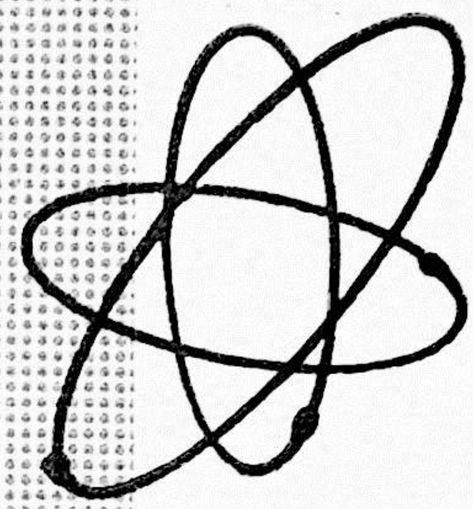


RADOVI

INSTITUT ZA GEOLOŠKO-RUDARSKA ISTRAŽIVANJA
I ISPITIVANJA NUKLEARNIH I DRUGIH
MINERALNIH SIROVINA

GODINA III / BROJ 3 / BEOGRAD 1967.

REDAKCIJSKI KOLEGIJUM:

Milan Ristić
Desanka Popović
Boris Sikošek
Stevan Divljan
Živadin Jakovljević
Stanislav Višić

ODGOVORNI UREDNIK

Boris Sikošek

Tiraž: 500 primeraka

Štampa: Grafičko preduzeće »Radiša Timotić«, Beograd, Obilićev venac 5 — 1967.

SADRŽAJ — CONTENT

Str.
Page

1. Dušan Radusinović: Mineraloški sastav i geneza uranskog ležišta Žirovski Vrh — — — — — — — — — — — — — — — 1

Dušan Radusinović: Mineral Composition and Genesis of Žirovski Vrh Uranium Deposit — — — — — — — — — — — — — 16

2. V. Vujanović i A. Antonović: Uranska orudnjenja u tufozno-rožnačkoj formaciji Surlice — — — — — — — — — — — — 17

V. Vujanović and A. Antonović: Uranium Mineralization in the Tuffaceous-Hornfels Formation of Surlica — — — — — — — — 26

3. Veljko Omaljev: Razvoj gredenskih slojeva i uranove mineralizacije u ležištu Žirovski Vrh — — — — — — — — — — — — 33

Veljko Omaljev: Development of the Val Gardena Strata and the Uranium Mineralization at the Žirovski Vrh Ore Deposit — — — — 64

4. Nadežda Mihailović-Vlajić i Cvetko Markov: Akcesorni torit u granitima Jugoslavije — — — — — — — — — — — — 67

Nadežda Mihailović-Vlajić and Cvetko Markov: Accesory thorite in Yugoslav granites — — — — — — — — — — — — 79

5. Milorad Arsenijević: Prethodna razmatranja raspodele berilijuma, kalaja, niobijuma i molibdena u mineralima granitoida kao indikatora geohemijskih polja u oblasti Dinarida i Karpato-Balkanskog luka 83

Милорад Арсенијевић: Разпределение Be, Sn, Nb и Mo в минералах гранитоидов как индикатор гоехемических зон в поясах Динарид и Карпато-Балкана в Югославии — — — — — — — — — — — 98

6. Milan Petrović: Prilog rešenju problema ekonomičnijeg poslovanja kod prospekcije urana iz vazduha — — — — — — — — — — 101

Milan Petrović: A contribution to the solution of the problem of the more economical organization of air-borne prospection for uranium 109

7. Slobodan Vukašinović: Značaj magnetnih merenja pri istraživanju nafte sa osvrtom na eksperimentalna aeromagnetska ispitivanja u Vojvodini — — — — — — — — — — — — — — — 111

Slobodan Vukašinović: Importance of magnetometric measurements in oil explorations with regard to an experimental airborne magnetometric investigations in Vojvodina — — — — — — — 116

8. Toplica Jančić: Osvrt na fizička svojstva kompleksnih ruda gvožđa i okolnih stena u zapadnoj Makedoniji i na mogućnost primene geofizičkih metoda — — — — — — — — — — — — — — — 117

Toplica Jančić: A brief review of the physical properties of the complex iron ore and host rock in West Macedonia and to the possibilities of the aplication geophysical metods — — — — — — — — 123

9. Veljko Omaljev: Korelacija slojeva u ležištu urana Žirovski Vrh 125

Veljko Omaljev: Correlation of the Strata in the Uranium Ore Deposits at Žirovski Vrh — — — — — — — — — — — — — 148

10. Mirko Protić: Sedimentološke karakteristike permskih i donjetrijaskih sedimenata Stare planine i uranska mineralizacija u njima — 151

Mirko Protić: Permian and Lower Triassic Sandstones in Stara Planina area (east Serbia) and uranium mineralization in the later — — 164

11. Nevenka Simić: Matematička obrada podataka radiometrijskog gama oprobovanja, uzroci sistematskih grešaka i načini njihovog otklanjanja 167

Nevenka Simić: Mathematical treatement of data obtained by radiometric scanning, sources of systematic errors and methods of their elimination — — — — — — — — — — — — — — — — 190

12. N. Mihailović-Vlajić: Akcesorni minerali u granitima planine Motajice — — — — — — — — — — — — — — — — 191

N. Mihailović-Vlajić: Accessory Minerals in Mt. Motajica Granites 208

13. Dušan Radusinović: Nalazak kutnahorita u olovo-cinkanom ležištu Farbani Potok na Novom Brdu — — — — — — — — — — 211

Dušan Radusinović: Discovery of Kutnahorite in Farbani Potok Lead-Zinc Deposit, Novo Brdo Area, South Serbia — — — — — 217

14. S. Gojković i D. Nikolić: Uran i torijum u berilima Jugoslavije 219

S. Gojković and D. Nikolić: Uranium and Thorium in yugoslav Beryles — — — — — — — — — — — — — — — — 222

15. Milorad Arsenijević: O problemima razvitka, primene i značaju geohemije u istraživanju radioaktivnih i nekih drugih elemenata u Institutu za geološko-rudarska istraživanja i ispitivanja nuklearnih i drugih mineralnih sirovina — — — — — — — — — — — — — 223

Milorad Arsenijević: On the problems of the development and the application of the geochemistry in the field of the investigation of radioactive and some other elements — — — — — — — — — 250

Radovi Instituta za geološko-rudarska istraživanja i ispitivanja nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, sv. 3, 1967. god.

DUŠAN RADUSINOVIĆ

MINERALOŠKI SASTAV I GENEZA URANSKOG LEŽIŠTA ŽIROVSKI VRH, SLOVENIJA

(sa 1 kartom i 11 slika)

S a d r ž a j. Uransko ležište Žirovski Vrh je lokalizovano u permskim — gredenskim sivim peščarima. Po svojim bitnim mineraloškim i genetskim karakteristikama ono je blisko mnogim rudnim ležištima urana, stvaranim u sličnim geološkim formacijama. U ovom radu su izneti rezultati proučavanja mineralnog sastava i načina postanka ležišta. Mineralni sastav ležišta je vrlo raznovrstan i od posebnog regionalno-mineraloškog interesa, jer se u njemu javljaju i neke mineralne vrste koje nisu ranije bile poznate u našoj zemlji. U pogledu načina postanka i genetskog tipa, ležište se može smatrati kao tipično egzogeno, u kome je uran epigenetski deponovan.

UVOD

Ležište urana na Žirovskom Vrhu je veoma interesantno kako zbog koncentracija urana, koje mogu biti i od ekonomskog značaja, tako i zbog svog genetskog tipa i raznovrsnog mineralnog sastava, jer su neke mineralne vrste, iz ovog ležišta. prvi put otkrivene u našoj zemlji.

Radioaktivne pojave na Žirovskom Vrhu otkrivene su od strane prospekcione ekipe 1960. godine i od tada su predmet obimnih istraživanja. Ovim radovima otvoreno je više rudnih tela u raznim nivoima sedimentne serije i neka od njih su rudarski detaljno razrađena i pristupačna za mineraloška proučavanja. Analizirajući radioaktivne primerke permskih peščara iz ove lokalnosti nađen je izvestan broj mineralnih vrsta urana kao i sulfidnih minerala koji prate uransko orudnjenje. Pored nekoliko sekundarnih minerala urana, koji su opisani u publikaciji M. V u k a s o v i ć a (1963) našim ispitivanjima utvrđeno je i prisustvo uranskog oksida — pehblende kao i više sulfidnih i oksidnih minerala među kojima i arsenolit, što je od posebnog regionalno-mineraloškog interesa jer je i taj mineral ovde prvi put nađen u našoj zemlji.

Mineraloška ispitivanja su vršena uglavnom na materijalu koji je dobijen od terenskih geološko-istraživačkih ekipa a izvestan deo je sakupio i autor prilikom višekratnih poseta ležištu.

GEOLOGIJA LEŽIŠTA

Žirovski Vrh se nalazi na oko 30 km zapadno od Ljubljane. Ovaj planinski masiv pripada Poljansko-vrhničkim nizovima.

Prvi geološki podaci potiču od F. K o s m a t a (1910) ali se detaljnije obrađuje ova oblast tek poslednjih nekoliko godina: B. B e r c e (1960), A. R a m o v š (1961), P. M a r i n k o v i ć (1961), S. R a d o š e v i ć

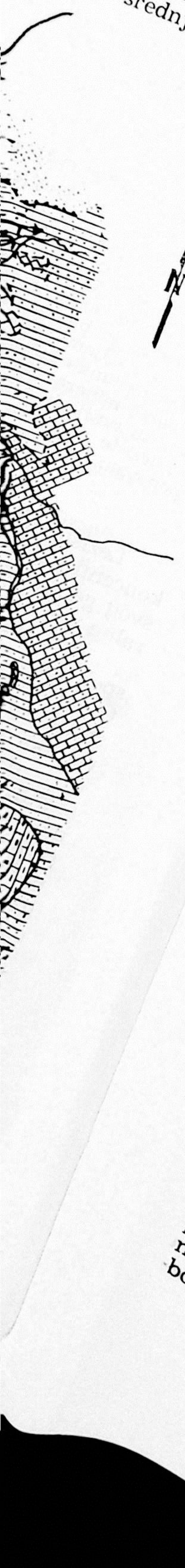
(1961—1964), V. Jokanović (1
dusinović (1962) i dr.
Osnovu terena čine argilošisti sa
rata karbonske starosti. Preko ovih se
perma. Sedimentacija permskih peščara



olektivan rad ekipe Instituta za istraživanje
rovina — 1960/61. god.).
of Žirovski Vrh area.

962), M. Protić (1962), D. Ra-

nterkalacijama peščara i konglome-
dimenata nataložene su tvorevine
počinje u srednjem permu a za-



vršava se taloženjem krečnjaka i dolomita gornjeg perma. Preko permskih sedimenata direktno su taloženi trijaski dolomiti, krečnjaci, tufozne breče i peščari, tufovi i tufiti.

Permski sedimenti su najznačajnija formacija jer se u njoj jedino javljaju uranska orudnjenja i zato će ona ovde biti nešto detaljnije opisana.

Permski peščari su razvijeni u ovoj lokalnosti kao gredenski slojevi. Geološka starost je pretpostavljena na osnovu superpozicionih odnosa i korelacije sa drugim permskim tvorevinama u Alpima a nema sigurno utvrđenih paleontoloških podataka. Našim ispitivanjima otkrivene su očuvane ksilenske strukture nekih primitivnih biljaka iz familije Lycopcida (Sigillaria?) ali na osnovu kojih nije bilo moguće detaljnije utvrditi geološku starost ovih peščara, sem što se može izvesti zaključak da oni pripadaju mlađem paleozoiku.

Gredenski peščari su razvijeni u dve facije: plitkovodnoj marinskoj — siva serija i kontinentalnoj — crvena serija.

Plitkovodna marinska facija peščara je taložena neposredno na karbonskim agrilošistima i njihova moćnost iznosi oko 200—400 m. Peščari kontinentalne facije — crvena serija, leže preko marinskih sedimenata — sive serije i njihova moćnost se kreće od 300—500 metara. V. Omalj e v (1964).

Gredenski peščari su izgrađeni od slabo sortiranog materijala koji je i sa neznatno zaobljenim zrnima. Slojevitost je samo mestimično jasno izražena. Zapažena je ponekad i kosa slojevitost ovih peščara. Slojevitost se mestimično može teško raspoznati od intenzivno razvijenog klivaža, čije su pukotinice, naročito u nekim delovima stenskih masa, toliko česte da se dobija utisak škriljavosti.

Serija gredenskih peščara je prekrivena krečnjacima i dolomitima. U krečnjacima je nađena belerofonska fauna. Sa ovim karbonatnim stenama se i završavaju sedimentne formacije perma.

U geotektonskom pogledu oblast Žirovskog Vrha pripada Dinaridima — tektonskoj jedinici Savskih bora. B. Sikošek (1956). Na samom ležištu intenzivno je razvijena disjunktivna tektonika. Kretanja su bila različita i iznose od nekoliko milimetara pa do nekoliko desetina metara. Metamorfizam je relativno slabo izražen i pripadao bi epizoni.

MINERALOŠKE KARAKTERISTIKE LEŽIŠTA

Uransko orudnjenje je lokalizovano isključivo u sivoj seriji gredenskih peščara, tako da je ova serija ustvari i litološka kontrola orudnjenja. Rudna tela su uglavnom sočivasta ali se javljaju i u vidu traka a ponekad su i nepravilnih oblika. To su mineralizovani srednjezrni i krupnozrni peščari, ređe konglomerati a vrlo retko i sitnozrni peščari. Kada su orudnjeni konglomerati i sitnozrni peščari onda su oni obično sa znatno nižim sadržajem korisnog metala, te se ove stene mogu smatrati kao nepovoljnija sredina za deponovanje orudnjenja.

Makroskopski se bitno ne razlikuje orudnjeni deo peščara od neorudnjenog, sem u slučajevima kada se radi o intenzivnom nagomilavanju uranskih minerala, uglavnom sekundarnih, na površinskim izdancima i pehblende u dubljim nivoima ležišta. Tamnija boja peščara često ukazuje na njihovu uranonosnost ali su takođe brojni slučajevi kada tamnosi boja stene potiče samo od organske materije a da je peščar u pogled

skog orudnjenja potpuno sterilan. Vrlo retko se nailazi da orudnjeni peščari budu tamnosivo obojeni od makroskopski vidljive pehblende; takvi slučajevi su zapaženi samo na nekoliko mesta u ležištu.

Detaljnom mineraloškom analizom peščara utvrđen je sledeći mineralni sastav: kvarc, feldspati, biotit, muskovit, amfibol, granat, cirkon, turmalin, rutil, sfen, epidot, zoizit, apatit, magnetit, martit, ilmenit, barit, kalcit, sericit i hlorit. Nađen je još jedan vlaknast mineral koji se javlja vrlo retko a koji nije bilo moguće identifikovati, pa ćemo ga označiti kao mineral »x«.

U izgradnji peščara kvarc, feldspati i liskunski minerali učestvuju sa preko dve trećine dok su drugi minerali dosta retki, a ostali deo peščara sačinjavaju sitnozrni fragmenti stena i cement. Litološka proučavanja ovih stena detaljno je vršio S. Radošević. Prema njegovim ispitivanjima fragmenti su uglavnom od vulkanskih stena a znatno ređe i od kristalastih škriljaca. Cement je uglavnom kontaktni, neznatnije bazalni i sastoji se od silicijsko-sericitske i gvožđevite materije. Ponekad je cement teško razlikovati od metamorfisanih i izmenjenih sitnozrnih i mikrokristalnih fragmenata stene.

Rudni minerali su deponovani u cementu peščara; često se raspoređuju duž slojevitosti peščara a ređe se nalaze i u pukotinama klivaža. Nađeno je prisustvo sledećih rudnih minerala: pehblenda, galenit, sfalerit, pirit, halkopirit, arsenopirit, tetraedrit, pirhotin, markasit, halkozin, kovelin i bornit.

Od sekundarnih minerala javljaju se autunit, torbernit, metatorbernit, dimontit, zatim minerali iz izomorfne serije fosfuranilit — renardit i najzad gumiti, arsenolit, limonit, malahit i auzirt.

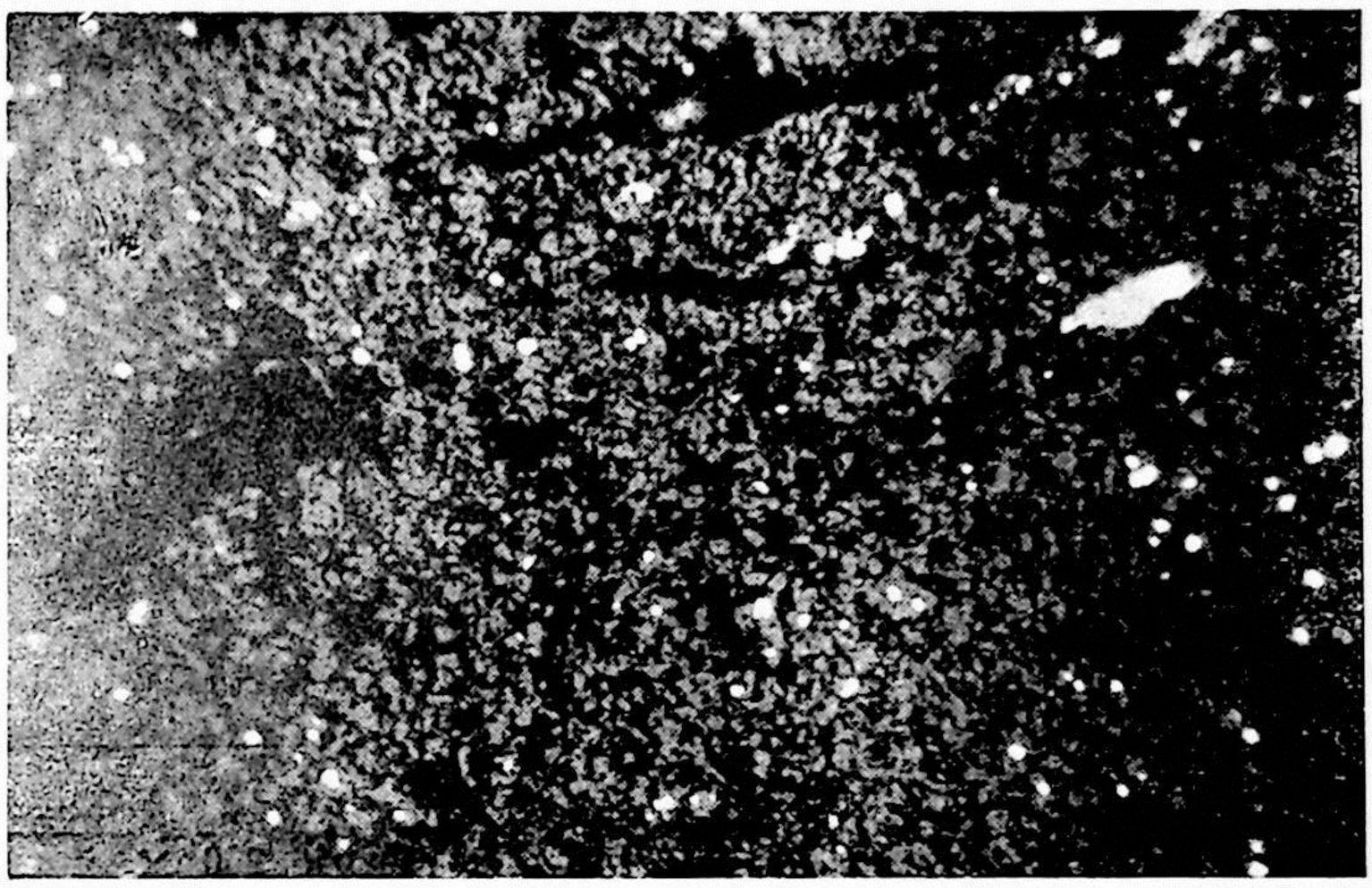
U ovoj mineralnoj asocijaciji gotovo redovno se sreće i nešto organske materije — antracita.

Opis pojedinih mineralnih vrsta u rudi

Pehblenda se javlja kao najznačajniji rudni mineral u ležištu. Disperzno je rasuta u cementu peščara (sl. 1). Ona je obično u sitnozrnim agregatima gde su pojedine čestice prečnika ispod 10 mikrona. Izuzetno pehblenda se može javiti i u nešto krupnijim agregatima sferoidnih oblika u kojima može dostići veličinu i od nekoliko desetih milimetra. Ovi krupnozrni agregati nađeni su isključivo u najintenzivnije orudnjenim delovima ležišta. Agregati pehblende se mestimično raspoređuju u vidu tankih oreola oko petrogenih minerala (sl. 2) a ponekad grade i nepravilne kompaktne masice. Sem u cementu peščara pehblenda se javlja i duž pukotinica pojedinih providnih minerala kao i po pukotinicama i prslinicama ugljevite materije (sl. 3). Najčešće je u asocijaciji sa sulfidnim mineralima i to u prvom redu sa galenitom, zatim piritom i najzad halkopiritom, dok je udruživanje sa ostalim rudnim mineralima znatno ređe. Ima slučajeva kada se u pehblendi nalaze mnogobrojne inkluzije ovih sulfidnih minerala ali su u strukturnom pogledu najinteresantnije neke inkluzije halkopirita koji se pretvara u halkozin. Halkozinske inkluzije su sa jasno izraženim koncentričnim zonama u kojima se može naći još nešto očuvanih tragova od halkopirita (sl. 4).

Konstatovano je da je uranska mineralizacija sa pehblendom vezana upravo za one delove peščara koji imaju povećan sadržaj ugljevite mate-

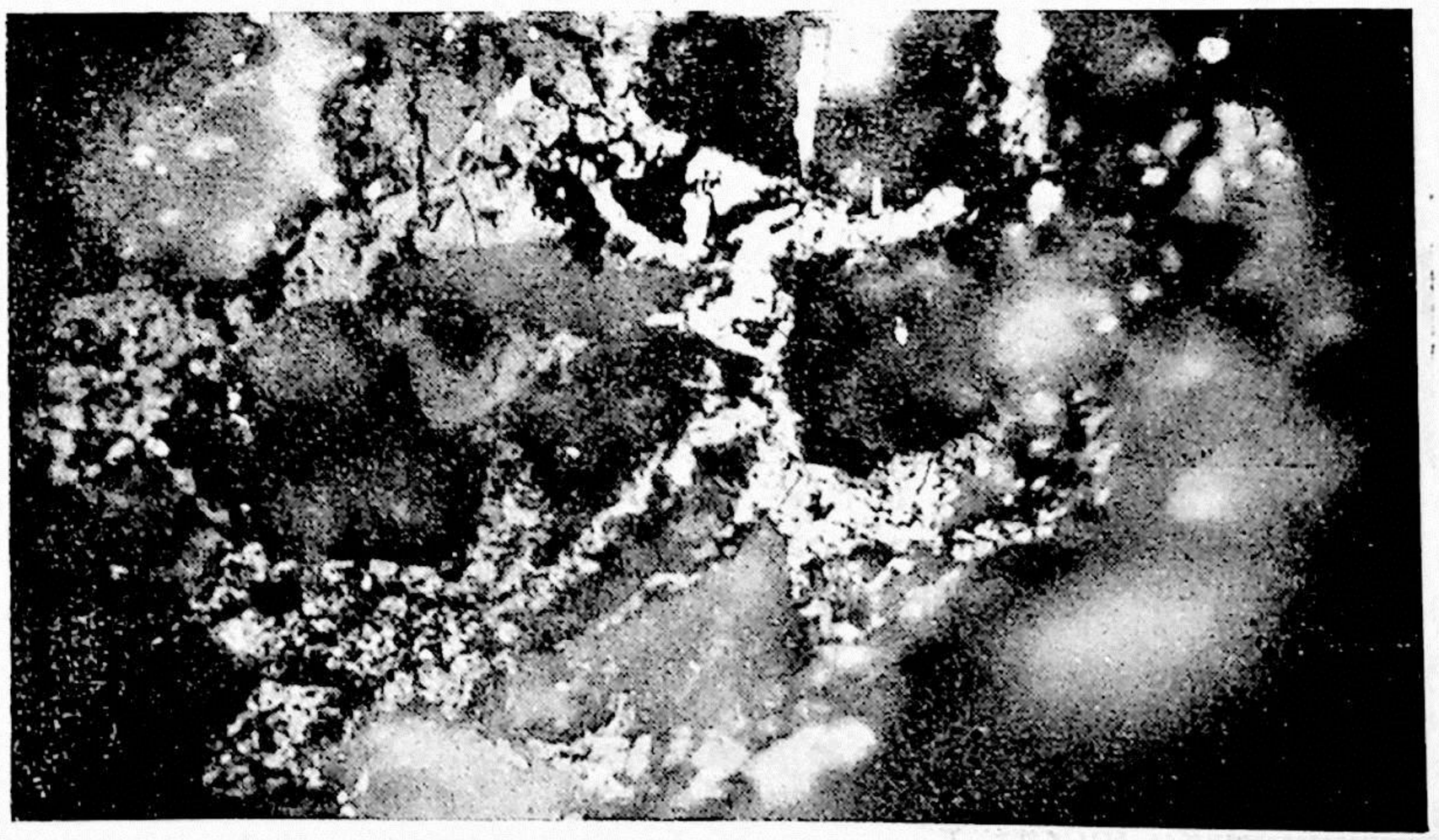
rije ali da se ona po pravilu ne nalazi u direktnom kontaktu sa tom organskom materijom. Do sada je poznato samo nekoliko izuzetnih slučajeva u



Sl. 1. Sitnozrni agregat pehblende (siva sa malo galenita (beo). Gang crn. Nikoli paralelni (//). Povećanje 160 ×. Imerzija.

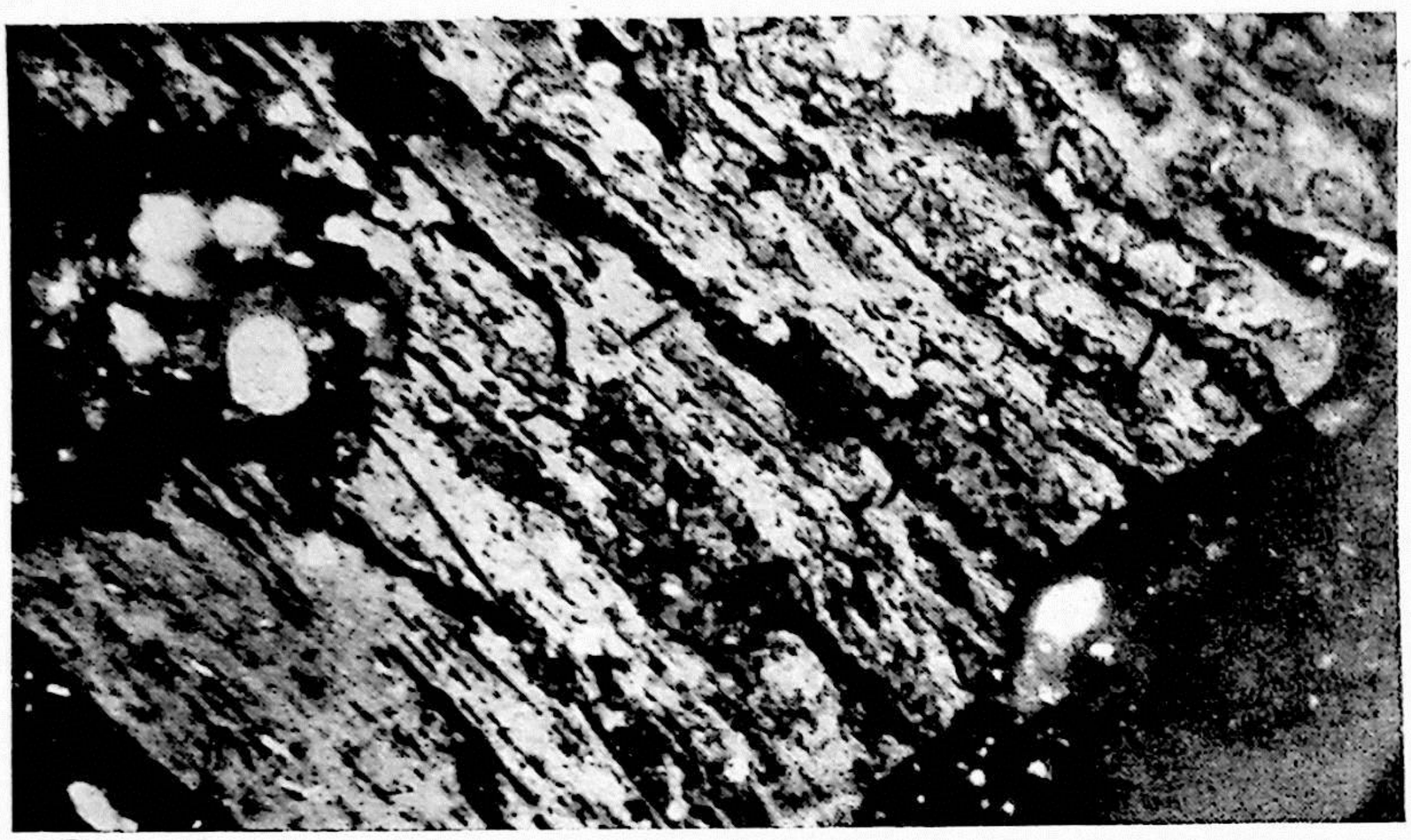
Fig. 1. The fine-grained pitchblende aggregate (gray) with some galenite (white). Magn. 160 ×, immersion.

kojima je pehblenda bila vezana sa ugljevitom materijom (sl. 3). U nekim slučajevima u organskoj materiji nije moguće zapaziti prisustvo uranskih minerala jer nisu mineraloški individualisani ili bar ne u mikroskopski vidljivim mineralima.

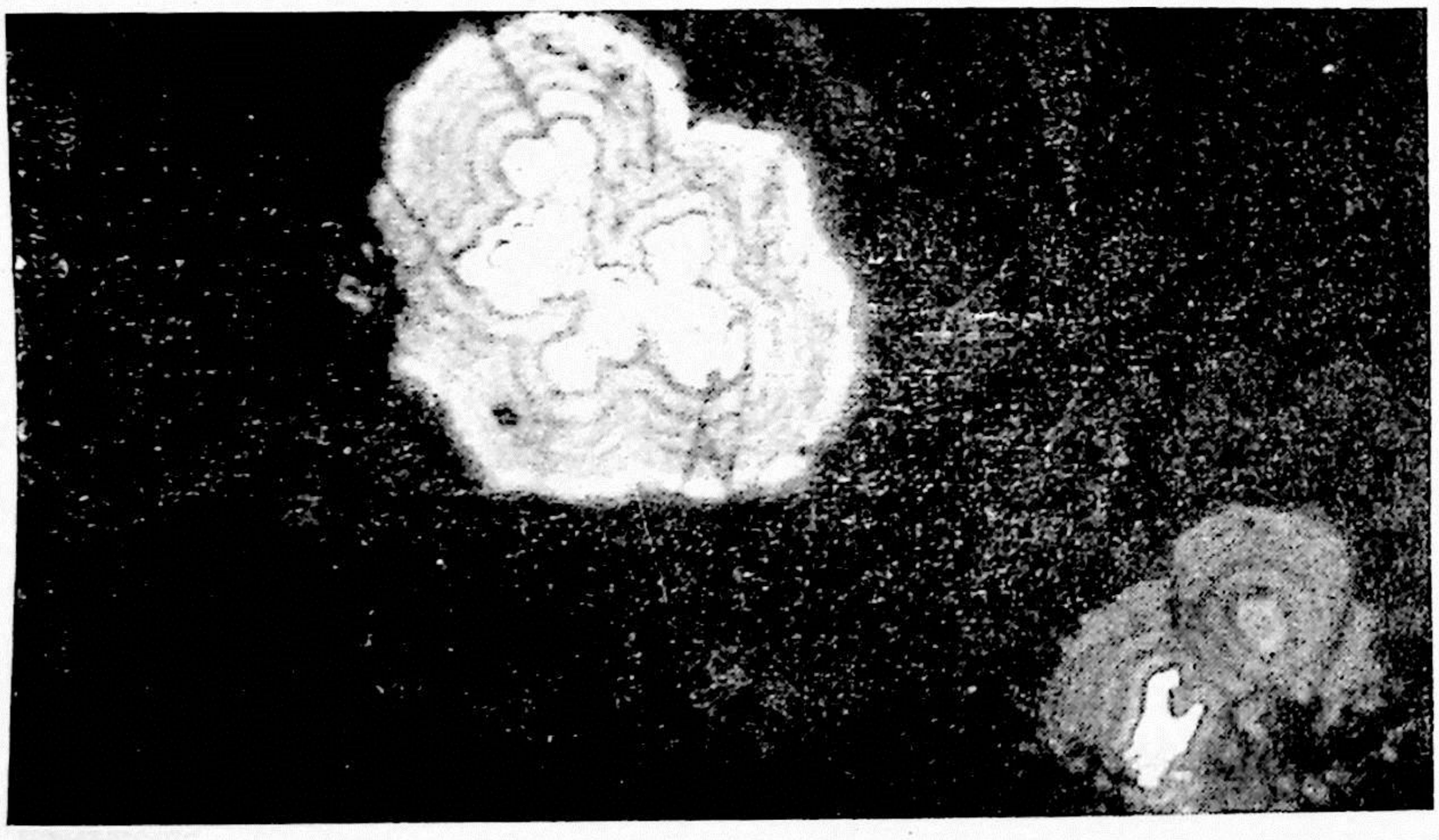


Sl. 2. Pehblenda (siva) u cementu peščara. Nikoli paralelni, povećanje 80 ×.

Fig. 2. Pitchblende (gray) in the cement of sandstone. Magn. 80 ×, immersion.



Sl. 3. Organska materija (antracit), svetlo - sive boje, sa pehblendom (tamnije sivo) u pukotinicama. Nikoli //. Povećanje 260 ×, imerzija.
Fig. 3. Organic material (antracite, light gray), with pitchblende in the fractures (darker gray). Magn. 260 ×, immersion.



Sl. 4. Pehblenda (tamno siva) sa halkozinom (svetlije siv, zonaran). U halkozinu očuvani ostaci halkopirita (beo). Nikoli (//), povećanje 260 ×, imerzija.
Fig. 4. Pitchblende (dark gray) with chalchosine (light gray, zonal). The residuals of chalchopyrite preserved in chalchosine (white). Magn. 260 ×, immersion.

Paragenetsko mesto pehblende je teško odrediti naročito u odnosu na sulfide dok prema organskoj materiji njen položaj je dovoljno jasan i ona je stvarana kasnije.

Galenit je vrlo rasprostranjen mineral u rudi ali je neznatnog intenziteta. Takođe se javlja u sitnozrnim agregatima dispersno rasutim u ura-

nonosnim peščarima gde je često udružen sa pehblendom. Galenit prorasta vrlo često sa sfaleritom a ređe i sa arsenopiritom. On se vrlo često nalazi i u pukotinicama ugljevite materije. Retko je idiomorfno razvijen i tada je u oblicima kocke, čije ivice dostižu maksimum do pola milimetra dužine. Često je nepravilnih oblika na kojima se primećuju i metamorfni uticaji koji se manifestuju translacijama, razvlačenjem i kidanjem galenitskih zrna i zrnastih agregata. Nešto krupniji kristali galenita verovatno su postali kasnije i predstavljaju idioblaste.



Sl. 5. Galenit (svetlo siv) zamenjuje pirit (beo) i organsku materiju (tamno sivo). Nikoli //, povećanje 80 ×.
Fig. 5. Galent (white) replacing pyrite (white, with relief) and organic material (dark gray). Magn. 80 ×, immersion.

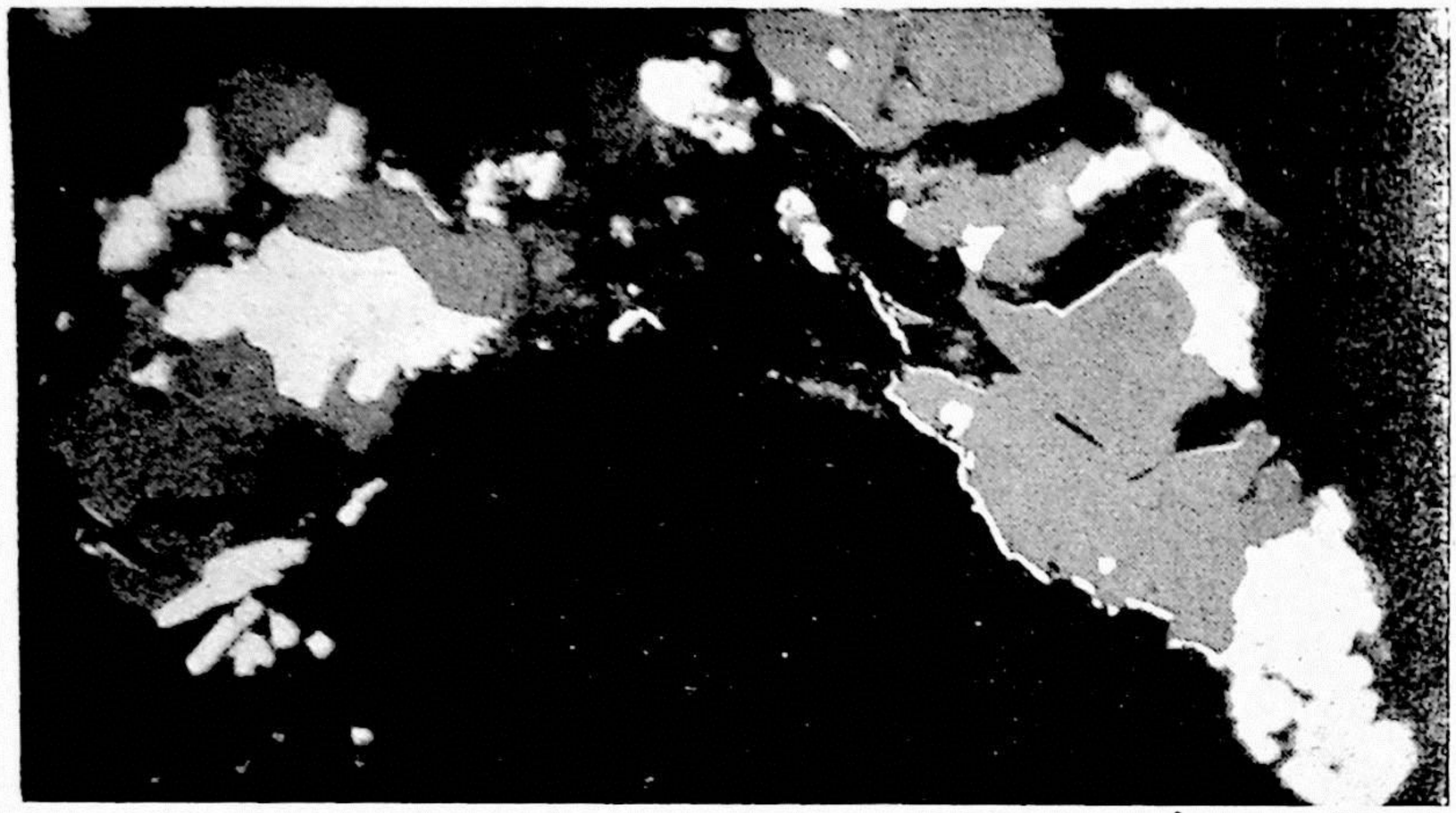
Paragenetski odnosi galenita su normalni u tom smislu što je on stvaran posle sfalerita, arsenopirita, kristala pirita i metamorfisane organske materije (sl. 5). Paragenetski odnosi prema pehblendi su nejasni; ima indikacija da je galenit mlađi, ali se ovo nedovoljno potvrđuje načinom međusobnih prorastanja ova dva minerala.

Sfalerit je prilično zastupljen u rudnoj asocijaciji. Uvek je bez strukturnih izdvajanja i sa jasno vidljivim unutrašnjim refleksijama, što ukazuje na niže temperaturne uslove njegovog postanka. On potiskuje pirit i ugljevitu materiju a njega koroduje galenit (vidi sl. 6). Nisu zapažena direktna prorastanja sfalerita sa pehblendom.

Pirit je znatno zastupljen u ležištu. Javlja se u više generacija — u nepravilnim oblicima, zatim u idiomorfno razvijenim kristalima i najzad u koloidnim formama. Kad se javi u nepravilnim oblicima onda gradi nešto krupnije agregate i ovakav način javljanja je najčešći u ležištu. Druga generacija pirita je sa pravilno razvijenim kristalnim formama i verovatno da su to ustvari idioblasti. Koloidni pirit ograničen je uglavnom na ugljevitu materiju u kojoj se javlja nepravilno rasut, sitnozrn i na taj način daje ponekad tipične strukture »orudnjenih bakterija«.

Sem već navedenih oblika javljanja, pirit je nađen u organskoj materiji i u vidu strukturnog zamenjivanja stabla neke primitivne biljke iz

mlađeg paleozoika (sl. 7). Ova ksilenska struktura je očuvana zahvaljujući piritizaciji i to je jedini fosilni nalaz do sada poznat u sedimentnoj seriji ove oblasti.



Sl. 6. Galenit (beo) potiskuje sfalerit (siv). Nikoli //, povećanje 80 ×, imerzija.
Fig. 6. Galena (white) replacing sphalerite (gray). Magn. 80×, immersion.

