na drugoj česmi 5,5°C. Međutim, temperatura u toku leta iznosi do 14°C (N. Milojević, 1955).

HEMIJSKE ANALIZE TERMOMINERALNE VODE RAJČINOVIĆA BANJE

TABELA 1

KOMPONENTE [mg/l]	KOPANI BUNAR (22.06.1951)	EKSPLOATACIONA BUŠOTINA (1954/55)	BUŠOTINA Rb-1 (350m.) (1975)	BUŠOTINA Rb-1 (350m.) (1977)	BUŠOTINA Rb-4 (102m.) (1977)	EKSPLOATACIONA BUŠOTINA (1977)
t°(°C)	30.0		28.0	29.0	33.0	40.0
pH			7.1	7.61	8.79	8.13
NH_3				1.47	0.26	1.67
Alkalitet				419.48	284.8	314.47
HCO_3^-	1880.0	3751.5	2135.0			
Nitrati			0.01	0.0	0.0	0.0
Cl^-	123.0	170.0	210.0	236.0	112.0	124.0
SO_4^{2-}	2.8	6.5	12.0	19.20	17.28	11.84
HPO_4^{2-}	0.09	2.1	0.01			
F^-			8.0	7.0		5.0
Br^-			0.8			
J^-			0.15			
Fe^{3+}			2.0	0.62	0.35	0.11
NH_4^+			8.0			
Na^+	693.0	1405.9	864.8	1081.0	666.7	736.0
K^+	14.5	29.2	39.0	31.20	21.89	24.57
Ca^{2+}	62.8	68.7	30.0	44.84	22.43	78.47
Mg^{2+}		2.4	12.0	20.12	20.13	16.10
HBO_2			32.0			
SiO_2	43.6	22.4	30.0			
Fe_2O_3	0.08	0.21	2.8			
Al_2O_3	3.0	1.4	0.04			
Ukupna tvrdoća			12.5	7.28	5.04	10.18
Utrošak $KMnO_4$			0.5	3.79	4.42	3.47
Suvi ostatak	1877.2	3589.1	2128.0	2651.0	1851.0	1878.0
Mn	tr.		0.09	0.0	0.0	0.17
Cu			0.001	0.006	0.0	0.008
Zn			0.02	0.004	2.104	0.005
Cd			0.025	0.0	0.0	0.0
Pb			0.002	0.0	0.0	0.0
Hg			0.0003	0.0	0.0	0.0
Cr				0.0	0.0	0.0
As				0.0	0.024	0.0

HIDROGEOLOŠKI PROFIL A–B
RAJCINOVIĆ BANJA



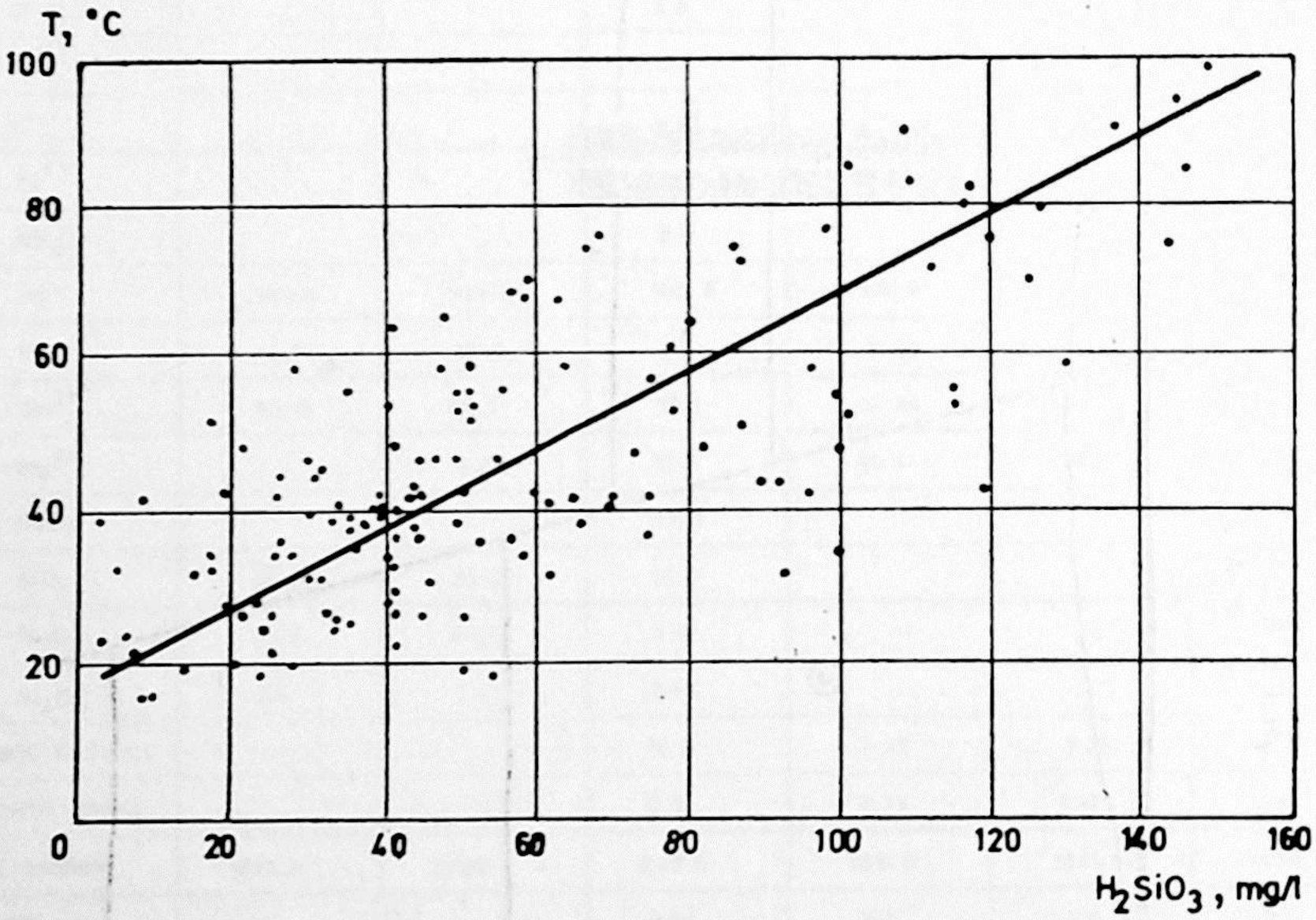
PRILOG 2

5. GEOHEMIJSKE ODLIKE TERMOMINERALNIH VODA

Ugljendioksidne termomineralne vode sa preovladivanjem Na u katjonima formiraju se na kontaktima magmatskih i sedimentnih stena, u zonama presecanja razloma raznovrsne orijentacije. One su tipične za ubrane oblasti. Paragenetska veza pojava ugljenokiselih voda sa mladom vulkanskom aktivnosti jasno je izražena u centralnoj Evropi, Francuskoj, Kavkazu, Tjan-Šanu, Sahalinu itd. Često se one formiraju u intenzivno dislociranim flišnim sedimentima koji sadrže intruzije magmatskih stena (Boržom, Viši, Poljana Kvasova), što je slučaj i ovde.

U toku geološke istorije smanjuje se količina ugljendioksida, dolazi do zamene ugljendioksidnih voda prvo sa azotnim termama, a potom običnim hladnim podzemnim vodama. Ugljendioksidne vode mogu da se sačuvaju za duže vreme samo u uslovima otežane vodozamene.

Sadržaj hidrokarbonata u termomineralnoj vodi je veoma visok što upućuje na zaključak da se formiranje vode, odnosno njenog hemijskog sastava, ne vrši u uslovima suviše visokog pritiska i temperature. Naime, sa porastom pritiska i temperature smanjuje se vrednost pH, što dovodi do smanjenja sadržaja hidrokarbonatne komponente.