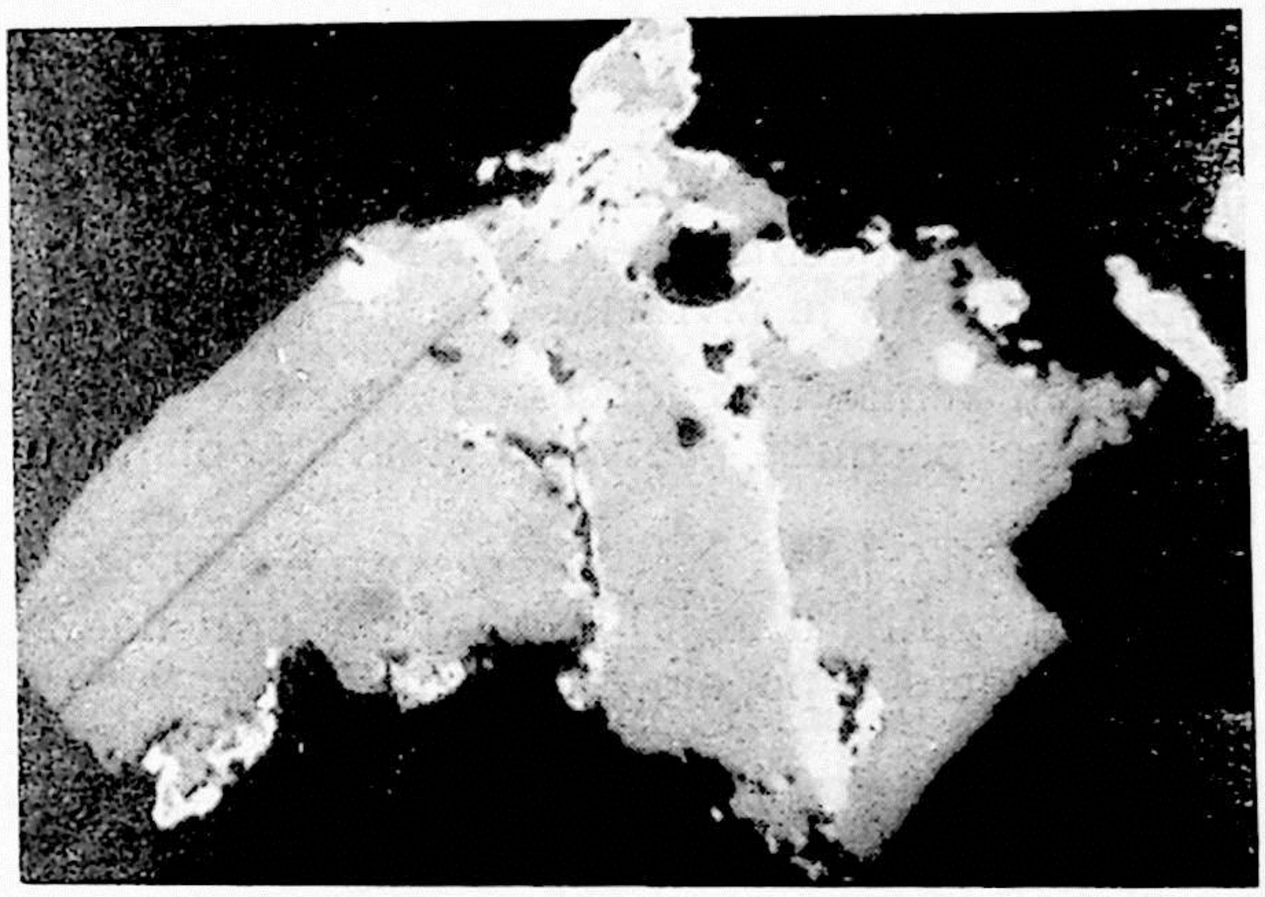


Sl. 7. Ksilenska struktura neke primitivne biljke gornjeg perma, očuvana usled potpune piritizacije. Nikoli //, povećanje 120 ×, imerzija.
Fig. 7. Xylen structure of some primitive plant from the Upper Permian, preserved due to the complete pyritization. Magn. 120 ×, immersion.

U površinskim uslovima pirit je znatno izmenjen i pretvara se u limonit a ređe i u markasit.

Halkopirit je najrasprostranjeniji bakarni mineral u ležištu. On se takođe javlja u cementu peščara i vrlo je često udružen sa pehblendom

i ostalim sulfidnim mineralima. Ima više generacija halkopirita koje se mogu razlikovati po njegovim paragenetskim odnosima, naročito prema piritu, sfaleritu, teraedritu i galenitu. Iz tih odnosa se zapaža da je jedna generacija halkopirita stvarana posle pirita i sfalerita a starija je od galenita. Dok u drugim slučajevima se vidi da je halkopirit vrlo mlada tvorevina i da potiskuje tetraedrit (sl. 8).



Sl. 8. Tetraedrit (siv), korodovan halkopiritom (beo). Nikoli //, povećanje 80 ×, imerzija.

Fig. 8. Tetraedrite (gray), corroded by chalchopyrite (white). Magn. 80 ×, immersion.

Halkopirit se često pretvara u halkozin, kovelin i bornit a takođe i u malahit i azurit.

Arsenopirit je veoma rasprostranjen u ležištu; on se obično javlja u pravilno razvijenim i idiomorfnim kristalnim oblicima. Neke kristalne forme krupno razvijenih arsenopirita verovatno su idioblasti.

Arsenopirit se u površinskim delovima pretvara u arsenolit. Ova pretvaranja su veoma slična sa pretvaranjima pirita u limonit, što se vidi na mikrofotografiji sl. 9.

Tetraedrit se javlja u neznatnim količinama u ležištu ali je znatno rasprostranjen. On se obično nalazi u halkopiritu a vrlo retko i u ugljevitoj materiji. Mada nisu nađeni antimonski minerali ovde se verovatno ne radi o tenantitu, jer nisu nigde bili zapaženi unutrašnji refleksi. Tetraedrit je stvaran pre halkopirita a posle sfalerita i pirita. Ima retkih slučajeva kada je tetraedrit prorastao sa galenitom gradeći grubo mirmekitske strukture.

Pirhotin je izvanredno redak i nađen je samo u vidu inkluzija u petrogenim mineralima uglavnom u rutilu. Verovatno da pirhotin nema određene veze sa uranskom mineralizacijom u ovom ležištu.

Markasit je dosta rasprostranjen mineral u ležištu. On se javlja isključivo kao produkt pretvaranja pirita i to po obodu piritskih kristala. Retko da je proces pretvaranja pirita išao do kraja i da se onda markasit nalazi u slobodnim zrnima koja su često zadržala pseudomorfne oblike pirita.

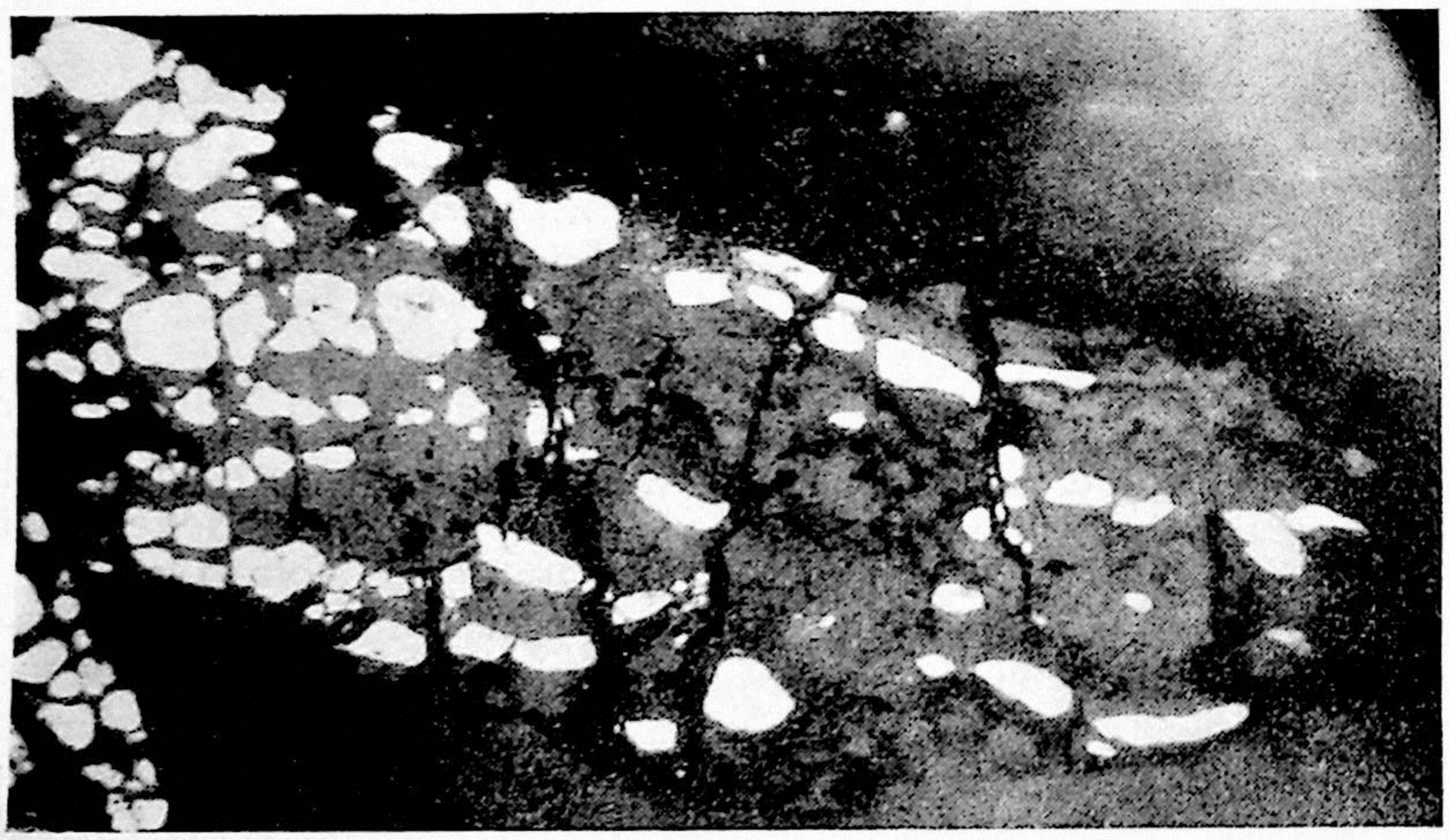
Halkozin-kovelin i *bornit* su minerali nastali kao produkt pretvaranja halkopirita koji se još može mestimično naći u vidu zaostataka u njima.

Malahit i *azurit* su vrlo retki i nađeni samo na površinskim izdancima neznatno orudnjenih peščara, zatim se nalaze i u kvarcno-karbonatnim žilicama i žicama neorudnjenih peščara. Kada se javlja na površinskim izdancima onda se obično sa njima ne nalaze primarni minerali bakra, čak ni u tragovima. Međutim u kvarcno-karbonatnim žicama još uvek se može naći nešto neznatnih zaostataka halkopirita kao i nešto halkozina i kovelina.

Autunit, torbernit-metatorbernit, fosfuranilit-renardit, dimontit i *gumit* se nalaze u površinskim delovima ležišta, gde su nastali oksidacijom pehblende pod dejstvom supergenih procesa. Mestimično dolazi i do znatnog nagomilanja ovih sekundarnih minerala u uranskim peščarima, tako da to čini i ekonomske koncentracije. Ova nagomilavanja predstavljaju ustvari rudna tela na kojima je izvršena oksidacija na mestu.

Arsenolit je nađen samo u oksidacionoj zoni i količinski je neznatno zastupljen. Nastaje kao produkt pretvaranja arsenopirita u površinskim, oksidacionim uslovima.

Utvrđivanje arsenolita je za nas interesantno i zbog toga što je ovo prva lokalnost u našoj zemlji u kojoj je ovaj mineral nađen. Arsenolit se javlja u vidu pseudomorfoza po arsenopiritu. Ponekad su to jasni oblici



Sl. 9. Arsenopirit (beo) se pretvara u arsenolit (siv). Nikoli //, povećanje 80 ×, imerzija.

Fig. 9. Arsenopyrite (white), converting into arsenolite (gray). Magn. 80 ×, immersion.

nekadašnjih prizmatičnih kristala arsenopirita sa karakterističnim rombičnim presecima i u njima se mogu naći zaostaci od još uvek očuvanog arsenopirita. Mestimično je proces pretvaranja išao do kraja, tako da se ne mogu naći ni najmanji tragovi arsenopirita, što tada jako otežava determinaciju arsenolita.

Način postanka arsenolita je veoma sličan stvaranju limonita od pirita (sl. 9), tako da se proces pretvaranja odvija od površine ka unutrašnjosti kristala a takođe i duž prslinaca i pukotinica kristalnih zrna arsenopirita, gradeći na taj način skrame i potiskujući arsenopirit, sve do njegove pot-

pune zamene arsenskim oksidom. U izvesnim slučajevima arsenolit je pokazivao i izvesnu radioaktivnost koja je bila uslovljena apsorpcijom urana slično kao što se to sreće i kod radioaktivnih limonita. Međutim u slučajevima visokih vrednosti radioaktivnosti, ustanovljeno je prisustvo sekundarnih minerala urana u arsenolitu.

Izgled, boja, a naročito radioaktivnost arsenolita, može često da dovede do zamene ovog minerala sa gumitom i radioaktivnim limonitom. Zbog tih velikih sličnosti sa ovim mineralima, vrlo je verovatno da je arsenolit mnogo češći mineral u ovakvim tipovima rudnih ležišta urana a da se on obično pogrešno određuje i zamenjuje sa sličnim mineralima iz oksidacione zone ležišta. Prema našem mišljenju bilo bi potrebno proveriti mnoge gumite iz uranskih ležišta u permskim sedimentima jer, prema literaturnim podacima, u ovim ležištima je često prisutan arsenopirit a arsenolit nije do sada bio u njima otkriven.

Limonit je dosta čest mineral u oksidacionoj zoni ležišta, gde je postao kao produkt pretvaranja pirita pod dejstvom supergenih procesa.

Ugljevita materija je velikog rasprostranjenja ali bez značajnih nagomilanja u ležištu. Biljnog je porekla, slabije ili jače metamorfisana i usled toga se na njoj zapažaju pukotinice, prslinice, translacije i kidanje na deliće raznih dimenzija. U organskoj materiji se često nalaze mnogobrojne inkluzije sulfidnih minerala, najčešće pirita a zatim galenita, tetraedrita, halkopirita i drugih. Pirit je najčešće u obliku sitnozrnih geloznih

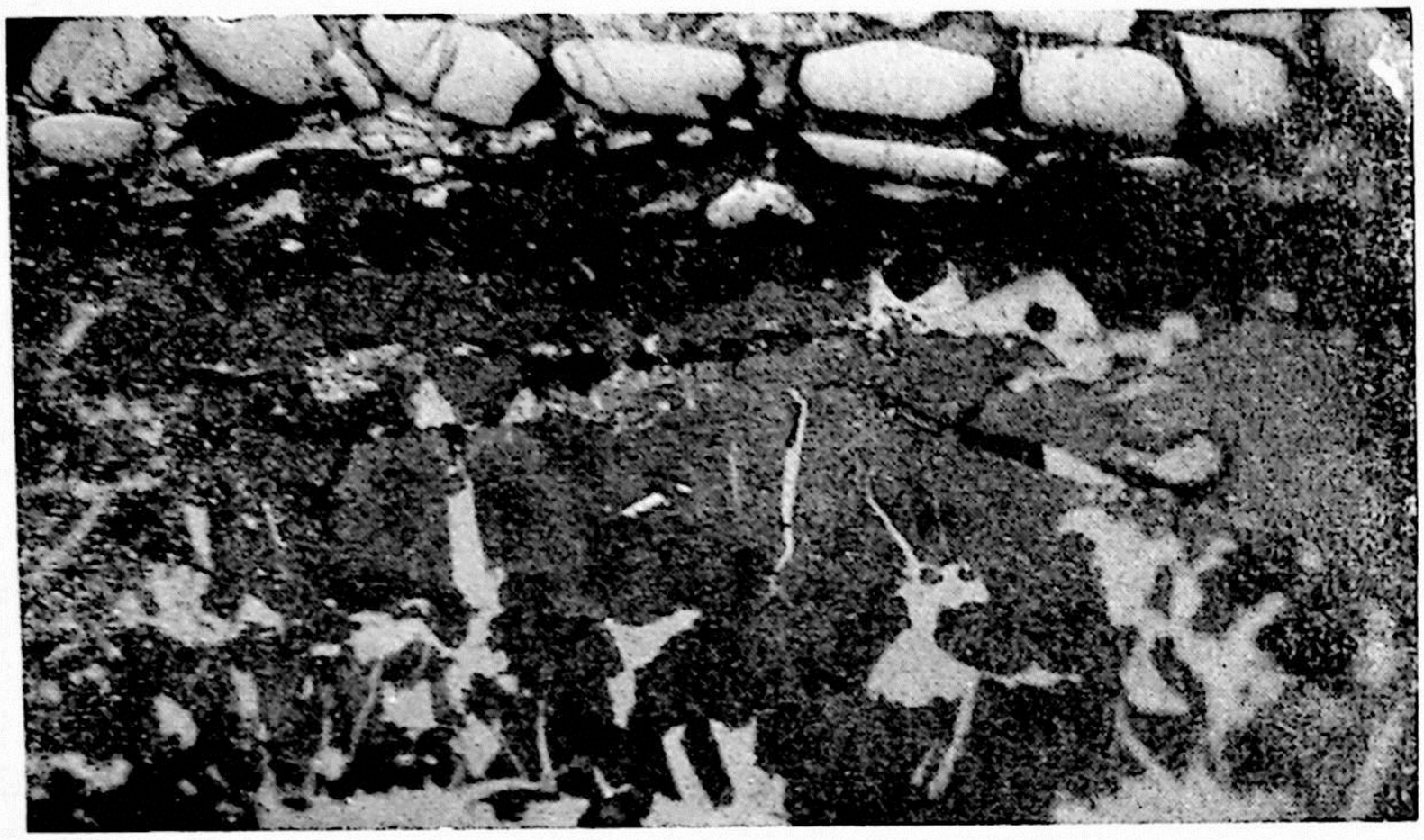


Sl. 10. Organska materija (antracit) sa jasno izraženom birefleksijom (tamnije i svetlije sivo) i retki kristali pirita (beo), unutar organske materije. Nikoli //, povećanje 80 ×, imerzija

Fig. 10. Organic material (antracite), with developed bireflection (darker and lighter gray), with a fewc crystals of pyrite (white) inside the organic material. Magn. 80 ×, immersion.

zrna i daje tzv strukture »orudnjenih bakterija«. Ponekad je piritizacija potpuno zamenila biljnu strukturu i sačuvala njen ćelijasti raspored. Ova očuvana ksilenska struktura potiče od nekih primitivnih biljaka koje su bile razvijene u mlađem paleozoiku.

Ugljevita materija pokazuje optičke karakteristike antracita i gotovo je uvek sa primetnom slabije ili jače izraženom anizotropijom (sl. 10 i 11). Varijabilnost u optičkim osobinama najverovatnije potiče od stepena nje-



Sl. 11. Antracitska materija (sivo) korodovana piritom (beo, reljefan), galenitom (beo, bez reljefa) i kvarcom (tamno sivo). Nikoli //, povećanje 120 ×, imerzija.

Fig. 11. Organic material (antracite, gray), corroded by pyrite (white, with relief), galena (white, no relief) and quartz (dark gray). Magn. 120 ×, immersion.

nog ugljenisanja i metamorfoze. Kod jako anizotropnih varijeteta moglo bi se pretpostaviti jedno prelazno stanje ka grafitu. Međutim pravi grafiti nisu bili zapaženi, nego se ovde radi o antracitu.

Rezultati dobijeni termičkim ispitivanjima ukazuju na to, da organska materija pripada antracitu, što je u saglasnosti sa optičkim ispitivanjima. Dobijene termičke krive su sasvim saglasne sa antracitom. Ima slučajeva kada je biljna materija slabije ugljenisana, čest slučaj kod radioaktivnih antracita, i tada su dobijene termičke krive karakteristične za semiantracite (H a d ž i - P o p o v i ć S., 1963).

Najveći deo antracitske materije je obično neradioaktivan. Međutim postoje i izuzeci. U tom slučaju uranska mineralizacija se javlja u njima dvojako. Tako je mikroskopskim ispitivanjima u nekim antracitima bilo moguće otkriti prisustvo pehblende ali u drugim, uranski minerali nisu bili nigde zapaženi. U ovom drugom slučaju može se pretpostaviti da se radi o apsorpciji urana ali je verovatnije da je pehblenda mineraloški individualisana ali da se javlja u submikroskopskim inkluzijama koje su disperzno rasute u ugljevitoj materiji.

Upoređujući radioaktivnu i neradioaktivnu ugljevitu materiju dobijeni su podaci na osnovu kojih se uočavaju izvesne njihove razlike. Tako je utvrđeno da radioaktivna organska materija sadrži znatno veći procenat pepela i nižu temperaturu sagorevanja za oko 200° C u odnosu na neradioaktivnu. Na osnovu ovih podataka može se pretpostaviti da je uran prvobitno bio apsorbovan u ugljenisanoj biljnoj materiji a da je kasnije iz

nje migrirao i to utoliko potpunije, ukoliko je organska materija postigla veći stepen ugljenisanja i ukoliko je pretrpela jači metamorfizam. Tako se može objasniti nalazak izvesnih sadržaja urana u semiantracitu dok su pravi antraciti sasvim bez urana, sem u onim retkim slučajevima kada je u njima mineraloški izražena pehblenda, koja je tu prisutna kao i svaki drugi mineral u ovom ležištu.

Veoma je teško govoriti o intenzitetu zastupljenosti minerala u ovom ležištu, jer u tom smislu nisu vršena detaljna ispitivanja. Ipak se može sa sigurnošću smatrati da su pirit ,galenit, sfalerit i pehblenda najzastupljeniji minerali, dok su ostali kao halkopirit, arsenopirit i tetraedrit znatno ređi a halkozin, kovelin, bornit i pirhotin veoma retki.

Upoređujući mineralni sastav uranskog orudnjenja na Žirovskom Vrhu sa uranskim pojavama i ležištima u istočnim, zapadnim i primorskim Alpima Italije, na osnovu rezultata koje je dao G. Cevales (1960), može se jasno uočiti njihova velika sličnost u mineralnom sastavu. Ovakva bliskost sastava ukazuje i na postojanje sličnih genetskih uslova stvaranja uranskih ležišta na velikom prostranstvu u sedimentnim basenima perma.

GENEZA LEŽIŠTA

Postanak uranskog ležišta u gredenskim peščarima Žirovskog Vrha je još uvek teško definitivno utvrditi. Međutim na osnovu izvesnih karakteristika javljanja uranske mineralizacije, moguće je sa mnogo razloga, postaviti hipotezu o načinu postanka i genetskom tipu ovog rudnog ležišta. Ono što bitno karakteriše uransku mineralizaciju Žirovskog Vrha, to je njena lokalizacija u seriji sivih peščara a u njima samima uočava se zavisnost orudnjenja od granulometrijskog sastava peščara kao i od prisustva u njima sulfidnih minerala i organske materije. Ove činjenice kao i rezultati morfoloških ispitivanja i strukturnih osobina minerala, ukazuju da je uran epigenetski unet u sedimentne stene a ne da je deponovan u procesu sedimentacije ili da se radi o taloženju uranskih minerala kao detritičnih sastojaka peščara. Sedimenti u kojima se sada nalazi uransko orudnjenje, bili su već formirani kao peščarske stene ali su zbog svog petrološkog i granulometrijskog sastava bili znatne propusne moći i mineralizovani rastvori su kroz njih proticali odlagajući na povoljnim mestima metalni sadržaj, u zavisnosti od fizičko-hemijskih uslova koji su tada vladali u sedimentnom basenu. Opšte poznati su uticaji redukcione sredine na obaranje urana iz rastvornih kompleksnih jedinjenja i mi ih ne bi posebno isticali, samo bi istakli da se ovde, u lokalnosti Žirovski Vrh, takvi uslovi jasno zapažaju. To se pre svega vidi iz same lokalizacije uranskog orudnjenja u seriji sivih peščara, koja je sa mineralima dvovalentnog gvožđa, a nedostaje je u seriji crvenih peščara, koja upravo i duguje crvenu boju prisustvom trovalentnog gvožđa. Zatim iz prisustva organske materije u vidu ugljenisanih biljnih ostataka i najzad izvesnog sadržaja sulfidnih minerala. Prema tome može se zaključiti da je uran bio rastvoren i da je nošen podzemnim vodama. Njegovo obaranje i poremećaj ravnoteže rastvora izazvano je upravo redukcionim faktorima, naročito jakim redukcionim svojstvom ugljenisane biljne materije i sulfida, koji su doveli do redukcije šestovalentnog urana u četvorovalentni i na taj način do stvaranja pehblende. Verovatno da je jedan deo urana bio adsorbovan u uglje-

nisanoj biljnoj materiji ali da je kasnije, usled dejstva metamorfnih procesa, migrirao a metamorfisana ugljena materija je prešla u antracit.

Proces orudnjenja tekao je sve dok sedimentne stene nisu bile zahvaćene metamorfizmom koji je doveo do sprečavanja proticanja rastvora. Metamorfizam je izvršio uticaj na mineralni sadržaj u peščarima, ne samo sprečavanjem dovoda mineralnih rastvora, nego i na već formirane rudne minerale u ležištu. Tom prilikom došlo je do plastičnih deformacija, drobljenja, kidanja i razaranja minerala kao i do ponovnog pokretanja i migracije elemenata, metasomatskog narastanja i stvaranja idioblasta. Usled dejstva tektonskih pokreta dolazilo je ne samo do metamorfnih deformacija nego i do lokalnog premeštanja urana kao i drugih metatla (Pb, Zn, As, Cu i dr.) iz međuslojnih pukotina u pukotinice klivaža ali su ove pojave neznatnih razmera i bez značaja za rudno ležište. Rudna tela u ovom ležištu raspoređuju se po svom pružanju saglasno sa pravcem pružanja i pada sedimentnih slojeva. Ona su obično vrlo neujednačena po veličini i veoma neravnomerno orudnjena. Uglavnom su sočivastih oblika ali ih ima i u vidu traka i nepravilnih masa.

Poreklo urana u podzemnim vodama nije sigurno utvrđeno. Ima indikacija da su vode imale veći sadržaj od klarkovih vrednosti i da je obogaćenje uranom usledilo razaranjem kvarc-porfirskih i drugih vulkanskih i piroklastičnih stena koje učestvuju delom i u građi permskih peščara a u kojima su eventualno mogla postojati i znatnija nagomilanja urana pa čak i uranska ležišta. Međutim ne može se isključiti ni mogućnost porekla urana iz nekih primarnih juvenilnih izvora, gde su hidrotermalni rastvori na svom putu ka površini naišli na podzemne vode. Mineralne parageneze i strukturni odnosi pojedinih mineralnih vrsta ukazuju i na ovu zadnju pretpostavku stvaranja ležišta.

Na površinskim izdancima kao i u izvesnim gornjim delovima ležište je pretrpelo znatne oksidacione procese, tako da su retko sačuvani prvobitni minerali. Pretvaranja minerala išla su do kraja tako da je na račun pehblende stvoren čitav niz sekundarnih uranskih minerala. Na račun pirita u ovim površinskim uslovima stvaran je limonit a na račun arsenopirita arsenolit. U toku oksidacionih procesa dolazilo je takođe do neznatnih sekundarnih premeštanja urana kao i drugih metala ali u zanemarljivim količinama. Tako se proces oksidacije uranskih rudnih tela izvršio na mestu i uran ostao praktično u istom rudnom telu.

U peščarima sive serije Žirovskog Vrha javljaju se i mnogobrojne kvarcne, kalcitske i hloritske žice i žilice nepravilnog rasprostranjenja, obično duž pukotinica i raseda. U pogledu uranske mineralizacije sve su se one pokazale sterilne a takođe su i bez drugih orudnjenja. Samo se vrlo retko u nekim kvarcno-karbonatskim žicama može naći mestimično i nešto sulfidnih minerala ali su oni zastupljeni u njima samo u neznatnim tragovima. Prema prostornom položaju i načinu javljanja ovih žica i žilica, može se smatrati da su one postale znatno kasnije od uranskog orudnjenja i da nemaju niti genetskog niti paragenetskog značaja za uransko ležište.

Postoji velika sličnost ovog uranskog ležišta na Žirovskom Vrhu, sa uranskim nalazištima u permskim sedimentima u svetu uopšte. Ona se ogleda u prvom redu u mineralnom sastavu a takođe i u pogledu litološke kontrole uranskih rudnih tela. Sve to govori o postojanju bliskih genetskih uslova stvaranja uranskih ležišta na velikom prostranstvu u sedimentnim tvorevinama perma.

Na osnovu rezultata dosadašnjih ispitivanja može se zaključiti da je u ležištu Žirovski Vrh uran donet vodenim rastvorima u već formirane sedimentne stene u kojima je deponovan u zavisnosti od povoljnih fizičko-hemijskih uslova u prvom redu koncentracije metala, redukcionih uslova, litološkog i granulometrijskog sastava. Na osnovu toga uransko ležište pripadalo bi tipu egzogenih rudnih ležišta.

ZAKLJUČAK

Proučavajući mineralni sastav i parageneze uranskog ležišta Žirovski Vrh može se zaključiti sledeće:

Da je uransko ležište Žirovski Vrh lokalizovano u sivoj seriji gredenskih peščara i da je po svojim bitnim mineraloškim i genetskim karakteristikama veoma slično sa već poznatim inostranim nalazištima urana u permskim sedimentnim formacijama.

Najznačajniji mineral urana je pehblenda koja je u površinskim delovima ležišta razorena supergenim procesima i na taj način je došlo do stvaranja znatnih koncentracija sekundarnih uranskih minerala. U toku metamorfnih procesa kao i oksidacije dolazilo je do premeštanja urana ali se uglavnom može smatrati da je proces pretvaranja minerala izvršen na mestu. Uranski minerali javljaju se u cementu peščara u najčešće sitnozrnim agregatima a ređe u nešto krupnijim nagomilanjima, asocirani sa sulfidnim mineralima i ugljenisanom biljnom materijom.

Rudni minerali u ležištu su trpeli promene usled dejstva tektonskih pokreta. Te promene su se kretale od plastičnih deformacija i povijanja do kidanja i drobljenja materijala i do potpunog razlaganja, mobilizacije elemenata, metasomatskih narastanja i stvaranja idioblasta.

Organska materija odgovara antracitu i semiantracitu. Obično ona nije u direktnom kontaktu sa uranskim mineralima. Međutim ima retkih izuzetaka kada se organska materija sreće udružena sa pehblendom ili kada je organska materija sa izvesnom radioaktivnošću ali bez vidljivih uranskih minerala. U ovom drugom slučaju verovatno se radi o absorpciji urana a nije isključeno da je prisutna i pehblenda u submikroskopskim česticama koje su dispersno rasute po ugljevitim biljnim ostacima. Utvrđena je izvesna razlika između radioaktivnih antracita u kojima se mikroskopski ne vide minerali urana i onog neradioaktivnog. Ta razlika se ogleda u tome što se kod radioaktivnog ugljevitog materijala nalazi veći sadržaj pepela i tako se približava semiantracitu, ima i nešto nižu temperaturu sagorevanja (nižu za oko 200° C) od neradioaktivnog. Ove razlike navode na zaključak da su možda prvobitno bile vezane veće količine urana sa organskom materijom i da su one kasnije migrirale u zavisnosti od stepena metamorfizma i ugljenisanja biljnih ostataka.

Nalazak očuvanih ostataka ksilenske strukture nekih primitivnih biljaka — Lykopsida (Sigillaria?), dokazuje biljno poreklo organske materije i mlađu paleozojsku starost ovih sedimentnih tvorevina.

Genetski rudne pojave bi pripadale tipu egzogenih epigenetskih uranskih ležišta u kojima je uran donet vodenim rastvorima i deponovan u sedimentne tvorevine u zavisnosti od litološkog i granulometrijskog sastava peščara.

(Predato za štampu marta 1965. god.)

LITERATURA

1. Cevales, G., 1960: — Erzmikrosopische Untersuchung von zehn Uranvorkommen des italienischen Perms der West- und Ostalpen. Neues Jahrbuch f. Miner. Abb. Bd. 94.
2. Grad K., Ramovš A., 1961: — Razvoj gredenskih-permskih sedimentov v Sloveniji po dosadanjih raziskovanjih. Poročilo. Arhiv Geološkog zavoda v Ljubljani.
3. Hadži-Popović S.: — Izveštaj o termičkim ispitivanjima nekih primeraka iz Gorenje Vasi. Fond stručne dokumentacije ZNS, Beograd.
4. Jokanović V., 1963: — Prethodni izveštaj o rezultatima proučavanja stratigrafije i paleogeografije permskih formacija u Sloveniji i karakter njihove uranske mineralizacije. II simpozijum jugoslovensko-poljskih stručnjaka za nuklearnu energiju.
5. Ivanović Đ., 1961: — Regionalna i detaljna prospekcija permskih gredenskih peščara u okolini Idrije, Cerkna, Žirija i Gorenje Vasi (Slovenija). Fond stručne dokumentacije ZNS Beograd.
6. Kossmat F., 1960: — Das Gebiet zwichen dem Karst und dem Zuge der Julischen Alpen. Ib. Geol. R. A. Wien.
7. Mittempergher M., 1958: — Il giacimento uranifero di Val Rendena. Studi e richerche della Divisione Geomineraria. Roma.
8. Radošević S., 1961: — Prethodni izveštaj o petrografskom sastavu sedimenata oblasti Žirovskog Vrha kod mesta Gorenja Vas u Sloveniji. Fond stručne dokumentacije ZNS Beograd.
9. Radusinović D., 1962: — Izveštaj o mineraloškom ispitivanju nekih primeraka iz Gorenje Vasi. Fond stručne dokumentacije ZNS Beograd.
10. Sikošek B., 1956: — Tektonske strukture NR Slovenije s naročitim obzirom na alpsko-dinarsku granicu (u rukopisu) Beograd.
11. Vukasović M., 1963: — Sekundarni minerali urana iz oblasti Gorenja Vas. Radovi sektora za istraživanje nuklearnih i drugih sirovina br. 2, Beograd.

Summary

DUŠAN RADUSINOVIĆ*)

MINERAL COMPOSITION AND GENESIS OF ŽIROVSKI VRH URANIUM DEPOSIT, SLOVENIA

The Žirovski Vrh uranium deposit is located in the Permian Val Gardena grey sandstones. According to the studies of the mineral composition and the genetic relationships, treated in this paper, this deposit do not differ, both mineralogicaly and geneticaly, from the other deposits formed under the similar geologic environment. The mineral composition is rather heterogeneous and of the particular interest due to the fact that some mineral species, not before discovered in Yugoslavia, have been identified in this deposit. From the genetic point of view, the deposit is typicaly egzogene, with the uranium introduced by the epigenetic processes.

*) Institute for Nuclear Raw Materials, Beograd.

Radovi Instituta za geološko-rudarska istraživanja i ispitivanja nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, sv. 3, 1967. god.

VOJISLAV VUJANOVIĆ
ANTONIJE ANTONOVIĆ

URANSKA ORUDNJENJA U TUFOZNO-ROŽNAČKOJ FORMACIJI SURLICE

(sa 10 slika)

S a d ž a j. U ovom radu biće reč o uranskim mineralizacijama i orudnjenjima u lokalnosti Surlice i to u ugljevito-tufozno-rožnačkoj formaciji. Uranske mineralizacije najvećim delom su predstavljene pehblendom i radioaktivnim ugljem, a u manjoj meri radioaktivnim limonitom i autunitom. Primarne mineralizacije vezane su za proslojke uglja koji leže u tufozno-rožnačkoj formaciji Surlice, odnosno za mugle sastavljene iz ugljevito-tufoznog materijala sa jače izraženom glinovitom komponentom. One su nastale sedimentnim putem zajedno sa stvaranjem tufova, tufoznih peščara i proslojaka uglja. Sekundarne mineralizacije urana nastale su površinskim rastvaranjem istog i taloženjem limonita, autunita i trošne pehblende.

Oblast Surlice leži na nadmorskoj visini od oko 1300 m, a nalazi se u izvorišnom delu Pčinje, na oko 8 km I od Trgovišta, u jugoistočnoj Srbiji.

Ova oblast je bila još ranije predmet ispitivanja i istraživanja većeg broja geologa, tako da su autorima ovog članka mnogi dragoceni podaci bili pristupačni u toku rada. Geološki, pomenutu oblast je ispitivao još V. K. P e t k o v i ć (1932), zatim K. V. P e t k o v i ć (1956) a u novije vreme ona je detaljno ispitana od strane D. V e s e l i n o v i ć a (1958) i njegovih saradnika, kojom prilikom je određen i čitav niz fosila koji su pomogli odredbu starosti pojedinih formacija. Petrografska ispitivanja vršili su pored drugih S. R a d o š e v i ć, S. D i v l j a n, S. H a d ž i - P o p o v i ć i dr., a mineraloška D. R a d u s i n o v i ć. Prospekciju u pogledu na uran izveo je V. S i m i ć sa saradnicima, a istraživanja S. V i š i ć.

Svi ovi, kao i drugi rezultati predstavljali su dragoceni materijal koji je autorima umnogome olakšao rad, tako da su se mogli koncentrisati na problem samih uranovih mineralizacija, njihovog načina pojavljivanja i načina postanka.

GEOLOŠKI SASTAV TERENA

Dosada su u ovoj oblasti otkrivene tri formacije stena i to: paleozojski kristalasti škriljci, preko kojih leže senonski sedimenti i na kraju postsenonski tufovi, tufozni peščari i breče (1, 5, 6, 7, 8).

Prilikom naših ispitivanja otkrili smo takođe i paleogene sedimente (konglomerati, mrkocrveni peščari) na južnom obodu serije tufova, breča i peščara, ali oni ovde ne zauzimaju veće prostranstvo.

Kristalasti škriljci

O ovoj seriji koja predstavlja podlogu svih proučavanih formacija postoje dosta oskudni podaci, s obzirom da je većina ispitivača uglavnom obraćala pažnju na senonske i trecijarne tvorevine. Kristalasti škriljci izvorišnog dela Pčinje i zone Pčinja — Bosiljgrad još ranije su podeljeni na visoko i nisko-metamorfnu seriju (1, 5). U prvu su svrstani gnajsevi, leptiniti, amfibolske stene, biotitski škriljci i mikašisti, a u drugu biotitsko-hloritski, hloritski, sericitski, albit-hloritski, grafitični i hloritsko-epidotski škriljci, filiti i filitomikašisti.

Biotitski i amfibolski škriljci delom su feldspatizirani i migmatizirani, a postoje i postupni prelazi prema granitima koji su inače nađeni u koritima Rečice i Crne reke.

Na osnovu nekoliko profila koje smo napravili kroz paleozojsku formaciju i manjeg broja petrografskih preparata (S. Divljan, D. Naumović), može se reći da paleozoik sa oboda kredno-tercijarnih tvorevina po svom sastavu ne pokazuje bitna odstupanja od gore navedenog, pošto su i ovde zapažene slične stene tj. sericitsko-hloritski, grafitični i dr. škriljci, zatim filito-mikašisti, gnajsevi a na istočnom rubu surličke partije zapazili smo na više mesta i paleozojske peščare interstratifikovane u kristalastim škriljcima. Takođe je na velikom prostoru zapažena i silifikacija, u manjoj meri feldspatizacija i liskunizacija ovih stena.

Paleozojski škriljci, gnajsevi i peščari često su izmenjeni ili čak limonitisani, naročito peščari na kontaktu sa tufovima.

Senonska formacija

Javlja se uglavnom u vidu jedne zone duge oko 3 km i srednje širine oko 0.5 km. Ona leži trangresivno preko kristalastih škriljaca (2, 3, 6) i na severoistoku se graniči sa njima, dok na jugozapadu preko nje leže tufovi i breče. Na jugozapadnom obodu serije tufova i breča pojavljuje se još jedna manja partija senonskih tvorevina i to na površini od oko 0.2 km^2.

Senonska formacija pruža se pravcem severozapad—jugoistok, njen pad je ka JZ a ugao varira do 35°.

U izgradnji opisane formacije učestvuju sledeći članovi: konglomerati, breče, peščari, glinci, ugljeviti škriljci, laporci i retko krečnjaci (2, 3, 6). Opšti stratigrafski poredak dobro je proučen zahvaljujući pre svega mnogobrojnim fosilonosnim mestima u sedimentima. Tako osnovu serije čine breče, konglomerati, konglomeratični krupnozrni, ređe sitnozrni peščari, preko kojih leže peščari različitog zrna i sastava koji se često međusobno višestruko smenjuju a takođe i sa glincima i ugljevitim škriljcima, preko kojih leže inoceramski laporci kao završni član serije.

Tufovi, tufozni peščari i breče

Lepo su uslojeni i leže preko senonske formacije, a zauzimaju prostor od oko 3 km^2. U obodnim delovima zastupljene su različite breče i lepo stratifikovani tufovi koji se smenjuju sa čvrstim, slojevitim, sivo-žućkastim tufoznim peščarima (2, 3, 6).

Osnovnu masu kod tufova predstavljaju kalcedon, kvarc, feldspat, liskun, vulkansko staklo, vulkanski pepeo i Fe-oksidi, a fragmenti mogu biti različitog sastava, koncentracije i veličine, zavisno od toga da li se radi o vulkanskom tufu, breči ili peščaru. Tako je ranijim i naknadnim ispitivanjima utvrđeno prisustvo fragmenata sledećeg materijala: kvarca, muskovita, feldspata, hlorita, granita, ugljevitog glinca, kvarcita, laporca, gnajsa, peščara, dacitskog tufa, dacito-andezita, dacita, andezita, mikašista i rožnaca. Veličina ovih fragmenata može da iznosi i do nekoliko santimetara.

Prema dosadašnjim ispitivanjima opisani tufovi su dacitskog i dacitsko-andezitskog karaktera, sa izuzetkom tufova koji leže jugozapadno od surličke tufozne serije a koji su kvarc-latitskog do riolitskog (?) karaktera. Ispitujući materijal koji su autori nedavno sakupili S. Divljan je utvrdio da u opisanoj oblasti postoje i kristaloklastični tufovi srodni ignimbritima. Ovo ne treba da čudi s obzirom da su autori ovog članka nedavno otkrili zapadno od Trgovišta i prave ignimbritske žice moćne do 10 cm.

Na nekim mestima u tufovima i brečama Surlice javljaju se približno ovalni uklopci (»mugle«) intenzivno kalcitisanih tufoznih dacitskih breča koje sadrže fragmente dacita, dacitskog tufa i andezita veličine i preko 2 cm.

Tufozni peščari su lepo uslojeni i često se višestruko smenjuju sa pravim tufovima i to većinom na kratkom rastojanju. Delom su alevrolitični.

Tufovi, breče i peščari Surličke partije redovno pokazuju slabije ili jače prisustvo ugljene materije (lignit) koja se pojavljuje u vidu nečistih proslojaka moćnih do 10 cm., odnosno fragmenata i lokalnih, često nepravilnih nagomilanja.

Rožnački slojevi

Oni predstavljaju jednu faciju tufozne partije Surlice, a sami se javljaju u vidu četiri manje partije. Oni najvećim delom leže preko tufozne podloge i to u vidu krpa, a manjim delom su uslojeni u ovim stenama. Po našem mišljenju u prvom slučaju se makar delimično radi o erozionim ostacima. Otkrivena moćnost rožnačkih slojeva iznosi do nekoliko metara.

Rožnaci su po pravilu finozrni, obično trakasti, mlečnobeli do skoro crni. Postoje i smenjivanja pojedinih proslojaka svetlosive, sivocrne i crne boje. Crna boja im verovatno dolazi od izvesne količine mangana, koji je izgleda submikroskopski primešan. Takođe je moguće prisustvo ugljene materije. Rožnaci se delom sastoje isključivo iz kalcedona, delom pak sadrže izvestan procenat glinovite materije, u manjoj meri opala, a delom su tufitični. Lokalno se sreću eliptični oblici u ovim stenama ispunjeni

sitnozrnim kvarcom, odnosno sočiva opala. U vidu fragmenata rožnaci se javljaju u tufoznoj seriji a amorfni silicijski materijal i kalcedon zapaženi su i u osnovnoj masi tufova kao i u radioaktivnim muglama iz Kremen potoka.