SI. 1. GRAFIK ZAVISNOSTI SADRŽAJA SILICIJE OD TEMPERATURE (Pineker, 1977)

Fig.1. PLOT OF SILICA CONTENT VERSUS TEMPERATURE

Obogaćivanje termomineralnih voda silicijom vrši se u uslovima povišene temperature i pritiska. Između temperature i koncentracije silicije postoji jasno izražena zavisnost. Na sl. 1. prikazni su sadržaji silicije zavisno od temperature vode za više od 130 pojava termalnih voda u SSSR, što

se slaže i sa analizama iz tabele 1. Prisustvo SiO_2 je delimično u vezi sa rastvaranjem kvarca (različitih modifikacija kvarca i amorfne silicije — opal), ali je glavni deo sadržaja posledica hidrolize alumosilikata i silikata. Voda u prisustvu slobodne ugljene kiseline rastvara kako alkalne tako i zemnoalkalne feldspate:

$$2NaAlSi_3O_8 + 2H_2O + CO_2 \rightarrow Na_2CO_3 + Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \times H_2O + 4SiO_2$$

U vezi sa sadržajem silicije je i indikatorni odnos

$$SiO_2 : \text{suvi ostatak} = 0{,}01 — 0{,}02$$

koji određuje pripadnost termomineralne vode grupi termalnih izvora sa max temperaturom manjom od 85°C [4].

Za analiziranje geohemijskih uslova sredine korisno mogu da posluže i atomski odnosi određenih komponenata u termomineralnim vodama (tabela 2). U tabeli su dati samo odnosi prema rezultatima analize za bušotinu Rb-1, dubine 350 m (analizirano 1975. god.), jer su i za druge analize slični odnosi.

Tabela 2

Atomski odnos	Rb-1 (1975)	Atomski odnos	Rb-1 (1975)
Na/K	37,69	Rb/Cs	15,6
Na/Li	303,86	Cl/Br	592,2
Na/Rb	32152	Cl/F	14,07
Na/Cs	501584	Cl/So4	23,78
K/Rb	853	Cl/B	6,98
K/Cs	13312		

Odnosi Na/Ka termalnih voda su obrnuto srazmerni temperaturama vode u dubini, pa se ova činjenica može koristiti kao hemijski termometar za određivanje maksimalne temperature vode u dubokim akviferima. Izračunata max temperatura iz odnosa Na/Ka iznosi 50°C.

Ostali navedeni atomski odnosi su veoma visoki, tipični za mineralne vode hidrogeoloških masiva, kojima i ovaj teren pripada. Prisustvo Li u vodi tumači se kao indikator postojanja termalnih voda povišene temperatura. Takođe je utvrđeno da što je manji odnos Na/Li, utoliko je akvifer termalne vode visoke temperature na manjoj dubini u terenu. Međutim, iz datog odnosa, koji je visok, može se zaključiti da ovde ne postoje uslovi za visokotemperaturne vode, a što se zaključuje i iz ostalih atomskih odnosa.

Sadržaj F je dosta povišen. Srednji sadržaj ovog elementa u zemljinoj kori je 0,08%, a uglavnom je rasprostranjen u glinovitim i liskunovitim mineralima, pošto može zamenjivati kiseonik u oksidima (amfiboli i pirokseni, apatit, liskuni i dr.). Ovi minerali su u znatnoj meri zastupljeni u metamorfnoj seriji u području Rajčinovića banje (prilog 1), odakle u termomineralnu vodu F dospeva u procesima rastvaranja i izluživanja.

6. HIDROGEOTERMSKE KARAKTERISTIKE TERENA

Temperatura termomineralnih voda se menja u zavisnosti od mikrolokacije bušotine i dubine kaptiranja vode — od 28 do 40°C. Sasvim je izvesno da je maksimalna temperatura voda u području viša, pošto voda sadrži i izvesne teško rastvorljive komponente za čije rastvaranje je bitan temperaturni faktor. Ipak, kako se iz prethodnih razmatranja vidi, ovde ne treba očekivati visokotermalne vode, a verovatna maksimalna temperatura vode može da se odredi pomoću temperaturnih indikatora.

Prvi temperaturni indikator je zavisnost rastvorljivosti silicije od temperature:

$$-\log K_{SiO_2} = 1{,}309 \times \frac{10^3}{T} - 5{,}19$$

K_{SiO_2} — koncentracija silicije u mg/l

T — temperatura u °K.

$$-\log 30 = 1{,}309 \times \frac{10^3}{T} - 5{,}19$$

$T = 79°C$

Drugi temperaturni indikator je zavisnost raspodele alkalija od temperature sa korekcijom za sadržaj Ca^{2+} u vodi:

$$\log \frac{{}^{m}Na^{+}}{{}^{m}K^{+}} + \frac{1}{4} \log \frac{\sqrt{{}^{m}Ca^{2+}}}{{}^{m}Na^{+}} = \frac{1647}{T} - 2{,}24$$

${}^{m}Na^{+}$, ${}^{m}K^{+}$, ${}^{m}Ca^{2+}$ — molarnost Na, K i Ca jona.

Ovaj proračun daje vrednost maksimalne temperature preko 100°C, što prema svemu sudeći ne odgovara konkretnim karakteristikama terena.

Ako se usvoji da je moguća maksimalna temperatura vode u području u granicama 50—60°C, tada proizilazi da se, prema geotermskom gradijentu u tom delu terena, akvifer sa termalnom vodom nalazi na dubini 500—700 m. Prema hemijskom sastavu vode, akvifer je u karbonatnim stenama paleozojskog kompleksa, gde je on od primarnog ekonomskog značaja. Činjenica da bušotine koje su dospele u bazu kredne serije (Rb-1 i Rb-4) imaju termomineralnu vodu niže temperature od bušotine koja je duboka svega oko 20 m (eksploataciona bušotina), potvrđuje pretpostavku da u okviru kredne naslage ne može postojati značajnija akumulacija ovih voda. Ovde je znatan uticaj mešanja sa običnim podzemnim vodama, a plitka eksploataciona bušotina je slučajno presekla rased koji iz dubljih delova metamorfne serije dovodi vodu na površinu terena. Isto tako, izdan koja se formira u bazi kredne naslage oskudna je vodom, jer se prihranjuje preko sistema prslina i pukotina slabo propusne metamorfne naslage koja se nalazi između glavnog akvifera i bazalne serije krede.

Postoji više načina da se odredi da li kod određenog termomineralnog izvora postoji mešanje tople i hladne podzemne vode, kao i udeo frakcije hladne vode. U ovom slučaju, ako su prednje pretpostavke tačne, tada je i mešanje voda znatno, a to se može ilustrovati proračunima prema sledećim obrascima [4]:

$$X_h = \frac{\text{(Entalpija tople vode)} - \text{Temperatura termal. izvora)}}{\text{(Entalpija tople vode)} - \text{(Temperatura hladnog izvora)}}$$

$$X_{Si} = \frac{\text{(Silicija u toploj vodi)} - \text{(Silicija u hladnom izvoru)}}{\text{(Silicija u toploj vodi)} - \text{(Silicija u termal. izvoru)}}$$

Vrednosti X_h i X_{Si} predstavljaju veličine frakcije hladne vode određene na bazi entalpije i sadržaja silicije respektivno. Temperatura hladne vode je 11°C, a sadržaj SiO_2 u hladnoj vodi je 20 mg/l. Proračunom je dobijena veličina frakcije hladne vode u termomineralnoj vodi $X_h = 0{,}83$ (83%), a maksimalna temperatura koju dostiže komponenta termalne vode iznosi, prema odgovarajućem dijagramu 150°C. Iz ovoga se može zaključiti da je u termomineralnoj vodi Rajčinovića banje izraženo veliko mešanje običnih i termomineralnih voda i da glavni akvifer tih voda nije u okviru sredine koja je dostignuta istražnim bušenjem.

ZAKLJUČCI

Na osnovu napred iznetog o termomineralnim vodama u području Rajčinovića banje, mogu se izvući sledeći zaključci:

a) Pojava termomineralne vode se nalazi u terenu relativno složene geološke građe i hidrogeoloških odnosa u terenu. Pojavljivanje vode je u zoni kontakta kredne serije i paleozojskog kompleksa stena.

b) Termomineralna voda je HCO_3-Na tipa, CO_2 gasnog sastava. Temperatura vode je u intervalu 28—40°C, a ukupne mineralizacije oko 5,0 g/l.

c) Prema temperaturnim indikatorima („geotermometrima“) — Na/K, SiO_2 i Na-K-Ca, izračunato je da se u dubljim delovima terena mogu očekivati termomineralne vode sa temperaturom 50—60°C. Pri tome se akvifer ovih voda očekuje na dubini 500—700 m.

d) U okviru kredne serije ne mogu se očekivati značajnije akumulacije termomineralnih voda. Rezultati analiza ukazuju da se ekonomski značajan akvifer termomineralnih voda nalazi u karbonatnim stenama paleozojskog kompleksa ispod kredne naslage, pa je i dalje istraživanje potrebno usmeriti na otkrivanje ovog akvifera. U okviru kredne naslage je znatan uticaj mešanja mineralnih sa običnim podzemnim vodama, pa je i obogaćivanje mineralne vode hidrokarbonatima izvršeno u toj sredini.