Rožnaci su delom skroz ispucali i duž prslinica potisnuti kalcedonom, sitnozrnim kvarcom, opalom i limonitom.

Eruptivne stene

U oblasti Surlice zasada su zapaženi samo dacito-rioliti koji nastupaju u vidu nekoliko proboja, od kojih najveću površinu zahvata najjužniji. U izvorišnom delu reke Pčinje inače dacito-rioliti se često sreću, a najveća masa ovih stena javlja se južno od sela Donja Trnica. Dacito-rioliti su većinom sive boje i raspadnuti. Prema S. Hadži-Popović delom se radi o stenama koje približno odgovaraju dacitima, a delom o dacito-riolitima. Takođe postoje i prelazi između ova dva tipa.

TEKTONSKE KARAKTERISTIKE

Tektonski događaji u opisanoj oblasti (2, 3, 6), odnosno u oblasti izvorišnog dela reke Pčinje, odvijali su se u tri faze. Tako je posle gornje krede (laramiska faza) došlo do stvaranja većih raselina i izlivanja dacitsko-riolitskih masa i njihovih tufova. Posle eocena i to po svoj prilici u pirinejskoj i savskoj fazi dolazi do manjih ili većih horizontalnih kretanja i lokalnih ubiranja. Za ovu fazu vezani su bazični izlivi kod sela Klinovci. Posle taloženja neogenih sedimenata (Trgovište) ovi su blago poremećeni i ovde su zastupljeni oblici više disjunktivnog tipa, ali se doba navedenih pokreta ne može tačno utvrditi.

Prema nekim autorima (2) surlički sedimenti predstavljali su deo senonskog sedimentnog basena, ali su potiscima sa jugozapada otkinuti i pomereni ka SI za oko 4 km, zajedno sa kristalastom podlogom. Ovaj deo Rodopske mase nije se u stvari ponašao u svemu kao stara međuvenačna masa u kojoj su se vršila samo radijalna pomeranja, već je aktivno učestvovao i dozvoljavao stvaranje kraljušaste strukture. Za vreme senona i ovaj deo Rodopske mase bio je zahvaćen transgresijom. Današnji gornji tok Pčinje bio je zaliv senonskog mora u kome su se taložili sedimenti senonskog podkata. Posle stvaranja senonskih sedimenata dolazi do regresije i najzad do prekida u sedimentaciji, koji je trajao sve do eocena (2, 3, 6).

Kako su naša ispitivanja bila pretežno usredsređena na surličku masu, imali smo prilike da upotpunimo podatke o strukturnoj građi ovog dela terena. Relativno dobro izražena slojevitost tufova, sa blagim padovima i bez plikativnih deformacija, ukazuje na odsustvo većih naprezanja posle formiranja ove mase. Zato su ranije pretpostavke o velikom kretanju surličke mase duž jedne velike dislokacije malo verovatna. Pretežno ovalan oblik surličke mase, učestanost pravih efuziva, koji se mestimično javljaju interstratifikovani sa tufovima, zatim obilje aglomeratičnih tipova i uklopaka stena iz podloge ukazuje da su vulkaniti iz Surlice bili formirani na mestu u vidu jedinstvene kaldere — kao složenog vulkanskog aparata.

Pravi rasedi, pored manjih pukotina, imali su osetnog ali ne i bitnog uticaja na dislociranje mase tufova. Na terenu su se mogli zapaziti skokovi od desetak metara, vrlo verovatno sa znatnom horizontalnom komponentom.

OPIS URANOVIH ORUDNJENJA

Pojave uranovih mineralizacija u oblasti Surlice otkrio je u svoje vreme Vladan Simić sa svojom ekipom (4), a iste je istraživao S. Višić.

U toku ovih istraživanja S. Višić je otkrio da postoje četiri tipa uranovih orudnjenja i to:

— Radioaktivne mugle u tufovima;
— Radioaktivne partije u tufoznim brečama;
— Anomalije radioaktivnosti u tufovima, tufoznim peščarima i brečama;
— Anomalije radioaktivnosti u kalcedonsko-opalskim masama.

Naša ispitivanja su pokazala da je ovakva podela sasvim na mestu, s tim što su opalske mase naknadno određene kao rožnaci.

RADIOAKTIVNI UKLOPCI U VULKANSKIM BREČAMA

Ranijim istraživanjima (7, 8) utvrđeno je da se anomalije radioaktivnosti najvećeg intenziteta javljaju u Kremen potoku, tj. na južnom obodu surličke tufozne serije. Ovde su otkrivene dve anomalije, obe u tufoznim brečama. U prvom slučaju radi se o radioaktivnim »muglama«, a u drugom o jednoj partiji breče visoke radioaktivnosti.

Radioaktivne mugle

Ranijim raskopavanjima otkriveno je nekoliko »mugli«, međusobno udaljenih po nekoliko metara i nepravilno raspoređenih. Ove »mugle« se javljaju kako u sitnozrnim tako i krupnozrnim brečama, a prečnik im iznosi 10—50 cm. Nisu vezane ni za kakve pukotine, niti pak za partije breča koje su intenzivno limonitisane. Navedene »mugle« se po svom habitusu, mrkocrnoj boji i radioaktivnosti jasno izdvajaju od opisanih breča, tako da okolni materijal daje normalno polje zračenja.

Priroda mugli. — Petrografska odredba »mugli« bila je veoma otežana zbog toga što osnovnu masu predstavlja finozrn materijal, intimno izmešan sa ugljenom materijom. Sem toga, samo laboratorijska ispitivanja, po našem mišljenju, nisu dovoljna za tačnu odredbu ovakvog materijala. Petrografska ispitivanja materijala koji smo sakupili izveo je S. Divljan i on smatra da se uglavnom radi o glincima, delom laporovitim, odnosno tufitičnim ili silifikovanim, retko o tuftu i sericitskom alevrolitičnom peščaru. U nekim preparatima Divljan je zapazio i opal, a takođe pretpostavlja i znatno učešće ugljene materije. Ove »mugle« su slabije ili jače karbonatisane, ili potisnute žilicama kalcita i po pravilu jako limoniti-

sane. D i v l j a n pominje i mikrofragmente različitog materijala u opisanim »muglama«, tj. fragmente kvarca vulkanskog porekla, vulkanskih tufova, dacito-andezita, dacitskog tufa, a u jednom primerku zapažen je i mikro-fragment škriljca.

Rudno-mikroskopska ispitivanja koja smo obavili pokazala su da opisane mugle sadrže veliku količinu ugljene materije, koja se javlja u vidu proslojaka, manje-više paralelnih, delom mikroskopski nabranih, ili »končića« izuvijanih i izmešanih bez ikakvog reda, odnosno zrna i impregnacija rasutih u osnovnoj masi »mugle«. Svi ovi slučajevi po pravilu su zastupljeni u jednom istom preparatu.

Struktura drveta*) (ćelije i dr.) u opisanom uglju često je odlično očuvana, što pored njegovih optičkih osobina govori da se radi o uglju niske kalorične vrednosti, tj. lignitu, što je potvrdila i diferencijalno-termička analiza (S. H a d ž i - P o p o v i ć).

Rudno-mikroskopska ispitivanja su dalje pokazala da sivocrna boja mugli predstavlja posledicu visokog sadržaja uglja, a mrka i mrkocrvena limonita, možda delom i hidrohematita.

Na osnovu svega ovog, kao i naših terenskih zapažanja, proizilazilo bi, prema našem mišljenju, da se opisane »mugle« ne mogu tretirati kao određena stena, već da bi najbolje odgovarao izraz *»ugljevito-tufitičan materijal«*, sa jače izraženom glinovitom komponentom.

Mineralizacija u »muglama«. — Ranijim ispitivanjima (D. R a d u s i n o v i ć, 1957) utvrđeno je prisustvo trošne pehblende (»uranova čern«) praćene gelpiritom. U nekim slučajevima zapažen je još i autunit.

Dopunska ispitivanja koja smo obavili pokazala su da je sastav mineralizacije nešto složeniji tako da su, pored navedenih minerala, utvrđeni još i »obična« pehblenda, halkopirit i tetraedrit, sa malo radioaktivnog opala i radioaktivnog limonita. Preparati koje smo ispitivali pokazivali su maksimalnu beta + gama radioaktivnost od oko 8.500 otkucaja. Ovako visoka radioaktivnost omogućila nam je detaljnije mikroskopsko ispitivanje radioaktivnog materijala, pri čemu su nam od posebne koristi bile metode »otiska« i autoradiografije. Posebno su nam dobro poslužili rezultati ranijih istraživanja, prema kojima sadržaj urana u »muglama« kreće se između 0.2—1%, a u nekim primercima dostiže i 2.5%. Ova kombinovana ispitivanja, uz već postojeće rezultate, dovela su nas do zaključka da su u većini slučajeva proslojci, »končići« i zrna uglja direktni nosioci najveće količine radioaktivnog materijala, što se uostalom jasno vidi na prva tri otiska (sl. 1a, b, c) gde raspored urana (crno) najvećim delom odgovara rasporedu i načinu pojavljivanja ugljene materije.

Najčešće se u uglju ne zapažaju minerali urana, ali smo mišljenja da se radi o dispersno ugrađenoj pehblendi, bar u preparatima visoke radioaktivnosti, jer su se u više slučajeva autoradiografskim snimanjem dobila zasenčenja već posle 48 sati i to na slabo osetljivom filmu. Uz ovo treba dodati da je pehblenda u uglju nekad doista vidljiva i da se u tim slučajevima moglo utvrditi da se javlja i u vidu krupnijih i sitnijih zrna i da se veličina zrna kod ovog minerala nekad postupno smanjuje dok se mineral ne izgubi u osnovnoj masi uglja.

---

*) Prilikom odredbe vrste uglja konsultovali smo mineraloga S. R a d o š e v i ć a koji je potvrdio naša zapažanja.

Poreď pomenute, zapažena je i nečista pehblenda, koja ima promenljivu moć odbijanja svetlosti i koja je po pravilu gelski ispucala i manje ili više dispersno izmešana sa providnim materijalom. Ova pehblenda javlja se u vidu manjih partija, ili zrna promenljive veličine, a može biti i dispersno ugrađena u providnom materijalu.

Ugljena materija i pehblenda, prema našim ispitivanjima, nose najveće količine urana u opisanim »muglama«. Kao sporedni javljaju se autunit, radioaktivni opal i radioaktivni limonit, ovaj zadnji nekad i u vidu žilica. Takođe se pretpostavlja da je i pirit delom radioaktivan, ali ovo zasada nije moglo biti dokazano, jer je po pravilu vezan za ugalj, odnosno pehblendu. Pirit nastupa u strukturama »orudnjenih bakterija« koje uglavnom nastaju pri sedimentnom stvaranju.

Tetraedrit i halkopirit javljaju se u znatnoj meri samo u jednom preparatu i to delom u samoj »mugli«, a delom na kontaktu »mugle« i tufozne breče i to u obe osnovne mase. Dalje od kontakta breča sadrži samo tragove ovih minerala. Oba minerala javljaju se u vidu inkluzija i zrna promenljive veličine u »mugli«, delom poređanih paralelno proslojcima uglja, a delom ispunjavajući prsline u njemu. Na pomenutom kontaktu sitnije impregnacije su slabije zastupljene. U nekim slučajevima zapaženo je da tetraedrit i halkopirit mogu da se jave u vidu sitnih loptica, pri čemu su neke loptice izgrađene iz dispersne mešavine ova dva minerala, što se može uočiti tek pri radu u ulju. Takođe su zapažena obostrana cementovanja.

Radioaktivne partije u tufoznim brečama

Nekoliko desetina metara iznad anomalija u radioaktivnim muglama, otkrivena je anomalija u tufoznoj breči izgrađenoj iz osnovne mase tufoznog karaktera u kojoj se nalaze fragmenti kvarca, feldspata i muskovita, zatim eruptivnih stena i kristalastih škriljaca. Ova stena je polomljena i ispucala, a duž prslina ispunjena limonitom i crnim trošnim materijalom. Slabija radioaktivnost vezana je za limonit, a jača za pehblendu tipa »uranova čern«. Sam tufozni deo stene impregnisan je ovim mineralima, ali je ipak najveći deo vezan za gore opisane žilice i prevlake. Prema jednoj probi sadržaj urana iznosi blizu 1%, ali zasada ovde nije mogla biti dokazana primarna uranova ruda.

ANOMALIJE U TUFOVIMA, TUFOZNIM PEŠČARIMA I BREČAMA

Reč je o tufovima različite krupnoće zrna, čvrstine i boje, koji se vertikalno smenjuju na kratkom rastojanju i koji, kako smo već videli, nekad čine prelaze ka ignimbritima. U njima se nalaze slojevi tufoznih, delom alevrolitičnih peščara i breča različite boje, koji su duž prslina limonitisani. Debljina tih slojeva kreće se od 30—50 santimetara, a elementi pada su im veoma varijabilni.

U navedenim stenama postoji više anomalija radioaktivnosti i na svim ovim mestima vršena su raskopavanja i praćeni slojevi radioaktivnih peščara (S. V i š i ć, 1958). Kako je po pravilu glavna aktivnost vezana za gornje delove slojeva, debljine do 20 cm., to su neki istraživači

pretpostavljali da se radi o descedentnim prevlakama vezanim za amorfnu materiju. Naša ispitivanja su pokazala da se skoro uvek radi o proslojcima nečistog radioaktivnog uglja (lignit), koji zbog svoje otpornosti prema dejstvu voda znatno usporava dalju eroziju i danas se između ostalog skoro redovno nalazi u površinskim delovima otkrivenih profila. Kao i u opisanim »muglama«, ni ovde lignit nije uvek radioaktivan. S druge strane on se ne javlja samo u vidu proslojaka interstratifikovanih u steni, već i različito orijentisanih, koji u stvari predstavljaju odlomke nekadašnjih grana i grančica i koji su u nekim anomalijama obično anomalne radoaktivnosti. Pored navedenog lignit se pojavljuje i u vidu sitnih zrna i »končića« ili čak »impregnacija« u steni, slično lignitu u muglama iz Kremen potoka. Ranija ispitivanja otkrila su mestimično i sočivaste koncentracije autunita u navedenim stenama i to kako na površini tako i unutar aktivnog dela sloja, a zapažene su i pojave radioaktivnog limonita koji se javlja u vidu prevlaka duž prslina u opisanim stenama. Sadržaji urana u navedenim anomalijama uglavnom ne dostižu 1000 gr/t.

ANOMALIJE U ROŽNAČKIM SLOJEVIMA

Znatan broj anomalija radioaktivnosti vezan je za slojeve rožnaca i za okolne tufove, pri čemu tufovi iz povlate rožnaca pokazuju veću radioaktivnost od onih iz podine.

Prema ranijim istraživanjima rožnaci su najaktivniji u delovima koji obiluju limonitisanim pukotinama i na mestima gde se duž slojevitosti stena pojavljuje limonit. Od radioaktivnih minerala zapaženi su autunit i limonit. Autunit se javlja u vidu sitnih ljuspica u pukotinama i duž slojevitosti stena, a takođe i u vidu impregnacija kako u rožnacima tako i okolnim tufovima. Hemijski sadržaj urana iznosi do 800 gr/t.

Sve ovo ukazuje da je bar jedan deo urana naknadno descedentno prinešen, ali radioaktivni primerci čistog plavičastobelog rožnaca koje smo ispitivali, govore da je ovaj metal delom i singenetski taložen sa navedenom stenom.

ZAKLJUČAK

Ranija kao i naša ispitivanja omogućila su donošenje nekih zaključaka koji mogu biti od koristi pri eventualnim daljim istraživanjima u opisanoj oblasti. U sledećem ćemo ih ukratko izneti:

1. Radioaktivne »mugle« okarakterisane su kao ugljevito-tufitičan materijal, sa jače izraženom glinovitom komponentom, a uran u njima vezan je najvećim delom za proslojke i nagomilanja lignita i pehblendu. Iz ovog nedvosmisleno proizilazi da su »mugle« post-senonske starosti i da su stvarane u vreme stvaranja vulkanogene serije Surlice. Da li su one formirane na mestu gde se danas nalaze, ili su to fragmenti koji su stvarani u ranijim fazama vulkanske aktivnosti, ostaje zasada otvoreno pitanje. Pored urana, u opisanim muglama zapaženo je i mestimično prisustvo sulfida, to jest pirita, halkopirita i tetraedrita, koji su stvarani najvećim delom sinhrono sa materijalom koji izgrađuje mugle. Prslinski halkopirit i tetraedrit su verovatno produkti regeneracije izvedene pod uticajem toplih voda koje su dale i jedan deo mlađeg kalcita.

2. Radioaktivne tufozne breče u Kremen potoku uglavnom nose epigenetsku mineralizaciju urana, predstavljenu trošnom pehblendom i radioaktivnim limonitom, koji nastupaju duž prslinica u navedenim stenama, a delom i impregnacija. Ovde treba da je pretežno reč o descedentnom radioaktivnom materijalu.

Anomalije radioaktivnosti ostalog dela tufozne serije Surlice po pravilu su vezane za proslojke, impregnacije i lokalna nagomilanja lignita, a u manjoj meri za impregnacije autunita i limonitske prevlake. Pored singenetskog, ovde je konstatovan i epigenetski uran (descedentni), ali njihov količinski odnos dosada nije mogao biti utvrđen.

3. Opalske mase nisu hidrotermalni proizvod alteracije tufoznih stena, već su to rožnački slojevi stvarani singenetski sa tufovima, usled čega se cela serija Surlice može okarakteristi kao tufozrno-rožnačka serija. Prema dosadašnjim ispitivanjima radioaktivnost rožnaca je najvećim delom descedentnog a u manjoj meri singenetskog karaktera.

4. Iz svega navedenog nedvosmisleno proizilazi da su uranska orudnjenja i mineralizacije Surlice vezani za tačno definisani stratigrafski horizont (tufozna serija), da je ovaj horizont post-senonske starosti i da je stariji od g. eocena, te da njegova ukupna moćnost iznosi do 300 m. Unutar ovog horizonta javljaju se primarne uranove mineralizacije, a usled naknadnih descedentnih procesa i prisustva ugljevite materije dolazilo je do delimičnog pretaložavanja i obogaćivanja uranom na površini, i to naročito u delovima serije bogatijim lignitom, dakle u onim istim delovima u kojima se koncentrisao i primarni uran. Logično je da u ovakvim uslovima nije moguće utvrditi tačan količinski odnos primarnog i sekundarnog urana u ugljonosnim tufovima, i navedeni zaključak bi se sa sigurnošću mogao dati tek u slučaju da se istraživanjem dubljih delova tufozne serije Surlice zahvate čisto primarna uranova orudnjenja, tj. orudnjenja gde je prisustvo descedentnog urana isključeno. U tom slučaju bi se mogao doneti i definitivan sud o ekonomskim perspektivama surličke vulkanogene formacije.

Na kraju bismo hteli da ukažemo na činjenicu da su primarna uranova orudnjenja i mineralizacije u najužoj genetskoj vezi sa vulkanskom aktivnošću koja je dovela do stvaranja dacitsko-riolitskih stena i tufova, tj. da su vulkansko-sedimentnog porekla. Descedentne vode koje su dovele do stvaranja sekundarnih uranovih mineralizacija u navedenoj oblasti, crpele su uran isključivo iz navedenih tufova i primarnih uranovih ruda, pa su i descedentni uranovi minerali na taj način genetski vezani za pomenutu vulkansku akciju.

(Predato za štampu decembra 1966. g.).

LITERATURA

1. S. Marić — D. Martinović, 1957: — Izveštaj o kartiranju i prospekciji južnih ogranaka Besne kobile. — Fond. str. dok. INS. Beograd.
2. V. K. Petković, 1932: — O senonu u gornjem slivu Pčinje i o njegovom tektonskom značaju. Beograd.
3. K. V. Petković, 1956: — Studijski prikaz geoloških odnosa na teritoriji sreza Vranje sa naročitim obzirom na pojave ugljenih slojeva i naslaga gornje krede u izvorišnom delu sliva reke Pčinje. — Fond str. dok. INS. Beograd.
4. V. Simić, 1956: — Radiometrijska prospekcija Osogovskih planina. — Fond str. dok. INS. Beograd.

5. V. Simić — A. Kostić — S. Marić, 1963: — Geološke prilike u izvorišnom delu Pčinje. — Glasnik Prir. muz. Serija A. Beograd.
6. D. Veselinović, V Veselinović, D. Pejović, M. Pašić, 1958: — Izveštaj o geološkom kartiranju i ispitivanju terena gornjeg toka reke Pčinje, okoline Buštranja i Klenika. — Fond str. dok. INS. Beograd.
7. S. Višić, 1958: — Izveštaj o geološkom kartiranju i ispitivanju terena gornjeg toka reke Pčinje i okoline Buštranja i Klenika. — Fond str. dok. INS. Beograd.
8. S. Višić, 1958: — Istraživanje urana u sedimentima pčinjske oblasti. — Fond str. dok. INS. Beograd.
9. A. Antonović — V. Vujanović, 1964: — Izveštaj o rezultatima ispitivanja uranonosnih vulkanita i drugih formacija u oblasti Gornje Pčinje. — Fond str. dok. INS. Beograd.

Summary

VOJISLAV VUJANOVIĆ*)
ANTONIJE ANTONOVIĆ*)

URANIUM MINERALIZATION IN THE TUFFACEOUS-HORNFELS FORMATION OF SURLICA (SERBIA)

At an altitude of about 1,300 metres, in the region of the source of the Pčinja River, in the South-East of Serbia, there occur Cretaceous-Tertiary tuffs, tuffaceous sandstones and breccias up to 300 metres thick, commonly with uranium mineralization. These tuffs are underlain by the Senonian (breccias, conglomerates, sandstones, shales, carbonaceous schists, marls and limestones) and overlain by Palaeogene sediments (breccias, sandstones). The basis of the terrain is mainly composed of partly migmatized Paleosoic schists.

The uranium mineralization is exclusively associated with a tuffaceous series consisting of tuffs, tuffaceous sandstones, conglomerates and hornfels layers.

The main primary bearers of uranium are lignite and pitchblende, which is commonly closely associated with lignite and appears in the latter mostly in form of small impregnations. To a lesser extent, pitchblende occurs in form of impregnations and sporadic concentrations in the mother rock. Though lignite inter-layers are the main uranium bearers, uranium is not regularly distributed in lignite and even over small stretches, some portions of the inter-layers are very rich in uranium whilst others are almost completely devoid of it. The highest concentrations of uranium (over 2 per cent) are associated with 'mugles' (up to 60 cm in diameter) laid in the tuffs and composed of carbonaceous-tuffaceous material. Coal, however, is also there the main bearer of primary uranium. In addition to pitchblende, there occur chalcopyrites, pyrites and tetrahedrites which are of singenetic origin with the 'mugels'. Though hornfelses bear a certain content of uranium, it is a low one mainly, so that they can be neglected.

*) Institute for Nuclear Raw Materials, Beograd.

Post-genetic Processes

Calcite and quartz veinlets were formed there due to the effect of hydrothermal solutions and appear sometimes with chalcopyrite, pyrite and tetrahedrite as accessory minerals which obviously originated through the regeneration of the corresponding primary minerals. Regenerated pitchblende could not be established with certainty. Later descendent processes resulted in concentrations and enrichments of uranium mainly in primary uranium occurrences, i.e., in the lignite inter-layers and in their immediate environment and this is particularly expressed in the surface portions.

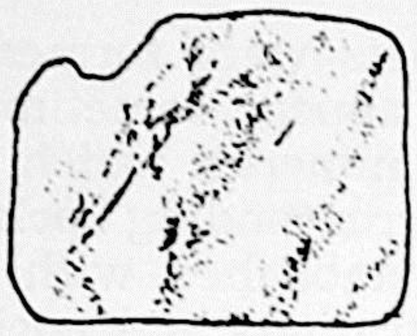
Genesis

The primary uranium mineralizations occurred through igneous--sedimentary activity in a comparatively shallow basin and bear a genetic relationship with the igneous activity, namely, with dacite- and rhyolite rocks that are also present there.



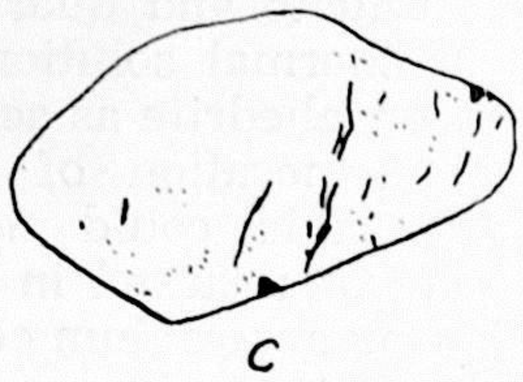
a

RA = 8.500 (γ + β)



b

RA = 2.100 (γ + β)



c

RA = 3.900 (γ + β)

Sl. 1. *Surlica*, »mugle«. Trakasto — impregnaciona zasenčenja dobijena metodom »otiska« jasno ukazuju na usku povezanost proslojaka i zrna lignita (radioaktivni lignit + pehblenda). — »končasta« zasenčenja (a, c) predstavljaju veran otisak proslojaka uglja, što se može uporediti i golim okom.

Fig. 1. Three photographs in fact, obtained by the 'printing' method. The dark spots indicate lignite lenses and inter-layers.



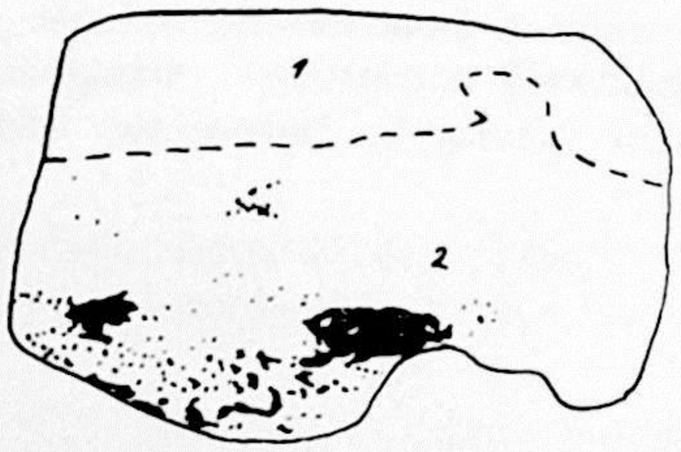
d

RA = 6.200 (γ + β)



e

RA = 5.000 (γ + β)

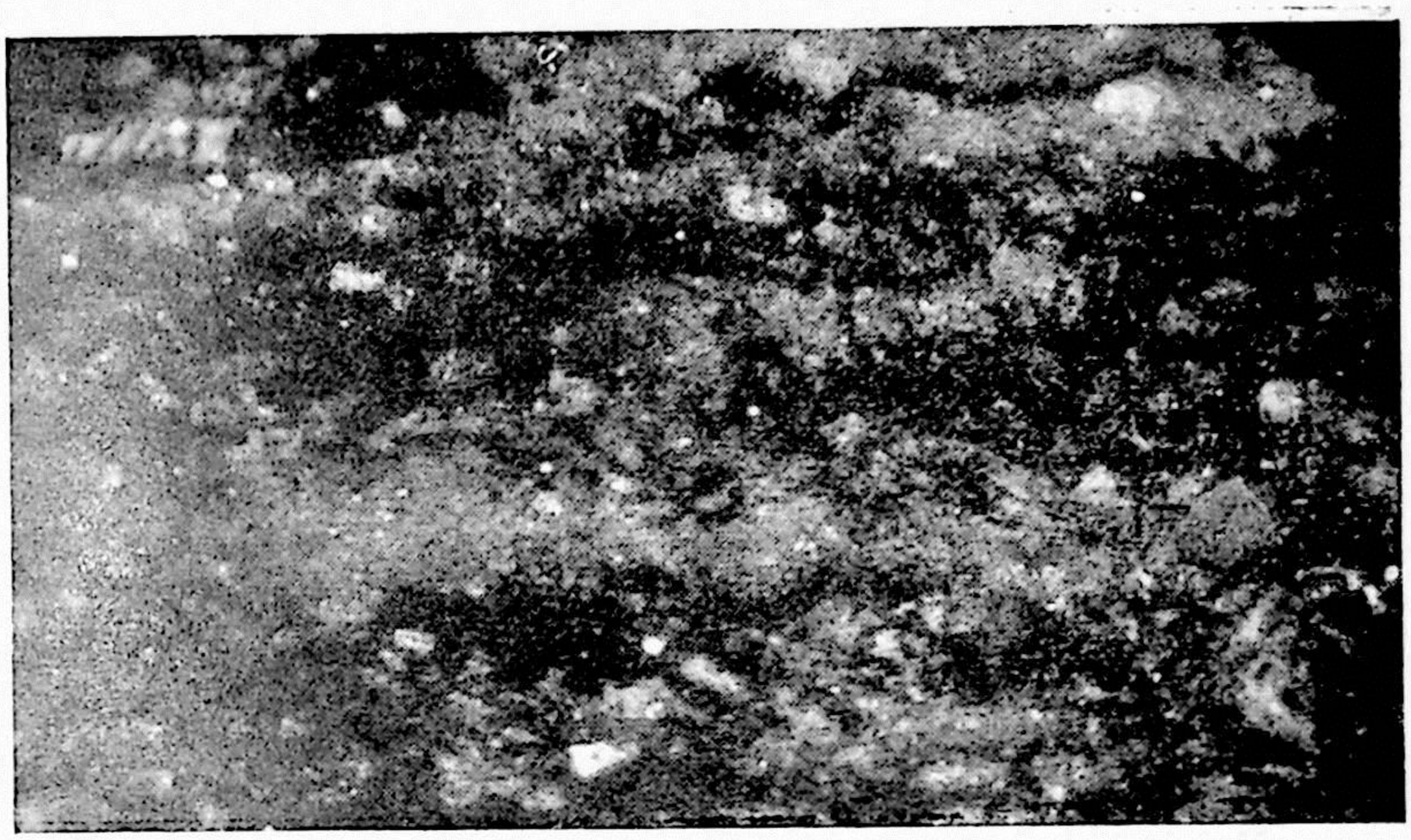


f

RA = 4.000 (γ + β)

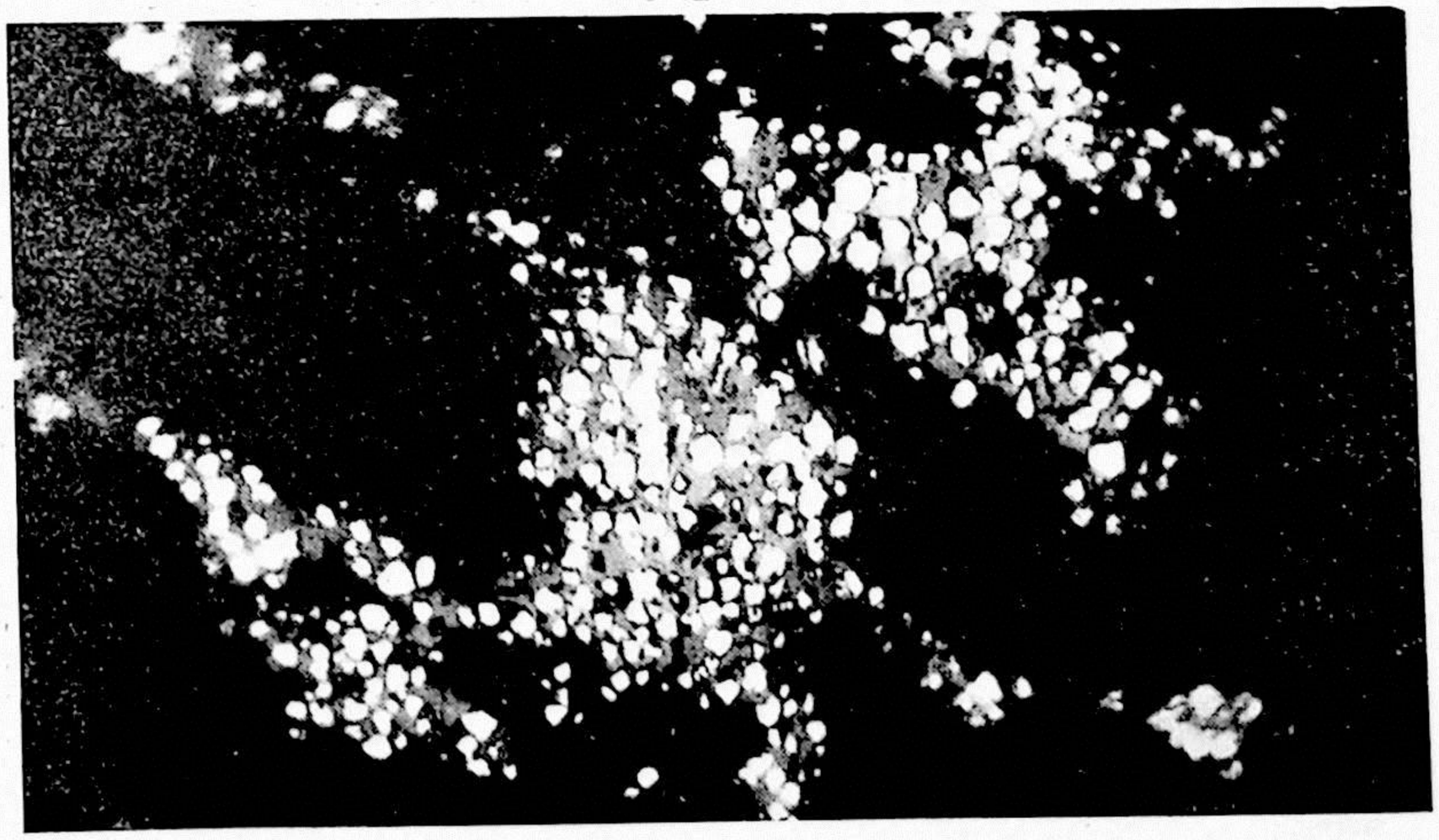
Sl. 2. *Surlica*, »mugle«. Impregnaciono-krpasta zasenčenja dobijena primenom metode »otiska«, takođe ukazuju na usku povezanost radioaktivnosti i lignita. Mada su po pravilu povećane vrednosti zračenja vezane za jaču koncentraciju lignita, njegovo prisustvo ne dovodi obavezno do povećanja radioaktivnosti (e). Dva intenzivna zasenčenja (f) u vezi su sa asocijacijom lignit — pehblenda.

Fig. 2. Another photograph obtained bö the 'printing' method. The black spots indicate coal, though, as it may be seen from the photographs, coal is not necessarily radioactive (the non-shaded portions on the polished-section).



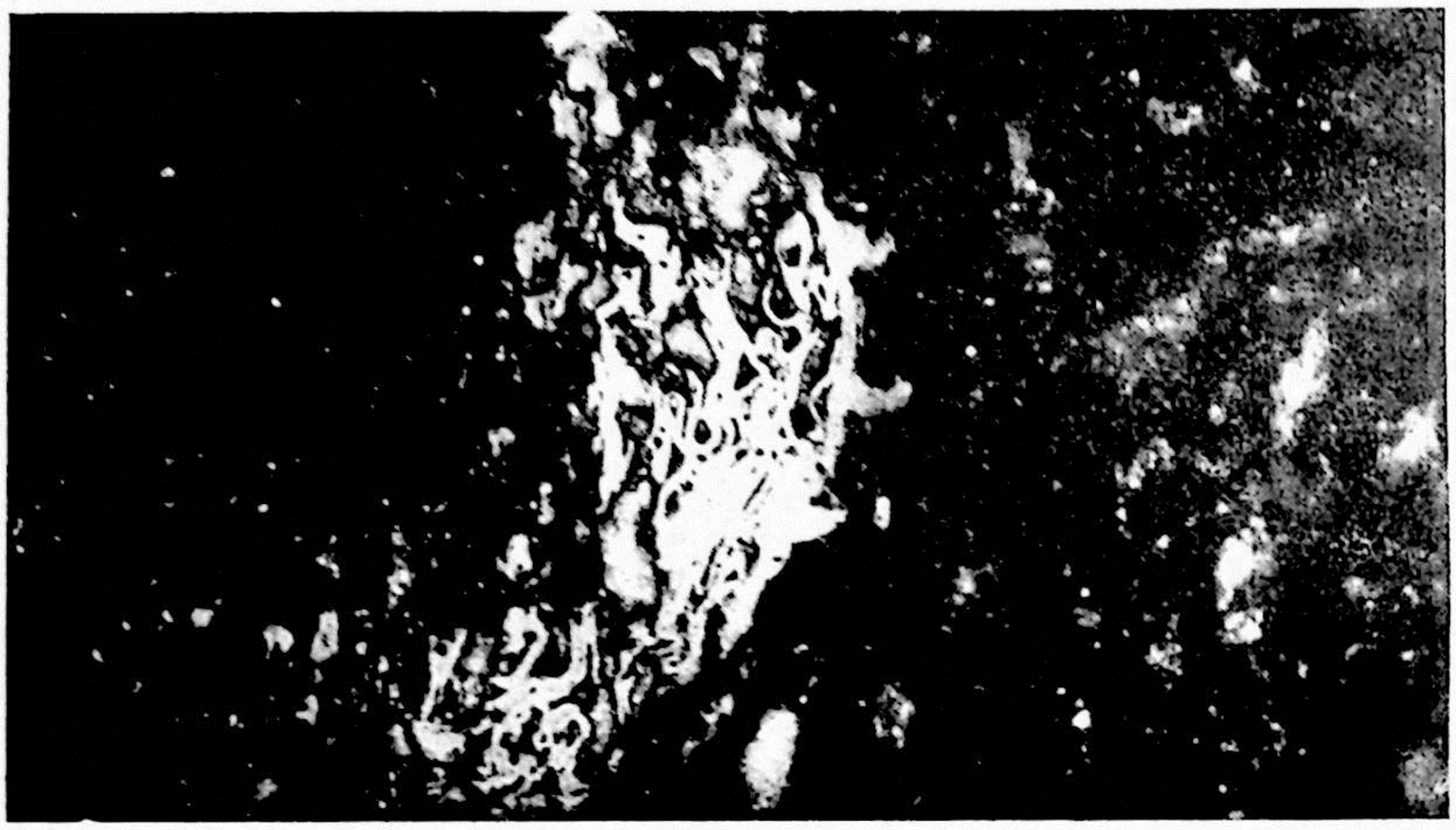
Sl. 3. *Surlica*. Rudno-mikroskopski snimak radioaktivne mugle iz Kremen potoka. Crni proslojci odgovaraju ugljenoj materiji. Ulje. U. 160 ×.

Fig. 3. Radioactive 'mugel' in transmitted light. Black stripes indicate lignite in a tuffaceous material.



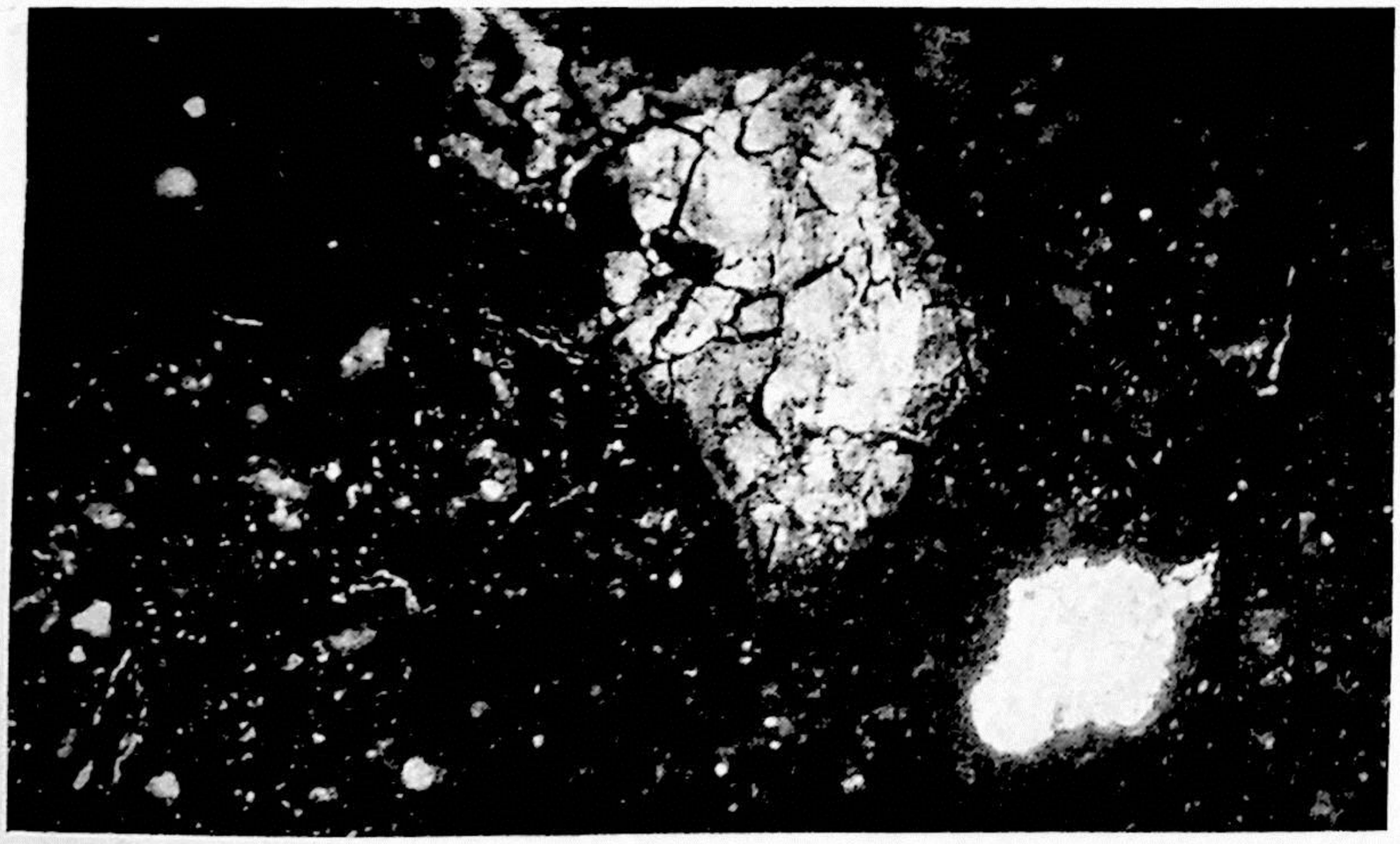
Sl. 4. *Surlica*. Radioaktivna »mugla« iz Kremen p. Pehblenda (sivo) cementuje pirit (beo). Oba minerala leže u osnovnoj masi lignita (crno). Ulje. U. 180 ×.

Fig. 4. Pyrite (white) cemented by pitchblende (grey) in a lignite matrix.