(Primljeno 20. VI 1979)

LITERATURA

1. Milojević N.: 1955. — Prilog za poznavanje mineralnih voda NRS (Mineralne vode okoline Novog Pazara). Zbornik radova Geološkog instituta „Jovan Žujović“, knj. 8, Beograd.
2. Mzareulišvili M. V.: 1976. — Ftor v podzemnoh vodah Gruzii. Problemi gidrogeologii i inženernoi geologii. „Mecinereba“, Tbilisi.
3. Pinneker E. V.: 1977. — Problemi regionalnoi gidrogeologii. „Nedra“, Moskva.

4. Protić D.: 1978. — Hidrohemijski rezultati istraživanja termalnih voda u području Jošaničke banje. Radovi Geoinstituta, sv. 12, Beograd.

5. Smit F. G.: 1968. — Fizičeska geohimia. „Nedra", Moskva.

6. Timofeev P. P., Ščerbakov A. B.: 1978. — Geohimia termalnih vod i nekotorie aspekti ih geologičeskoi dejatelnosti. Problemi gidrogeologii i inženernoi geologii. „Nauka i tehnika", Minsk.

7. Thruesdell A. H., Jones B. F.: 1974. — Wateq, a computer program for calculating chemical equilibria of natural waters. Journal of research of the U. S. Geological Survey, vol. 2, № 2, Washington.

8. Werner D.: 1975. — Probleme der Geothermik am Beispiel des Rheingrabens. Zürich.

Summary

THERMOMINERAL WATERS IN RAJČINOVIĆ BANJA REGION

by

Damnjan Protić and Petar Djalović

The termomineral water in Rajčinović banja, in accordance with its physico-chemical properties, belongs to a group of first-class thermomineral waters, and by that reason have used already a longer array of years in balneotherapy and for drinking too. In this region there were carried out so far some less investogations, but in 1975. it was start with complex exploration which is continue up to now.

Thermomineral water has appear at the contact of cretaceous serie and metamorphic complex of rocks, in terrain of very complicated geologic pattern and hydrogeological relations also. A cretaceous materials formed the Senonian flysh, whereas paleozoic deposit is the Carboniferous metamorphic rocks. Exploratory wells have captured the thermomineral waters at basic serie of the cretaceous deposit (102—350 m depth).

Thermomineral water is HCO_3-Na type, mineralization of about 5,0 g/l, CO_2-gaseous composition and temperature of 28—40°C.

In paper have been discussed the hydrogeochemical conditions of environment which contains thermomineral water. On base of index Na : K, SiO_2 : total solids, atomic rations, and temperature indicators of SiO_2, Na-K-Ca, there were calculated the maximum probable temperatures of thermomineral waters in ground. These temperatures are in interval of 50—60°C. The depth of aquifer is, consequently, about 500—700 m.

The function of aquifer of thermomineral waters have a limestones and marbles of the paleozoic complex, and therefore the exploratory drilling have to direct in these aquifers.

(Received 20. VI 1979)

R A D O V I Geoinstituta, knjiga 13., god. 1979.
Beograd, Rovinjska ul. 12.

Antonije Antonović[1]

UDK 553.4 (048.1)

SAVIĆEVA KNJIGA »OD ATOMA DO NEBESKIH TELA« — NJEN ZNAČAJ ZA GEOLOGIJU

Nedavno se u knjižarama pojavila knjiga pod naslovom „Od atoma do nebeskih tela — poreklo rotacije nebeskih tela“ u izdanju Radničkog univerziteta „Radivoj Čipranov“ iz Novog Sada. Autor ove knjige je akademik P a v l e S a v i ć. Ovo je ustvari drugo izdanje (1978. g., prvo je izašlo 1970. g.) jednog popularno izloženog prikaza obimnog naučnog dela, prvi put koncepcijski iznesenog pred SANU 1961, a zatim u više navrata razrađenog zajedno sa akademikom Radivojem Kašaninom tokom 1961—1966. godine.

Moto ove S a v i ć e v e knjige sastoji se u traženju prauzroka rotacije nebeskih tela. Savić posebno naglašava činjenicu, mada zvuči gotovo neverovatno, da do momenta prikaza njegove teorije niko u nauci nije postavio to pitanje, pošto se neprikosnoveno smatralo da je obrtni momenat prisutan od samog „postanka sveta“. Ovo fundamentalno naučno delo pokazuje da je rotacija nebeskih tela, od galaksija do planetarnih sistema, osobina stečena kasnije kao posledica transformacija vršenih u samom atomu bilo kog elementa, pod dejstvom pritiska usled gavritacionog privlačenja čestica. Transformacija atoma (pri čemu se misli na promene elektronskog omotača, a ne i jezgra) vrši se pod dejstvom vrlo visokog hidrostatičkog pritiska unutar velikih kondenzacionih aglomeracija, od kojih je jedna od najmanjih — naša Zemlja. Zato i osnovu odn. glavnu sadržinu ovog dela čini serija pomenutih radova pod nazivom „Ponašanje materijala pod visokim pritiscima“.

Ovaj osvrt nije „popularizacija popularizacije“ tim pre što i sama knjiga predstavlja gotovo celosni prikaz originalnog naučnog dela, skraćen u odnosu na matematički dokazni postupak, već težnja da se čitaocima, u prvom redu geolozima, koji na bilo koji način teže da dublje sagledaju procese u osnovnim granama kao tektonika, petrologija, geohemija, paleobiologija i dr. učini pristupačnom sadržina ove knjige, koja po svojoj prilici predstavlja jedan od bitnih preduslova za dalji napredak geoloških nauka uopšte. O aspektima veze teorije Savić—Kašanin sa geološkim naukama, o čemu dosta govori i sam autor ne samo u ovoj knjizi, biće reči na kraju ovog članka.

---

[1] Geoinstitut, Beograd.

Posebnu draž ovog dela čini naizgled samo ilustrativan navod na kraju knjige o upoređenju podataka dobijenih na bazi teorije Savić—Kašanin sa rezultatima merenja krajem šezdesetih i početkom sedamdesetih godina, koji su tada zvučali kao senzacija, a ustvari su bili već poznata fakta, koju godinu ranije od tih ponovnih otkrića. Ovi podaci su potvrda rezultata jednog vanrednog naučničkog ostvarenja, praćenog oporim ukusom saznanja da podaci istraživanja ovakvog dometa sporo dopiru do šire svetske javnosti, naročito kada su ponikla u krilu jedne male nacije.

Savić u svojoj knjizi, pored već uveliko oprobane naučničke erudicije, pokazuje i veliki pedagoški smisao da jednom čitaocu koji je ovladao srednjoškolskim znanjem fizike i matematike na razumljiv i pristupačan način izloži sve elemente ove teorije, polazeći od fundamentalnih postavki fizike i hemije. Pokušavamo ovde da izložimo osnovne tokove i zaključke ovog značajnog naučnog dela sa ukazivanjem na veze sa geološkim naukama i smernice kojim bi se ove zadnje mogle kretati uzimajući Savićevu teoriju, bilo kao putokaz ili postrek za njihov dalji razvoj. Ovaj prikaz treba da pomogne čitaocu, kao što je već istaknuto, da se upozna sa ovom knjigom bez bojazni da je ona van domena njegovog razumevanja, da se uživi u logično i postupno uvođenje u sve finese i krajnje zanimljiv svet mikrotela, koja diriguju svim makrofenomenima koji nas okružuju.

Knjiga je podeljena na dva dela, mada se po suštini materije mogu sagledati tri osnovne grupe pitanja. U početnom delu govori se o osnovnim naučnim principima na kojima počiva ova teorija, u drugom se govori o rezultatima laboratorijskih ispitivanja i teoretskim postavkama ponašanja materijala pod visokim pritiscima, kao osnovama teorije Savić—Kašanin, a u trećem poglavlju o implikacijama na raslojavanje makrotela i stvaranju rotacije sa drugim posledicama.

U uvodnom delu reč je dakle o svemu onome što se danas zna o atomu (izuzimajući jezgro). Početak je u lucidnoi Mendeljejevljevoj tablici koja daje broj elektrona za svaki atom, a zatim se upoznajemo sa svom složenošću kruženja elektrona po energetski strogo raslojenim ljuskama oko jezgra (Borov model atoma, Paulijev princip zabrane, kvantna teorija). Upravo su procesi koji se dešavaju u okviru omotača jezgra uzrok svih opisanih promena materije, a čiji je nosioc elektron. Ova najmanja čestica čija je masa tačno formulisana može da skače sa jedne na drugu orbitalnu ljusku, primajući ili odajući energiju. Elektron kao nosioc mase koja se obrće ima *momenat količine kretanja* koji se u atomistici zove *spin*, a pošto se radi o kružnoj putanji naelektrisane čestice, onda postoji i *magnetni momenat*. Između ova dva momenta postoji određena relacija (Ričardsonov efekat).

Na osnovu poznatih postavki termodinamike uvodi se *nulta zapremina* svakog elementa pri kojoj atomgram ili molgram na O°K ima isti — Avogadrov broj čestica, a iz ovoga odmah sledi i *gustina* kao količnik atomske težine i nultog volumena. Ovo važi za sve *čestice*, bez obzira dali su to slobodni atomi, molekuli i dr. Videće se kasnije da su ove dve veličine bitne za sve proračune po ovoj teoriji.

Jedan od važnih elemenata za postavku i proveru teorije čine i podaci o eksperimentima u raznim laboratorijama sa presama za visoke pritiske, među kojima su najviše korišćeni podaci Bridžmena. Ovaj ispitivač je ot-

krio da se promene gustine, kao jednog od najznačajnijih fenomena ekstremnog povećanja pritiska, kod pojedinih elemenata vrši *skokovito.* Dok ovaj autor ove promene tumači polimorfijom — preorijentacijom atoma u kristalnoj rešetki, u teoriji Savić — Kašanin daje se generalnije i sasvim različito tumačenje. Do promene gustine dolazi naime zbog toga što se atomi isprva dodiruju spoljnim orbitama elektrona, a zatim ovi napuštaju orbite, dok unutrašnji prelaze na orbite viših energetskih nivoa. Ove promene se vrše skokovito, nezavisno od promene hemijskog sastava materije. Posledica toga je raslojavanje makrotela, pri čemu svaki sloj čini jednu *fazu,* čija se gustina može izračunati. Osnovu teorije čini Savićeva empirijska formula za srednju gustinu ρ_s kako pojedinih planeta tako i slojeva u unutrašnjim planetama, koja glasi $\rho_s = \frac{4}{3} 2^{\varphi}$, $\varphi = -1, 0, 2, 3$. Podaci dobiveni proračunom odlično se slažu sa mernim podacima, čak su ukazali na neke greške pri merenjima (dimenzije planete Mars), što je i potvrđeno.

U daljem tekstu sledi detaljan postupak dokazivanja ovih postavki. Pored skokovitog povećanja gustine odn. zapremine, pri konstantnom povećanju pritiska dolazi i do povećanja *akumulirane energije,* pri prelazu od jedne faze sistema u drugu. Sve ove vrednosti mogu se tačno računski odrediti, uvođenjem još jedne značajne funkcije — *energije koju ima elektron na rastojanju a:* $E = \frac{e^2}{a} = \frac{14{,}4}{r}$ eV (1eV približan je $0{,}455 \cdot 10^{-25}$ kWh).

Navodeći mnogobrojne oblasti i primene proračuna, između ostalih i Jungovog modula elastičnosti i drugih konstanti koji se slažu sa mernim podacima, Savić kaže: „Kao što vidimo, ova teorija daje odlične rezultate i kad izađemo iz zamišljenog oblaka i razmotrimo materijal pri laboratorijskim vrednostima parametara stanja". Ovde upravo leži jedna od mogućnosti da se prema Savićevim postulatima uvedu egzaktni proračuni u fundamentalnu geologiju znatno više nego što je to do sada bio slučaj (metamorfizam, rudna ležišta i dr.).

Važan zaključak u daljem razmatranju teorije je tretiranje materije pod pritiskom, koja se sastoji od više elemenata u vidu smeše ili jedinjenja, što je uvek slučaj u uslovima makrotela, kao jedinstvenog elementa sa *srednjom atomskom težinom* i *srednjim nultim volumenom.* Ovde se daje konkretan primer izračunavanja srednje atomske težine Zemlje ($A = 26{,}518$) i srednjeg volumena ($V = 5{,}9$ cm^3), a zatim kako se iz poznatih (merenih) gustina stena dobija vrlo približna vrednost ($V = 5{,}988$ cm^3). Vrednosti A i V su ustvari *jedino potrebne veličine* za dobijanje svih fizičko hemijskih odn. astrofizičkih podataka o materijalu i makrotelu.

Neposredan rezultat stvaranja strogo izdvojenih energetskih faza stanja elektronskog omotača atoma pri visokim pritiscima jeste da je raslojavanje makrosistema čestica posledica mikrostrukture atoma i njihovog ogromnog broja. Najraniji dokaz i potvrda ovog zaključka je otkriće Mohorovičićevog (Moho) diskontinuiteta (1909 g.), a kasnije su ovakvi diskontinuiteti utvrđeni i na dubinama od 2890 i 5000 km. Od fundamentalnog značaja je zaključak da diskontinuiteti (raslojavanja) nisu posledica promene hemijskog sastava, čime se uostalom ne mogu objasniti velike razlike u dubinama Moho diskontinuiteta ispod kontinenata odnosno ispod okeana.

U knjizi se daje i originalna klasifikacija makotela (planete, zvezde, galaksije) prema posedovanju rotacije, raslojenosti itd. Računom se izvodi i najveća moguća masa bilo neraslojenog tela ili jezgra polifaznog raslo-

jenog tela: $(Mmax)O^{\circ}K = \frac{6{,}5 \cdot 10^{30}}{A^2}$ g.

Svaka faza odn. sloj predstavlja *zabranjenu zonu kroz koju mogu da se kreću jedino slobodni elektroni.* Naime, usled visokih pritisaka elektroni počinju da odlaze prelazeći iz unutrašnjih u spoljašnju ljusku, a ostaju elektronodeficitarni atomi, koji pak ne postaju joni, jer ovde zbog visokog pritiska nemaju mogućnosti slobodnog kretanja. Ovde na taj način nastaje *elektronski gas,* koji ima veoma interesantnu osobinu da vrši oksidno-redukcione reakcije i prenos toplote na svom putu ka površinii, gde postoji pola miliona kulona slobodnog negativnog elektriciteta. Videćemo koliko je Savićev podatak o zabranjenim zonama u koliziji sa tekućim shvatanjima da su konvekciona kretanja magme glavna pokretačka sila u tektogenezi.

Najzad nas knjiga dovodi do najvažnijeg pitanja, koje — kako je u početku bilo rečeno — nije u nauci dosada uopšte tretirano, do nastanka rotacije kao najraširenijeg vida kretanja u vasioni. Pre svega, usled gubitka elektrona iz atoma stvara se *slobodni magnetni momenat* u atomu, zatim se magnetni momenti međusobno orijentišu čineći u sistemu pod vrlo visokim pritiskom zbir ukupnog broja magnetnih momenata. Kako nastanak magnetskog momenta predstavlja istovremeno i pojavu sprega, to objašnjava pojavu rotacionog kretanja u sistemu čestica pod pritiskom. Savić na sledeći način formuliše ovaj fundamentalan zaključak: „Rotacija prema tome nije ni nasleđeni ni prvobitno dati (nekom tvoračkom ćudi) oblik kretanja u prirodi, već posledica evolucije sistema čestica, i to atoma sa njihovim elektronskim omotačem oko jezgra". Rotacija ustvari nastupa tek u trećem sloju ili sloju višeg reda. Ujedno Savić daje računom izveden odgovor na pitanje dali je akumulirana energija toga sloja dovoljna „da to kretanje izazove, održi i naknadi gubitak energije na rotaciju, toplotu i gubitak energije zračenjem". Akumulirana energija u jednom gramu mate-

rijala u „sloju promotoru rotacije" iznosi $9{,}6 \cdot 10^{11} \frac{E_i^* + E_I}{A}$ erga. Ona je dovoljna da kompenzira gore navedenu količinu gubitka energije.