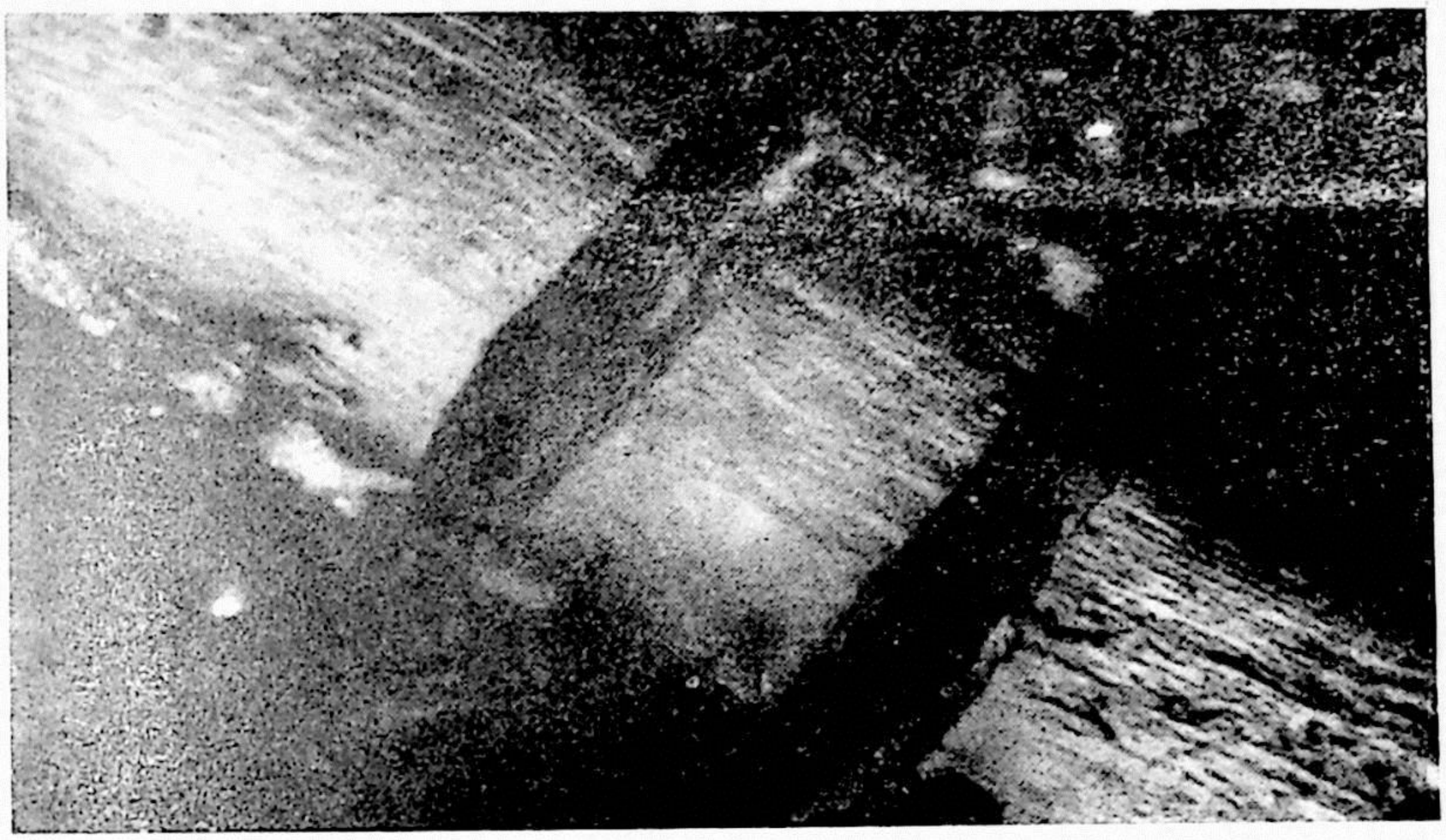
Sl. 5. *Surlica*. Radioaktivna »mugla« iz Kremen p. Pehblenda (svetlosivo) u osnovnoj masi »mugle«. Ulje. U. 160 ×.

Fig. 5. Pitchblende (grey) in a carbonaceous-tuffaceous matrix.



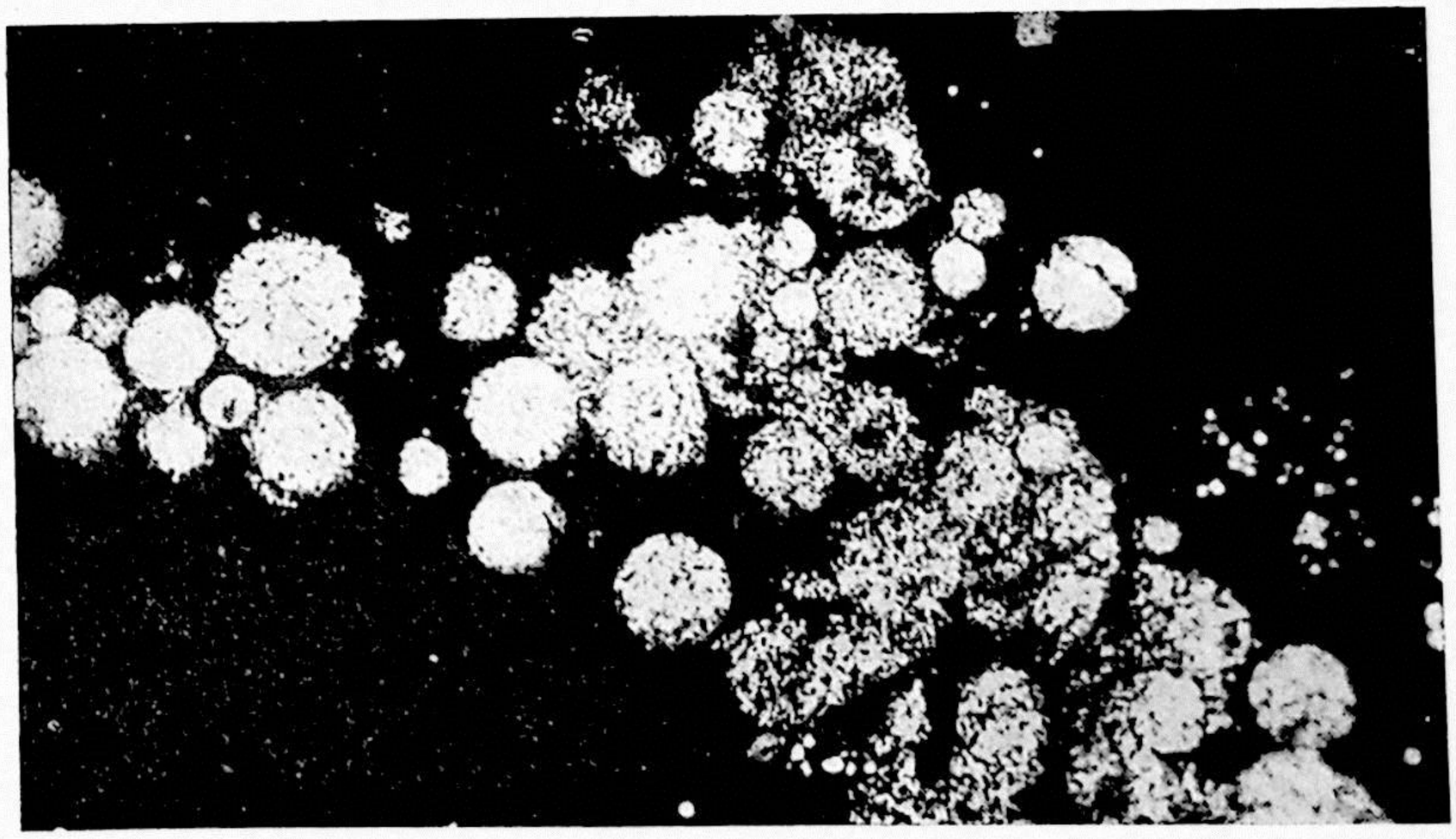
Sl. 6. *Surlica*. Radioaktivna »mugla«. Nečista pehblenda, gelski ispucala (gore), promenjive moći odbijanja svetlosti, u mešavini ugljene i providne materije. Desno pirit (beo). Ulje. U. 180 ×.

Fig. 6. Impure pitchblende in a carbonaceous-tuffaceous matrix.



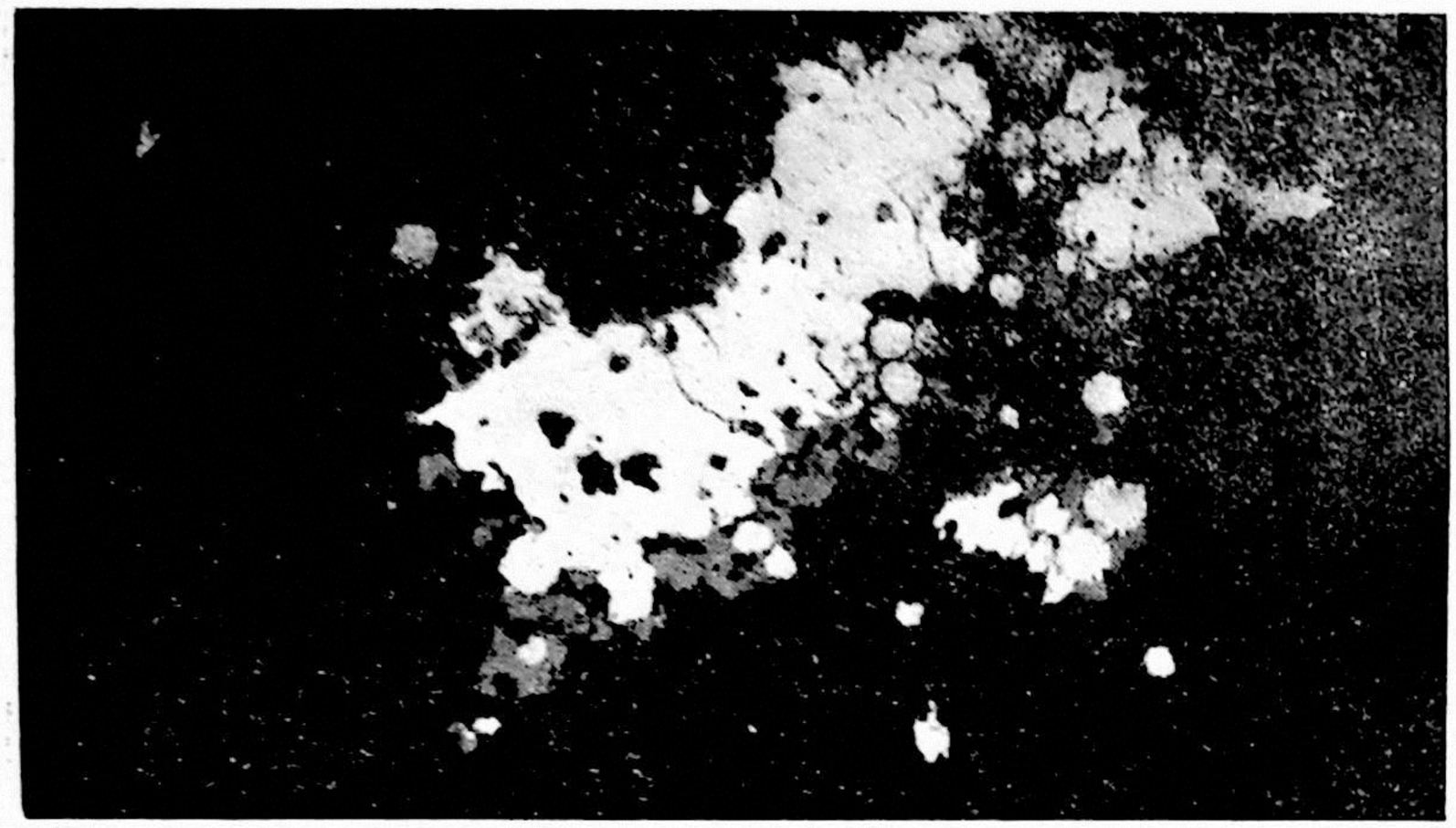
Sl. 7. *Surlica*. Radioaktivna »mugla«. Proslojak lignita u neispoliranoj ugljenoj materiji. Na snimku se vidi da je struktura drveta ostala očuvana. Ulje. U. 160 ×.

Fig. 7. Radioactive lignite in a matrix of unpolished carbonaceous material (black).



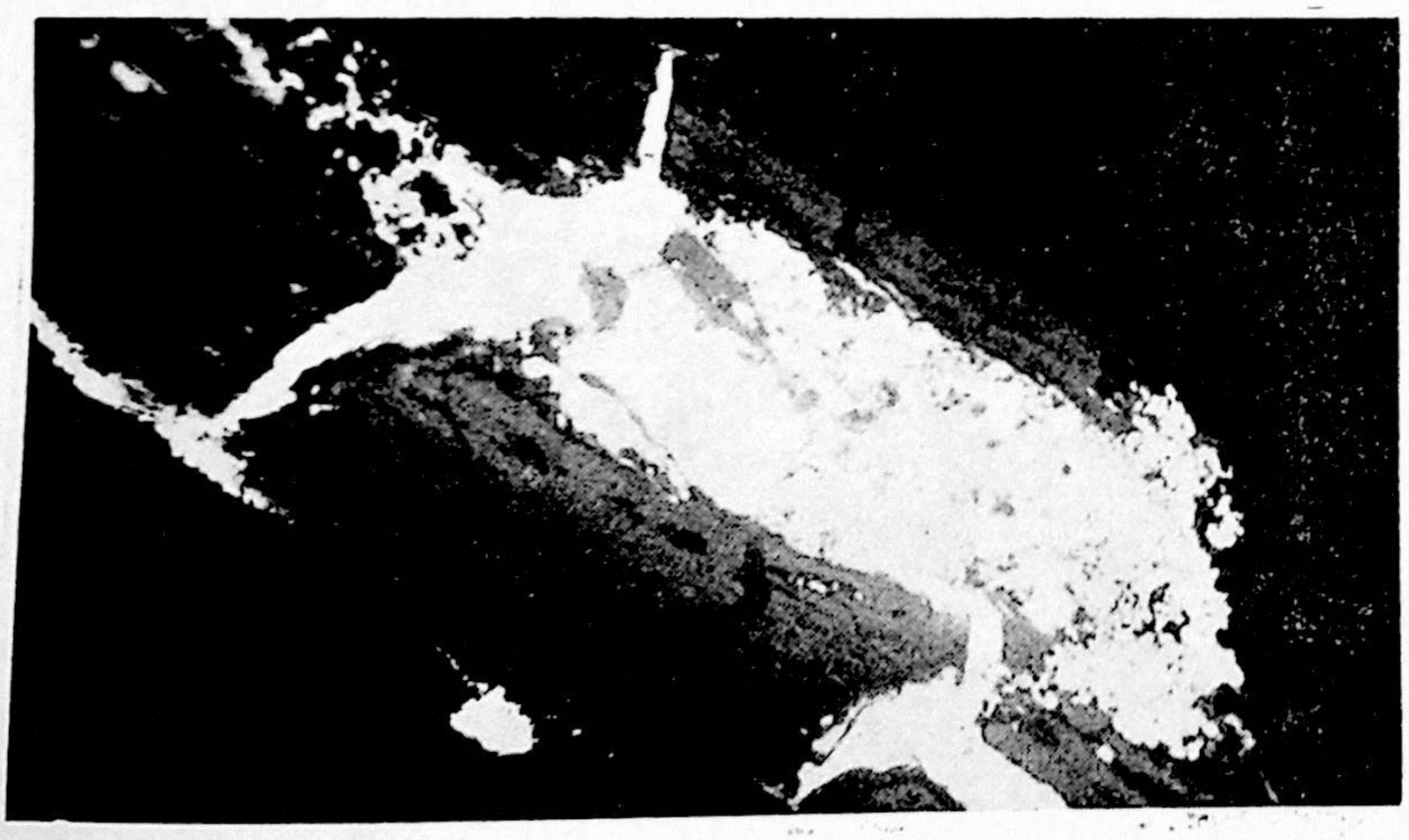
Sl. 8. *Surlica*. Radioaktivna »mugla«. Pirit (svetlosiv) u strukturama »orudnjenih bakterija«, ugrađen u osnovnoj masi ugljene materije. Ulje. U. 160 ×.

Fig. 8. Pyrite (light grey) in a carbonaceous matrix.



Sl. 9. *Surlica*. Radioaktivna »mugla«. Halkopirit (svetlosiv), i tetreadrit (tamnosiv) u osnovnoj masi ugljene materije. Oba minerala su delom ovalno građena, i dispersno izmešna. Ulje. U. 180 ×.

Fig. 9. Chalcopyrite (light grey) and tetrahedrite (dark grey, partly composed of lenses) in a carbonaceous matrix.



Sl. 10. *Surlica*. Radioaktivna »mugla«. Halkopirit (beo) potiskuje lignit (tamnosiv) i delom ga uklapa. Crno: neispolirana ugljena materija. Ulje. U 160 ×.

Fig. 10. Lignite replaced by regenerated hydrothermal chalcopyrite (greyish-white). Black: unpolished carbonaceous matter.

Radovi Instituta za geološko-rudarska istraživanja i ispitivanja nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, sv. 3, 1967. god.

VELJKO OMALJEV

RAZVOJ GREDENSKIH SLOJEVA I URANOVE MINERALIZACIJE U LEŽIŠTU ŽIROVSKI VRH

(Sa 15 slika i 1 tabelom)

S a d r ž a j. U gredenskim slojevima Žirovskog Vrha, pronađene su pojave uranove mineralizacije, vezane isključivo za sive peščare i konglomerate. Posle obimnih terenskih i laboratorijskih proučavanja, u članku su izneta zapažanja o karakterističnim osobinama ovih sedimenata.

Gredenski slojevi u ležištu su stvarani u dve facije: sivi peščari i konglomerati i crveni peščari. Sivi sedimenti su stvarani u dubljim delovima basena u redukcionim uslovima, a crveni peščari su produkat kopnene, verovatno pustinjske sredine. Stvaranje gredena se odigralo u pet makroritmova.

U II i III ritmu sive serije, nalaze se značajne pojave uranove mineralizacije, sočivastog oblika pojavljivanja, sa krajnje neravnomernim sadržajem urana (koeficijent varijacije 160%). Uranovu mineralizaciju kontrolišu slojevitost i siva boja slojeva. Od rudnih minerala, razvijena je sitnozrna pehblenda u pratnji sulfida. Izloženo je preliminarno shvatanje geneze uranove mineralizacije.

Autor smatra da se stečena iskustva i zaključci mogu uspešno koristiti za ocenu perspektivnosti, u pogledu uranonosnosti, gredenskih slojeva na drugim terenima.

Prva radiometrijska ispitivanja na području Slovenije započeta su 1948. godine, a 1952. godine prospektovana je i oblast Žirovskog Vrha. Prilikom ove radiometrijske prospekcije, najveća pažnja je poklonjena sedimentima karbonske starosti. Nešto zbog ove koncepcije, nešto zbog ograničenih detektorskih mogućnosti radiometara, ova prospekcija nije dala pozitivne rezultate.

Radioaktivne anomalije na severoistočnim padinama Žirovskog Vrha otkrila je ekipa Zavoda, pod rukovodstvom Đ. I v a n o v i ć a i A. A n t o n o v i ć a, 1960. godine. Sledeće, 1961. godine, formirana je Geološka grupa VI, pod rukovodstvom V. J o k a n o v i ć a, koja je nastavila prospekciono-istražne radove. Kao pogonski geolog, učestvovao sam u svim fazama radova na istraživanju ležišta urana na Žirovskom Vrhu.

Područje Žirovskog Vrha pripada, geografski, predgorju Julijskih Alpa, a nalazi se oko 30 km zapadno od Ljubljane. Žirovski Vrh je planina čiji se greben pruža pravcem SZ—JI, a nalazi se južno od sela Gorenja Vas. Najviši vrhovi su Javorski Grič (900 m) i Goli Vrh (962 m).

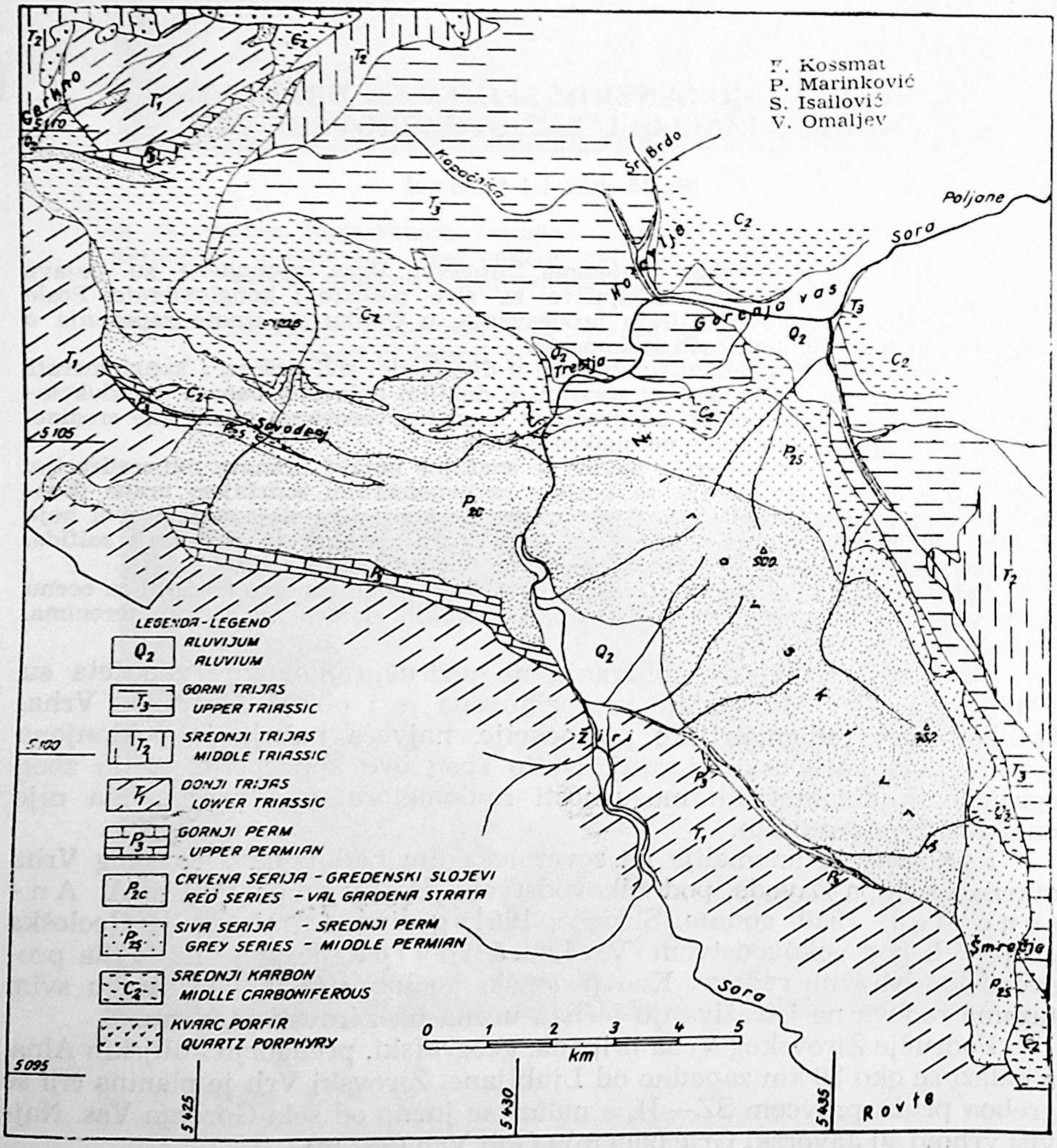
Poludetaljnom geološko-geofizičkom prospekcijom, kao najperspektivnije, izdvojene su severoistočne padine Žirovskog Vrha gde su kasnije

izvođeni detaljni geološko-geofizički i istražni radovi: geološko kartiranje, radioaktivna emanacija, gama sondiranje, raskopi, rudarski radovi i bušenje sa površine i iz jame.

U ovom radu ukratko je obrađena geološko-tektonska građa ležišta i neposredne okoline, a razvoj gredenskih slojeva i uranove mineralizacije u njima obrađena je detaljnije.

GEOLOŠKO-TEKTONSKA GRAĐA TERENA

Prve podatke o geološkoj građi Slovenije nalazimo kod austrijskih geologa iz druge polovine XIX veka. Područje Žirovskog Vrha prvi je detalj-



Sl. 1. Pregledna geološka karta šireg područja Žirovskog Vrha

Fig. 1. General geologic map of the larger area Žirovski Vrh.

nije obradio F. Kossmat (1910) u Tumaču za geološku kartu Škofja Loka — Idrija. Posle Drugog svetskog rata radili su na geologiji oblasti ili gredenu u Sloveniji sledeći autori: B. Bercе (1960); A. Ramovš. K. Grad i A. Hinterlehner — Ravnik (1961); P. Marinković (1961) i S. Isailović (1962).

U ležištu i njegovoj bližoj okolini razvijeni su sedimenti karbonske, permske i trijaske starosti.

Karbon

Sedimenti karbonske starosti su razvijeni po severnom i istočnom obodu istraživanog terena u vidu kontinuirane zone između trasa navlake i gredenske sive serije (sl. 1 i 9). Podina ovih sedimenata je nepoznata. Pretežno su izgrađeni od crnih do tamnosivih argilošista sa interkalacijama peščara i njihovih prelaznih tipova. Konglomerati su ređe razvijeni. Po litološkoj korelaciji sa sličnim tvorevinama u Sloveniji, argilošisti stratigrafski pripadaju starijem delu tzv. hohvipfelskih slojeva srednje karbonske starosti. Mikropaleontološkim ispitivanjima je utvrđeno odsustvc mikrofosilnih ostataka.

Argilošisti se dobro cepaju po foliaciji u pločice, liske i iverje. Pad foliacije je najčešće prema jugozapadu, što je saglasno sa padom slojeva u mlađim sedimentima. Odnos slojevitosti i foliacije u argilošistima je jasno primećen na severnom delu terena. Jasno se zapažaju trase slojevitosti koje su upravne na foliaciju. U bližoj okolini (Srednje Brdo) slojevitost u argilošistima je takođe upravna na foliaciju.

Mineraloški sastav argilošista (S. Radošević, 1961) je sledeći: sericit, nekad muskovit, hlorit; sitna zrna kvarca i fino dispergovana glinena materija sa organskim primesama. Struktura je lepidoblastična.

Kada su peščari razvijeni u većim masama (severni deo terena), budući da su slični (makroskopski i mikroskopski) sa gredenskim peščarima iz sive serije, problem je povući granicu između karbonskih i permskih sedimenata. Nije jasno, zbog debelog deluvijalnog pokrivača, da li se tu radi o interkalacijama peščara u argilošistima ili je među njima tektonski odnos.

Perm

Permski sedimenti u ležištu razvijeni su kao gredenski slojevi iznad kojih leže belerofonski krečnjaci i dolomiti.

Gredenski slojevi leže prividno konkordantno preko argilošista. Paleontoloških podataka o starosti nema, a na osnovu litološke korelacije sa gredenom Karavanki, verovatna je srednje permska starost. Nije isključeno da je početak sedimentacije bio već u donjem permu. S obzirom na hiatus od srednjeg karbona, između argilošista i gredenskih slojeva postoji eroziona ili tektonsko-eroziona diskordancija.

Gredenske slojeve delimo u dve facije:

siva serija,

crvena serija.

Siva serija leži direktno preko karbonskog paleoreljefa, a na terenu gradi zonu uz argilošiste. Litološki je izgrađena od sivih peščara i konglo-

merata sa relativno tankim interkalacijama crvenih peščara. Ukupna moćnost sive serije je 200 do 400 metara. U sivoj seriji se nalaze pojave uranove mineralizacije, zato će njen litološki razvoj biti detaljno obrađen.

Crvena serija je stratigrafski viši nivo gredenskih slojeva. Najveći deo površine Žirovskog Vrha izgrađen je od crvenih peščara ove serije. U crvenoj seriji nema sivih peščara. Ukupna debljina serije je 300 do 500 metara.

Belerofonski krečnjaci i dolomiti leže iznad crvene serije. U njima je nađena bogata indojermenska fauna na osnovu koje je utvrđena gornjepermska starost. Ovaj horizont je razvijen u dolini potoka Račeva (leva obala). Debljina horizonta je 50 do 100 metara.

Krečnjaci su tamnosive boje, a dolomiti su znatno svetliji. U krečnjacima se zapažaju bele kalcitske žice koje nekad sadrže elementarnog sumpora. Poznate su pojave gipsa koji ukazuje na lagunski režim sedimentacije.

Trijas

U pravcu jugozapada, preko belerofonskih krečnjaka i dolomita, leže donjetrijaski, verfenski sedimenti. Stratigrafsko nadslojavanje u tom pravcu je normalno (donji trijas, srednji trijas, gornji trijas itd.)

Severni i istočni deo Žirovskog Vrha izgrađen je od sedimenata gornjetrijaske starosti u čijoj podini se nalazi saharoidni dolomit kasijanske starosti, a to je autohtoni teren (forland) na kome leži navlaka Žirovskog Vrha.

Rabeljski slojevi karniskog kata poznati su kao tufozna serija u kojoj je nađena *Frondicularia* aff. *woodwardi* (P. Marinković, 1961). Ova serija je izgrađena od tufoznih peščara i breča, tufova i tufita sive, žute, zelene, crvene i ljubičaste boje. Tufovi su kvarcporfirski (S. Radošević, 1961). Česte su interkalacije tamnosivih krečnjaka koji često sadrže odlomke fosila koji su, za sada, neodredljivi.

Glavni dolomit leži preko rabeljskih slojeva. Dolomit je dobro uslojen, a u njemu su česte tanke glinovite interkalacije, koje izostaju na južnom delu terena.

TEKTONIKA

Oblast Žirovskog Vrha pripada geotektonskoj jedinici »savske bore« u širem smislu. Ovu geotektonsku jedinicu stariji autori smatraju za Alpe (I. Rakovec, 1956), a mlađi za Dinaride (B. Sikošek, 1956. i B. Berce, 1960).

Zapadni deo savskih bora je razbijen na tri jedinice (F. Kossmat, 1910. i I. Rakovec, 1956): idrisko-žirovsku oblast na zapadu, poljansko-vrhničke nizove u srednjem delu i škofjeloško-polhograjsku oblast na istoku.

Paleozojski kompleks sedimenata (navlaka) Žirovskog Vrha pripada idrisko-žirovskoj oblasti, a autohton (forland) pripada poljansko-vrhničkim nizovima.

Osnovna struktura u ležištu je preliminarno interpretirana kao zagnjurena sinklinala, na čijim su krilima razvijeni nabori nižega reda. Od disjunktivnih struktura zapažen je veći rased u rudarskim radovima (pomeranje 10—12 metara). U ovom radu tektonske deformacije (sem klivaža) neće biti detaljno tretirane.

GREDENSKI SLOJEVI

Gredenski slojevi su pretežno izgrađeni od peščara, a u manjoj meri od konglomerata i alevrolita. Alevroliti su bliski sitnozrnim peščarima, a u sivoj seriji su obično razvijeni u tankim interkalacijama, te njihovo posebno tretiranje nije geološki opravdano.

Osobine gredenskih slojeva opisane su, uglavnom, na osnovu makroskopskog promatranja većih stenskih masa, a manjim delom, na osnovu laboratorijske obrade primeraka. Rudarski radovi su izložili direktnom osmatranju mnogobrojne primere strukture stenske mase na mestu, koje se ne mogu videti na površini, pa ni u jezgru bušotina. Litološki kriterijumi za raščlanjavanje su postavljeni prilikom detaljne geološke obrade rudarskih prostorija. Primena ovih kriterijuma kod geološke obrade jezgra bušotina, prirodnih i veštačkih izdanaka je dovela do jedinstvene, odnosno, ekvivalentne obrade svih detalja u osnovnoj dokumentaciji radilišta. Tek tada se moglo pristupiti interpretaciji strukturne građe terena tj. korelaciji slojeva i litoloških članova sive serije na strukturnim profilima.

Specifičnost gredenskih slojeva ogleda se u vrlo heterogenom, na izgled haotičnom litološkom sastavu, obično bez izražene slojevitosti. Dobija se utisak da litološki članovi, po granulaciji, brzo prelaze jedni u druge. Precizno litološko definisanje slojeva je neopravdano zbog čestih međusobnih prelaza. Definisanje litološkog člana mora biti takvo da omogući korelaciju, odnosno, njegovu identifikaciju na većem rastojanju od međusobnog rastojanja bušotina na profilu (više stotina metara).

Pri geološkom kartiranju su obično zanemareni detalji manji od desimetra, sem u posebnim slučajevima (npr. pojava uranove ili sulfidne mineralizacije). Tom prilikom su zapažene karakteristične osobine, koje ćemo opisati.

Boja

Boja psamita i psefita je važna karakteristika jer ona odražava osobine sredine stvaranja. Boja potiče od gvoždevite cementne materije; trovalentno gvožđe daje crvenu, a dvovalentno gvožđe daje sivu ili sivozelenu boju cementne materije. Oksidaciono-redukcioni potencijal sredine sedimentacije se, najverovatnije, nije izmenio za vreme dijageneze; zato smatramo da boja reguliše faciju, a sa tim i superpoziciju u sivoj seriji.

Po boji razlikujemo dve klase: sivu i crvenu. U slučaju da nijansa boje dolazi od litoidnih fragmenata, stena pripada onoj klasi koje je boje cementna materija. Na primer, ukoliko crvena boja ili nijansa dolazi od crvenih fragmenata kvarcporfira, a cementna materija je siva, stena pripada sivoj klasi.

Granulacija

Granulacija je najvarijabilnija osobina gredenskih slojeva. Ona se menja, više ili manje, u vertikalnom i horizontalnom pravcu. Promene podležu izvesnoj zakonitosti i obično variraju u određenim granicama. Makroskopskom procenom granulacije došlo se do zaključka da psamite treba podeliti u tri klase:

1. Sitnozrni (finozrni do sitnozrni) peščari — krupnoća zrna do približno 0,3 mm;
2. srednjezrni (sitnozrni do krupnozrni) peščari — krupnoća zrna približno 0,3—1 mm;
3. krupnozrni (krupnozrni do grubozrni) peščari — krupnoća zrna približno od 1—2 mm.

U rudarskim radovima i jezgru bušotina granulacija se može dovoljno tačno odrediti, što nije slučaj sa izdancima gde je stena najčešće raspadnuta ili obrasla vegetacijom (mahovina).

U psefite ubrajamo konglomerate i konglomeratične peščare. Prelaz između psamita i psefita je često postepen. Konglomerati predstavljaju tanje ili deblje interkalacije u konglomeratičnim peščarima, te se tretiraju zajedno. Posebno izdvajanje konglomerata je neopravdano za sitniju razmeru od 1 : 1.000.

Sortiranost

Sortiranost peščara se takođe makroskopski procenjuje, na svežoj steni ona se dobro zapaža.

Za peščar se kaže da je dobro sortiran ako su litoidni fragmenti približno iste krupnoće. Za gredenske peščare je normalno da su slabo sortirani, zato je dovoljno naglasiti izuzetak tj. slučaj kada je peščar dobro sortiran.

Praktično, sortiranost se zapaža samo kod srednjezrnih peščara; kod sitnozrnih zrna su suviše sitna za makroskopsko procenjivanje, a kod krupnozrnih peščara sortiranost je redovno slaba (slabo sortirani peščari).

Sa ova tri kriterijuma može se definisati *litološki član serije* kao sloj, banak ili paket slojeva i banaka psamita ili psefita. Značaj boje i granulacije je daleko važniji od sortiranosti. Ovako definisani, litološki članovi sive serije se mogu pratiti u rudarskim radovima i na profilima bušenja stotinama i hiljadama metara po pružanju i padu.

Mineraloški sastav

Laboratorijskom obradom primeraka (S. Radošević, 1961. i sledećih godina) određen je sledeći mineraloški sastav: najzastupljeniji sastojci su kvarc i fragmenti eruptivnih stena, a ređi sastojci su liskuni i feldspati. Poreklo kvarca može biti iz kristalastih škriljaca ili iz eruptivnih stena (tada se primećuju tragovi magmatske korozije). U sivoj seriji preovlađuje vulkanski kvarc, a u crvenoj seriji preovlađuje kvarc iz kristalastih škriljaca. Od efuzivnih stena u litoidnim fragmentima je najčešći kvarcporfir crvene i zelene boje, a znatno je ređi dijabaz. U konglomera-

tima se mogu naći krupni fragmenti crvenog kvarcporfira u kojem se nekad mogu primetiti fenokristali kvarca. Sitna zrna crvenog kvarcporfira u peščarima su nekad obilna. Fragmenti eruptivnih stena su takođe obilniji u sivoj seriji.

Muskovit je čest sastojak, naročito bolje sortiranih peščara. Biotit je redovno hloritisan. Feldspati su redovno sericitisani ili kaolinisani. Zastupljeni su ortoklas, albit i plagioklasi reda oligoklas-andezina. Plagioklasi iz sive serije i tufozne (rabeljske) serije su sličnih osobina (S. R a d o š e v i ć, 1961).

Od akcesornih minerala zapaženi su: epidot, turmalin, rutil, magnetit, hematit, pirit, apatit, cirkon, coisit, granat, barit, staurolit, amfibol, piroksen, sfen i vrlo retko alanit.

U sivim peščarima i konglomeratima cement je kontaktnog i pornog tipa, a gradi ga siva silicijsko-sericitska materija. Nekad se zapaža potiskivanje cementne mase sekundarnom karbonatnom ili gvožđevitom materijom.

U crvenim peščarima cement je takođe kontaktnog i pornog tipa, a izgrađen je od crvene gvožđevite materije uz učešće sericita.

Stepen zaobljenosti

Stepen zaobljenosti litoidnih fragmenata je nizak kako u sivim tako i u crvenim peščarima. Zrna su često oštro ivičasta u svim granulacijama, a to se najbolje zapaža kod konglomerata koji dobijaju brečoidan habitus.

Prilikom ubiranja i mikrorasedanja (po klivažu) stena je trpela visoka tektonska opterećenja, a posledica toga je translacija i interna rotacija zrna. Pri translatornom kretanju zrna su se mogla »izoštriti« tj. stepen zaobljenosti bi postao manji (sl. 12), a pri internoj rotaciji zrna su se mogla u izvesnoj meri »zaobliti« .Slučaj translatornog kretanja zrna je verovatno, bio češći. Na osnovu ovako niskog stepena zaobljenosti ne bi se smelo jednostrano zaključiti da je transport bio kratak.

Slojevitost

Slojevitost je svakako najznačajnija osobina sedimentnih stena koja, sa jedne strane ukazuje na uslove sedimentacije u basenu, a s druge strane omogućava dešifrovanje strukturnih deformacija izazvanih tektonskim uticajima. Zapažanje i merenje slojevitosti predstavlja osnovni problem terenskog rada u gredenskim slojevima.

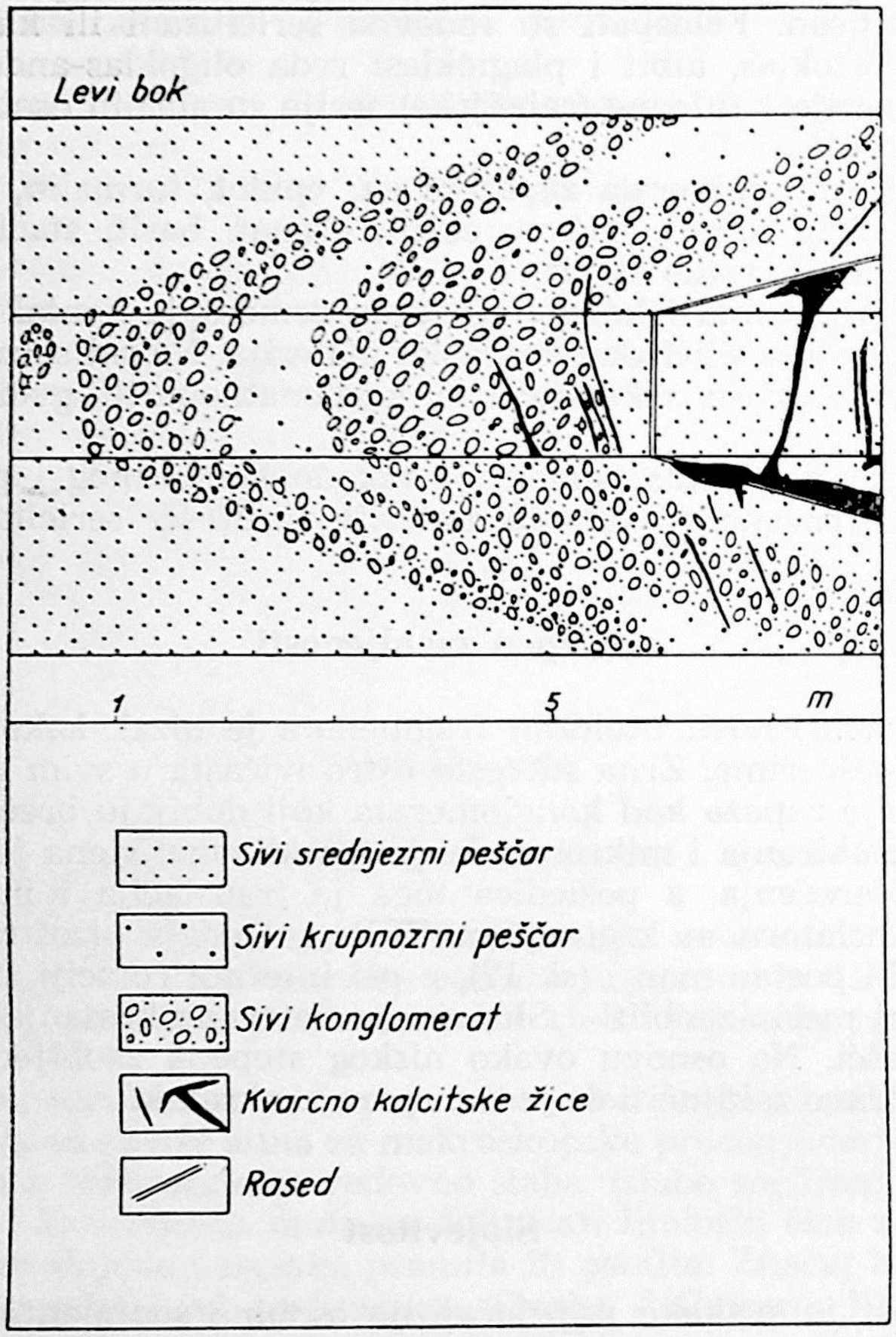
Slojevitost se najbolje zapaža u rudarskim prostorijama i na jezgru bušotina tj. na svežoj i čistoj steni. Na vlažnoj i ravnoj površini može se zapaziti najslabije izražena slojevitost, a na izdancima se slojevitost zapaža kada je po njoj izražena deljivost.

Slojevitost u gredenskim slojevima je izražena kao *litaž* i *stratifikacija*.

Litaž je slučaj kada se jasno zapaža promena u granulaciji ili boji bez izražene površine nadslojavanja (sl. 2). Postaje pri kontinuiranoj sedimentaciji. Litaž je najčešći tip slojevitosti u ležištu.