Ovde u celosti citiramo bitne posledice rotacije, imajući u vidu značaj ovih fenomena na ustrojstvo zemljine kore: „Pojavom rotacije javljaju se i nove mehaničke osobine sistema koje mu daju nove karakteristike. To su, na prvom mestu, centripetalna i centrifugalna sila. Te sile kojih nije bilo pre pojave rotacije, imaju određenu ulogu u daljoj evoluciji sistema. Druga osobina novonastalog rotacionog kretanja daje sistemu kinetički momenat (proizvod momenta inercije i uglovne brzine), koji je važna mehanička odlika svakog rotirajućeg tela. Svaka od tih novih osobina na određeni način utiče na dalji tok razvoja sistema čestica". Ovde bi odmah moglo da se postavi pitanje nije li Savić ovim inicirao moguće pokretačke sile gramadnih kontinetalnih ploča, umesto krajnje hipotetičnih konvekcionih pokreta magme. U tom svetlu je svakako potrebno vršiti obimna preispitivanja u pogledu rekonstrukcije kretanja kontinenata.

Dalje slede isto tako važni zaključci i izvodi, kao što je najmanja masa makrotela potrebna da bi steklo rotaciju, odnos magnetne ose i ose rotacije, problem razlike obimne i uglovne brzine pojedinih slojeva čija je posledica trenje između njih kao generator toplote i dr. Od posebnog značaja (za geologiju naročito) je pitanje porekla *unutarnje toplote* makrotela. Prema geotermskom stupnju u centru Zemlje trebalo bi da bude, kako navodi dalje Savić, oko dvesta hiljada stepeni. Procene astrofizičara su međutim za više od jedne potencije niže. Po teoriji Savić—Kašanin ona je u centru zemlje svega 3670°K (3397°C) sa čime se slažu i geohemičari. Kako su najdublji slojevi ujedno i najveći generatori rotacionog kretanja, onda bi se u otsustvu trenja samo oni obrtali. Pored stvaranja toplote na graničnim slojevima, makrotelo se zagrevanjem širi uz opadanje srednje gustine, pri čemu ono mora da primi novu količinu materije, da bi pritisak na atome ostao isti. Ova mogućnost je međutim neostvarljiva, pa makrotelo zračenjem gubi toplotu, hladi se, zgušnjava i proces se ponavlja istim redom, odnosno nastaju oscilatorna skupljanja i širenja sistema čestica.

Slojevi su, kako je već napomenuto, međusobno izolovani i razmena energije, ustvari toplote „ne vrši se konvekcijom, t.j. strujanjem materijala iz faze u fazu, već se prenosi zračenjem . . .". Videćemo kasnije kako u jednom drugom radu (sa S. Pavlovićem) Savić objašnjava vulkanizam.

Dalji tekst odnosi se na prikaz teorije S a v i ć — K a š a n i n na sva kosmička tela, prvenstveno na Zemlju i Mesec, a zatim na sva makrotela u vasioni. Najmanje po obimu ali i najznačajnije je poglavlje na kraju knjige koje se odnosi na upoređenje računom dobijenih podataka po teoriji Savić—Kašanin i mernih podataka najvećim delom kasnijeg datuma, dobijenih tokom prodora u kosmos nenastanjenim i nastanjenim letilicama, što predstavlja i trijumf ove teorije.

Značaj teorije S a v i ć — K a š a n i n za shvatanje geoloških procesa treba da bude sagledan sa svih aspekata pojedinih disciplina. Ovde se sve više radi o naučnim kompleksima multidisciplinarnog karaktera, kao što je i samo delo Savića u zajednici sa Kašaninom. Ustvari mnoge „čisto" geološke discipline sve više dospevaju u međuzavisne odnose sa raznorodnim naučnim oblastima, tako da je potreban sve širi areal znanja da bi se prodrlo u suštinu „specijalističkih" pitanja. Tokom izlaganja ove knjige pogde su već dati uporedni komentari nekih fundamentalnih pitanja geologije, a u daljem tekstu ova relacija će biti obimnije tretirana.

Kao prvo dolazi pitanje sastava unutrašnjih sfera i jezgra Zemlje. U svim udžbenicima opšte geologije i danas važe nazivi SIAL, SIMA, NIFE i sl. koji su sastavljeni od simbola glavnih sastojaka-elemenata. Ovo je očigledno u suprotnosti sa teorijom Savić—Kašanin, što ovde ne treba posebno obrazlagati. Uostalom, od ranije su poznata druga mišljenja koja se više približavaju ovoj teoriji, kao na pr. pretpostavka R e m z e j a da se zem-

ljino jezgro sastoji upravo od jako zgusnutog vodonika*)[1]. U ovom pogledu je posebno interesantan rad V. B. P o r f i r j e v a*)[2], člana Ukrajinske akademije nauka, o poreklu nafte, što je inače njegova životna preokupacija. Ceo rad je posvećen dokazivanju anorganskog, endogenog porekla nafte, koja se po ovom autoru izlila u zemljinu koru iz neke dublje sfere, možda čak i iz samog jezgra Zemlje. On ukazuje na veliku verovatnoću da su nafta odn. ceo niz ugljovodonika ušli u sastav Zemlje iz primordijalnog oblaka. Karakteristično je i to da P o r f i r j e v smatra da je do izlivanja došlo samo u dva maha: jednom pre jedne milijarde godina (prekambrija), a drugi put tek krajem tercijara, pre samo desetak miliona godina. Rad je objavljen 1961, iste godine kada je Savić prvi put obelodanio svoju teoriju, i veoma dobro se uklapa u osnovne postavke teorije Savić—Kašanin.

Drugo značajno pitanje na koje ova teorija daje vrlo decidirano pitanje je poreklo unutrašnje toplote Zemlje. Ovde treba samo dodati da se u geološkim naukama kao značajan izvor toplote uzima i energija radioaktivnog raspada. O ovome postoje mnogi podaci u odgovarajućoj literaturi*)[3].

Treći, vrlo interesantan kompleks pitanja, veoma retko pominjan u tekućoj geološkoj literaturi, vezan je za rotaciju i pojavu magnetnog polja zemlje. Rotacija kao uzročnik tektonskih pokreta nije privlačila pažnju zbog shvatanja da se ona praktično nije menjala od samog postanka Zemlje, izuzev možda slabog usporavanja. U svom traktatu o globalnoj tektonici poznati sovjetski geotektoničar V. E. H a i n*)[4] ističe između ostalog i moguć uticaj „rotacionog režima planete na tektogenezu“ pa iznosi čak izvesne primere regionalnih tektonskih struktura, čiji se postanak drugačije teško može objasniti. O režimu rotacije i proishodnih sila u svetlu teorije Savić—Kašanin kao generatoru tektonskih pokreta bilo je već reči, naročito kada se govori o konvekcionim strujama magmatskih masa velikih razmera, čak od granice sa jezgrom naviše, koje po ovoj teoriji nisu moguće. U jednom radu zajedno sa S t o j a n o m P a v l o v i ć e m*)[5], S a v i ć dozvoljava mogućnost probijanja magmatskih rastopa kroz Mohorovičićev diskontinuitet (vulkanizam) pod dejstvom stresa, koji izaziva udarni impuls nastao pri prelazu materijala od gustine 6 g/cm^3 u materijal gustine 10 g/cm^3 na granici donje mantije i jezgra. Na taj način ovde treba jasno razlikovati udarne prodore mase iz jedne sfere u drugu, koje se vrše izuzetno, od stalne konvekcije (komentar A. A.). Savić je uostalom i precizno naveo sile koje nastaju rotacijom i koje imaju i odgovarajuće tangencijalne komponente. U geologiji su veoma precizno poznate epohe velikih pokreta zemljine kore, tako da postoje dobri izgledi da se procesima koje obrađuje teorija Savić—Kašanin doda i vremenska komponenta.

---

*)[1] Larousse, izdanje „Vuk Karadžić“ 1972, tom 22, str. 439.

*)[2] „O prirode nefti“ — Ljvovskoje geologičeskoje opščestvo, Geologičeskij sbornik 7—8, 1961, str. 13—38.

*)[3] Navodimo jedan interesantan rad ove vrste: R. Coppens — La radioactivité des roches. Presses universitaires de France, 1957.

*)[4] O tektoniki plit k boljeje obščej teoriji globaljnogo tektogeneza. Geotektonika № 3, 1978, str. 3—24.

*)[5] Raspredelenije vulkaničeskih očagov v zavisimosti ot glubin poverhnosti Mohorovičiča. Meždunar. geohim. kongres, Moskva 1971.

Magnetno polje Zemlje koje se javilo uporedo sa rotacijom trpelo je velike promene što posebno ističe Savić u ovoj knjizi govoreći o promenljivom položaju magnetnih polova u odnosu na osu rotacije (str. 144): „Danas je pitanje promene magnetne ose Zemljinog magnetizma postalo vrlo aktuelno, jer od odgovora na to zavise rešenja problema paleologije (erratum — verovatno paleobiologije, A. A.) geologije, mineralogije, geohemije, geofizike i drugih naučnih disciplina". Ustvari, isto tako treba preispitati rezultate ogromnog broja merenja paleomagnetizma u celom svetu u svetlu ove teorije, pogotovu što se po pravilu polovi (paleo) rotacije i (paleo) magnetizma poistovećuju. Ukoliko je dolazilo do povremenog slabljenja ili čak nestanka magnetnog polja (što je po ovoj teoriji moguće, a već su utvrđene povremene promene polariteta, što je neminovno moralo da prođe kroz nultu fazu) onda je moglo da dođe do prodora radioaktivnog zračenja visoke energije do same površine zemlje i da utiče na biomasu zemlje, u prvom redu životinjski svet (mutacije, promene i iščezavanje vrsta i sl.).

Najzad da pomenemo i regionalni metamorfizam, koji u osnovi znači transformaciju stena male gustine (koloidni alumosilikati, kalcijumkarbonatna materija) u stene veće gustine (sa liskunom, feldspatom, kalcitom i dr. kao sastavnim mineralima kristalastih stena), na šta je utrošena značajna količina energije. Ustvari u geohemiji se odavna uzima u obzir fenomen energije u minerogenezi, mada još nema zadovoljavajućih objašnjenja regionalnih pojava u okviru zemljine kore, ili nam za sada nisu poznata.

Ovo su naravno samo neka pitanja koja se mogu pokrenuti na osnovu novih saznanja po teoriji Savić—Kašanin. Povodom toga može se postaviti problem naučne delatnosti kada se radi o multidisciplinarnim ispitivanjima. Pitanje se na banalan način može formulisati: koji stručni profil istraživača je potreban da bi se bavio ovim ispitivanjima. Lično mislim da može svako, samo ako je dovoljno zainteresovan i ako je spreman da stekne nova znanja bez obzira na njihov obim, makar počeo i od samih osnova. Značajna je vest objavljena u časopisu Galaksija od juna 1979. da je u SANU formiran odbor za proučavanje strukture zemlje kao nebeskog tela, koji je okupio i geologe. Treba međutim očekivati da ova aktivnost dobije znatno šire razmere, uz učešće svih entuzijasta geologije u svim njenim disciplinama.

(Primljeno 1. IX 1979)

R A D O V I Geoinstituta, knjiga 13., god. 1979.
Beograd, Rovinjska ul. 12.

Milan Obrenović **UDK (06)**

OSVRT I KRATAK PREGLED REZULTATA POSTIGNUTIH NA POLJU RACIONALIZACIJA I INOVACIJA U DELATNOSTI GEOINSTITUTA

Inventivan stvaralački rad, u okviru delatnosti Geoinstituta, je našao svoje mesto i dao čitav niz pozitivnih rezultata koji su postigli određene efekte vredne da se ocene i budu zabeleženi. Ovo tim pre što su i intencije našeg društva usmerene na podsticanje takvih aktivnosti u cilju stvaranja povoljnih uslova za unapređenje i razvoj društva u celini.

Može se reći da je ova aktivnost prisutna u svim domenima delatnosti Geoinstituta. Počevši od uvođenja modernih metoda istraživanja i njihovog prilagođavanja konkretnim uslovima pa sve do rekonstrukcija i izrade novih instrumenata i pribora. Paralelno sa tim osvajana je i proizvodnja (u malom) rezervnih delova za mašine, instrumente i alate koji su inostranog porekla i time, što je najbitnije, smanjivana zavisnost od uvoza to jest izbegnuta je šteta koja nastaje čekanjem na nabavku i uvoz. Ono što je od najvećeg interesa je to da su se naši ljudi u svakoj prilici trudili da prilagode, posebno sredstva rada, najpogodnijim rešenjima do kojih su dolazili iskustvenim putem i da u ista ugrade maksimum racionalnosti i sopstvenih ideja.

Odmah moramo konstatovati činjenicu da je najveći broj ovih dobrih, racionalnih čak u nekim slučajevima i novatorskih rešenja ostao do sada anoniman i da, što je najgore, ne postoji njihova zaštita a nisu ni autori bili stimulisani.

Cilj ovog članka je u tom smislu da se na ovom polju povede akcija koja treba da rezultira pozitivnim rešenjem za napred navedene probleme. Članak je zamišljen tako da prezentira jednu globalnu informaciju o postignutim rezultatima kao i da se ukaže na potrebu sistematskih rešenja afirmacije i priznanja stvaralačkog rada u ovoj instituciji.

Kao što je poznato geologija je oblast u kojoj se nove ideje moraju primenjivati već i zbog specifičnosti da se ništa ne ponavlja. Ove ideje najviše dolaze do izražaja u metodologiji istraživanja i ispitivanja, uporedo sa razvojem tehničkih pomagala.

Na osnovu podataka prikupljenih od samih autora pojedinih rešenja može se izvršiti podela na dve osnovne grupe unutar kojih će se izvršiti i opis svakog pojedinog novog rešenja i dati osnovni podaci za ocenu nje-

---

[1] Geoinstitut, Beograd.

gove vrednosti. Pod izrazom „novo rešenje“ podrazumevaju se metode, instrumenti, mašine ili delovi na kojima su izvršena prilagođavanja, dorade, prerade ili nove konstrukcije dajući racionalnija ili sasvim nova rešenja.

Prva grupa novih rešenja je iz oblasti primenjene metodologije istraživanja. U ovu grupu svrstavamo ovladavanje savremenim metodama, uključujući i opremu namenjenu za primenu svih vrsta geoloških istraživanja kako za opšte tako i za rešavanje specijalizovanih zadataka. Radi se o kompleksnim metodama i njihovim delimičnim modifikacijama usmerenim na prilagođavanja specifičnim uslovima terena ili prirodu mineralne supstance koja je predmet ispitivanja.

Između brojnih rezultata postignutih na ovom polju mogu se sa posebnom pažnjom izneti nekoliko koji daju ne samo dobre efekte u primeni već su postali, na neki način, i karakteristični za delatnost ove kuće. Ovde ćemo navesti bez upuštanja u njihove detaljne opise i ocene a po redosledu delatnosti:

— Metode prospekcije i istraživanja nuklearnih sirovina su inicijalno razvijene i prilagođene uslovima naših terena u organizaciji ove institucije.

Uvođenje i razrada, u primeni, metoda radiometrijsko-geološkog rekognosciranja razmera 1 : 25000 do 1 : 10000 čime je popunjena praznina između regionalne prospekcije i terenske provere.

— Korišćenje metoda geofizičkih ispitivanja iz vazduha kao savremenih naučnih metoda širokog dijapazona kako za regionalna tako i detaljna istraživanja i ispitivanja. Aktivnošću na ovom polju Institut je stekao i posebnu afirmaciju kao jedina organizacija u zemlji koja se bavi ovom vrstom posla.

— Primena savremenih metoda kod dijamantskog istražnog bušenja na jezgro. Naročito uspešno je ovladano sa tehnologijom ovog bušenja za dubine do 600 i 1000 m. primenom metode „Wire Line“ u takvim geološkim formacijama koje se karakterišu kao nepovoljne sredine za uspešnu primenu metode. Napominjemo da je u ovoj delatnosti postignuto mnogo, jer se i održavanje sredstava vrši u sopstvenoj radionici. Ova radionica ima takve kadrove i opremu da se u svakom momentu može uključiti na rešavanje svih problema.