Stratifikacija je slučaj kada je izražena površina nadslojavanja bez promene u drugim osobinama. Posledica je prekida u sedimentaciji. Nekad

se na opranoj (vlažnoj) svežoj steni zapažaju trase stratifikacije koje u izvesnoj meri narušavaju homogenitet stene. Ako su slojevi mm- do cm--dimenzija (liske) bez izražene deljivosti to je tzv. fina stratifikacija. Kod debljih slojeva dm- do m-dimenzija po stratifikaciji je izražena deljivost



Sl. 2. Litaž (razvijeni plan potkopa).

Fig. 2. Bedding (displayed design of the tunnel).

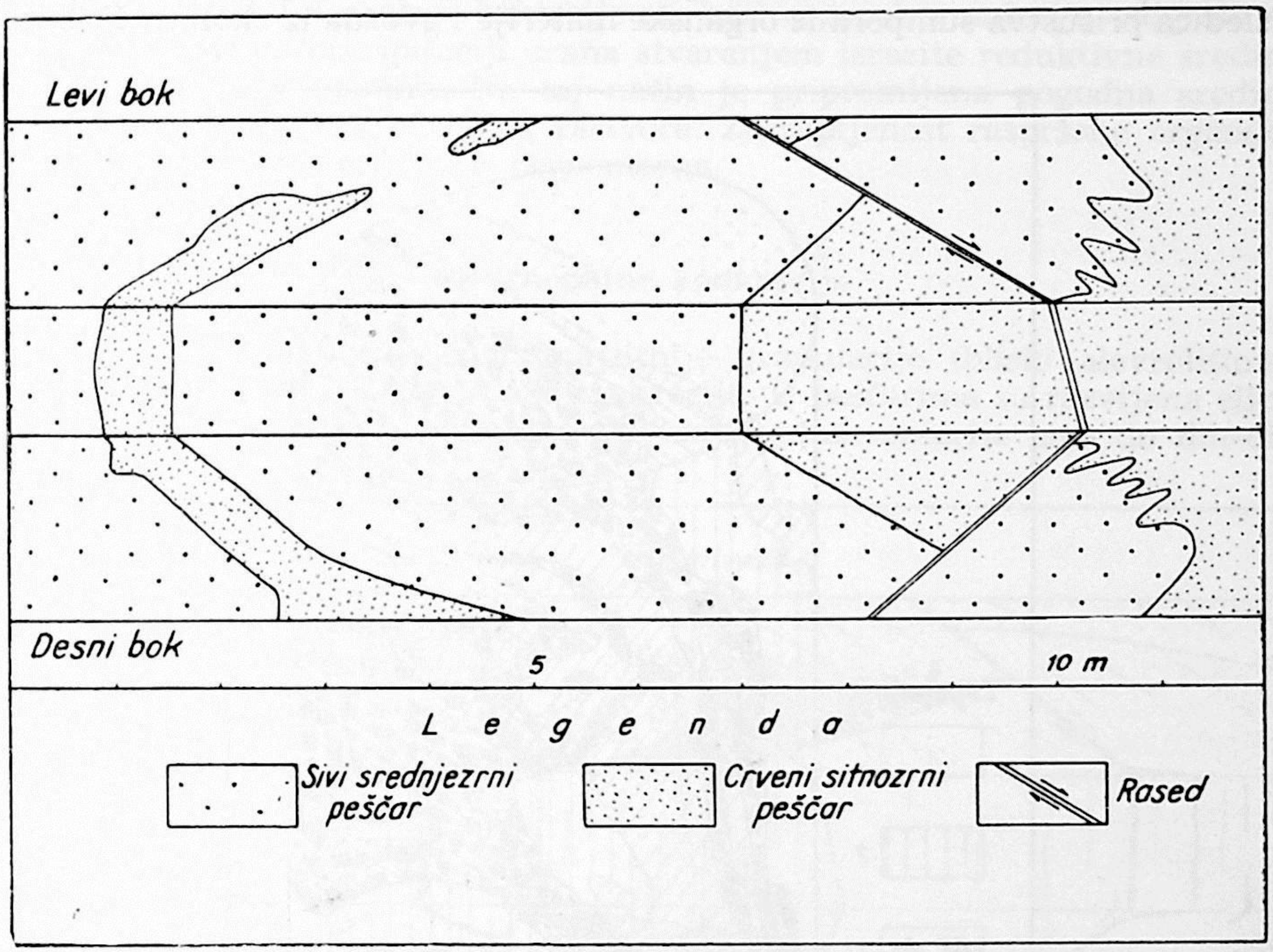
što omogućava merenje elementa pada sloja. Ovaj tip slojevitosti je znatno ređe izražen. Stratifikacija u ležištu najčešće pripada tipu pravilne, diskontinuirane slojevitosti (sl. 3).

Kombinacija litaža i stratifikacije (prekid u sedimentaciji i promena u boji ili granulaciji) je ređe zastupljena, a obično je izražena na granici sivi-crveni peščar; vrlo retko peščar-konglomerat.

Slojne površine su nekad bile mehanički aktivne pri ubiranju. Tada su izražene međuslojne pukotine ili međuslojni rasedi između slojeva ra-

zličite kompetentnosti. Rasedna površina je nekad u mekšem sloju (neposredno uz granicu) koji je više deformisan pri ubiranju.

Zapažena je kosa slojevitost; između trasa horizontalne slojevitosti u podini i povlati vide se kose trase koje sa horizontalnima zaklapaju ugao



Sl. 3. Pravilna i nepravilna, kontinuirana i diskontinuirana slojevitost (razvijeni plan hodnika H-18).

Fig. 3. Regular and irregular, continued and discontinued stratification (displayed design of the tunnel H-18).

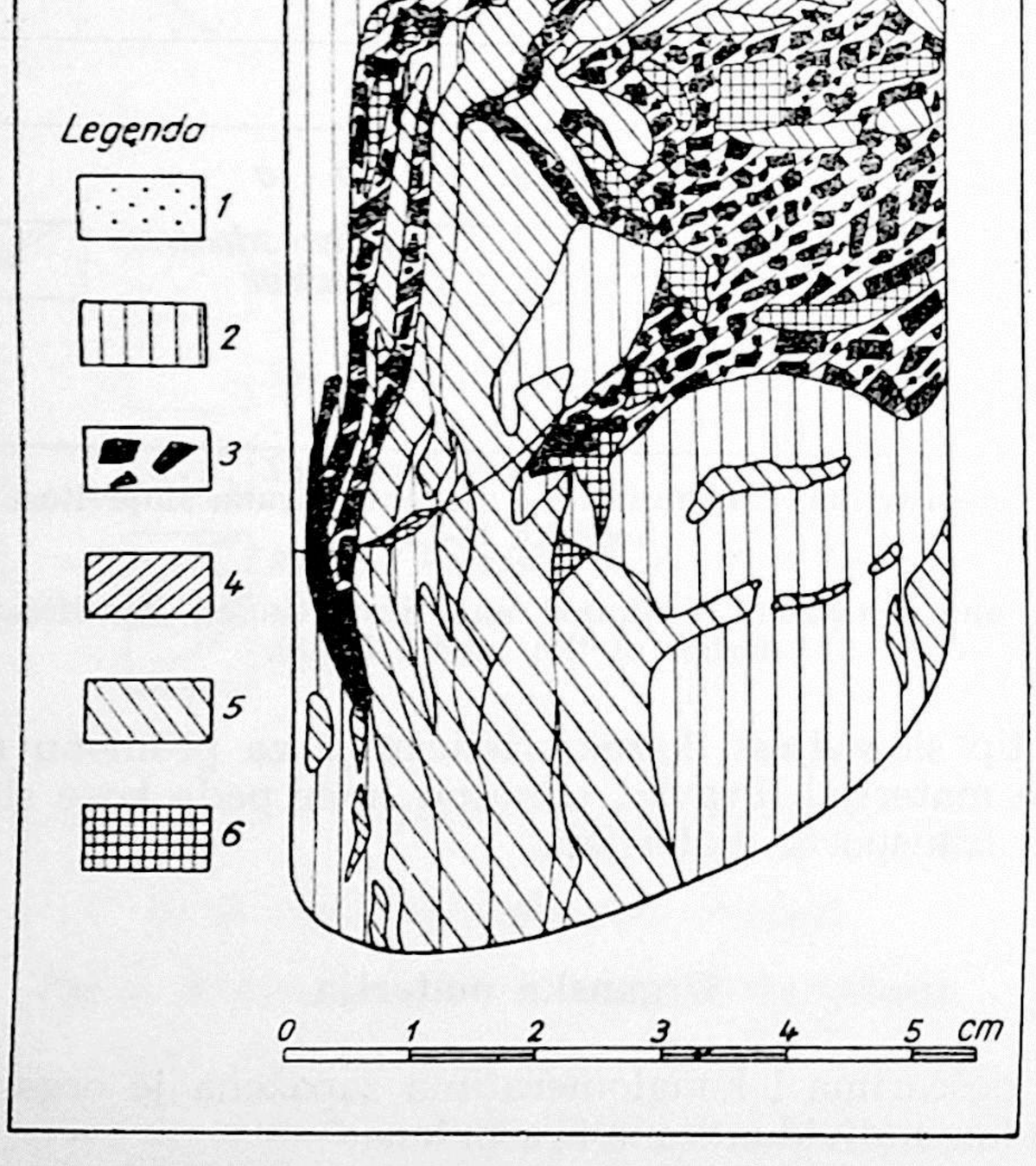
do 30°. Ovaj tip slojevitosti karakterističan je za promenu pravca struja koje su nosile materijal. Pravac, odnosno smer pada kose slojevitosti odgovara smeru transporta materijala.

Organska materija

U sivim peščarima i konglomeratima zapažena je organska materija, koja se javlja kao individualisana i raspršena.

Individualisana organska materija se javlja kao antracit. Individue imaju pseudokristalan habitus, mm- do cm-dimenzija sa metalnim sjajem. Često je u asocijaciji sa belim kalcitom koji vezuje individue kao cementna kristalna masa (sl .4). Antracit se javlja u sočivima ili proslojcima koja retko dostižu metarske dimenzije. Veća sočiva su orijentisana po slojevitosti. Nekad druguje sa piritom koji nekad takođe gradi proslojke dužine do metra, a debele do desimetra. U rudnom mikroskopu je zapa-

žena pojava gelpirita ćelijske strukture po biljnoj materiji (D. R a d u s i n o v i ć, 1962), verovatno iz roda *Sigillaria*. Antracit je postao od stabala drveća koja su sedimentovana u basenu sa redukcionim potencijalom. U anaerobnim uslovima drvo se pretvorilo u ugalj, a pojava pirita je posledica prisustva sumpora iz organske materije i gvožđa iz okoline. Prisutni



Sl. 4. Individualisana organska materija (antracit) u jezgru bušotine B-16.
1 — sivi srednjezrni peščar; 2 — kvarcna žica; 3 — antracit; 4 — beli kalcit; 5 — sulfidi; 6 — galenit.

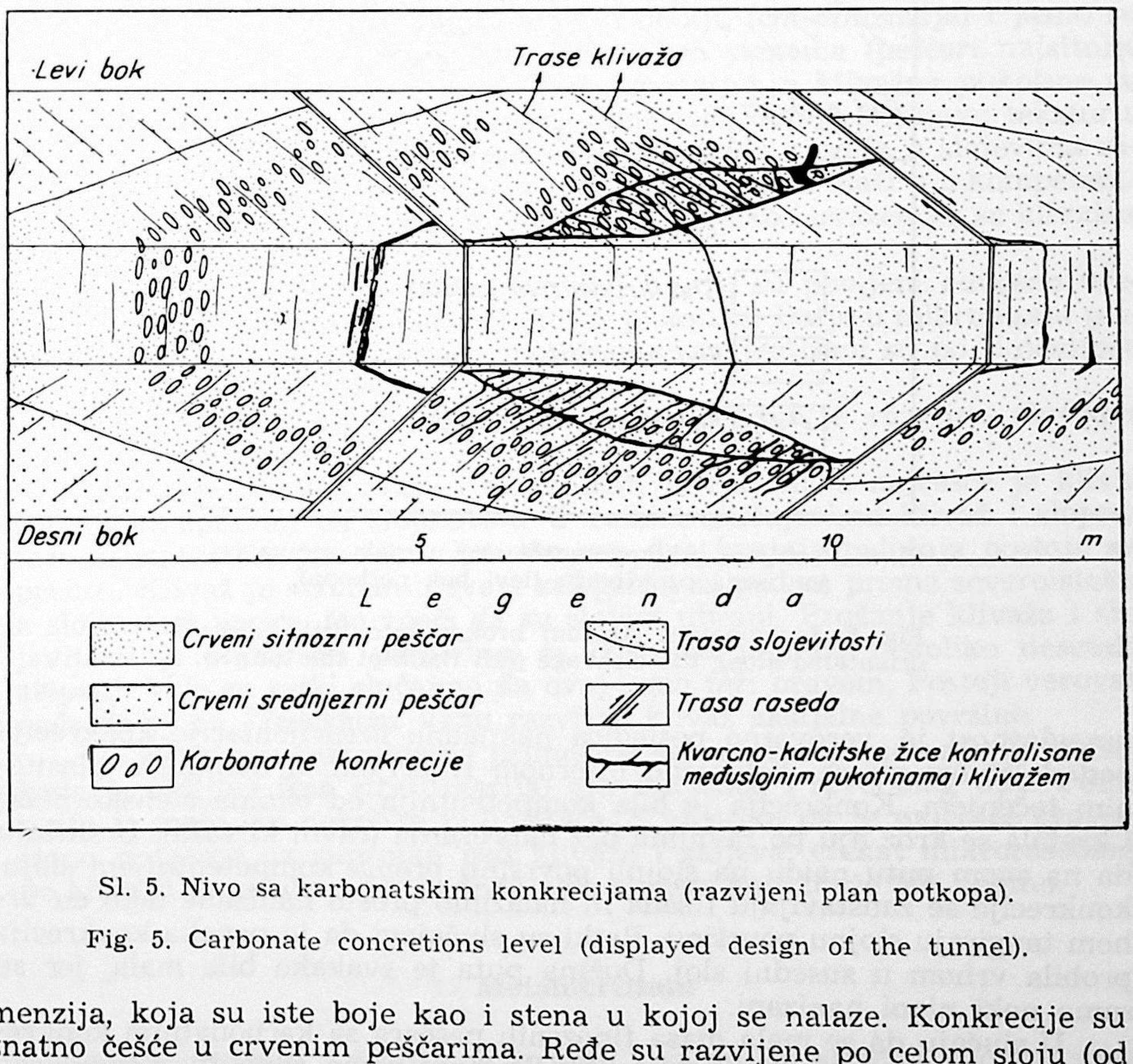
Fig. 4. Isolated organic supstance (antracite) in the drlling cores B-16.
1 — grey middle grained; 2 — quartz veins; 3 — antracite; 4 — white calcite; 5 — sulfides; 6 — galena.

su takođe i drugi sulfidi (halkopirit, galenit itd.) u zrnima krupnoće nekoliko milimetara (sl. 4).

Vrlo je verovatno da je raspršena organska materija prisutna u cementu sivih peščara i konglomerata. Postala je sedimentacijom sitnog biljnog detritusa. Anaerobne bakterije na bazi organske materije odigrale su krupnu ulogu u precipitaciji urana stvaranjem izrazite reduktivne sredine (metan, sumporvodonik). Na taj način je pripremljena pogodna sredina za obaranje urana iz vodenog rastvora. Zastupljenost raspršene organske materije u sivoj seriji nije ravnomerna.

Karbonatne konkrecije

U gredenskim peščarima najsitnije granulacije (bliski alevrolitima) zapažena je pojava karbonatnih konkrecija. U peščarima su razvijena eliptična sočiva izgrađena od peskovite karbonatne materije cm- do dm-di-



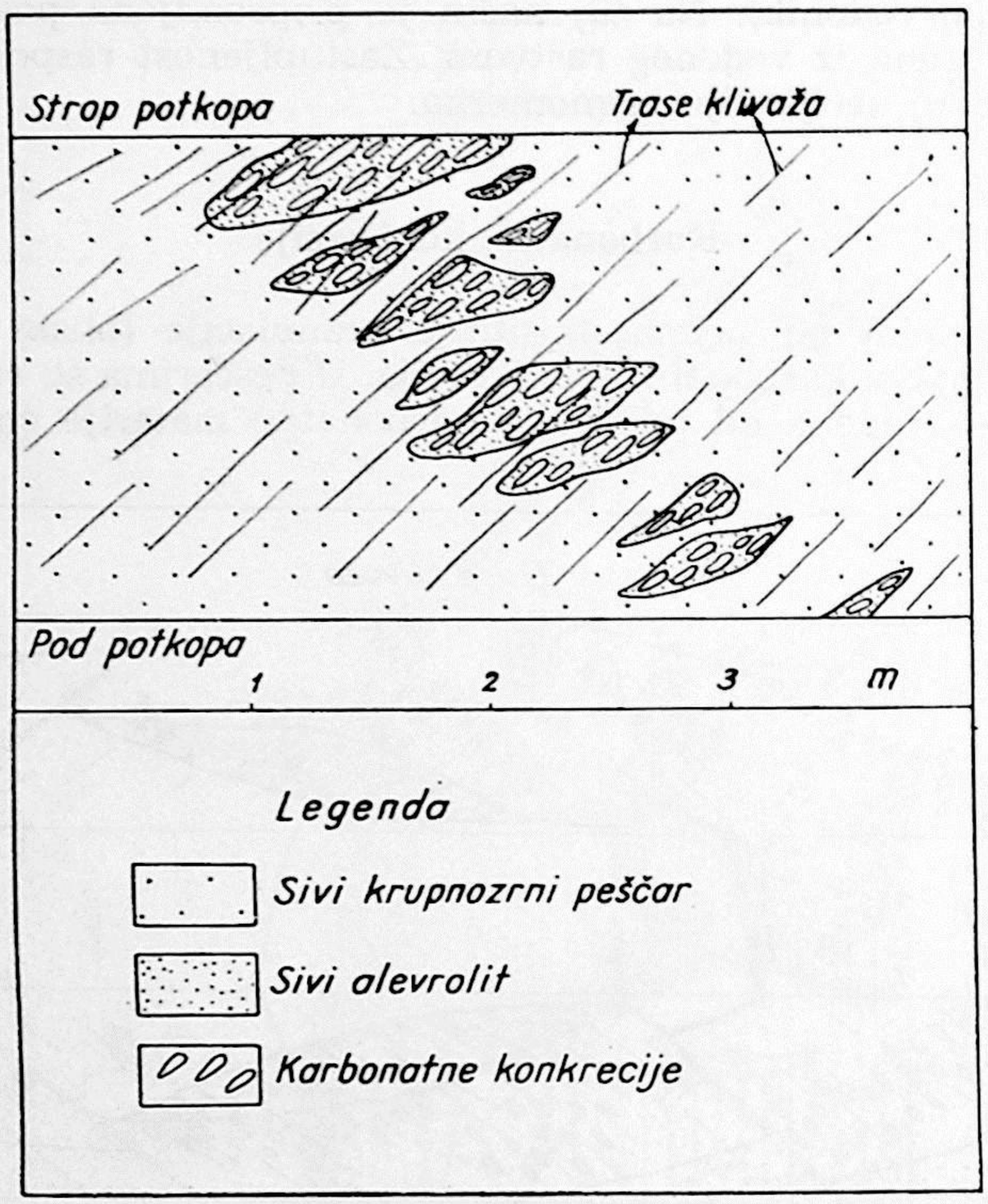
Sl. 5. Nivo sa karbonatskim konkrecijama (razvijeni plan potkopa).

Fig. 5. Carbonate concretions level (displayed design of the tunnel).

menzija, koja su iste boje kao i stena u kojoj se nalaze. Konkrecije su znatno češće u crvenim peščarima. Ređe su razvijene po celom sloju (od podine do povlate), obično su nagomilane u jednom stratigrafskom nivou koji u masi daje utisak sloja, naravno bez drugih obeležja (sl. 5). Gustina

konkrecija u nivou je različita, nekad su toliko blizu jedna drugoj da je stenska masa pretežno izgrađena od konkrecija.

Interesantna je orijentacija karbonatnih konkrecija. Svaka konkrecija je orijentisana po klivažu tako da je izdužena u smeru pružanja i pada klivaža. Nivo sa konkrecijama je orijentisan normalno po slojevitosti. Ova



Sl. 6. Razbijeni inkompetentni sloj u mala sočiva orijentisana po klivažu (levi bok potkopa).

Fig. 6. Incompetent stratum broken into little lenses orientated along the cleavage (left flank of the tunnel).

nesaglasnost je, verovatno posledica naknadne preorijentacije konkrecija pod dejstvom stresa, delimično internom rotacijom, a delimično plastičnim tečenjem. Konkrecija je bila kompetentnija od okolne stenske mase i kretala se kroz nju po ravnima bez naprezanja (ravni klivaža). U slučaju da na svom putu naiđu na slojnu površinu prema kompetentnijem sloju, konkrecije se zaustavljaju i sada ih nalazimo prosto nanizane tako da vrhom tangiraju slojnu površinu. Retki su slučajevi da je poneka konkrecija probila vrhom u susedni sloj. Dužina puta je svakako bila mala, jer su samo neki nivoi nanizani.

U slučaju da se mala masa finozrnih peščara sa karbonatnim konkrecijama nađe između kompetentnijih slojeva, može zadobiti sekundarnu orijentaciju po klivažu potpuno (ako je mala do nekoliko desimetara) ili

delimično (ako je veća). Poznati su slučajevi razbijanja tankog, inkompetentnog sloja u mala sočiva koja su pojedinačno orijentisana po klivažu (sl. 6). Iz ovih primera se vidi da su kretanja u stenama pri ubiranju bila znatna.

Klivaž

Klivaž je posledica tektonskog opterećenja stena, a biće opisan zato što predstavlja najizrazitije strukturno obeležje gredenskih slojeva na Žirovskom Vrhu. U početnoj fazi radova, za klivaž se pretpostavljalo da je slojevitost. Na izdancima, klivaž u izvesnoj meri liči na slojevitost.

Klivaž predstavlja sistem paralelnih pukotina (G. Ažgirei, 1956, M. Dimitrijević, 1964) koje dele stensku masu na lamele ili mikrolitone koji liče na slojeve.

Intenzitet klivažnih pukotina je različit i u zavisnosti je od kompetentnosti sloja. U čvrstim, kompetentnim, stenama (konglomerati i peščari grublje granulacije) mikrolitoni su deblji, (cm-dimenzija) i jasno su razdvojeni klivažnim pukotinama. U mekšim stenama (peščari najsitnije granulacije) mikrolitoni su tanji (mm-dimenzija), a klivažne pukotine su slabije izražene. Zbog gustog klivaža stena tada dobija škriljavu teksturu. Sem intenziteta izraženosti, menja se i ugao pada klivaža u slojevima različite čvrstoće. Klivaž je strmiji u kompetentnijim, a blaži u inkompetentnijim stenama. Nekad klivaž nije izražen ili je slabo izražen pa se klivažne trase vide tek u mikroskopu.

Planarni minerali u steni (liskuni i hlorit) su povijeni odnosno uređeni po klivažu, ali samo neposredno uz pukotine. Dalje u mikrolitonu planarni minerali su u prvobitnom položaju tj. orijentisani su po slojevitosti (A. Antonović, 1963).

U gredenskim slojevima na Žirovskom Vrhu je razvijen *škriljavi, diferencijalni klivaž.*

Odnos površina klivaža i slojevitosti je različit, a najčešće je klivaž statistički upravan na slojevitost. U retkim slučajevima klivaž i slojevitost su statistički paralelni. Između ova dva krajnja položaja postoje svi prelazi. Klivaž je stabilan u svom zaleganju sa padom prema severoistoku, a slojevitost varira, što znači da su slojevi ubrani. Pružanje klivaža i slojevitosti je statistički paralelno, sa odstupanjima do nekoliko desetaka stepeni. Vrlo su retki slučajevi da ovaj ugao teži pravom. Postoji verovatnoća da je na Žirovskom Vrhu razvijen klivaž aksijalne površine.

Po klivažnim pukotinama primećuje se rasedno pomeranje (u slučaju kada je vidljiva fina stratifikacija) gravitacionog i reversnog tipa. Pomeranje je malo, do nekoliko milimetara. S obzirom da je najčešće gravitaciono smicanje uz suprotan pad klivaža i slojeva, efekat mikrorasedanja po klivažu je ublažavanje padnog ugla slojeva koje može biti znatno.

Metamorfizam

Metamorfizam u ležištu je izražen stvaranjem sericita, hlorita, malih količina kalcita i brukita. Cementna materija koja je prvobitno bila peskovito-glinovita sa gvožđevitom ili organskom materijom, pretvorena je u

silicijsko-sericitsku ili gvožđevito-sericitsku materiju (uz učešće hematita). Organska materija pretvorena je u antracit. Karbonatna materija je delimično prekristalisala u kalcit. Metamorfizam je slabo izražen i pripada gornjem delu epizone.

Mineralne žice

Gredenski slojevi u ležištu (siva i crvena serija) su ispresecani mineralnim žicama. Dominantan sastojak u žicama je kvarc, koji je nekad iskristalisao kao »gorski kristal« (beta kvarc). Kalcit i hlorit su nekad udruženi sa kvarcom. Kalcit je bele do bledožute boje i mlađi je od kvarca. Ukoliko je bilo dovoljno prostora razvijeni su prizmatični kristali. Hlorit je obično primešan kvarcu.

Mineralne žice su kontrolisane rasedima i pukotinama (sl. 5). U rasedima je nekad kvarc iz žica tektonski zdrobljen u prah. Stvaranje mineralnih žica, kao i rasedanje, bilo je višefazno.

Zapažena je pojava sulfida (pirit, halkopirit, galenit) u mineralnim žicama u zrnima mm-dimenzija. Žice su sterilne u pogledu sadržaja uranove mineralizacije.

Smatramo da ove žice ne predstavljaju prave hidrotermalne pojave jer nisu praćene hidrotermalnim manifestacijama u okolnim stenama. Njihov postanak je u vezi sa sekrecionim procesima pri kojima su iz toplih voda (konatnih ili vadoznih) iskristalisali beta kvarc i kalcit. Voda u intergranularnim prostorima koja je bila pod visokim pritiskom, rastvorila je mineralnu materiju, a u slobodnim prostorima (pukotine) pritisak je naglo padao te je dolazilo do kristalizacije. U ovim procesima nije učestvovala uranova mineralizacija (pehblenda). Kvarcno-kalcitsko-hloritske žice presecaju rudu (mlađe su od rude), slično rasedima i pukotinama.

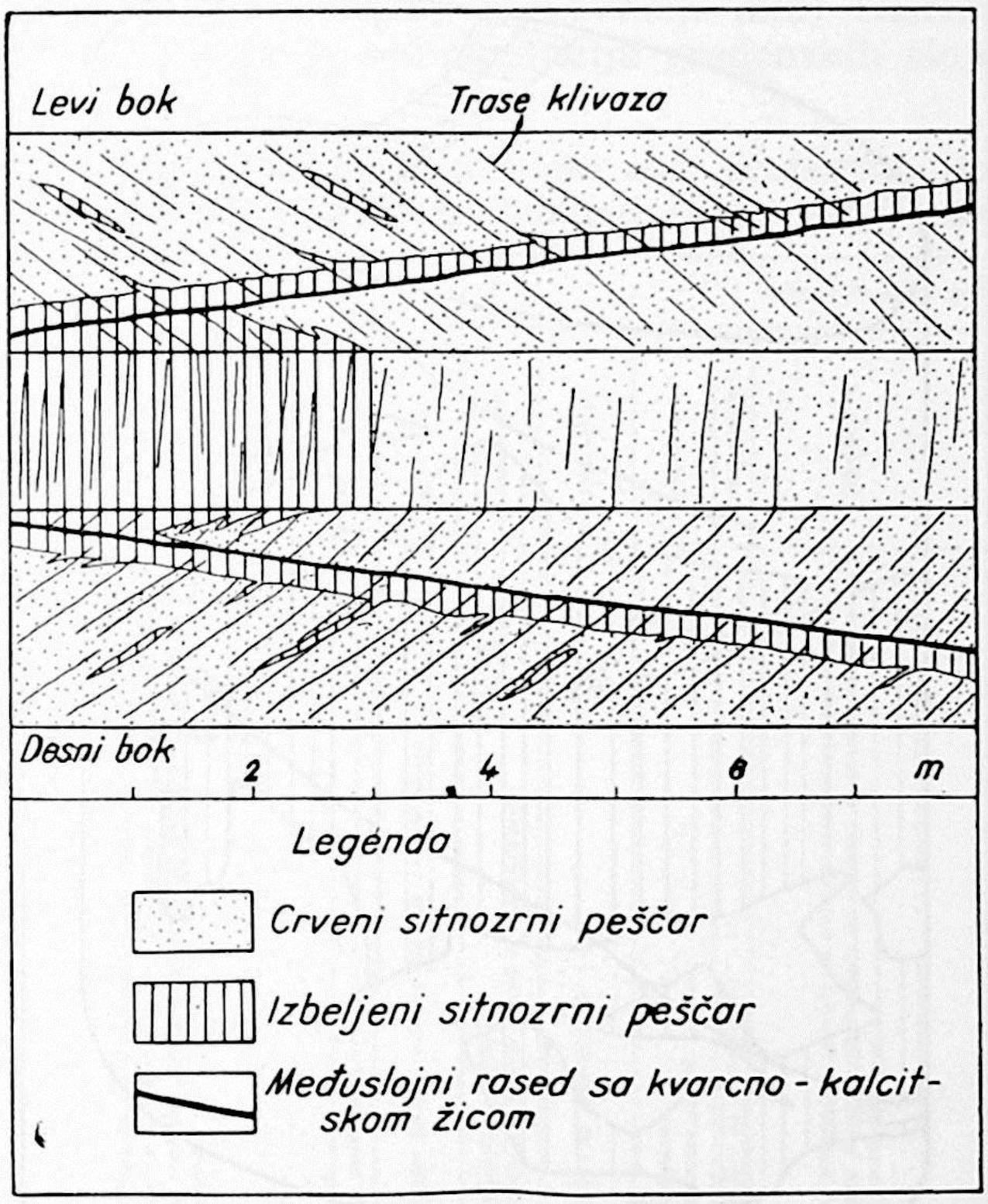
Izbeljivanje

Izbeljivanje peščara je proces redukcije $Fe^{\cdot\cdot\cdot}$ u $Fe^{\cdot\cdot}$ uticajem reduktivnih faktora. Posledica ovog procesa je promena boje peščara od crvene u zelenu.

Izbeljivanje crvenih peščara je primećeno u rudarskim radovima i u jezgru bušotina (sl. 7 i 8). Prati rasede ili veće pukotine. Obično se oko raseda vidi zelena izbeljena partija koja, po klivažu, prstasto zalazi u crveni peščar. Nekad se u crvenom sloju primećuju zelene izbeljene partije cm- do dm-dimenzija koje su regulisane klivažnim pukotinama. Ređi su slučajevi da je izbeljena veća masa peščara (ceo sloj ili jedan njegov deo) u kojem su, nekad, zaostali crveni relikti. Ukoliko izbeljivanje prati međuslojne rasede ili pukotine, dobija se utisak da je izbeljena partija sloj.

Izbeljeni peščari se razlikuju od sivih po boji i strukturi in situ. Po strukturi (granulaciji) je identičan okolnom crvenom peščaru. Dilema da li se radi o izbeljenom ili sivom peščaru može nastati u slučaju kada je izbeljen ceo sloj, a boja je sivozelena. Dilema je česta kod kartiranja jezgra, a u rudarskim radovima se relativno lako zapaža razlika između zelenih (izbeljenih) i sivih peščara.

Neki strani autori (I. N. Zubrev, I. A. Panov, A. V. Ževljakov, Dž. King) smatraju da je prvobitna boja za sive peščare bila crvena, a da je u procesu dijageneze izvršena redukcija uticajem ugljovodonika i sumporvodonika. Ruski autori smatraju da je geneza uranove mineralizacije u neposrednoj vezi sa procesima izbeljivanja. Za dešifro-



Sl. 7. Izbeljavanje crvenog peščara kontrolisano rasedom i klivažem (razvijeni plan hodnika H-203)

Fig. 7. Reduction of red sandstone influenced bay fault and cleavage (displayed design of the tunnel H-203).

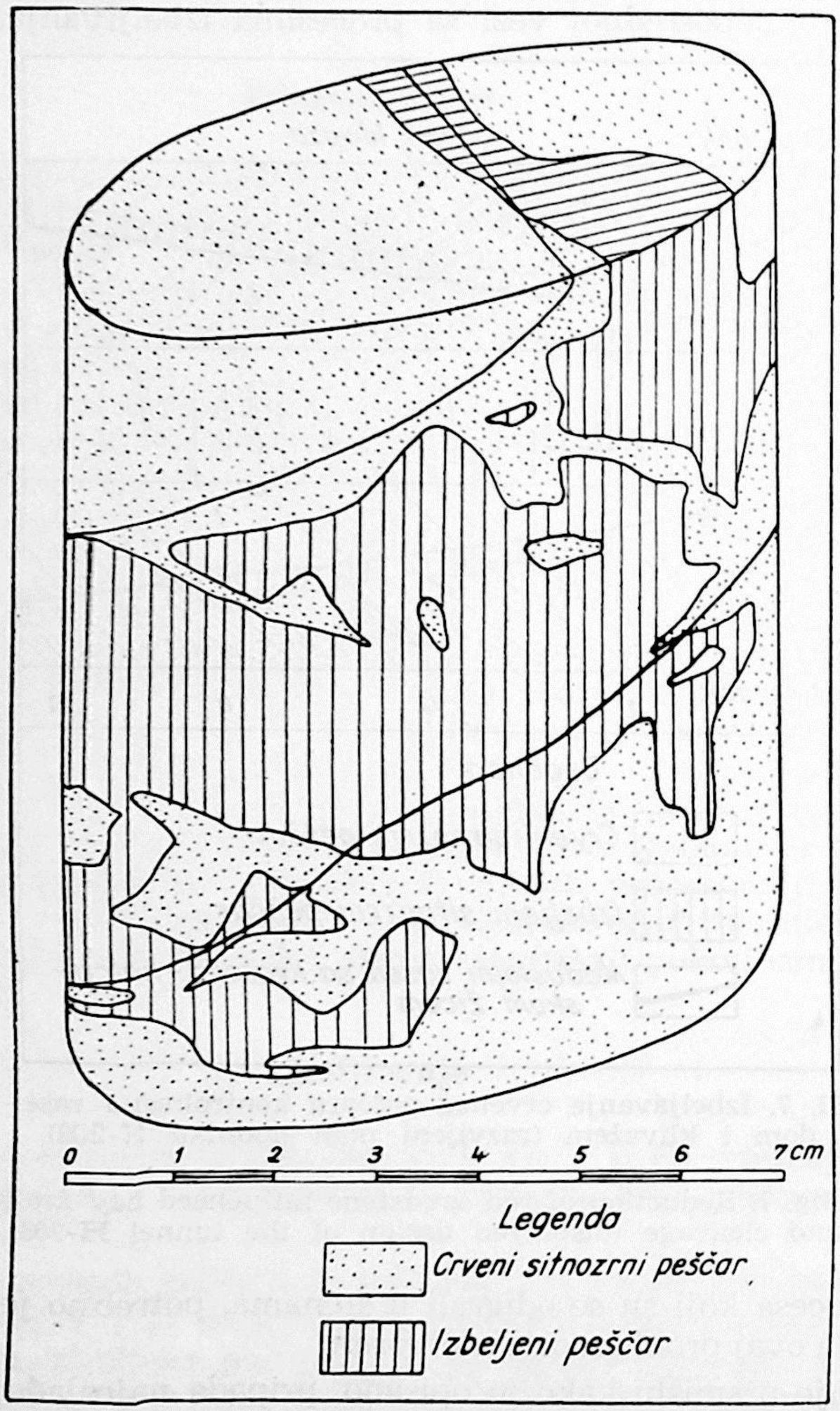
vanje svih procesa koji su se odigrali u stenama, potrebno je još radova i studija, tako da ovaj problem ostaje otvoren.

Izbeljivanje u smislu kako je opisano, pripada najmlađoj, posttektonskoj fazi i nema veze sa uranovom mineralizacijom.

Paleogeografija basena

Posle sedimentacije hohvipfelskih slojeva srednjekarbonske starosti, na celom području savskih bora dolazi do regresije. Na prostoru Karavanki sedimentacija se nastavila u marinskoj faciji. Prekid sedimentacije na prostoru savskih bora traje sve do početka stvaranja gredenskih slojeva. U Dolžanovoj sotesci (Karavanke) preko srednjekarbonskih sedimena-

ta, razvijeni su javorniški slojevi (gornji karbon), rotnoveški slojevi (donji perm), trogkofelski slojevi (srednji perm — trogkofelski kat), trbiška breča i gredenski slojevi (srednji perm — sosijski kat).



Sl. 8. Izbeljavanje crvenog peščara kontrolisano klivažem (jezgro bušotine B-24).

Fig. 8. Reduction of red sandstone influenced bay cleavage (drillind cores B-24).

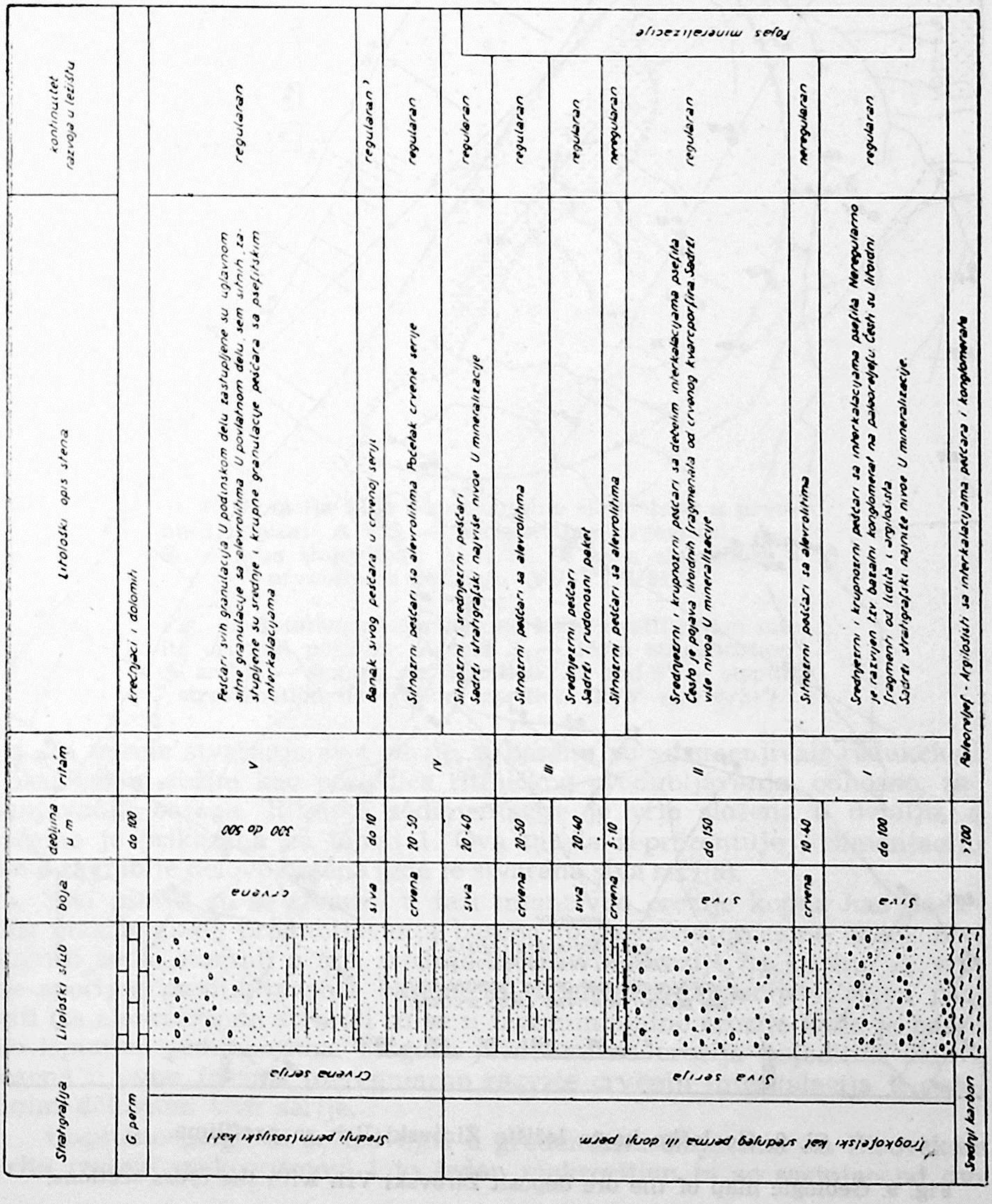
Gredenski slojevi u Karavankama su razvijeni kao crveni peščari i konglomerati debljine 200—300 metara i mogu se korelisati sa višim delom crvene serije na Žirovskom Vrhu. Moguće je da je sedimentacija sive serije počela u donjem ili početkom srednjeg perma (u trogkofelskom katu).

Pre početka sedimentacije gredenskih slojeva, erozija je duboko razorila oblast Žirovskog Vrha, otkrivši dublji nivo hohvipfelskih slojeva (argilošiste). Na tako pripremljenom paleoreljefu, formirao se basen dinarskog pružanja od Rovta (Smrečja) do Cerkna (preko 20 kilometara dužine), a Žirovski Vrh se, verovatno, nalazi u njegovom najdubljem delu.