— U primeni raznih laboratorijskih metoda novine se odnose, u prvom redu, na detaljnost i sistematičnost ispitivanja veoma složenih prirodnih materijala primenom najraznovrsnijih metoda. Ni jedna od primenjenih metoda nije nova ali je metodologija u celini originalna.

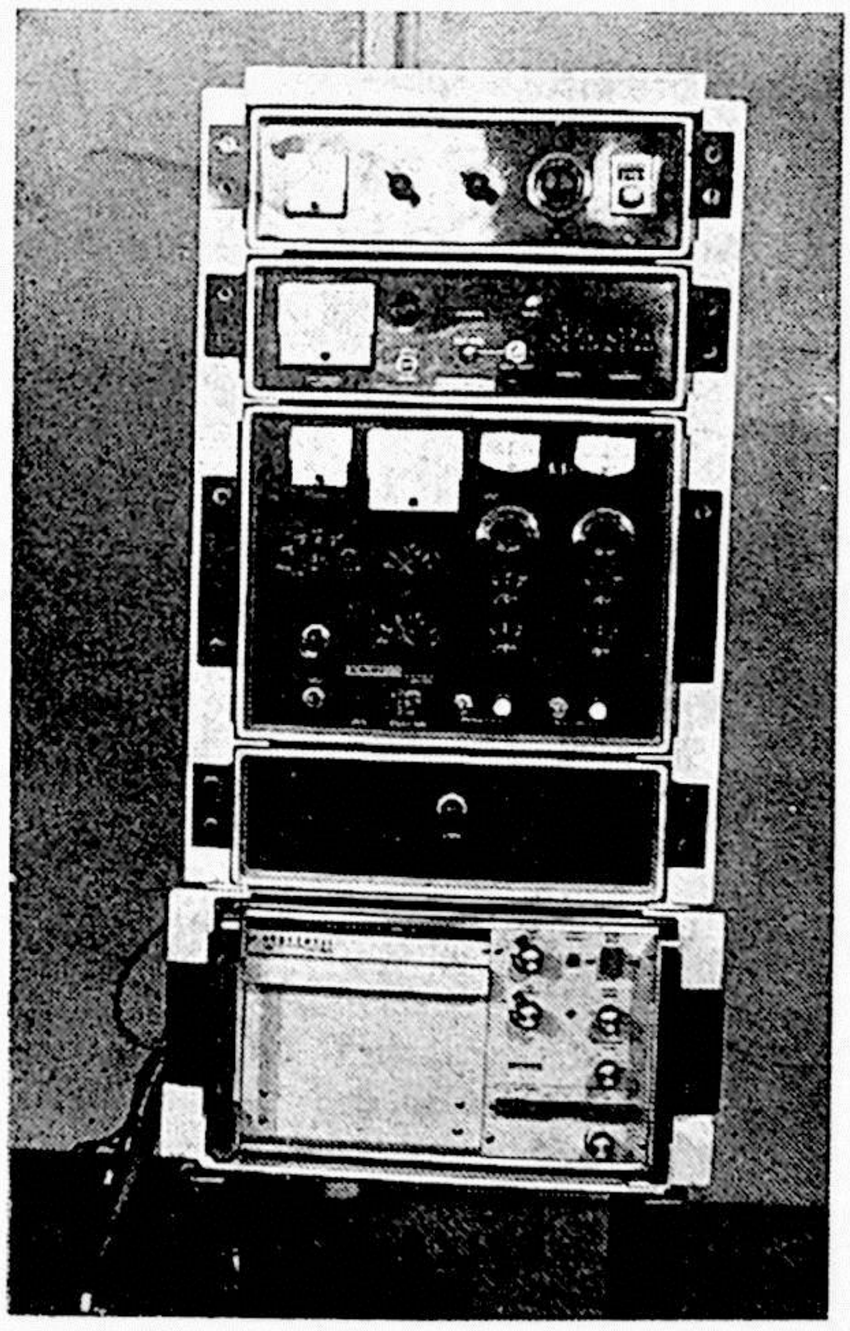
Posebno mesto treba dati rezultatima postignutim u radu hemijske i radiometrijske laboratorije gde se uspelo ovladati i najsloženijim problemima uz niz novih specifičnih rešenja.

U celini uzev, napred navedena nova rešenja u osnovnoj delatnosti Geoinstituta pretstavljaju veoma važnu kariku u lancu celokupnog njegovog razvoja ka racionalnom, uspešnom i korisnom. Može se reći da je, na tom polju, Institut zauzeo i održava jedno od vodećih mesta među institucijama ove vrste u Jugoslaviji.

U drugu grupu novih rešenja svrstaćemo rezultate postignute na polju „sporednih delatnosti“ odnosno onih aktivnosti koje su usko vezane za glavnu delatnost i predstavljaju njen sastavni deo a odnose se na opremu

sa kojom se stručnjaci Geoinstituta služe pri izvođenju svojih radova. Radi se o širokom dijapazonu sredstava počev od običnih mernih instrumenata, kompletnih instrumenata za pojedine fizičke metode pa do delova za bušaću opremu i pribor.

Uporedo sa razvojem pojedinih metoda istraživanja nastajale su i potrebe za odgovarajućim instrumentima posebno za upotrebu na terenu. Nabavka ovih instrumenata vezana je sa kupovinom u inostranstvu i to za devizna sredstva što nije u svakom momentu bilo jednostavno a uvek je vezano za duži vremenski period. Polazeći od potreba a suočeni sa gornjim problemima stručnjaci ovog Geoinstituta prišli su rešavanju problema u okviru sopstvenih mogućnosti i to počevši sa prilagođavanjem i zanatskom izradom pojedinih rezervnih delova da bi tokom vremena došli do sopstvenih rešenja za pojedine instrumente i pribor. Najčešće su to bili uslovi koji su zahtevali brza i efikasna rešenja jer se radilo o sredstvu koje je bilo u radu gde je svaki zastoj povlačio i određene finansijske gubitke i zakašnjenja u izvršavanju zadatka. Prirodno je da je u ovakvim uslovima najčešće dolazilo do primene domaćeg materijala što znatno povećava vrednost postignutih rezultata.

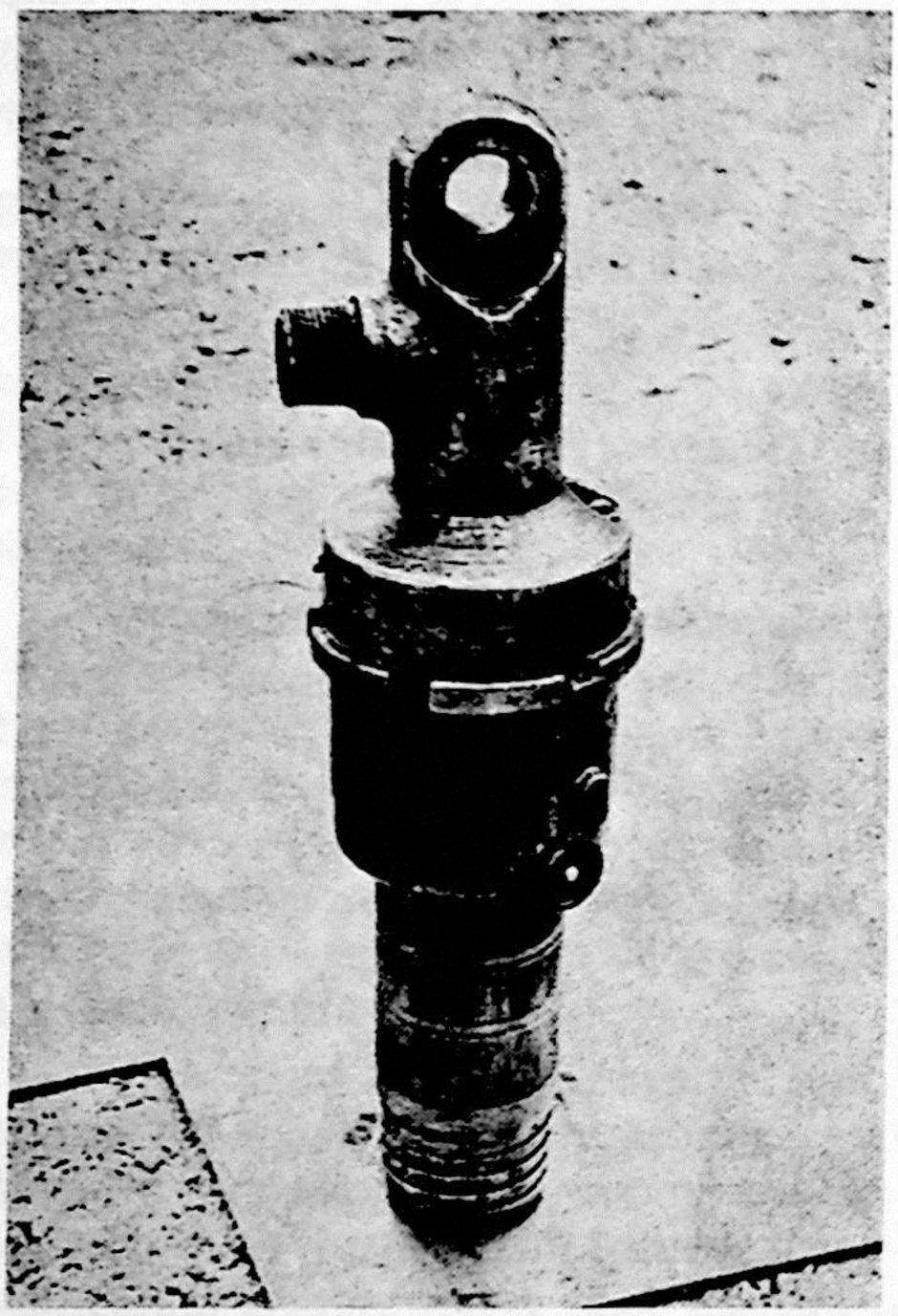


Sl. 1. — Uređaj za elektromagnetna ispitivanja iz vazduha.

(Izrađen u laboratorijama OOUR za geofiziku)

U ovome delu ćemo se zadržati nešto detaljnije na navođenje i objašnjavanjima pojedinih novih rešenja u cilju njihovog popularisanja i podstreka da im se da određena ocena. Ne favorizujući ni jedan od postignutih rezultata poći ćemo od sredstava koja imaju praktičnu primenu u terenskim metodama ispitivanja koje u sebi sadrže upotrebu instrumenata. Radi se uglavnom o instrumentima koji se upotrebljavaju kod primene metoda

geofizičkih ispitivanja i to kako njihovih delova tako i kompleta. To su razni uređaji (uglavnom elektronski) koji služe za adaptiranja, razni merni instrumenti (elektronski) kao i komplet instrumenata za merenje specifičnog električnog otpora i sopstvenog potencijala, IP predajnici, tranzistorski scintilacioni brojač, uređaj za radioaktivni karotaž i veći broj drugih uređaja i instrumenata. Svi ovi uređaji kreirani su i urađeni tako da je postignut efekat znatno manjeg broja kvarova u radu kao i uštede u angažovanju broja radnika uvođenjem automatskih regulatora. Sem toga radi se i o poboljšanjima koja su sasvim nova i koja sasvim odgovaraju uslovima rada na našim terenima. Do njihove realizacije došlo je dobrom saradnjom stručnjaka koji se njima služe sa odgovarajućim stručnjacima koji se brinu o njihovom održavanju pri čemu je došla do izražaja inventivnost i sposobnost da se realizuju ideje za rešenja koja najviše odgovaraju uslovima rada.



Sl. 2. — Ispirna glava za dubinsko brušenje na jezgro.

(Izrađena u radionici OOUR-a za IMSIH).

Isto tako, znatni i vredni rezultati na iznalaženju „novih rešenja“ su postignuti u okviru aktivnosti Instituta koja je neposredno vezana za konstruktivno mehanička rešenja i to prvenstveno na istražnom bušenju. Kao što je poznato sredstva za ovu aktivnost održava mehanička radionica ovog Geoinstituta. Pored održavanja sredstava u ispravnom — radnom stanju, stručnjaci angažovani u ovoj jedinici, imaju stalan zadatak poboljšanja upotrebljivosti sredstava kao i obavezu da povremeno rešavaju i obezbeđenje rezervnih delova za mašine i pribor. U praksi, po pravilu, zadaci poboljšanja upotrebljivosti i obezbeđenja rezervnih delova svode se na sledeće:

— Dodatna izrada opreme (izrade komplet bušaćih tornjeva koji su za sve bušaće mašine, sa kojima radi Geoinstitut, izrađeni u sopstvenoj radionici.

— Adaptacije pogona bušaćih mašina u slučajevima kada se radi pod određenim uslovima (elektro ili vazdušni pogon) kod rada u podzemnim rudarskim prostorijama.

— Agregatiranje pumpi za vodu kao i pumpi za isplaku sa ciljem rešavanja određenih problema.

— Izrada delova bušaćeg pribora (ispirna glava i overšoti) koji su znatno upotrebljiviji u odnosu na iste koji se mogu dobiti iz uvoza.

— Izrada raznih rezervnih delova za bušaće mašine i pribor kao što su dodatni deo za WL vuču (montira se na tornju) pulzatori za kompenziranje pritiska na pumpama za vodu, prenosne koturače za korišćenje samovuče kao i veoma raznovrstan spektar raznih delova bušaćeg pribora. Od posebnog značaja je vlastita konstrukcija i izrada vezivača za učvršćivanje bušaćih tornjeva koje se, posle istrošenosti, i obnavljaju. Izrada rezervnih delova za „Wire Line“ pribor, naročito za sržne cevi, je od posebnog značaja jer oslobađa od uvoza istih i štedi devize. Ne manje važno je i osvajanje izrade komplet tuljkova za vretena bušalica, mesinganih uložaka kao i sedišta ventila i raznih zaptivača za pumpe za isplaku. I u ovom slučaju radi se o materijalu za koji bi trebalo utrošiti devizna sredstva a i da ne govorimo o teškoćama oko njihove nabavke a često i duža čekanja na isporuke. I ovi rezultati su plod tesne i plodotvorne saradnje stručnjaka radionice sa onim koji korisite sredstva tako da se neposredno stečena skustva i ideje vrlo brzo i efikasno pretvaraju u konkretna rešenja. Po pravilu, to je kontinualan svakodnevan rad uslovljen neodložnim rešenjima jer su sredstva u stalnom angažovanju i svaki zastoj povlači za sobom i štete koje treba nadoknađivati.

Iz svih napred navedenih podataka proizilazi da je u okviru aktivnosti Geoinstituta postignut veoma značajan broj raznih „novih rešenja“, iz svih oblasti, koje je prvenstveno potrebno sistematizovati. S tim u vezi potrebno je izraditi i odgovarajuće kriterijume koji će pomoći razvrstavanju ostvarenih ideja, ušteda i drugog u odgovarajuće kategorije koje će biti osnov za afirmaciju ovog stvaralaštva i njegovih nosioca.

Potrebno je što pre izvući iz anonimnosti znatan broj radnih ljudi ovog Instituta, odati dužno priznanje njihovom radu i stimulansom dati njima kao i ostalim podstrek za dalje napore i stvaralaštvo. Ovaj zadatak treba shvatiti kao obavezu Instituta u celini jer plodovi ovog rada nisu samo profesionalna rešenja već rešenja koja i društvo očekuje od ustanove kao što je naša.

Ovde se ne radi samo o pojedincima, već bi to bila i vanredna afirmacija Geoinstituta kao celine. Zato bi ove podatke na odgovarajući način trebalo uključiti i u šira sredstva informisanja ali i pristupiti patentiranju i drugim vidovima zaštite svih pronalazaka koji bi za to došli u obzir.

(Primljeno 15. XII 1979)

Summary

REVIEW OF THE RESULTS OBTAINED ON THE FIELD OF RATIONALIZATION IN GEOINSTITUTE'S ACTIVITY

by

Milan Obrenović

Geoinstitut, established in 1948, has a long record of exploration of mineral raw materials using differrent geological and geophysical methods. The numerous multidisciplinary research programmes, in applied geological and geophysical explorations, has included the most sophisticated equipment, imported from abroad. Using such instruments some new ideas was born and even better constructions were provided by Geoinstitute's staff.

The article has intention only to notify numerous new ideas applied in to new instruments and equipment used in exploration conducted by Geoinstitute staff.

(Received 15. XII 1979)