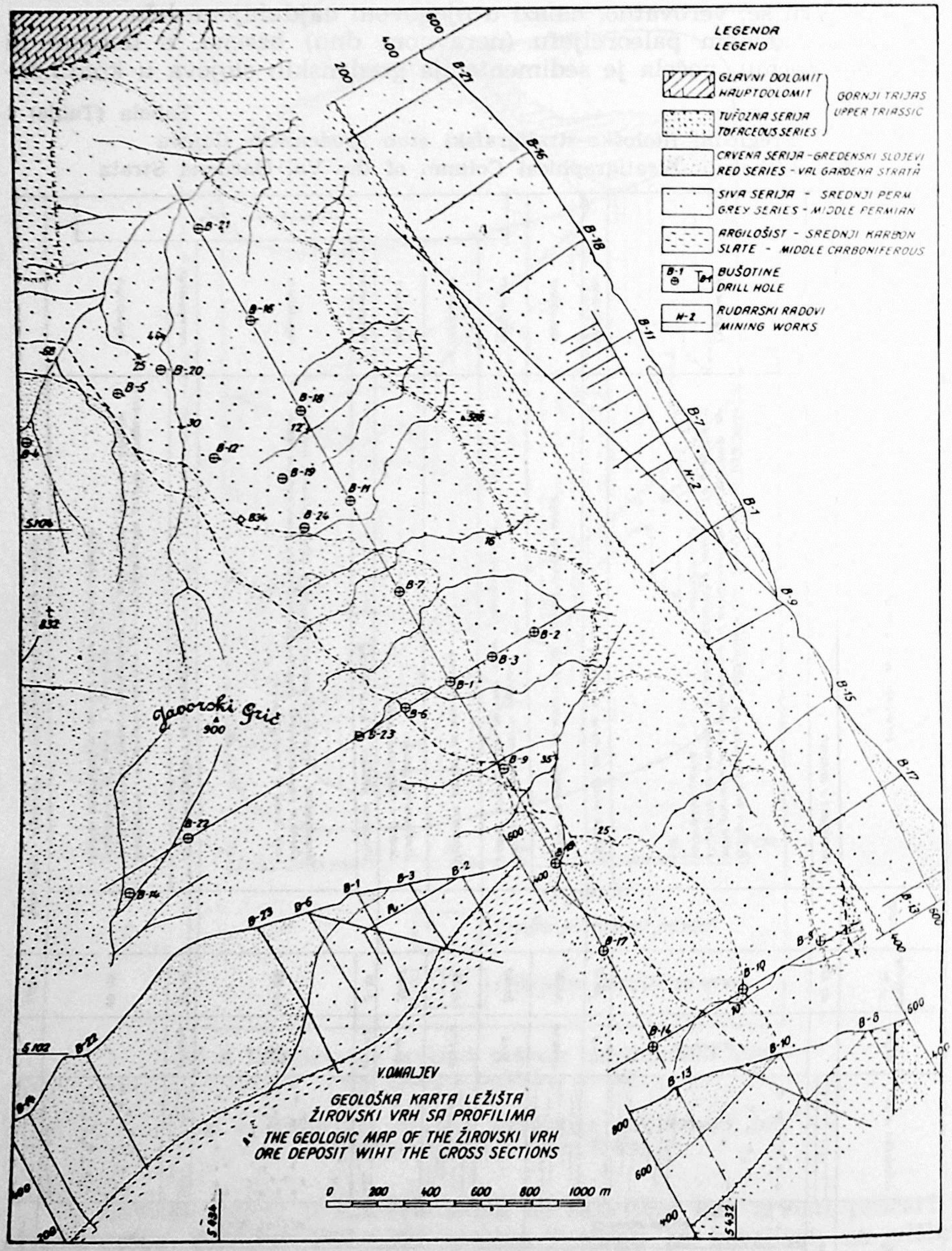
Na razuđenom paleoreljefu (neravnom dnu) basena, u donjem ili srednjem permu, počela je sedimentacija gredenskih slojeva u kontinen-

Tabela (Table) 1

Pregledni litološko-stratigrafski stub gredenskih slojeva
The Lithologic-Stratigraphical Column of the Val Gardena Strata



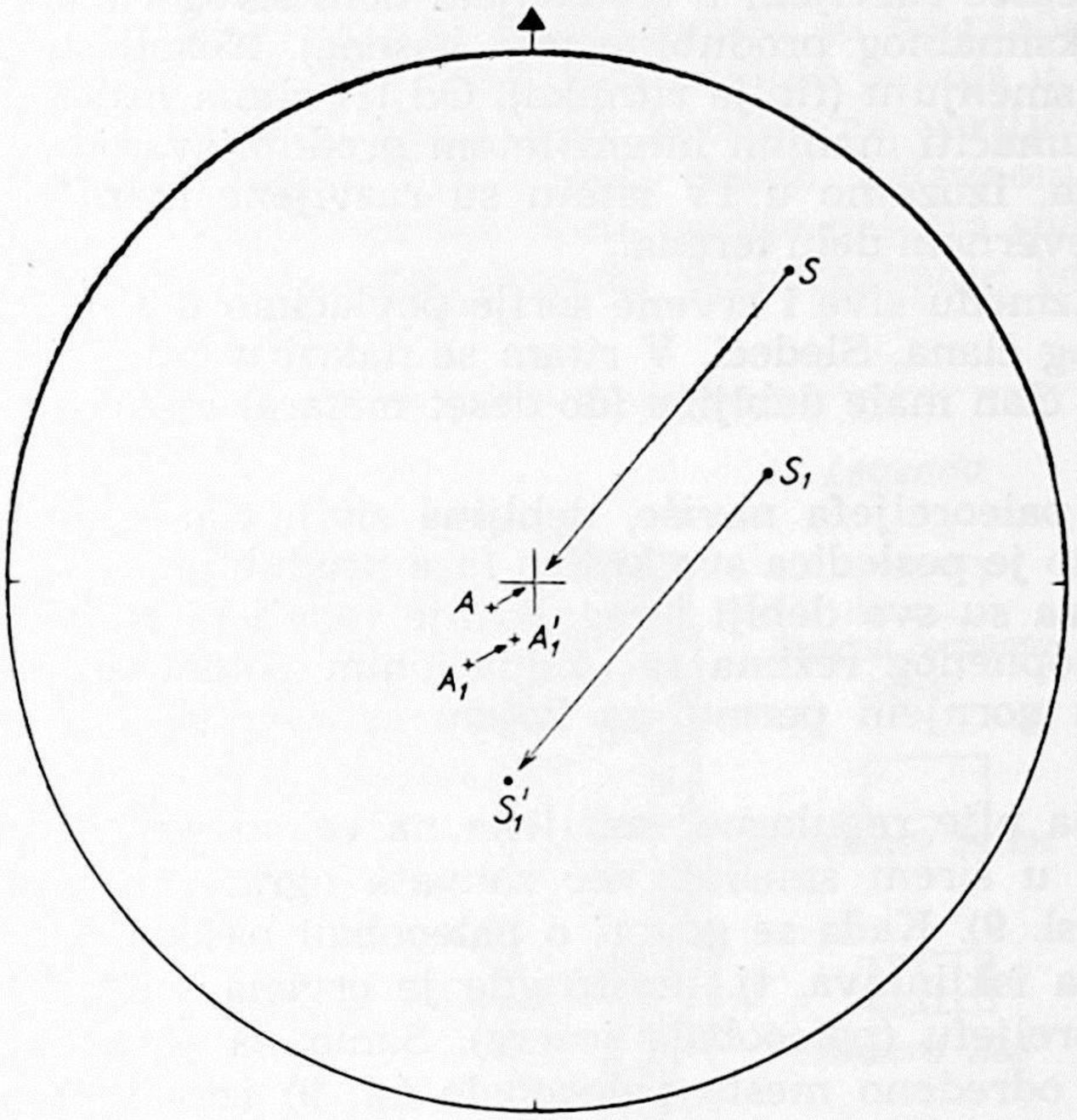
talnoj faciji. U fazama sedimentacije u dubljim delovima basena postojao je redukcioni potencijal, a u plićim delovima basena postojao je oksidacioni potencijal.



Sl. 9. Geološka karta ležišta Žirovski Vrh sa profilima.

Fig. 9. Geologic map of the ore deposit Žirovski Vrh with the cross sections.

U redukcionim uslovima stvarali su se sivi gredenski slojevi — siva serija. Crveni peščari su se stvarali onda kada je u basenu preovladao oksidacioni potencijal. Verovatno je da su crveni peščari produkat kopnene pustinjske sredine.



Sl. 10. Rotacija kose i horizontalne slojevitosti u prvobitni položaj: A i S — horizontalna slojevitost; A_1 i S_1 — kosa slojevitost; A'_1 i S'_1 — kosa slojevitost u prvobitnom položaju (20/8° i 8/31°).

Fig. 10. Rotation of sloping and level stratification into its original position: A and S — level stratification; A_1 and S_1 — sloping stratification; A'_1 and S'_1 — sloping stratification its original position (20/8° and 8/31°).

Za vreme stvaranja sive serije, u basenu su se smenjivali redukcioni i oksidacioni režim kao posledica ritmičkog produbljavanja, odnosno, zapunjavanja basena. Ritmika sedimentacije je vrlo složena u detalju, a načelno je prikazana na tabeli 1. Ova tabela reprezentuje sedimentaciju samo za dublje delove basena (gde je stvarana siva serija).

Sivi psefiti su se stvarali u fazi intenzivne erozije kopna kao posledica maksimalnog produbljavanja basena (pomeranje erozione baze). Sivi psamiti su se stvarali u fazi srednje intenzivne erozije na kopnu, za vreme sporijeg produbljavanja basena ili njegove stabilizacije. Crveni psamiti (sa alevrolitima) stvarali su se u fazi minimalne erozije kada je basen bio ispunjen sedimentima. Moguća je delimična erozija pojedinih delova basena u ovim fazama (neregularno razviće crvenih interkalacija u pojedinim delovima sive serije.

Uopšteno mogli bi se izdvojiti u gredenskim slojevima na Žirovskom Vrhu izvesni makroritmovi i to jedan makroritam bi se sastojao od dva

akroritmova
u pojedinim

iti i psefiti.
varali su se
amiti i pse-
i sivi psefiti
ena u sledе-
rtije psefita

u na granici
riji zato, što
lim crvenim

ova postaje
sena. Crveni
mu nastupa
do marinske
nje greden-

cionom pro-
or (basen u
se na mesto
ektno razvi-
nestu na te-
otine B-23 i

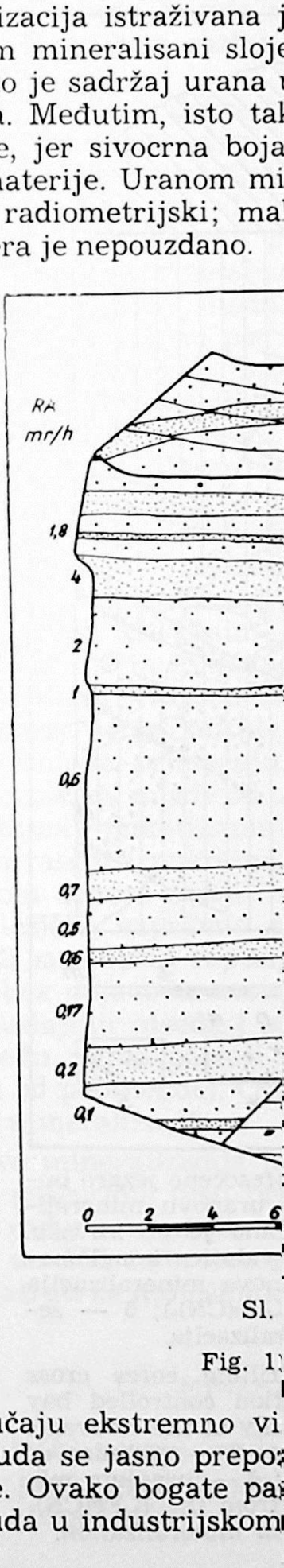
ose pružanja
m radovima,
šotina B-7 i
j podatak se
položaju pa-
ale približno

rnjeg perma
ponovo na-
gione sa po-
Iznad mor-
Posle ubira-
jedna iznad
(posle ubi-
livaž, rasedi

žišta. Crve-
a Žirovskog
Pretpostav-
n periferni,

Prva saznanja o uranovoj
sekundarnim uranovim minera
va mineralizacija istraživana j

Uranom mineralisani sloje
nih. Ukoliko je sadržaj urana
slu tamnija. Međutim, isto tak
biti sterilne, jer sivocrna boja
organske materije. Uranom mi
raju samo radiometrijski; ma
skog premera je nepouzdano.



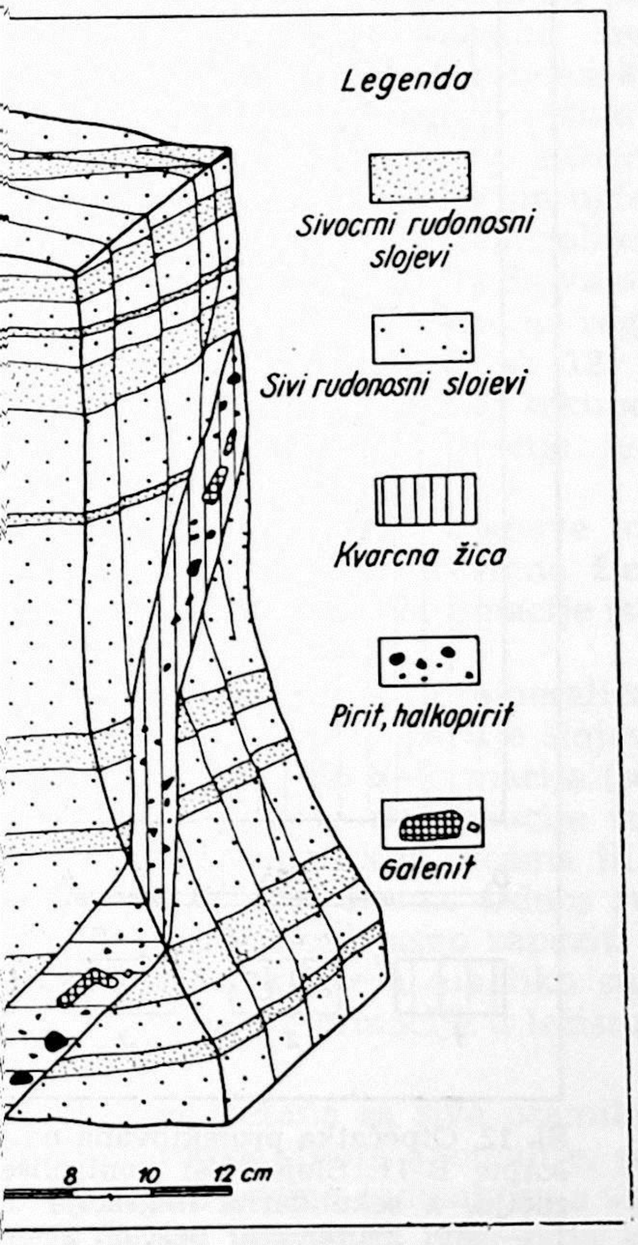
Sl.

Fig. 1)

U slučaju ekstremno vi
cenata), ruda se jasno prepoz
pehblende. Ovako bogate pa
rudom (ruda u industrijskom

va mineralizacija

mineralizaciji dobijena su na izdancima sa lima. Neoksidisana tzv. »primarna« urano- e kasnije bušenjem i rudarskim radovima. vi makroskopski se ne razlikuju od steril- u rudi veći ,utoliko je boja u izvesnom smi- to tamne, skoro crne partije peščara mogu ili nijansa dolazi, uglavnom, od raspršene neralisane partije peščara sigurno se indici- kroskopsko prepoznavanje bez radiometrij-



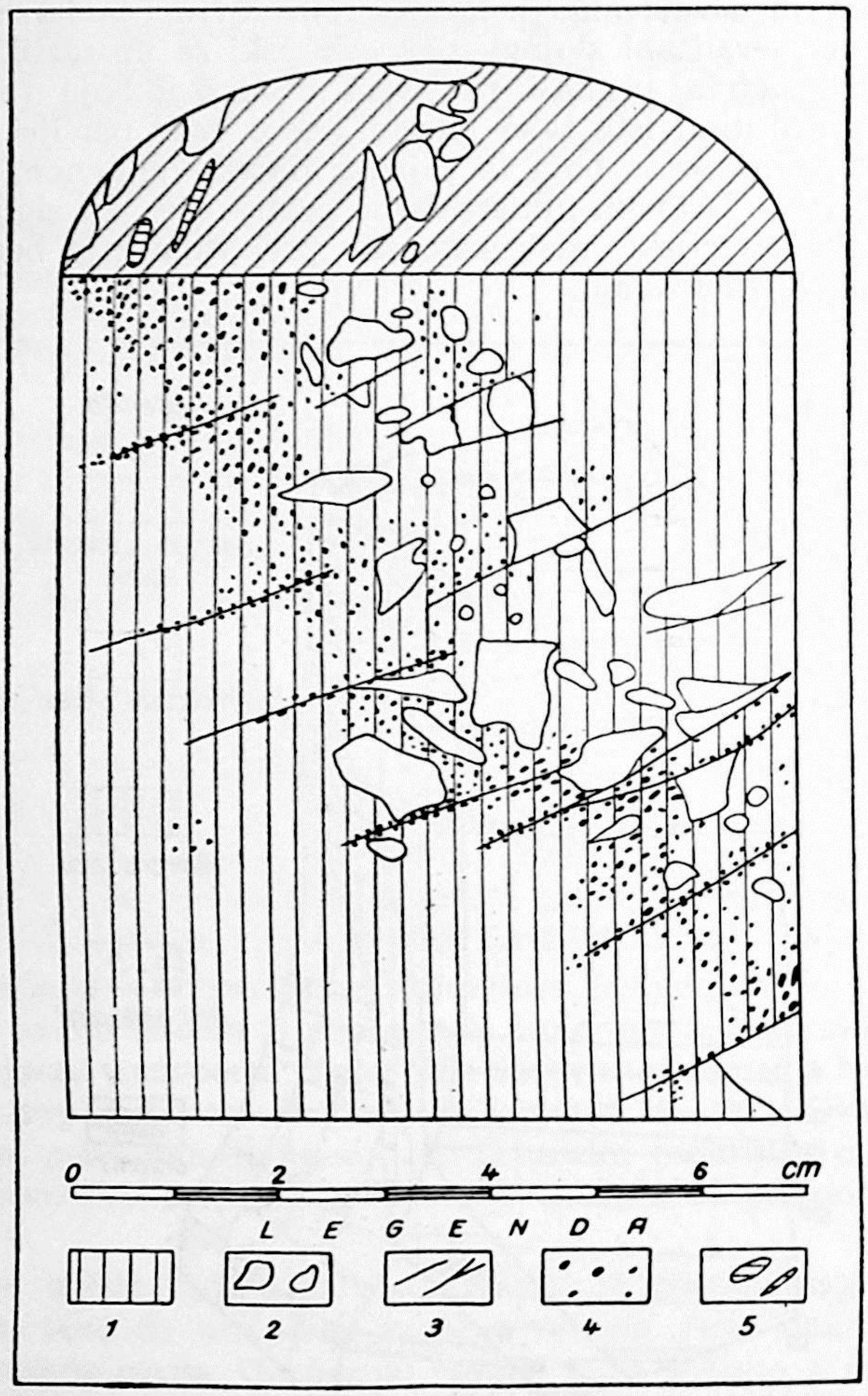
11. Trakasta struktura rude.

. Ribbon structure of the ore.

sokih sadržaja urana (više od nekoliko pro- naje po crnoj boji, koja ovog puta dolazi od tije se obično nalaze okružene siromašnijom smislu) bez direktnog kontakta sa jalovinom.

Ruda u oksidnoj zoni se lako makroskopski uočava po kolorisanim, sekundarnim, mineralima urana.

Pod mikroskopom, u propuštenoj svetlosti, takođe se ne zapažaju razlike između mineralisanih i sterilnih partija. U odbijenoj svetlosti, tek



Sl. 12. Otpečatka projektovana na presečeno jezgro bušotine B-11. Slojevitost kontroliše uranovu mineralizaciju, a sekundarna migracija urana je po klivažu. 1 — sivi krupnozrni peščar; 2 — valutice konglomerata; 3 — trase klivaža; 4 — uranova mineralizacija (mrke mrlje dobijene reakcijom $K_4Fe(CN)_6$); 5 — sekundarna uranova mineralizacija.

Fig. 12. Uranium traces in the drilling cores cross sektion B-11. Uranium mineralization controlled bay stratification, secondari migration only at the cleavage. 1 — grey coarse grained sandstone; 2 — globules of conglomerate; 3 — cleavage traces; 4 — uranium mineralization (brown spots resulted from the $K_4Fe(CN)_6$ reakction); 5 — secondari uranium mineralization.

pri velikom povećanju, može se zapaziti asocijacija rudnih minerala među kojima je i pehblenda.

Individualisana organska materija je retko praćena uranovom mineralizacijom. Češće su pojave antracita bez povećane radioaktivnosti, a makroskopski se zapaža bogata asocijacija sulfida (Sl. 4). Isti je slučaj i sa raspršenom organskom materijom; crne partije peščara nisu uvek orudnjene.

Ukoliko je u rudi dobro izražena fina stratifikacija, primećuje se (radiometrijski) da su pojedini slojevi više mineralisani od drugih (sl. 11). U slučaju da se pojedini slojevi razlikuju po boji, češći je slučaj da su tamniji bogatiji uranom, ali to nije pravilo.

Uranova mineralizacija regulisana je slojevitošću tj. slojevitost je strukturna kontrola mineralizacije. Ovo se može zapaziti na primercima (sl. 11), na zidovima hodnika itd. Reakcijom kalijum ferocijanida [$(K_4Fe(CN)_6$] na uglačanu površinu rude, koja je pripremljena koncentrovanom azotnom kiselinom, dobija se otpečatka uglačane površine primerka na hartiji, gde se može najbolje zapaziti raspored uranovih minerala (mrke mrlje) po slojevima. Na sl. 12 otpečatka je projektovana na uglačani presek jezgra bušotine. Jasno se zapaža da slojevitost kontroliše uranovu mineralizaciju (slojevitost — litaž — se zapaža po rasporedu valutica).

Klivaž, kao najizrazitiji strukturni elemenat u ležištu, ne reguliše uranovu mineralizaciju. Primećeno je (na »otpečatkama«, sl. 12) da klivaž raskida uranom mineralisane slojeve, a nekad se zapaža sekundarna migracija urana po klivažnim pukotinama (dužina migracije je nekoliko santimetara). Klivaž je mlađi od uranove mineralizacije.

U mineralnim kvarcno-kalcitskim žicama nema uranove mineralizacije (one sadrže samo sulfide, sl. 4). U slučaju da kvarcna žica preseca uranonosne slojeve, primećuju se samo mehaničke deformacije istih. Mineralne žice su takođe mlađe od uranove mineralizacije.

U rasedima i pukotinama nije primećena uranova mineralizacija. Čest je slučaj da rasedi i pukotine presecaju orudnjene partije slojeva. Pažljivom analizom odnosa rudnih slojeva i frakturnih deformacija (sem međuslojnih) u ležištu, zapažene su samo mehaničke deformacije rudnih slojeva. Rasedi su obično zapunjeni kvarcno-kalcitskim žicama ili rasednim milonitom bez pojave uranove mineralizacije u njima. Odnos rudnih slojeva i međuslojnih raseda i pukotina se ne može jasno zapaziti te je moguće da među njima postoji izvesna genetska veza (ukoliko su ove rupture starije od pehblende). Ostale frakturne deformacije u ležištu su mlađe od uranove mineralizacije.

Uranova mineralizacija je isključivo vezana za sive psamite i psefite. U crvenim peščarima nisu primećene radioaktivne anomalije, sem pojava vezanih za radonovu emanaciju (za kraće vreme radioaktivna »anomalija« intenziteta do 150 mikrorentgena na sat iščezava). Siva boja sedimenata može se smatrati za litološku kontrolu mineralizacije.

MINERALOŠKI SASTAV RUDE

Mineraloški sastav rude (D. Radusinović, 1962) je sledeći: pehblenda, pirit, galenit, sfalerit, halkopirit, tetraedrit, halkozin, bornit, arsenopirit i markasit.

Pehblenda je jedini individualisani uranov mineral u ležištu. Javlja se u sitnozrnim agregatima (krupnoća zrna je najčešće do 10 mikrona) udružen sa takođe sitnozrnim sulfidima u cementnoj materiji sivih peščara i konglomerata. Ukoliko je sadržaj urana u rudi viši, pehblenda je krupnija; u ekstremno bogatoj rudi (koja se razlikuje makroskopski) zrna pehblende su krupnoće do nekoliko stotina mikrona.

Pirit, halkopirit i *tetraedrit* su retki; naročito je redak arsenopirit. Zastupljen je i *gel-pirit* koji je razvijen po organskoj materiji. Markasit je vrlo redak i javlja se kao produkat pretvaranja pirita.

Sfalerit je nešto češći i krupnozrniji. Nekad sadrži inkluzije galenita i halkopirita, ali to nisu halkopiritska orijentisana izdvajanja.

Halkozin i *bornit* su vrlo retki i nastali su sekundarnim putem na halkopiritu.

Pehblenda nije u direktnom kontaktu sa antracitom, niti je zapažena pojava apsorpcije urana u organskoj materiji.

Na izdancima ruda je oksidisala. Mineraloškim ispitivanjima (S. Radošević, 1961. i M. Vukasović, 1963) određeni su sledeći sekundarni minerali urana: *dumontit, torbernit, metatorbernit, autunit,* serija *fosfuranilit-renardit* i *gumiti.*

Mineralisani izdanci predstavljaju oksidisana rudna sočiva na mestu. Sekundarna migracija urana je minimalna i uglavnom je u okviru rudnog sočiva.

Sekundarni uranovi minerali zapaženi su do dubine 200 metara od površine u slučaju kada kroz rudu po pukotinama protiču podzemne vode.

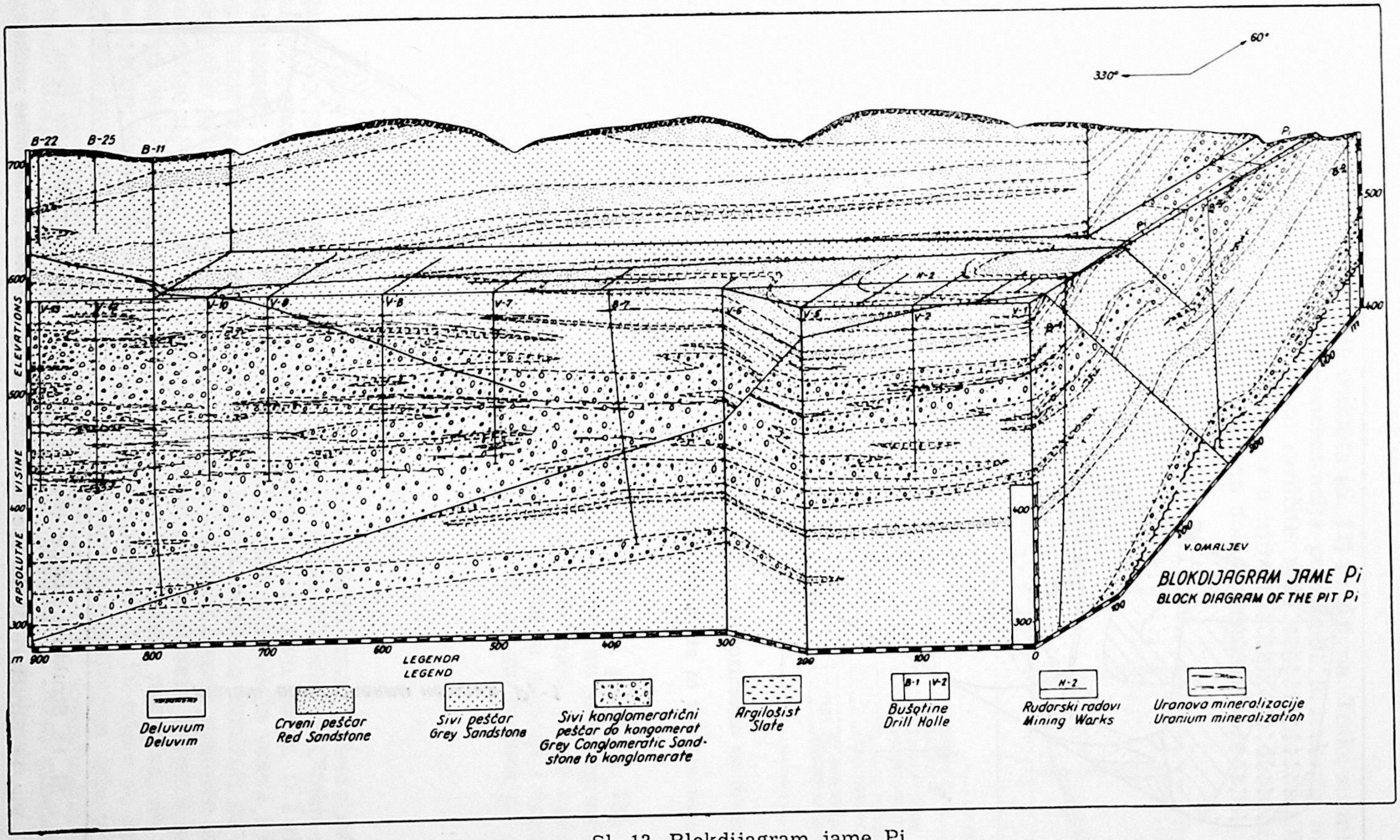
POLOŽAJ MINERALIZACIJE U SIVOJ SERIJI

Pojave uranove mineralizacije zahvataju po stratigrafskoj vertikali izvestan prostor koji zovemo *pojas mineralizacije.* To je prostor od stratigrafski najnižih do najviših radioaktivnih nivoa (sl. 13).

Rudonosni paket predstavlja deo pojasa mineralizacije u kome su radioaktivni nivoi relativno gušći, a mogu se pratiti na većem prostoru. Do sada je izdvojen I rudonosni paket koji je razvijen u sivom članu III ritma.

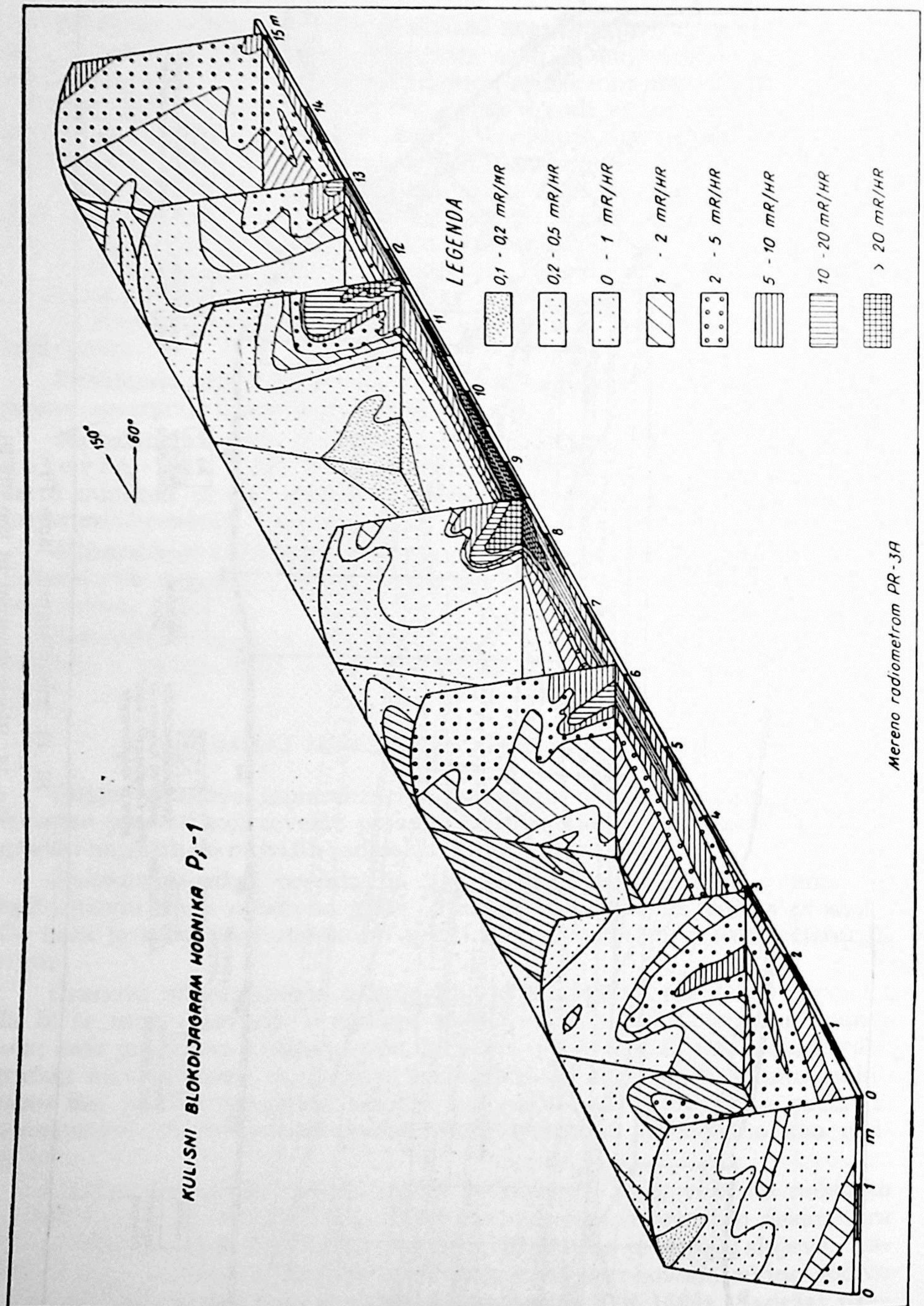
Uranova mineralizacija u slojevima nije dovoljno regularno razvijena da bi se moglo govoriti o rudnim slojevima, u smislu pločastog rudnog tela; zato govorimo o *rudonosnim nivoima.* To je sloj ili deo sloja (stratigrafski nivo) u kome se javljaju rudna sočiva, koja predstavljaju rudnu masu bez jalovih umetaka. Ukoliko su rudna sočiva dovoljno gusta da zanemarimo jalove umetke među njima tretiramo ih zajedno kao rudno telo.

Veličina pojedinih rudnih sočiva je različita, reda veličine nekoliko metara do više desetina metara. Debljine variraju od nekoliko desimetara do nekoliko metara. Znatno su izdužena u pravcu pružanja slojeva. Sadržaj urana u njima je krajnje neravnomeran; oprobovano rudno sočivo u potkopu (sl. 14) pokazuje koeficijent varijacije $V = 160\%$. Sadržaj urana metala u rudi kreće se do 1%, a u ekstremno bogatoj rudi do 5%. Prelaz iz jalovine u rudu je obično skokovit, što je pozitivna osobina u smislu njenog obogaćenja radiometrijskom separacijom.



Sl. 13. Blokdijagram jame Pi

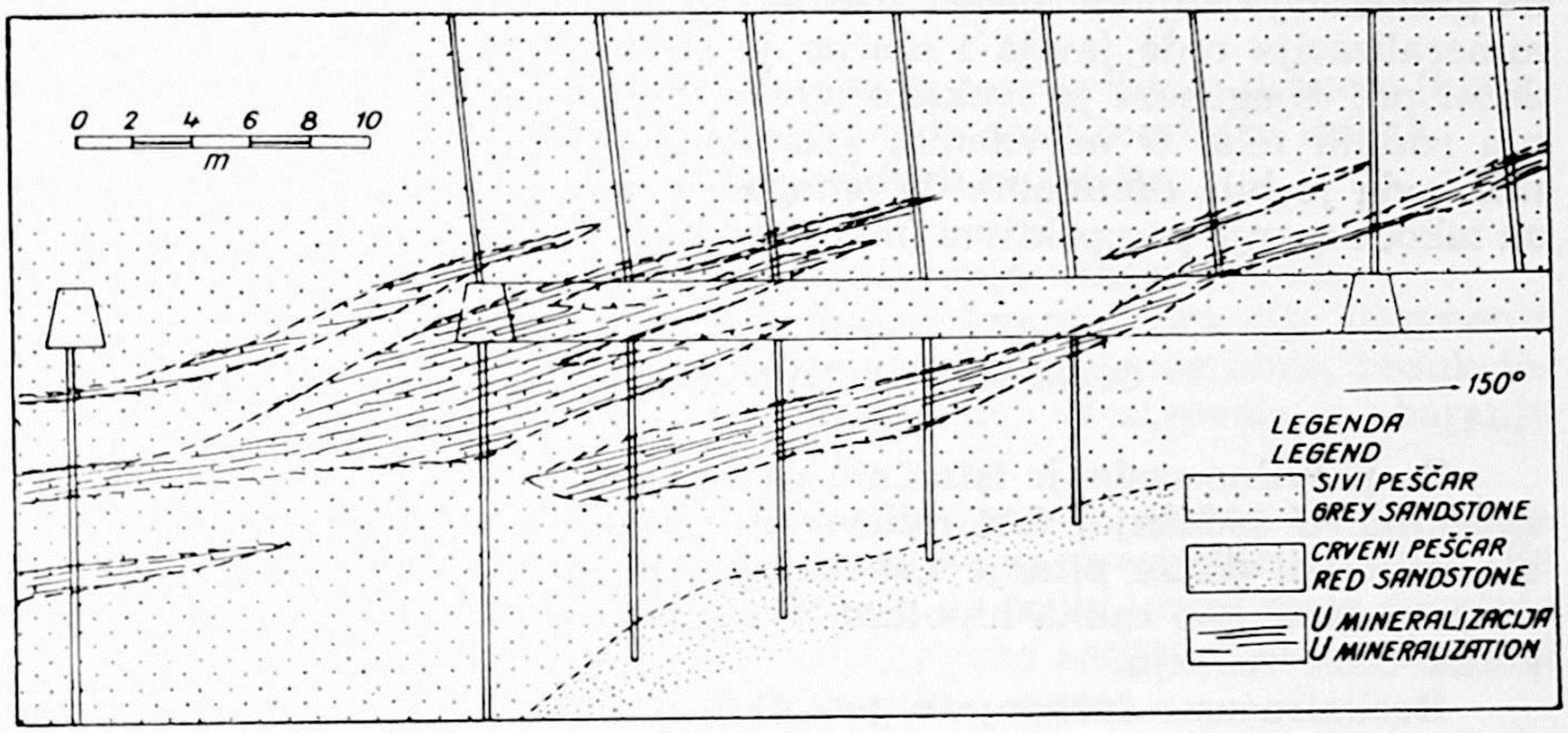
Fig. 13. Block diagram of the pit Pi.



Sl. 14. Struktura rudnog tela po pružanju i padu u rudarskom radu.

Fig. 14. Structure of the speading and falling ore-bodi in the mine works.

Struktura rudnih sočiva je trakasta (sl. 11) i masivna. Trake su mineralisani slojevi male debljine. Koncentracija pehblende u trakama može biti vrlo visoka. Dimenzije traka su različite, reda veličine metra. Oblik i veličina rudnih sočiva i sadržaj urana u njima je funkcija dimenzija i gustina rudnih traka; njihovim spajanjem dobija se masivna ruda (sl. 15).



Sl. 15. Detalj hodnika sa jamskim plitkim bušotinama u rudi (približno po pružanju).

Fig. 15. Detailed sketch of the tunnel with shallow bore holes in the ore (approximately along strike).

U sivom peščaru III ritma razvijen je I rudonosni paket (sl. 13). Bušenjem i rudarskim radovima, izdvojena su dva relativno jasno ograničena rudonosna nivoa. Među njima prostor nije potpuno jalov, jer se nađe po neko rudno sočivo. Donji nivo I rudonosnog paketa je bogatiji i regularnije je razvijen. Veličine rudnih tela u njemu su do sto metara po pružanju i više desetina metara po padu.

PERSPEKTIVNOST

Pojas mineralizacije počinje na izvesnoj visini iznad paleoreljefa, a završava se nešto ranije od sivog člana IV ritma (Tabela 1). Ovako definisan, pojas mineralizacije praktično obuhvata celu sivu seriju. U I ritmu su poznate, za sada, radioaktivne anomalije niskih sadržaja urana i male moćnosti samo na severozapadnom delu ležišta. Možemo smatrati da I ritam nije perspektivan tj. ne treba očekivati pojavu bogate uranove mineralizacije u njemu. U II ritmu poznate su pojave rudnih nivoa u središnjem delu terena. U III ritmu se nalazi I rudonosni paket sa, do sada poznatom, najbogatijom uranovom mineralizacijom .U IV ritmu su takođe poznate siromašne rudne pojave, sem izuzetka na središnjem delu terena. Pojas mineralizacije u užem smislu obuhvata II i III (eventualno i IV) ritam debljine 60 do 150 (eventualno 200) metara. U ovom prostoru je najveća verovatnoća za otkrivanje velikih i bogatih rudnih tela.

Dublji delovi basena koji su bili udaljeni više od jednog kilometra od obale, sa debelim sivim, a tankim crvenim članovima ritmova su perspektivni. Prostor od bušotine B-1 do B-16 je upravo na takvom mestu u basenu. Priobalni delovi basena sa tanjim sivim članovima ritmova su manje perspektivni.

Uranova mineralizacija se najčešće nalazi u peščarima srednje i krupne granulacije koji su nekad malo konglomeratični. U konglomeratima se mineralizacija ređe javlja i obično je siromašnija. Intergranularna poroznost pre dijageneze je svakako igrala značajnu ulogu prilikom obrazovanja rudnih tela. U navedenim granulacijama brzina proticanja podzemnih voda je bila optimalna da omogući obaranje urana. Sitnozrni peščari su takođe manje perspektivni (manje od konglomerata).

GENEZA URANOVE MINERALIZACIJE

Za pravilno vođenje istražnih radova, pitanje geneze mineralizacije je značajno. U sadašnjoj fazi radova nije dostignut stepen saznanja koji bi bio dovoljan da se pitanje geneze reši jednoznačno. Preliminarno shvatanje geneze, kao radna hipoteza, evoluira uporedo sa radovima korak po korak bliže rešenju.

Rezimiraćemo saznanja o geološkoj evoluciji ležišta u prostoru i vremenu i na osnovu toga logično ćemo zaključiti na koji je način postala uranova mineralizacija.

Za vreme stvaranja sive serije u basenu su postojala vertikalna kolebanja dna basena koja su uslovila smenjivanje redukcionog i oksidacionog potencijala. Dužina trajanja kopnenog režima (crveni peščari) bila je sve duža u svakom sledećem ritmu. U V ritmu konačno se stabilizovao kopneni režim koji je trajao duže od ukupnog vremena stvaranja sive serije. Stvaranje gredenskih slojeva prekinula je marinska transgresija u gornjem permu. Od tada gredenski slojevi sve dublje tonu, a preko njih se talože mezozojske tvorevine. U tercijeru, greden je tektonski izdignut iznad morskog nivoa, a zatim erozijom ogoljen.

U ležištu nisu zapažene prave hidrotermalne manifestacije. Smatramo da su mineralne (kvarcno-kalcitske) žice i sulfidi u njima postali iz pseudo hidrotermalnih voda koje su od ranije postojale u stenama (u intergranularnim i drugim prostorima).

Sve disjunktivne deformacije u ležištu su postrudne starosti (izuzimajući međuslojne).

Pehblenda je autigeni mineral koji je razvijen u cementnoj materiji. Isto važi i za sulfide koji druguju sa pehblendom.

Uran je u ležište unet isključivo u vodenom rastvoru, a proces mineralisanja slojeva završen je sa dijagenezom (cementacijom) peščara. Najverovatnije, uran je donela podzemna voda koja je svakako imala relativno malu koncentraciju uranil jona.

Uran je mogao biti unet u ležište za vreme sedimentacije, ili kasnije iz podzemnih voda. U slučaju kada bi uran bio oboren iz rastvora za vreme sedimentacije, njegova distribucija u stenama bila bi približno ravnomerna. Stvorila bi se velika i siromašna rudna tela. Ukoliko bi uran bio oboren iz podzemnih voda, na pogodnim mestima bi se obrazovala mala i bogata rudna tela, komplikovanog oblika i neujednačenog sadržaja

urana. U ležištu su upravo obrazovana manja rudna tela sa visokim koeficijentom varijacije. Uran iz podzemnih voda je oboren na geohemijskim barijerama u sivim peščarima i konglomeratima. Na barijerama uran je oboren, a vode su, sada sterilne, tekle dalje. Ovo objašnjava zašto rudno sočivo prestaje, a u steni se ništa ne menja, tj. i dalje postoji pogodna sredina za sorpciju urana.

Za obrazovanje bogatih rudnih tela bili su potrebni posebni uslovi, od kojih smatramo da su neophodni:

Izvor urana, odnosno magmatska stena sa rastvorljivim uranom (klark) koja je pripremljena za ispiranje urana, negde dovoljno blizu ležišta.

Podzemne vode koje će uran transportovati do ležišta.

Pogodna sredina za obaranje urana.

Dovoljno dugo vreme proticanja uranom mineralisanih voda.

Izvor urana su svakako postojeći masivi kvarcporfira čije fragmente nalazimo u ležištu. Organska materija je obezbedila, anaerobne, redukcione uslove (geohemijske barijere), a sama nije učestvovala u obaranju urana.

Za vreme kopnenog režima u basenu (stvaranje crvene serije, odnosno crvenih peščara uopšte), postojali su uslovi za precipitaciju urana. Za obrazovanje bogatih rudnih tela, potrebno je da priliv urana traje dovoljno dugo. Takvi su uslovi postojali u V ritmu (crvena serija), kada je kopneni režim u basenu bio stabilizovan za dugo geološko vreme.

Proces orudnjavanja završen je sa dijagenezom sedimenata i stvaranjem pehblende. Kasniji procesi nisu mobilisali uranovu mineralizaciju, koja je sačuvana do sada u istom prostornom obliku u kojem je i stvorena.

Sulfidna mineralizacija je postala na sličan način, ali u raznim fazama litogeneze je bila delimično mobilisana pseudohidrotermalnim vodama. Sulfidi se mogu naći u asocijaciji sa pehblendom, uz antracit, u peščarima i konglomeratima, u kvarcno-kalcitskim žicama. Sumpor je došao iz organske materije, a metali su bili uneti u ležište slično kao uran. Deo olova je, verovatno, radiogenetskog porekla (sekundarni galenit po prslinama uz pehblendu).

Možemo smatrati da je geneza uranove mineralizacije u ležištu Žirovski Vrh epigenetsko-dijagenetske prirode.

ZAKLJUČAK

Uranova mineralizacija ležišta Žirovski Vrh deponovana je u sivoj seriji gredenskih slojeva. Crvena gredenska serija je nepogodna geohemijska sredina za sorpciju urana; u njoj nisu zapažene rudne pojave.

Siva serija je pretežno izgrađena od eruptivnog materijala (fragmenti kvarca iz eruptivnih stena i fragmenti kvarcporfira). Sedimentacija u basenu se odigrala u pet makroritmova. Transport materijala je bio relativno kratak.

Slojevitost u gredenskim slojevima je slabo izražena. U ležištu je dobro razvijen škriljavi diferencijalni klivaž, koji je najčešće stastistički upravan na slojevitost.

U sivim peščarima i konglomeratima zapažena je raspršena i individualisana organska materija (antracit).

Uranova mineralizacija je isključivo vezana za sive peščare i konglomerate, te se siva boja može smatrati kao litološka kontrola. Strukturna kontrola mineralizacije je slojevitost. Zapažena je sekundarna migracija urana po klivažu do dužine nekoliko santimetara.

Sve disjunktivne deformacije (sem međuslojnih?) u ležištu su postrudne starosti. Isto važi i za mineralne kvarcno-kalcitsko-hloritske žice.

Uranom mineralisani slojevi se makroskopski ne razlikuju od jalovine. U slučaju ekstremno visokih sadržaja urana ruda je crne boje i jasno se razlikuje od jalovine i siromašnije rude. Uran je krajnje neravnomerno raspoređen u rudi (V = 160%).

Jedini uranov mineral je sitnozrna pehblenda, koja je praćena sulfidima. Nije zapaženo prorastanje pehblende sa antracitom, niti pojava apsorpcije urana u organskoj materiji.

U supergenim uslovima, razvijeni su sekundarni uranovi minerali: dumontit, torbernit, metatorbernit, autunit, serija fosfuranilit-renardit i gumiti. Sekundarna migracija urana je minimalna. Sekundarni uranovi minerali zapaženi su do dubine 200 metara, kada kroz rudu protiču podzemne vode.

U II i III ritmu je najveća verovatnoća za otkrivanje većih i bogatijih rudnih tela.

Najbolje je istražen I rudonosni paket u III ritmu, u kome su razvijena dva rudna nivoa.

Rudna tela su sočivastog oblika, znatno izdužena u pravcu pružanja.

Geneza uranove mineralizacije u ležištu je epigenetsko-dijagenetske prirode. Uran su u ležište donele podzemne vode, a njegovo obaranje je izvršeno na geohemijskim barijerama za vreme stvaranja crvene serije.

(Predato za štampu januara 1965. g.).

LITERATURA

1. Antonović A., 1963: — Odnos slojevitosti i strukturnih deformacija gredenskih peščara na Žirovskom Vrhu (SR Slovenija). Fond stručne dokumentacije Zavoda za nuklearne sirovine, Beograd.
2. Ažgirei G. D., 1956: — Strukturnaja geologija. Moskva.
3. Bareja J., 1960: — Sedimentna uranova ležišta u oblasti Sudeta u Poljskoj. Industrijski zavodi R-1. Kowary.
4. Barabaš A. i Kiš J., 1958: — Geneza i petrografsko-sedimentni karakter obogaćenja rudama urana u Meček planinama. Druga intern. konf. za mirnodopsku upotrebu atomske energije. Ženeva.
5. Berce B., Iskra M., Novak D. i Ciglar K., 1960: — Poročilo o geološkem kartiranju na ozemlju Cerkno-Žiri-Idrija-Rovte. Arhiv Geološkega zavoda v Ljubljani. Ljubljana.
6. Dimitrijević M., 1964: — Strukturna geologija. Izdanje Rudarsko-geološkog fakulteta — Laboratorija za metode geološkog kartiranja. Beograd.
7. Grad K., Hinterlehner-Ravnik A. i Ramovš A., 1962: — Regionalna ispitivanja razvoja gredenskih slojeva u Sloveniji. Referati V savetovanja. Savez geoloških društava FNR Jugoslavije (strana 77—81). Beograd.
8. Grad K. i Hinterlehner-Ravnik A., 1964: — Litološko tektonska proučavanja sedimenata savskih bora. Fond stručne dokumentacije Zavoda za nuklearne sirovine. Beograd.
9. Ivanović Đ., 1961: — Regionalna i detaljna prospekcija permskih gredenskih peščara u okolini Idrije, Cerkna, Žirija i Gorenje Vasi (Slovenija). Fond stručne dokumentacije zavoda za nuklearne sirovine, Beograd.

10. Jokanović V., 1962: — Prethodni rezultati proučavanja stratigrafije i paleografije kontinentalnih formacija u Sloveniji i kakarakter njihove uranske mineralizacije. Fond stručne dokumentacije Zavoda za nuklearne sirovine, Beograd.
11. Jokanović V., 1963: — Istraživanje urana u permskim sedimentima Slovenije u 1962. godini. Fond stručne dokumentacije Zavoda za nuklearne sirovine, Beograd.
12. Jokanović V., Omaljev V. i Pavlović A., 1964: — Istraživanje urana u permskim sedimentima Slovenije u 1963. godini. Fond stručne dokumentacije Zavoda za nuklearne sirovine, Beograd.
13. Kossmat F., 1910: — Erlänterungen zur Geologischen Karte Bischoflack und Idria. Wien.
14. King J., 1962: — Analiza metoda prospekcije i perspektivnost na uran nekih područja u Jugoslaviji. Fond stručne dokumentacije Zavoda za nuklearne sirovine, Beograd.
15. Marinković P., 1961: — Radiometrijska prospekcija i geološko kartiranje u oblasti Žirovskog Vrha 1961. Fond stručne dokumentacije Zavoda za nuklearne sirovine, Beograd.
16. Mittempergher M., 1958: — Uranonosno ležište Val Rendena. Proučavanja i istraživanja Geološko-rudarskog odeljenja. Rim.
17. Omaljev V., 1963: — Perspektivnost pojava uranove mineralizacije na Žirovskom Vrhu na bazi dosadašnjih prospekciono-istražnih radova. Fond stručne dokumentacije Zavoda za nuklearne sirovine, Beograd.
18. Pokrajac S., 1962: — Izveštaj o geohemiskoj prospekciji urana na terenu Gorenja Vas-Škofja Loka 1961. Fond stručne dokumentacije Zavoda za nuklearne sirovine, Beograd.
19. Protić M., 1961: — Teksture i strukture sedimentnih stena kao faktori koji kontrolišu uransku mineralizaciju. Radovi Sektora za istraživanje nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, broj 1, Beograd.
20. Protić M. i Radoševi ć S., 1964: — Izveštaj o proučavanju gredenskih peščara u posavskim borama, Žirovskom Vrhu i Pohorju u 1963. godini. Fond stručne dokumentacije Zavoda za nuklearne sirovine, Beograd.
21. Radošević S., 1961: — Prethodni izveštaj o petrografskom sastavu oblasti Žirovski Vrh kod mesta Gorenja Vas u Sloveniji. Fond stručne dokumentacije Zavoda za nuklearne sirovine, Beograd.
22. Radošević S., 1964: — Litofacijalni stub i korelacija permskih sedimenata na uzdužnom profilu »O« — Žirovskog Vrha. Fond stručne dokumentacije Zavoda za nuklearne sirovine, Beograd.
23. Radusinović D., 1962: — Izveštaj o mineraloškom ispitivanju nekih primeraka iz lokalnosti Gorenja Vas. Fond stručne dokumentacije Zavoda za nuklearne sirovine, Beograd.
24. Rakovec I., 1956: — Pregled tektonske zgradbe Slovenije. Prvi jugoslovenski geološki kongres na Bledu. Ljubljana.
25. Ramovš A., 1956: — Razvoj paleozoika na Slovenskem. Prvi jugoslovenski geološki kongres na Bledu. Ljubljana.
26. Sikošek B., 1956: — Tektonske strukture NR Slovenije s naročitim osvrtom na alpisko-dinarsku granicu (u rukopisu). Beograd.
27. Tedesco C., 1958: — Komparativna petrografska studija o raznim facijama permskih peščara u Istočnim Alpima. Proučavanja i istraživanja geološko--rudarskog odelenja. Rim.
28. Vukasović M., 1963: — Sekundarni minerali urana iz oblasti Žirovskog Vrha kod mesta Gorenja Vas u Sloveniji. Radovi Sektora za istraživanje nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, sveska 2, Beograd.
29. Zubrev I. N., Veršinjin A. S. i Panov I. A., 1960: — Uranonosnost FNR Jugoslavije. Fond stručne dokumentacije Zavoda za nuklearne sirovine. Beograd — Moskva.
30. Ževljakov A. V., 1962: — Hidrogeohemiska metoda prospekcije ležišta urana u FNRJ. Fond stručne dokumentacije Zavoda za nuklearne sirovine, Beograd — Moskva.

Summary

VELJKO OMALJEV*)

THE DEVELOPMENT OF THE VAL GARDENA STRATA AND THE URANIUM MINERALIZATION AT THE ŽIROVSKI VRH ORE DEPOSIT

The area of Žirovski Vrh belongs to the foot-hills of the Julian Alps, and it lies about 30 km to the west from Ljubljana. The ridge of the Žirovski Vrh hill spreads in the NW-SE direction, south of the village Gorenja Vas.

The geologic-structural composition of the area is as follows: the sequence of Palaeozoic sediments (Carboniferous and Permian) is overthrusted over the sediments of the Upper Triassic.

The Carboniferous sediments consist of slates and sandstones of the so-called Hochwipfel strata of the Middle Carboniferous age.

The Permian sediments are developed as Val Gardena (Grödener) strata of the Middle Permian, and as Bellerophon limestones and dolomites of the Upper Permian age.

The Val Gardena strata lie apparently conformably on the Carboniferous slates. There is no palaeontological evidence on the age of these sediments. The sedimentation of the Val Gardena strata began in the Lower or Middle Permian. In the Karavanke Mountains the Val Gardena strata are developed in the upper part of Middle Permian, and they can be correlated with the higher horizons of the Val Gardena beds of Žirovski Vrh. The Val Gardena strata in the deposit area can be separated into two facies:

1. The grey series,
2. The red series.

The grey series represents the older part of the Val Gardena strata. Lithologically, the grey series consists of grey sandstones and conglomerates with intercalations of red sandstones. The total thickness of the grey series varies from 200 to 400 meters.

The red series represents the younger part of the Val Gardena strata. It consists exclusively of red sandstone. The red series represents the typical facies of the Val Gardena strata in Slovenia and the neighboring countries. The thickness of this series amounts to about 500 meters.

The clastic material of the rocks of the grey series originated from volcanic rocks, whereas that of the red series from the crystalline schists. Among the constituents quartz is predominating. Abundant are fragments of eruptive rocks (most frequent quartz porphyries), more rarely occur mica and feldspars. The degree of rounding of fragments is low.

The stratification in the Val Gardena beds is weakly expressed, and can be observed only very seldom. Cleavage is very well pronounced. Microlithons can be observed excellently on the surface, in mining works and in drilling cores. In the deposit area, the schistose differential cleavage is developed. The bedding and the cleavage are in most cases in a statistically perpendicular relation.

In the grey sandstones and conglomerates, the individualized (anthracite) and dispersed organic matter can be found.

---

*) Institute for Nuclear Raw Materials, Beograd.

The grey sandstones and conglomerates are the product of the reduction environment, and they were formed in deeper parts of the basin. The red sandstones are the product of the continental, probably of the desert environment.

The sedimentation in the basin took place in five macrorhythms. A rhythm consists of two members: 1. grey sandstones and conglomerates, and 2. red sandstones. The boundary between the grey and the red series is drawn between the grey and the red member of the 4th rhythm. The grey member of the 5th rhythm is of an irrelevant thickness in comparison to the thickness of the red series.

The uranium mineralization is exclusively connected with the sandstones and conglomerates of the grey series, and it is controlled by the stratification. In faults, fissures, cleavage planes and quartz veins there is no uranium mineralization. These structural elements belong to the post-mineralization manifestations.

The mineralized sandstones and conglomerates cannot be distinguished from the sterile ones either macroscopically or microscopically (in transmitted light). In the ore microscope the sulphide and the uranium mineralization can be seen at large magnification. The transition from the ore into the country rock is sudden. This is a favorable property, as it enables the radiometric separation of the ore. The contents of the uranium metal in the ore is extremely unregular, and it varies up to 5%.

The individualized organic matter is rarely accompanied by uranium mineralization. No absorption phenomena of uranium in organic matter were observed.

Of the uranium minerals, pitchblende occurs in characteristical shapes up to 10 u in diameter. Of the accompanying minerals, the following are known: pyrite, galena, sphalerite, chalcopyrite, tetrahedrite, arsenopyrite and marcasite. Chalcosite and bornite are very rare, and they are of secondary origin.

The secondary uranium mineralization occurs in the surface oxydation zone. Known are dumontite, torbernite, metatorbernite, autunite, the series phosphuranilite-renardite, and gummites.

The uranium in the grey series occurs in the so-called mineralization belt of the thickness ranging from 60 to 150 meters. Best explored is the 1st ore bearing packet in the grey member of the 3rd rhythm. It was ascertained by deep drilling at the length of several kilometers.

The ore lenses are of various dimensions, and their shapes are elongated in the strike direction of beds. The continuity of the ore bodies is significantly more regular in the strike direction as along dip.

The uranium was carried into the Val Gardena strata most probably by the poorly mineralized underground waters circulating through the beds at the time when the intergranular porosity existed. The deposition of uranium took place at the geochemical barriers existing at that time in the strata. The organic matter assured the reductivity of the environment, but it did not take part itself in the deposition of uranium. The process of the deposition of uranium continued long enough, so that rich ore bodies could have been formed. These conditions existed at the time of the deposition of the red series. The uranium mineralization of the Žirovski Vrh ore deposit is of the epigenetic-diagenetic type.

Radovi Instituta za geološko-rudarska istraživanja i ispitivanja nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, sv. 3, 1967. god.

NADEŽDA MIHAILOVIĆ-VLAJIĆ
CVETKO MARKOV

AKCESORNI TORIT U GRANITIMA JUGOSLAVIJE

(Sa 8 slika i 2 tabele)

S a d r ž a j. U poslednje dve decenije u svetu se sve više poklanja pažnja ispitivanju akcesornih minerala, poglavito zbog široke mogućnosti primene ovih ispitivanja u geološke svrhe. Mnogobrojni masivi granita u svetu su već ispitani putem veštačkih šlihova, a rezultati ispitivanja akcesornih minerala u njima korišćeni su na razne načine. Pri ispitivanju akcesornih minerala, autori su pored ustanovljavanja asocijacija akcesornih minerala u svakom pojedinom masivu, usmeravali svoja ispitivanja i na morfologiju akcesornih minerala. Ovakva ispitivanja obično su usmerena na praćenje uslova kristalizacije, korelacije intruziva među sobom i niza drugih magmatogenih problema. Zbog toga su, pored radova koji obuhvataju opšta zapažanja o akcesornim mineralima, sve češći radovi o osobinama pojedinog ili pojedinih akcesornih minerala, o uslovima njihovog načina pojavljivanja itd, a uglavnom se odnose na one akcesorne minerale koji se javljaju u relativno većim količinama kao što su: sfen, cirkon, apatit, magnetit, granat. Međutim, o akcesornim mineralima koji se javljaju obično u minimalnim količinama, a među koje spada i torit, postoji vrlo mali broj radova.

Ispitivanje akcesornih minerala izvršili smo u svim vrstama granita svakog pojedinog masiva, u toku fundamentalnih ispitivanja granita Jugoslavije koja su početa 1959. g. u Zavodu za nuklearne sirovine a pod rukovodstvom Dr S t o j a n a P a v l o v i ć a, profesora Rudarsko-geološkog fakulteta u Beogradu. Pored ovih fundamentalnih ispitivanja granita, u granitima iz oblasti Pelagonije i Stare planine izvršeno je i detaljno ispitivanje akcesornih minerala.

Ispitivanjem granita pomoću veštačkih šlihova konstatovano je niz retkih minerala, kako onih o kojima je bilo vrlo malo podataka (kao na primer torit, kasiterit itd), tako i do sada nepoznatih mineralnih vrsta u regionalnoj mineralogiji Jugoslavije (kao na primer ksenotim, razni niobo-titanati i tantalati itd).[1]) Pored toga što je ovakvim ispitivanjima konstatovano niz navedenih i drugih minerala, ova ispitivanja pružila su nam i mogućnost upoznavanja sa različitim fizičkim i drugim osobinama akcesornih minerala, kao i sa načinom njihovog pojavljivanja. Takođe su nam ova ispitivanja pružila i mogućnost upoznavanja sa izvesnim zakonitostima

[1]) Odredba pojedinih, do sada nepoznatih mineralnih vrsta u Jugoslaviji izvršena je različitim mineraloškim metodama u Mineraloškoj laboratoriji Zavoda za nuklearne sirovine.

u pogledu paragenetskih odnosa akcesornih minerala u svakoj vrsti granita ponaosob, a u zavisnosti od hemizma magme i fizičko-hemijskih uslova kristalizacije. Zbog svega ovoga ispitivanja akcesornih minerala u veštačkim šlihovima granita dala su određen prilog kako regionalnoj mineralogiji Jugoslavije, tako i petrologiji granita.

METODE ISPITIVANJA

Za ispitivanje su uzimani uzorci težine 80—150 kg. Uzorci su drobljeni u poluindustrijskim drobilicama a teški koncentrat dobijen je koncentracijom na vibracionom stolu. Ovako dobijen veštački šlih, frakcionisan je zatim klasičnim metodama pomoću teških tečnosti (bromoform, metilen-jodid i kleričijeva tečnost) i elektromagneta. (Svi podaci u daljem tekstu o paramagnetičnosti, odnose se na elektromagnet tipa »Frantz isodinamyc« na kojem je vršeno separisanje). Frakcionisani materijal ispitivan je zatim optičkim metodama pomoću binokularne lupe i mikroskopa za propuštenu i odbijenu svetlost. Pri optičkim ispitivanjima pored određivanja svake pojedine mineralne vrste i njihovih količina, vršena su i ispitivanja morfoloških osobina akcesornih minerala. Položaj pojedinih zastupljenih mineralnih vrsta u odnosu na glavne minerale stene posmatran je u petrografskom preparatu.

Posle detaljnih optičkih ispitivanja vršeno je izdvajanje čistih koncentrata svakog pojedinog akcesornog minerala za spektrohemijsko ispitivanje.

Na osnovu podataka optičkih i spektrohemijskih ispitivanja, za svaki pojedini granitski intruziv izvršena je interpretacija rezultata u pogledu kretanja sadržaja ukupne količine akcesornih minerala, svakog pojedinog akcesornog minerala, njihovih morfoloških osobina itd, i to kako u vremenski različitim fazama jednog intruziva, tako i unutar samog intruziva.

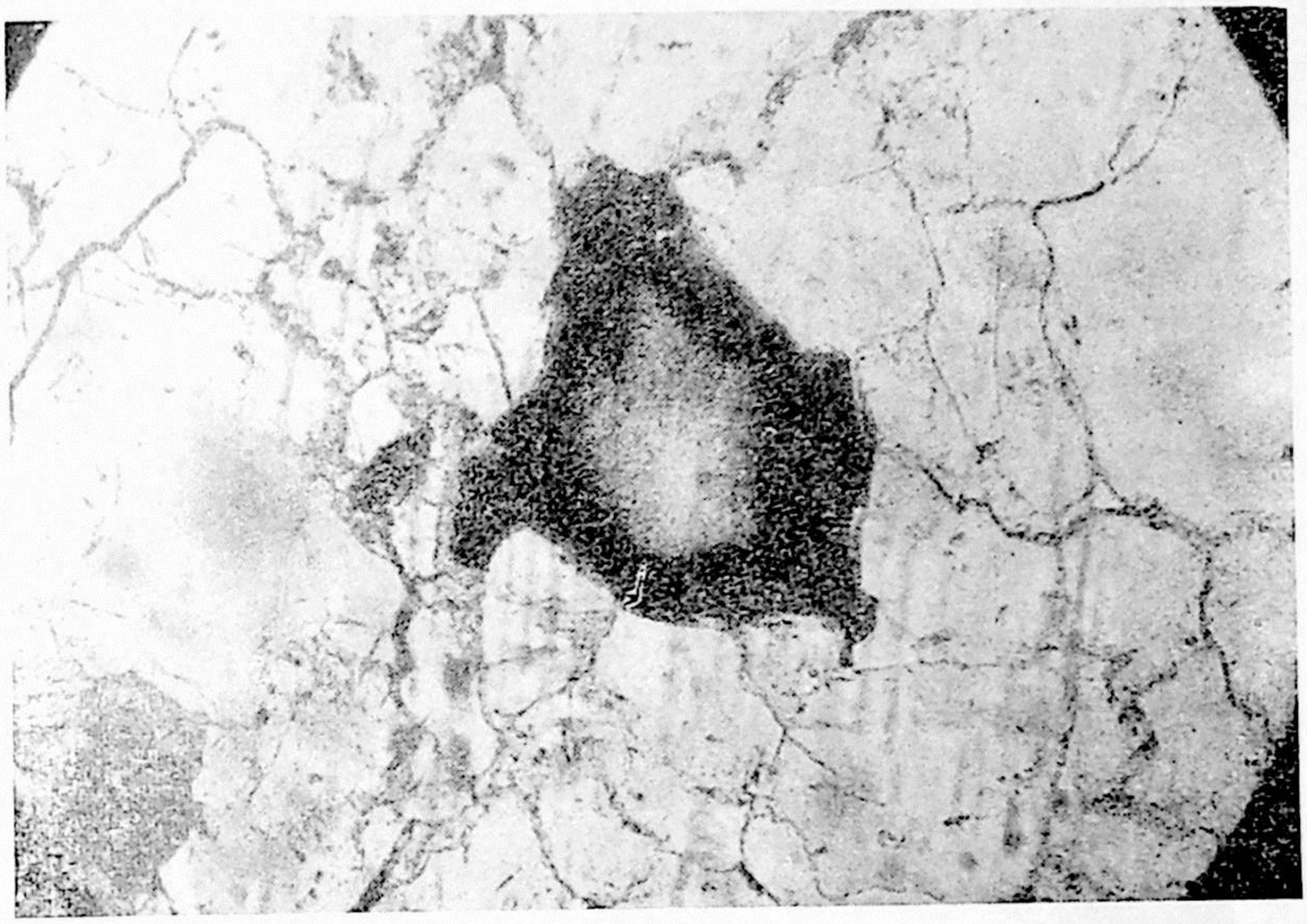
Morfološke osobine akcesornog torita

Pri ispitivanju veštačkih šlihova u granitima Jugoslavije zapaženo je nekoliko vrsta torita *po boji*[1]*:* zelen kao trava, tamno maslinasto-zelen, narandžast (oranžit), mrk i žut. Svež torit je uvek kao trava zelene boje, bistar i staklastog sjaja. No, često se i na ovako svežim zrnima torita zapažaju, na ivicama ili površinama zrna, tanje ili deblje skrame raspadanja kao posledica hidratacije (sl. 1). Pri tome boja skrame zavisi od intenziteta hidratacije. Tako na primer kod slabije hidratisanih torita periferni delovi zadobijaju tamnije maslinasto zelenu boju, gube sjaj i postaju mutni. Sa intenzitetom hidratacije debljina skrame raspadanja raste, a boja prelazi u narandžastu i mrku. Intenzivnije hidratisana zrna imaju neravnomerno obojenje od maslinasto zelene boje u centralnim delovima zrna do zemljasto mrke boje u perifernim delovima. Takva zrna su bez

---

[1]) Prilikom naših ispitivanja izvršili smo razvrstavanje torita u granitima samo po boji. Mada autori (4,20 i dr.) navode u granitima više vrsta akcesornog torita prema njihovom sastavu — fosfotorit, uranotorit i feritorit, mi ovakva razvrstavanja nismo bili u mogućnosti da izvršimo zbog minimalnih količina torita koja su onemogućila njihovo hemijsko analiziranje.

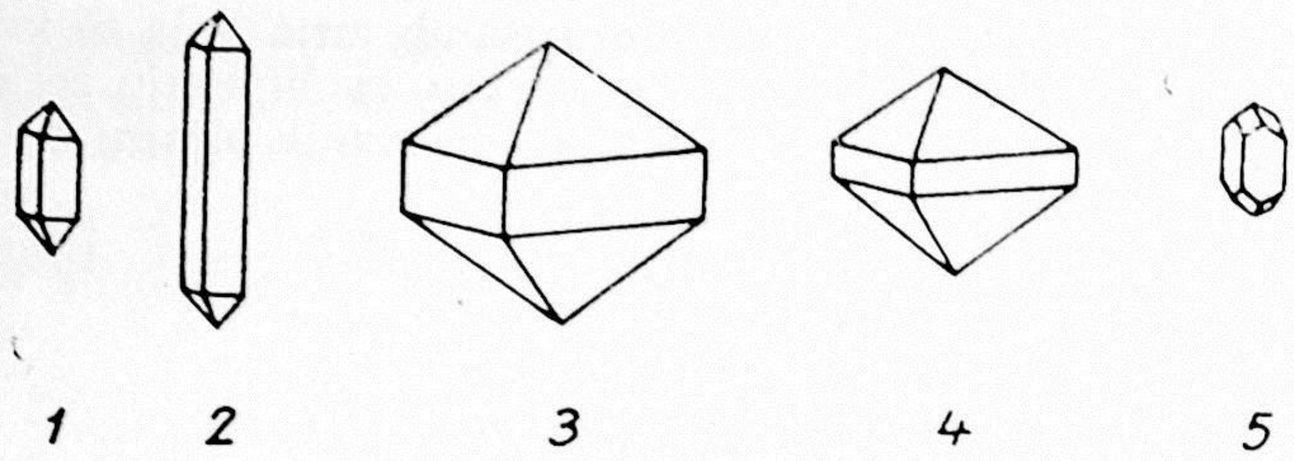
sjaja i neprovidna. Kod intenzivno hidratisanih zrna boja se kreće od narandžaste do mrke, ivice kristala gube oštrinu, zaobljavaju se, dok se kod čisto mrkih zrna zapaža i pojava izrazito kavernoznih pljosni na kristalima.



Sl. 1. Poprečni presek torita sa jasno vidljivom zonom raspadanja; biotitski aplitoidni granit — Motajica; bez analizatora — uvećanje 20 ×.

Interesantno je da sa stupanjem hidratacije torit menja i *elektromagnetne osobine* tj. paramagnetičnost se povećava sa intenzitetom hidratacije. Tako na primer, sasvim svež zeleni torit ne pokazuje paramagnetičnost. Torit sa tankim skramama maslinasto zelene boje može se privući na jačini 1,5 A pri horizontalnom nagibu elektromagneta od 10°. Torit maslinasto zelene boje i neravnomernog obojenja kao i oranžit i žuti torit gotovo uvek se nalaze u frakcijama privučenim na jačini od 1,5 A. Mrki torit i jasno narandžasti torit obično se sreću u frakcijama privučenim na jačini od 1 A. Ovo zapaženo izrazito povećanje paramagnetičnosti sa intenzitetom hidratacije govori u prilog tvrdnje Ž a b i n a (lit. 20) i dr. da sa hidratacijom torit prima i izvesnu količinu gvožđa sa čime bi se jedino i mogla objasniti veza između povećanja paramagnetičnosti i stupnja hidratacije torita.

Toriti zelene boje karakterišu granite Kopaonika, Boranje, Bukulje, Moslavine, Motajice, Željina, Vršca, Golije, Pohorja, Papuka i Jastrebca. Maslinasto zelen neravnomerno obojen torit karakteriše granite Stare planine (Janja, Suvodol) i SI Srbije (Neresnica, Rudna Glava) i delom Pelagonije. Oranžit se najčešće pojavljuje u granitima Pelagonije (Selečka, Dragor, Kruševo, Bigla itd.) a ređe na Bukulji i Plaušu. Žuti torit često sa zlatastim sjajem karakteriše granite Plačkovice, Ograždena, Furke i delom Pelagonijske granite. Mrk torit je najčešći u granitima Selečke i Babune, dok je sporadičan u pojedinim probama Rudne Glave i Kopaonika.



Sl. 2 Forme kristala torita



Sl. 3. Zeleni torit; veštački šlih — Motajica uvećanje 20 ×.



Sl. 4. Zeleni torit; veštački šlih — Željin, uvećanje 20 ×.

Zrna torita u najvećem broju slučajeva su vrlo sitna — veličine oko 0,1 mm, ili se kreću u veličini između 0,1 i 0,2 mm. Ređe se sreću toriti veličine 0,3—0,4 mm (Rudna Glava, Selečka, Željin) a samo na Motajici u



Sl. 5. Maslinastozeleni torit; veštački šlih — Rudna Glava; uvećanje 20 ×.

aplitoidnim granitima zapaženi su toriti veličine veće od 0,6 mm. (Lokalnost otkrio inženjer geolog V. Sarić).



Sl. 6. Oranžit; veštački šlih — Selečka; uvećanje 20 ×.

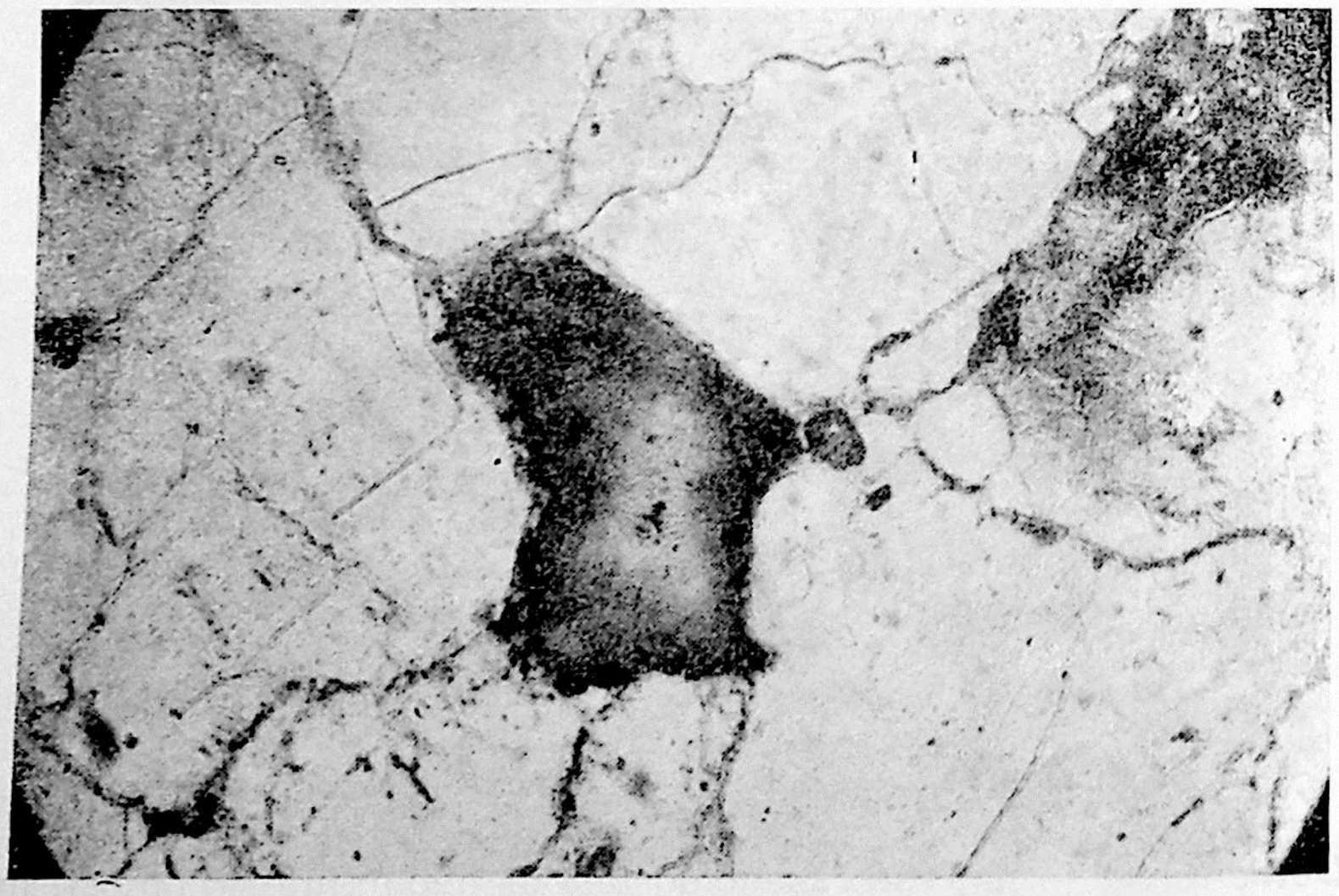
Oblik torita je najčešće ksenomorfan ili nepotpuno idiomorfisan. Na kristalnim oblicima često se zapažaju tragovi pritešnjenog rasta. Idiomorfni kristalni oblici se ređe sreću. U slučaju potpuno idiomorfnih oblika kristali su najčešće predstavljeni oblicima (110) sa (111) dok su veoma retko

zapaženi (Selečka) oblici (100) sa (111) (forma br. 5 sl. 2). Na kristalima su obično izrazito razvijene pljosni rombične prizme dok su bipiramide u manjoj meri razvijene (forma br. 1 i 2 sl. 2). Međutim na Motajici zapaža se povlačenje pljosni prizme na račun bipiramidalnih pljosni te kristali nekad zadobijaju skoro dipiramidalni habitus (forma br. 3 i 4 sl. 2). Izduženje (odnos širine prema dužini kristala je po pravilu 1 : 2 do 1 : 3, a vrlo retko se sreću kristali torita sa odnosom 1 : 7 (Rudna Glava, Željin).

Način pojavljivanja torita u steni

Podaci o položaju torita u odnosu na glavne minerale stene retko se sreću u literaturi, zbog toga što se torit retko može zapaziti u petrografskom preparatu, pošto se javlja u minimalnim količinama i zrna su mu malih razmera. Uočavanje torita u petrografskom preparatu je otežano i zbog sličnosti njegovih formi sa cirkonom, što kod minimalnih razmera zrna otežava njihovo raspoznavanje, pogotovo ako se oba javljaju u vidu inkluzija u biotitu. Autori koji su posmatrali torit u petrografskom preparatu (lit. 15,2 itd) navode da se torit najčešće sreće u međuprostorima zrna kvarca i feldspata i to u ksenomorfnim i nepotpuno idiomorfnim oblicima, a takođe da se sreće i u vidu inkluzija u biotitu.

Zbog navedenih poteškoća oko uočavanja torita u petrografskom preparatu, i pored brižljivog pregledanja petrografskih preparata sa sigurnošću smo mogli utvrditi torit samo u dva preparata i to 1) na Bukulji gde se javlja u vidu sitnih inkluzija u biotitu i 2) na Motajici, gde se torit nalazi u međuprostorima zrna kvarca i feldspata, a njegove forme diktirane su formom slobodnih prostora (sl. 7).



Sl. 7. Aplitoidni granit Motajica
1. Tamno zrno u centru je torit; 2. svetlu površinu predstavljaju zrna kvarca i feldspata; bez analizatora; uvećanje 20 ×.

Rasprostranjenje torita u granitima Jugoslavije

Do fundamentalnih ispitivanja granita, nisu postojali podaci o rasprostranjenju torita u granitima Jugoslavije. Neki autori su samo zabeležili njegovo prisustvo prilikom ispitivanja rečnih nanosa iz granitskih terena (J. Petrović, 1957. g; S. Maksimović, 1961. g.). Ispitivanjem akcesornih minerala u granitima zabeleženo je prilično rasprostranjenje torita kao akcesornog minerala. No, iako torit ima prilično rasprostranjenje on spada među akcesorne minerale koji se obično javljaju u minimalnim količinama. U izuzetnim slučajevima zapažaju se koncentracije torita. Ovakav slučaj zabeležen je do sada samo na Motajici, gde u sitnozrnom aplitoidnom granitu njegova količina dostiže 4,18 zapreminskih procenata (merenje izvršila N. Kreminac — petrograf ZNS).

Na tabeli 1 dat je prikaz rasprostranjenja torita u granitima Jugoslavije. Grupisanje granita izvršeno je prema S. Pavloviću i B. Sikošeku (lit. 15). Na tabeli se u pogledu kretanja sadržaja torita, u odnosu na vrste granita, može zapaziti izvesna tendencija okupljanja torita u biotit-granitima. Pored ovoga može se zapaziti i sledeće:

a) da se u kretanju sadržaja torita od glavnih intruzivnih faza ka žičnim fazama (sitnozrni graniti, pegmatiti, mikrograniti itd.) zapaža u najvećem broju slučajeva zakonito opadanje njegovog sadržaja prema mlađim fazama. Samo u izuzetnim slučajevima, gde je u žičnoj fazi došlo do nagomilavanja isparljivih komponenata, u ovakvim stenama došlo je do povećanja sadržaja a nekad i do koncentracije torita (Motajica);

b) da se u prostoru intruziva zapaža tendencija okupljanja torita u centralnim delovima intruziva, dok se u endo- i egzo-kontaktnim delovima javlja u minimalnim količinama;

c) u postmagmatski izmenjenim — muskovitiziranim granitima, zapaža se često izvesno povećanje sadržaja torita, mada je to povećanje minimalnih razmera (Moslavina, Bukulja, Jastrebac, Babuna). Izuzetak od ovog pravila zapaža se u granitu Selečke gde se u dvoliskunskim granitima smanjuje sadržaj torita, u odnosu na biotitske vrste.

Paragenetske karakteristike torita

Prilikom ispitivanja akcesornih minerala u granitima neki autori (V. V. Ljahovič, 1960. g. i dr.) zapazili su da postoji izvesna zakonitost u pogledu pojavljivanja alanita, monacita i ksenotima. Naime, zapaženo je da povećanje sadržaja alanita obavezno vodi ka smanjenju ili potpunom iščezavanju monacita i ksenotima i obrnuto. Pošto navedeni minerali uvek sadrže u svom sastavu i izvesne količine torijuma, a s obzirom na zapaženu zakonitost u pojavljivanju ovih minerala pokušali smo da ustanovimo da li postoje zakoniti odnosi u pojavljivanju alanita, monacita i ksenotima sa jedne strane, i torita sa druge.

Posmatrajući *paragenetski odnos torit—monacit—ksenotim i alanita,* u svakom pojedinom intruzivu, zapazili smo da torit pokazuje tendenciju ka asociranju sa alanitom, a izvestan antagonizam prema monacitu i ksenotimu. Ova zapažena zakonitost je naročito izražena u pogledu vertikalnog rasporeda ovih minerala u granitskom intruzivu. Dok monacit i ksenotim pokazuju izrazitu tendenciju ka okupljanju u perifernim delovima

Tabela 1

Rasprostranjenje torita u granitima Jugoslavije

		Pokrovni granitizovan gnajs	Amfibol-biotit granit	Biotit granit	Biotit-muskovit granit	Sitnozrni aplitoidni granit	Pegmatit	Žične stene
Unutrašnja Dinarska zona	Papuk	·		·				
	Moslavina	=			=			
	Motajica			·	·	+		
	Bukulja			+	+	+	·	
	Cer			·	·	+	·	
	Boranja		=	+				
	Kopaonik		=	=				
	Jastrebac	·			+	·		
	Željin		=	=				
	Golija		·	=				
Srpsko-makedon. masa	Vršac	·		·				
	Stalać							
	Juhor							
Karpato-balkanski luk	Brnjica			·				
	Neresnica			·				
	Rudna Glava		=	+				
	Plavna							
	Stara Planina		=	+		·	·	·
Pelagonidi	Selečka			=	·			
	Babuna	·			=			
	Kruševo			=				
	Perister			·				
	Dragor		+	·		·		
Rodopi	Crnook			·				
	Plačkovica		·	=				
	Ograždden			+		=		
	Plauš			=		·		
	Pohorje		=	+				
	Črna			+				
	Štip			·				
	Furka			·				

LEGENDA

· tragovi
= redak
\+ čest
++ obilan
+++ veoma obilan

intruziva i pokrovnim granitizovanim biotit gnajsevima (što se naročito može zapaziti na primerima Papuka, Moslavine i Vršca), dotle u istim masivima torit pokazuje tendenciju okupljanja u centralnim delovima masiva. Tendenciju okupljanja torita u centralnim delovima masiva zapazila je 1961. g. i S. Maksimović. Ispitujući rečne nanose planine Bukulje S. Maksimović zapaža da se torit sreće u nanosima iz centralnog dela masiva zajedno sa alanitom, dok za monacit nije zapažena lokalizacija rasporeda. Tendenciju okupljanja torita u centralnim delovima masiva granita i tendenciju njegovog asociranja sa alanitom zapazili su i autori Kravščenkova i Hasanov (1962. g, lit. 6) u oblasti Karategina u Ukrajini. U ovoj oblasti autori su zapazili da se u kontaminiranim, apikalnim delovima granita okupljaju veće količine krupnih zrna takvih minerala kao što su sfen, apatit, granat i monacit, dok se u centralnim slabije kontaminiranim delovima intruziva zapažaju torit i alanit.

Kod intruziva tipa granodiorita i amfibol granita, a koji u svom sadržaju uvek pokazuju povećane količine alanita, torit u prostoru intruziva pokazuje dosta ravnomerno rasprostranjenje. Ovakvi intruzivi, pored toga što su po pravilu obogaćeni alanitom, uvek pokazuju minimalni sadržaj monacita (u veličini pojedinačnih zrna) i odsustvo ksenotima. Kao primer mogu poslužiti intruzivi Boranje, Kopaonika, Željina, Črne, Dragora itd.

Paragenetski odnos torit—uraninit takođe pokazuje interesantnu zakonitost. Naime zapaženo je sledeće:

a) da graniti koji u početnoj fazi intrudovanja sadrže nešto povećan sadržaj torita, u krajnjim fazama intrudovanja pokazuju veoma smanjen sadržaj torita. Sadržaj uraninita u ovakvim intruzivima je u obrnutoj proporciji sadržaju torita. Ovakav slučaj je najčešći. Kao tipičan primer možemo navesti granitski intruziv Bukulje, koji u glavnoj intruzivnoj fazi sadrži više torita od uraninita. U mlađim fazama sadržaj torita opada dok u pegmatitima praktično iščezava. Sadržaj uraninita prema mlađim fazama postepeno raste i dostiže svoj maksimum u pegmatitima gde se na pojedinim mestima zapažaju krupna zrna uraninita (D. Radusinović, 1963. g.) (tabela 2).

Tabela 2

Prikaz sadržaja uraninita i torita u nekim granitima Jugoslavije

		Pokrovni granitizovan gnajs	Biotit granit	Biotit-muskovit granit	Sitnozrni aplitoidni granit	Pegmatit
Bukulja	Torit		+	=	·	
	Uraninit		·	=		++
Moslavina	Torit	=	=			
	Uraninit		·	·	=	=
Motajica	Torit				+++	
	Uraninit		=	·		

LEGENDA

· tragovi
= redak
\+ čest
++ obilan
+++ veoma obilan

b) Da postoje intruzivi koji prema krajnjim žičnim fazama pokazuju povećanje sadržaja torita, a kod kojih obrnuto od slučaja navedenih u prethodnom pasusu, sadržaj uraninita opada ili potpuno iščezava u krajnjim žičnim fazama. Tipičan primer za ovaj slučaj je Motajica. U ovom granitskom intruzivu glavna intruzivna faza sadrži sporadično minimalne količine torita u veličini pojedinačnih zrna, dok u aplitoidnoj fazi usled intenzivnog obogaćenja isparljivim komponentama dolazi do koncentracije torita. Nasuprot tome u pogledu sadržaja uraninita ovaj intruziv pokazuje postojane količine uraninita, u glavnoj intruzivnoj fazi, a smanjenje sadržaja ili čak iščezavanje u mlađim fazama.

c) Da se u izvesnom broju intruziva oba minerala pojavljuju u minimalnim količinama i da od početnih do krajnjih faza intrudovanja ne pokazuju variranja u svom sadržaju.

Interesantno je napomenuti da se uočava izvesna povezanost povećanja sadržaja uraninita sa povećanjem sadržaja ksenotima. Kao izraziti primer može nam poslužiti granitski intruziv Crnooka, koji sadrži izrazito povećan sadržaj uraninita pri čemu se zapaža i veći sadržaj ksenotima nego u drugim granitima u Jugoslaviji.

Zapaženo zakonito variranje sadržaja uraninita i torita u granitskim intruzivima, a naročito normalan slučaj njihovog paragenetskog odnosa koji je ujedno i najrasprostranjeniji tj. gde sadržaj uraninita raste prema mlađim fazama intrudovanja a sadržaj torita opada, poklapa se sa već klasičnom geohemijskom zakonitošću o kretanju sadržaja U i Th u granitskim intruzivima.

Zapažanja o genezi akcesornog torita

U mnogim radovima o toritu u kojima se tretira i pitanje njegove geneze, navodi se i pretpostavka o postanku torita u poznomagmatskoj ili postmagmatskoj fazi pod dejstvom bilo magmatskog ostatka, bilo rastvora obogaćenog isparljivim komponentama. Ove svoje postavke autori (lit. 3, 14) su izveli na osnovu rasporeda torita u odnosu na glavne minerale stene, oblika kristala torita, kao i njegovog položaja u vertikalnom preseku granitskog intruziva tj. tendencije njegovog okupljanja u apikalnim delovima. Za raspored zrna torita u steni zapaženo je da se torit u najvećem broju slučajeva nalazi u međuprostoru zrna kvarca i feldspata, te se zbog toga najčešće pojavljuje u vidu nepotpuno idiomorfisanih kristala, često sa znacima pritešnjenog rasta ili u vidu sasvim ksenomorfnih zrna, zadobijajući oblik slobodnih međuprostora glavnih minerala. Za torit, kao u ostalom i za monacit i ksenotim, ustanovljeno je da se njihova povećana koncentracija javlja u onim delovima granitskih intruziva ili pegmatitskih tela u kojima je bilo moguće nagomilavanje isparljivog magmatskog ostatka. U granitskom intruzivu to će biti apikalni i endokontaktni delovi. Zbog toga se uvek u vertikalnom preseku granitskog intruziva čak i kod granita siromašnih isparljivim sastojcima (V. V. Ljahovič, 1961. g.) zapažaju povećanja sadržaja takvih minerala u apikalnim delovima intruziva makar i u minimalnim vrednostima.

Na osnovu formi zrna torita i njihovog paragenetskog odnosa sa glavnim mineralima u granitima Jugoslavije, na osnovu dosadašnjih podataka možemo govoriti o dvojakom načinu postanka torita:

1) U biotitskoj fazi (u slučajevima poznomagmatskog stvaranja biotita) a kada se javlja u vidu sitnih kristalića kao inkluzija u biotitu (granit Bukulje), a što je najčešće u muskovitiziranim granitima.

2) U poznomagmatskoj fazi kada zauzima slobodne međuprostore zrna kvarca i feldspata — što je najčešći slučaj u autometamorfno izmenjenim granitima (Stara planina, Selečka itd.) u aplitoidnoj fazi Motajice.

Iz navedenog izlazi da naša zapažanja potvrđuju nalaze istraživača u svetu o pneumatolitskom postanku torita. Međutim i dalje ostaju nerazjašnjeni fizičko-hemijski uslovi njegovog stvaranja kojima bi se moglo objasniti sledeće:

a) Mada se uvek zapaža kod torita poznomagmatsko poreklo, koje je takođe konstatovano i za minerale tipa ksenotima, monacita i alanita, ostaju još nerazjašnjeni fizičko-hemijski uslovi za ustanovljenu zakonitost rasporeda ovih minerala u vertikalnom preseku masiva. Naime, poznata je činjenica da se svi ovi minerali okupljaju u apikalnim delovima granitskih intruziva, međutim za sad se ne može dati objašnjenje uslova koji dovode do toga da se monacit i ksenotim uvek javljaju u gornjim zonama apikalnih delova, dok torit uvek pokazuje tendenciju ka donjim zonama apikalnih delova intruziva.

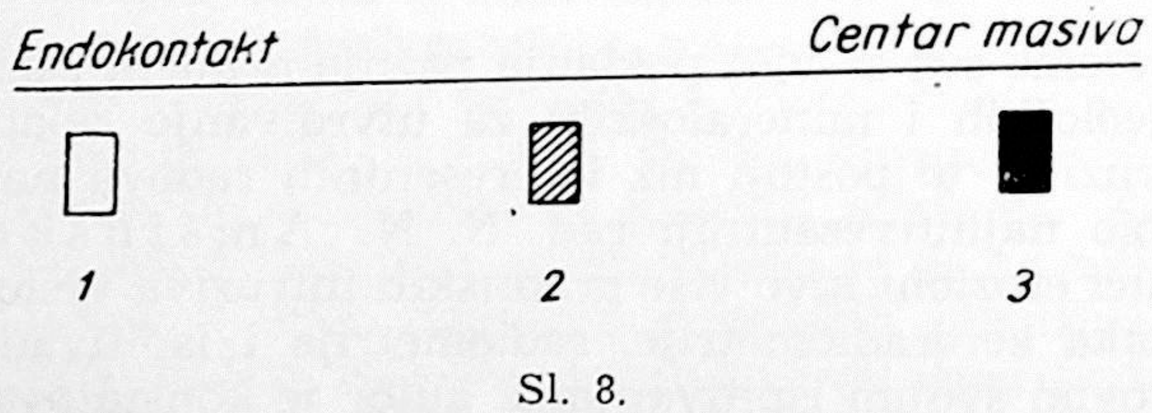
b) I pored ustanovljenog poklapanja geohemijskih zakonitosti kretanja U i Th sa kretanjem sadržaja torita i uraninita u granitima, ovo zapažanje zahteva brižljivu studiju. Tako na primer, ukupan sadržaj U i Th u steni nije u neposrednoj zavisnosti od sadržaja uraninita i torita u steni. Poznato je da minerali retkih zemalja — monacit, ksenotim i alanit uvek sadrže u svom sastavu U i Th i u veličinama od nekoliko procenata. Takođe je poznato da se U i Th u granitima nalaze u raspršenom stanju i u ostalim akcesornim i glavnim mineralima. Zbog toga bi bilo potrebno ustanoviti fizičko-hemijske uslove potrebne za stvaranje sopstvenih minerala U i Th, jer postoje intruzivi u svetu kod kojih nisu zapaženi u akcesornom delu uraninit i torit.

Neka zapažanja o mogućnostima korišćenja torita za utvrđivanje relativnog erozionog nivoa intruziva

U novije vreme sve se više poklanja pažnja primeni različitih metoda (geofizičkih, geoloških i mineraloških) za utvrđivanje relativnog erozionog nivoa intruziva, te postoji niz interesantnih radova na tu temu. Za nas bi ovde bio najinteresantniji rad N. N. Amšinskog (1961. g.) koji je ispitujući erozioni nivo više granitskih intruziva vršio pri tome korelaciju podataka aeroradiometrije, radiometrije i ispitivanja akcesornih minerala. Pri ovim svojim ispitivanjima, autor je konstatovao da se gama polja dobijena za uran, poklapaju sa kretanjem sadržaja akcesornih minerala koji sadrže povećani sadržaj urana. Isto tako zaključio je da vrednosti urana opadaju od periferije ka centru intruziva kao što zakonito opada u istom pravcu sadržaj akcesornih minerala sa povećanim sadržajem urana (monacit, ksenotim itd.). Autor navodi da se ovo naročito zapaža kod intruzija sa intenzivnim obogaćenjem u isparljivim komponentama u apikalnim delovima a što je karakteristično za granitske intruzive koji leže u plićim površinskim uslovima.

Upoređujući konstatacije N. N. Amšinskog sa zapažanjima do kojih smo došli ispitujući akcesorne minerale u našim granitima, a naročito upoređujući naša zapažanja u pogledu rasporeda minerala tipa monacit, ksenotim, alanit, torit, možemo konstatovati izvesne podudarnosti. Naime, kao što smo već u ranijim odeljcima napomenuli, zapazili smo da se akcesorni monacit i ksenotim sa jedne strane i akcesorni torit sa druge, nalaze u različitim nivoima apikalnih delova intruziva u vertikalnom preseku. Takođe smo konstatovali da torit ima tendenciju okupljanja u centralnim delovima intruziva. (Ovo je naročito izraženo kod granita Papuka i Bukulje.) Ova činjenica smatramo da bi se, uz niz ostalih podataka, mogla koristiti kod utvrđivanja relativnog erozionog nivoa takvih i njima sličnih po sastavu intruziva. Međutim, svakako da bi još trebalo izvršiti niz ozbiljnih istraživanja u tom pravcu. Ukoliko bi se sadašnja pretpostavka potvrdila, verovatno da bi se docnije mogla širina »toritske zone« u centru intruziva koristiti kao jedan od indikatora za utvrđivanje relativnog erozionog nivoa određenih vrsta granitskih intruziva.

Pri detaljnom ispitivanju granitskih intruziva intenzivno obuhvaćenih autometamorfnim procesima (Selečka, Stara planina) došli smo pri ispitivanju do vrlo interesantnih podudarnosti promena osobina torita idući od periferije ka centru intruziva, mada ova granitska tela leže u različitim geotektonskim jedinicama i potiču iz različitih magmatskih ognjišta. Na prvom mestu važno je istaći da oba granita pokazuju bogatstvo perifernih delova epidotom (Selečka do 13 zapreminskih procenata, Janja do 9) čiji se sadržaj smanjuje idući ka centrima oba masiva. Takođe smo u oba masiva zapazili promenu boje torita idući od periferije ka centru intruziva. Interesantno je podvući da se zapaža uska veza između variranja sadržaja epidota i promene boje torita. To se ogleda u sledećem: u perifernim delovima intruziva obogaćenim epidotom, torit je žute boje; opadanje sadržaja epidota prati torit narandžaste, narandžastomrke i mrkocrvene boje, dok u centralnim delovima intruziva, gde sadržaj epidota ne prelazi 0,5 zapreminskih procenata, preovlađuje torit maslinastozelene boje sa perifernim delovima obojenim zemljastomrkom bojom (sl. 8). Kao što smo već ranije napomenuli promena boje torita je usko vezana sa intenzitetom hidratacije. U našem slučaju ona bi označavala promenu hidratacionih uslova u različitim nivoima perifernih delova ovakvih granitskih



Sl. 8.
1. žuti torit; 2. narandžast, mrk torit; 3. maslinasto zelen torit

intruziva intenzivno obuhvaćenih autometamorfnim procesima. Zbog toga pretpostavljamo da bi se ovaj podatak, kombinovan sa variranjem sadržaja epidota i nizom drugih, mogao koristiti kod utvrđivanja relativnog erozionog nivoa granitskih intruziva ovakvog tipa.

(Predato za štampu septembra 1965. g.).

LITERATURA

1. Amšinskij N. N., 1960: — Zonaljnost gama-poljei i akcesornih mineralov v granjitnih masivah Altaja, Geologija-geofizika Sib. Otd. A. N. SSSS, No. 1.
2. Bespaljko N. A., 1963: — Mineralogija akcesornih torita Peržanskovo granita. Sb. »Pitanjija geohimii miner. i petrograf.« Kievska A. N. URSSR.
3. Filipov M. S., Komljev L. V., 1958: — Toriti Srednjevo Pridnjeprovlja. Tr. Radiev. in-ta A. N. SSSR.
4. Filipov M. S., Komljev L. V., 1959: — Uran i torij v granitoidah srednjevo Pridnjeprovlja. Geohimija, No. 5.
5. Krivšćenkova N. I., Hasanov N. H., 1962: — Kratkaja harakteristika akcesornih mineralov Karateginskovo hrebta. Tr. in-ta geol. Tadž. SSR, No. 6.
6. Ljahovič V. V., Červinskaja A. D., 1960: — O haraktere raspredeljenija akcesornih mineralov v granitnih masivah. Tr. IMGRE A. N. SSSR, No. 4.
7. Ljahovič V. V., 1962: — O haraktere raspredeljenija redkih elementov v vertikaljnom razreze granitnovo masiva Dokladi A. N. SSSR 147, No. 4.
8. Ljahovič V. V., 1964: — Ob odnoj osobenosti rudonosnih granitoidov Geologija rudnih mestoroždenijii, No. 2.
9. Markov C., 1965: — Mineraloške karakteristike granitoidnih stena Južne Pelagonije posmatrane kroz akcesorne minerale. Magistarski rad. Fond stručne dokumentacije ZNS.
10. Maksimović C., 1961: — Mineraloško ispitivanje nanosa Bukulje. »Rad« sektora za istraživanje ZNS, No. 1.
11. Mineeva I. G., Parhanova G. A., 1964: — Povedenije urana i torija v poslemagmatičeskom procese kompleksa kalievih šćeločnih porod. Geologija rudnih mestoroždenjii, No. 4.
12. Mihailović-Vlajić N., Markov C., 1965: — Prethodna razmatranja osnovnih mineraloško-geohemijskih karakteristika nekih granitoida Jugoslavije posmatranih kroz akcesorne minerale. Sb. radova Geohmeijski simpozijum, BGD.
13. Mihailović-Vlajić N., 1965: — Akcesornie minerali granitoidnih porod Staroi Planini. Referat na Kongresu Karpato-balkanske geološke asocijasije Sofija.
14. Omeljanjenko B. I., Sirotinjina N. A., 1959: — Akcesornie minerali v šćeločnih porodah r. Nodža Ačkar, Moskva.
15. Pavlović S., Sikošek B., Ristić M., 1963: — Petrološka geohemijska i tektonska proučavanja nekih granitoida Jugoslavije i karakter njihove metalogenije. Jugoslovensko-Poljsko savetovanje, Herceg Novi.
16. Petrović J., 1957: — Mineraloško ispitivanje nanosa Motajice. Državni ispit. Fond stručne dokumentacije ZNS.
17. Radusinović D., 1963: — Otkriće uraninita na planini Bukulji. »Rad« sektora za istraživanje ZNS, No. 2.
18. Schürmann H. M. E., 1959: — Massengestein aus Ägypten. Neues Jahrb. Geol. und Paläont. Abhandl. 108, No. 2.
19. Žabin N. G., Kazakova M. E., 1964: — O torite iz šćeločnovo kompleksa Višnjevih gor na Urale. Dokladi A. N. SSSR, T 134, No. 1.

Summary

NADEŽDA MIHAILOVIĆ-VLAJIĆ*)

CVETKO MARKOV*)

ACCESSORY THORITE IN YUGOSLAV GRANITES

As the part of the study of the granites in Yugoslavia, the accessory minerals of the all granitic rocks inside the different granitic massifs have been investigated. These investigations have demonstrated that the accessory thorite, a mineral almost always present in the minimal concentrations

*) Institute for Nuclear Raw Materials, Beograd.

in practicaly all investigated granites, has some features that are related with both the distribution and the paragenetic relations.

The investigated granites contain a number of thorites of different colour, the variation in colour being related with the degree of hydratation. The less hydrated thorite has an olive green, nonuniform colour, and the highly hydrated one has the colours from orange to brown, with the paramagnetic properties also increased with the degree of hydratation. The grain size of the most of the accessory thorites has been around 0.1 mm, sometimes between 0.1 and 0.2 mm, but very rarely exceeding 0.6 mm in diameter.

The following interesting paragenetic features have been observed:

1. The accessory thorite shows some antagonistic behaviors toward monazite and xenotime, but has the tendency to be associated with allanite.

In the horizontal direction, this tendency is demonstrated by the concentration of thorite in the more central parts of the granitic massifs, with the monazite and xenotime concentrated more in the endocontact zones.In the vertical distribution inside a massif, the monazite and xenotime show the preferential concentration in the apical parts, generaly in the upper zones of the apex, with thorite concentrated in the lower zones.

2. In the paragenetic relations, thorite and uraninite show the general coincidence with the general distribution of uranium and thorium inside a granitic massif. The concentration of thorite decreases from the main intruzive phase toward the younger, with uraninite having the oposite behavior, as it is represented in the case of Mt. Bukulja (fig. 2). In some cases the oposite is true, i.e., uraninite decreases toward the younger phases and the thorite increases, sometimes reaching very concentrations of up to 4.18% by volume (the aplitoide granite of Motajica, tab. 2).

In the genetic sense, the origin of thorite is indisputably pneumatolitic, either in the late magmatic or postmagmatic phase, due to the fact that it always appears as an inclusion in the biotite (formed in the autometamorphic processes) or in the space between the quartz and felspar grains (fig. 2).

Some of the features of thorite may be applied, in the opinion of the autors, naturaly, combined with other data, as a method of determination of the relative level of an intrusive body, such as:

1. The distribution of thorite inside an intrusive and its tendency to be, in the horizontal sense, concentrated in the central parts or, in the vertical direction, in the lower apical parts, give us the idea of a concept of, in the mineralogical sense of word, a »thorite zone« inside a granitic intruzive. It is quite possible that, naturaly, in the given mineralogic types of granitic intrusives, the extent of the »thorite zone« may be used as a method for the determination of the relative level of the given granitic body. The mentioned hypothesis has to be confirmed by a more detailled study of the mineral distribution and by the radiometric and the aeroradimetric data.

2. In the intensively altered granites by the autometamorphic processes, in the area of Stara Planina and Selečka, there is the relationship between the colour (or degree of hydratation) of thorite and the concentration of the epidote in the rock, these features being different in the central and in the endocontact zones. In the endocontact zone, where the concentration of epidote is up to 9 to 13% by volume, the colour of thorite is

yellow. More to the central zone, thorite becomes orange and brown, and in the central zone, where the epidote drops to below 0.5% by the volume, thorite has a olive green colour, with the thin film of alteration. This features is related to the difference in the conditions of hydratation in the apical parts of a granitic massif, but the autors believe that it may be possible, due to the mentioned relations and by combining these with the other data, to establish the relative level in the massifs enriched with the epidote in the apical zones.

It may be concluded, based on the collected data, that the accessory thorite has the definite relations in its distribution and the morphology, in the spite of the fact that this mineral appears only in very small concentrations in the granites, the autors believe that these relationships may have the important influence in the interpretation of the data on the distribution of the accessory minerals in the granitic intrusives.

Radovi Instituta za geološko-rudarska istraživanja i ispitivanja nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, sv. 3, 1967. god.

MILORAD ARSENIJEVIĆ

PRETHODNA RAZMATRANJA RASPODELE BERILIJUMA, KALAJA, NIOBIJUMA I MOLIBDENA U MINERALIMA GRANITOIDA KAO INDIKATORA GEOHEMIJSKIH POLJA U OBLASTI DINARIDA I KARPATO-BALKANSKOG LUKA

(Sa 4 tabele)

S a d r ž a j. U ovome prethodnom osvrtu na raspodelu Be, Sn, Nb i Mo u mineralima granitoida uočene su određene razlike u mikrohemizmu magmi koje su dale granitoidne masive u dinarskoj prostornoj zoni i karpato-balkanskom luku. U dinarskom pojasu zasićenost magme berilijumom, kalajem i niobijumom karakteriše se njihovom disperzijom u vidu primarnih oreola i jačinom obogaćenja ne samo u akcesornim već i petrogenim glavnim sastojcima stena. Ovakva pravilnost izrazito izostaje u karpato-balkanskom luku naročito za Be, a kod Sn i Nb (izuzev Neresnice) takođe opada njihov ekstenzitet kroz minerale izuzimajući minerale glavne nosioce. Molibden u starijim fazama, što se ne odnosi i na W, jedva da indicira zasićenost magme; mlađe magme, noseći nasleđe od starijih, postaju obogaćene u plutonskom (šelit, itd.) i osobito u postmagmatskom stadijumu ne vezujući se za posebna geohemijska metalogena polja okarakterisana berilijumom, kalajem i niobijumom (d i n a r s k o i k a r p a t o b a l k a n s k o p o l j e).

Vulkanska i subvulkanska faza, kao nastavak granitoidnog magmatizma, takođe u izdvojenim metalogenim poljima slede pravilnost uočenu u plutonskoj fazi. Ovaj stadijum razvoja inicijalne magme karakteriše se posebnim prirodnim geohemijskim asocijacijama elemenata u finalnim etapama magmatizma karakterišući dinarsko metalogeno polje sa Pb-Zn i njegovom svitom retkih elemenata i karpato-balkansko sa Cu kao dominantnim metalom praćenog svojom grupom retkih elemenata.

Napominje se takođe da je ovo nastavak inače ranije započete analize metalonosnosti granitoidnog magmatizma i retkometalnih asocijacija elemenata na osnovu geohemijskih i drugih kriterijuma kvalitativne i kvantitativne primarne disperzije u plutonima geosinklinalnih područja. Na dosadašnjem nivou poznavanja raspodele mikroelemenata u mineralima ili stenama i sulfidnim i drugim paragenezama, mikrohemizam granitoidne magme, sa svim njenim etapama evolucije, ukazao je na razlike koje se bezuslovno moraju potvrditi i makrohemizmom granitoida u svetlosti uticaja vrste omotača, nivoa magmatskog ognjišta polazne magme, itd. u izdvojenim geohemijskim poljima.

Dosadašnja ispitivanja sadržaja mikroelemenata pokazala su da hemizam magme uvek ostavlja traga na mineralima koji ulaze u sastav očvrslih bilo bazičnih ili kiselih granitoidnih stena. U procesu diferencijacije i kristalizacije magme vrši se koncentrisanje određenih elemenata u zavisnosti od kristalohemijskih svojstava njihovih jona (valentnost, jonski radijusi, električno punjenje, energetska konstanta, primarno obogaćenje magme,

izomorfizam i njegovo ograničenje, itd.). U stadijumu njihovog povišenog sadržaja u magmi, a i ranije, ovi joni zamenjuju druge ili se smeštaju duž pukotina i u defektnim delovima kristalne strukture ulazeći u petrogene i akcesorne minerale. Ovo se najčešće dešava usled nemogućnosti da dostignu povoljne sopstvene koncentracije sa kojima mogu da obrazuju svoje minerale. Ako se desi da se postigne i pređe granična kritična koncentracija, pored toga što se rasejavaju u drugim, takvi elementi obrazuju i svoje mineralne vrste (Sn, Be, Nb, U, Th, Mo, itd). Ali, pojam zasićenosti magme nekim elementom je dovoljno širok i, bez obzira što je ona postignuta kroz obrazovanje minerala u plutonu, nedovoljno primarno obogaćenje magme i njenog isparljivog zaostatka, ili dopunskih diferencijata, intenzivna asimilacija, zatim nedostatak barijera — pokrivača i otkrivene strukture, mogu da izazovu gubitak — rasejavanje elemenata dajući završnu pegmatitsko-pneumatolitsko-hidratermalnu fazu osiromašenu ili gotovo sterilnu retkim elementima. Ovo u mnogome zavisi od vrste asimilacije i uopšte od obogaćenja nekim elementima (B, F, Cl, itd) koji sa drugim retkim elementima stvaraju lakoisparljiva jedinjenja i služe kao nosač korisnih elemenata pri frakcionisanju iz magme doprinoseći obogaćenju kiselih diferencijata. Zato hemijski sastav magme, u zavisnosti još i od usputne asimilacije aluminijskih ili Ca-Mg-Fe stena, naročito ovih zadnjih, može znatno da skrene finalnu akumulaciju retkih elemenata i retkih zemalja rasejavajući ih u apatitu, sfenu, alanitu, titanatima, itd. Porast Al-Si-P povoljno utiče na migraciju retkih elemenata u magmatskom procesu frakcionisanja, pri čemu se stvaraju oksidi i fosfati (kasiterit, uraninit, monacit, ksenotim, rutil, itd.). Zato pri detaljnom razmatranju raspodele, što ovde nije zadatak, treba posebnu pažnju usmeriti na makrosastav magme granitoida ne zbog posebne veze retkih elemenata (osim određenog broja: Rb, Li, Cs, Pb, Ga, Sc, itd.) sa glavnim komponentama, već usled njegovog uticaja na promenu geohemijskog puta (kalkomagnezijska asimilacija) i akumulacije gasovite faze. Tako, u toku diferencijacije i očvršćavanja hibridne magme, u uslovima obogaćenja sfenom, šelitom, i drugim kalcijsko-magnezijskim mineralima, velike količine retkih elemenata ostaju rasejane u magmatskoj ili kasnijoj fazi (Mo, Nb, Sn, U, Th, Be, itd.). Zato se kod kiselih magmi (Si-Al-P) zapaža sa jedne strane obogaćenje kalajem, berilijumom, volframom, U, itd., dok su na drugoj Nb, Ta, Th, U ,itd., opet karakteristični za alkalne magme i njene diferencijate.

U slučaju Be, Sn i Nb, čije nas regionalno rasejavanje posebno interesuje, karakteristično je da se ovi, svakako u zasićenim magmama, znatno rasejavaju u mineralima sa istovremenim obogaćenjem njihovih glavnih koncentratora. Još ranije je J. J e d w a b (lit. 14, 15) zapazio da pojava Sn u jačim sadržajima u muskovitu, a osobito feldspatu, označava oreol ovoga elementa i tim putem utvrdio vezu sa kasiteritom u magmatskom kompleksu. Na drugoj strani, M. R u b (lit. 29) je utvrdila da biotiti kalajnonosnih granitoida sadrže u sebi Sn za razliku od biotita iz granitoida koji ne nose ovaj elemenat ili su njegovi sadržaji znatno niži. S obzirom na ove podatke korisno je pokušati da se preko oreola Sn, Be, Nb ili Mo u mineralima granitoida ukaže na hemijske, odnosno mikrohemijske razlike magmi u oblasti Dinarida i karpato-balkanskog luka (lit. 20), i da se na osnovu ovoga prethodnog osvrta, izdiferenciraju geohemijska metalonosna polja u kojima je izrazit njihov ekstenzitet i intenzitet koncentrisanja u magmi i njenim produktima.

RASPODELA Be, Sn, Nb I Mo U MINERALIMA GRANITIODA

Pri ovome ispitivanju posmatrani su monomineralni koncentrati*) različitih minerala iz granitoida ne vodeći računa o faznosti intruzija ili makrohemijskim karakteristikama. Cilj ove analize je u tome da istakne opšte osobine metalonosnosti i utvrdi grube regionalne razlike u pogledu disperzije ovih elemenata**) u mineralima različitih masiva, odn. njihovih magmi.

Berilijum. — Ako se posmatra pojava berilijuma u mineralima nekih granitoida zapaža se veliki ekstenzitet njegove disperzije. U oblasti spolj-ne i unutrašnje zone Dinarida (počev od Pelagonije do Motajice), što predstavlja samo prostornu sistematizaciju masiva, berilijum se sreće u feldspatima, muskovitu, biotitu, amfibolu, apatitu, turmalinu, granatu, cirkonu, piroksenu i metaličnoj frakciji, i to u zavisnosti od vrste minerala zastupljenih u svakom masivu posebno. Međutim, rasprostranjenost ovog elementa varira kroz različite masive, tako da na području Crnog Kamena, Kokre i Peštana (Pelagonija) dostiže ne samo najveći ekstenzitet već i najjače koncentrisanje u mineralima stena. Posebno se sijenit (Crni Kamen) karakteriše intenzivnom kontaminacijom berilijumom, što se odražava skoro na svim mineralima koji mogu u svojoj strukturi, preko Si ($r_i = 0{,}39$ *Å*), u prisustvu asimilacije Ca-Mg-Fe omotača i visoke temperature stvaranja, da zahvate berilijum ($r_i = 0{,}34$ *Å*). Zato se u ovome magmatskom kompleksu ovaj elemenat rasejava kako u akcesornim tako i u petrogenim mineralima, među kojima u feldspatu, amfibolu, piroksenu, cirkonu ili biotitu dajući primarni oreol disperzije (tabela 1, A). Ovo se odnosi i na druge metasomatske visokotemperaturne pojave (Kokra i Peštane), gde se u pneumatolitskoj fazi koncentriše berilijum u takvoj meri da sama stena sadrži $\sim$ 400 *gr/t* Be. Slične pojave disperzije ovoga retkog elementa sreću se u oblasti Kičeva i Cera, u visokotemperaturnim paragenezama (lit. 10).

Ukoliko se ide dalje prema SZ posmatrane zone (Kitka, Bukulja, Cer, Motajica) menjaju se minerali koncentratori berilijuma, tako da ovu ulogu preuzimaju liskuni — muskovit i biotit, kvarc-feldspatska masa, turmalin i dr.; u frakciji apatita i pirita prisustvo berilijuma je posledica izdvajanja minerala, što u suštini ne smanjuje njegov indikatorski značaj.

Ovakve razlike u vrsti nosilaca berilijuma neosporno proizilaze iz uslova očvršćavanja i slabije, po karakteru drukčije kontaminacije magme (u odnosu na Pelagoniju), zatim od primarnog obogaćenja ovim elementom naglašenog u tolikoj meri da je ovaj rasejan u mineralima. Prisustvo berilijuma, osobito u liskunima, turmalinu i feldspatu, jasno odražava magme bogate isparljivim komponentama — borom i fluorom čija se najveća akumulacija postiže u pegmatitskoj fazi centralnog dela ovoga pojasa. Ovo je očigledno i izrazito se potvrđuje na masivima Kukavice, Željina, na Pasjači, zatim Bukulji, Stalaću, Juhoru, Ceru i Motajici gde se u pegmatitskoj, odn. pneumatolitskoj geofazi sreću jače ili slabije mineralizacije berila. Na Čemernu, pak, sadržaj ovoga elementa u muskovitsko-biotitskim granitima dostiže oko 12 *gr/t*.

---

*) Mineraloške analize vršili: Markov Cvetko i Vlajić Nada; monomineralne koncentrate izdvajali A. Ivović i T. Belić.

**) Spektrohemijske analize: M. Arsenijević, M. Dromnjak i S. Maksimović.

Ustvari, ovakav mehanizam migracije berilijuma u završnoj fazi usmeravan je ranije pomenutim uslovima utiskivanja i, što je veoma važno za formiranje i diferenciranje pegmatita u zatvorenom sistemu, nivoom ognjišta inicijalne magme, povoljnim strukturama u masivu a osobito u krista-

Tabela 1

Berilijum u mineralima granitoida
(Gornja granica sadržaja, gr/t)

Masivi*	Kvarc-feldspat	Amfibol	Muskovit	Biotit	Apatit	Sfen	Turmalin	Granat	Cirkon	Piroksen	Epidot	Rutil	Pirit
A.													
Moslovačka Gora	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Prosara	—	4	—	4	60	—	—	—	—	—	—	—	120
Motajica	25	40	5	40	60	—	—	—	—	—	—	—	120
Cer	30	—	20	—	—	—	12	—	—	—	—	—	—
Bukulja	10	—	20	—	4	—	10	—	—	—	—	—	—
Stalać	6	—	—	—	—	—	4	—	—	—	—	—	—
Kitka	—	—	20	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Peštane	45	—	750	—	—	—	—	15	—	—	300	—	—
Crni Kamen	12	270	—	200	—	—	—	—	300	36	—	—	—
B.													
Suvodol	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Aldinac	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Janja	—	10	—	—	—	—	—	—	—	—	17	—	—
Ravno Bučje	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Tanda	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Rudna Glava	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Plavno	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Neresnica	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

* Minerali na tabeli nisu prisutni u svim masivima; znak — (minus) označava odsustvo elementa bez obzira na pojavu ili odsustvo minerala u masivu (bliže podatke o zastupljenosti minerala u masivima videti: S. Pavlović, 1962-63, lit. 15, 16). Isto se odnosi i na tabele 2, 3 i 4.

lastom omotaču. Faktor dubine ognjišta polazne magme granitoida ove faze, bar za sada, kontroliše se obogaćenjem retkim elementima i, uz slabiju Ca-Mg asimilaciju, hemijskim karakterom magme: kiselije magme vode poreklo iz plićih delova ognjišta bogatog Si i alkalijama, kao i ređim elementima, što znači iz zone dobro diferencirane magme (lit. 9). Sa povećanjem dubine nivoa polazne magme menja se i njen hemizam, niži je stepen primarne diferencijacije; iz dubljih nivoa bazaltnog sloja magme su bazičnije ili bazične i jako osiromašene retkim elementima karakterističnim za kisele magme a samim tim su siromašne gasovitom fazom značajnom u pomenutom smislu.

U skladu sa ovakvim, inače prihvatljivim gledištima, odražavaju se i varijacije hemizma magme u posmatranom dinarskom pojasu. Međutim, činjenica je, da se magmatizam, koji je dao pomenute masive u vidu zaista dosta širokog oreola relativno malih intruzija, odlikuje na čitavom

prostoru retkometalnom berilijumovom specijalizacijom magme. Po nekim autorima (lit. 24) ovi masivi su verovatno izdanci većih batolitskih tela, što bi sasvim bilo u skladu sa povoljnim uslovima diferenciranja retkih elemenata i njihovom stvarnom pojavom u mestimično erodovanom omotaču ili masivima. Na ovaj način posmatran čitav magmatski granitoidni pojas Dinarida sa međuvenačnom masom, bez obzira na vrstu nosilaca berilijuma, jačinu i mesto njegovog koncentrisanja ili varijabilnost hemizma magme, jasno se povezuje sličnim mikrohemizmom ne uzimajući u obzir mlađe magme, odnosno njene sigurno utvrđene predstavnike (Boranja, Kopaonik, Štipski masiv, itd.). Time se, u isto vreme, ocrtava prostrano retkometalno geohemijsko polje, što će dalja i daleko potpunija ispitivanja granitoida Jugoslavije sigurno još bolje i svestranije rasvetliti.

Raspodela berilijuma u mineralima granitoida karpato-balkanskog luka (tabela 1, B) je veoma indikatorska za ovaj geotektonski kompleks i njegov magmatizam. Stalno odsustvo ovog elementa u mineralima ističe se kao veoma značajan odraz hemizma magme — primarnog obogaćenja berilijumom. Retka pojava berilijuma u granitoidima Janje ukazuje na postepeno ali znatno slabljenje jačine disperzije i niže primarne koncentracione nivoe berilijuma u odnosu na magmu Dinarske zone gde se bilo u masivima ili njegovom oreolu često postiže njegova značajna akumulacija. Odsustvo mlađe pegmatitske faze sa berilom na prostoru Stare planine i severoistočne Srbije (Neresnica, Plavno, Rudna Glava ili Tanda) potvrđuje zaključke dobijene preko regionalno posmatrane disperzije berilijuma u mineralima. Usled toga, ovi masivi ne pokazuju berilijumonosne karakteristike i, u tome smislu, magmatsko područje se predstavlja kao posebno geohemijsko polje čija je magma krajnje osiromašena berilijumom.

Imajući u vidu ovakvu raspodelu berilijuma u obe zone, u Karpato-balkanskoj i Dinarskoj, jasno je da postoje isključivo regionalne razlike mikrohemijskog sastava magme intrudovane na širokom prostoru. Time se, kao po pravilu, dinarski pojas prikazuje, iako diskontinuelno, značajno kontaminiran berilijumom i izdvaja se kao jasno definisano geohemijsko metalogenetsko polje za razliku od Karpato-balkanskog područja. Ovakve indikacije u berilijumonosnom geohemijskom polju odražavaju zasićenost magme ovim elementom uz pojavu njegovih minerala, a deficitarnost berilijuma u drugom polju usko se vezuje za nešto drukčiji hemijski karakter granitoida (često preovlađivanje natrijuma nad kalijumom, itd.) prouzrokovan još i, verovatno, većom dubinom nivoa ognjišta polazne magme i intenzivnom asimilacijom.

Kalaj. — Raspodela kalaja je takođe karakteristična po svome ekstenzitetu kroz minerale granitoida dinarskog luka. Sreće se u muskovitu, retko kvarc-feldspatu, biotitu, sfenu, turmalinu, piritu (miks zrna), granatu, piroksenu, amfibolu, epidotu, alanitu i rutilu (tabela 2, A). Pri tome, ekstenzitet raspodele je neophodno posmatrati u odnosu na sfen i rutil, koji su stalni nosioci kalaja usled geohemijske povezanosti Sn-Ti i zamenjivanja kalaja u strukturi titanovih minerala. Ova pojava može da se prostire i na druge minerale nosioce titana (biotit,* titanati), ali se sfen i rutil mogu uzeti kao standardi disperzije Sn i od kojih se može računati

---

* Biotit se javlja kao glavni koncentrator Sn u granitima, ako se razvio na račun količine Ti-minerala, zahvaljujući vezi Sn-Ti ili inkluzijama kasiterita (lit. 10).

stvarno prisustvo oreola ovoga elementa. Pokazalo se u našem slučaju da prisustvo oreola u drugim mineralima obično vodi intenzivnom porastu sadržaja u sfenu kao i rutilu. U vezi sa tim, obogaćenje sfena ukazuje i na prisustvo oreola u drugim mineralima.

Tabela 2

Kalaj u mineralima granitoida
(Gornja granica sadržaja, gr/t)

Masivi	Kvarc-feldspat	Amfibol	Muskovit	Biotit	Apatit	Sfen	Turmalin	Granat	Pirit	Piroksen	Epidot	Rutil	Paramag-netična frakcija
A.													
Moslovačka Gora	—	—	—	35	—	1700	—	—	—	—	60	250	1000
Prosara	—	—	—	—	—	90	—	—	—	—	—	—	—
Motajica	tr.	—	62	25	—	1340	—	100	420	—	100	2500	—
Cer	—	—	tr.	—	—	1300	32	—	30	—	—	—	—
Bukulja	—	—	130	130	—	—	23	70	—	—	10	—	—
Kitka	—	—	24	—	—	450	—	100	—	—	17	—	—
Crni Kamen	—	13	—	250	—	300	—	—	—	180	120	300	—
Peštane	—	—	70	—	—	—	—	30	—	—	11	2300	—
B.													
Suvodol	—	—	—	—	—	120	—	30	—	—	tr.	—	—
Aldinac	—	—	—	—	—	220	—	—	—	—	—	—	—
Ravno Bučje	—	—	—	—	—	350	—	—	—	—	40	—	—
Janja	—	—	—	—	—	1000	—	—	—	—	—	—	—
Tanda	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Rudna Glava	—	tr.	—	—	—	745	—	—	—	—	—	—	—
Plavno	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10 (tr.)	—	—
Neresnica	—	13	—	900	—	1340	—	900	—	—	—	—	—

Tako, u oblasti međuvenačne mase, bolje reći na obodu i unutrašnjem delu dinarskog pojasa, kalaj se odlikuje širinom rasprostranjenja u mineralima izuzimajući osnovne nosioce sfen i rutil koji su u takvim slučajevima obogaćeni ovim elementom. Ali, od posebnog je značaja disperzija Sn u muskovitu, turmalinu, granatu, piroksenu, amfibolu, biotitu i metaličnoj frakciji (pirit, magnetit, ilmenit). Ovako pojačano rasejavanje u pojedinim masivima potvrđuje se nekada nalaženjem kasiterita, čime se zasićenost magme izražava preko disperzije Sn u petrogenim mineralima a takođe i u oreolu intruzije (Pelagonija, Perister, Kitka, Bukulja, Cer, Čemerno, Bujanovac, itd.). To besumnje označava izvesnu specijalizaciju magme, usko zavisnu od primarnog obogaćenja, tektonskih uslova utiskivanja malih intruziva i plićeg nivo dobro diferencirane kiselije magme. Mlađa pegmatitsko-pneumatolitska faza pokazuje takođe rasejavanje Sn u mineralima (lit. 22), a posebno epidoti iz pegmatita (Pelagonija) u kojima se ovaj elemenat koncentriše do 120 *gr/t* ($N = 20$).

U alkalnim kalijskim sijenitima, a takođe i u pneumatolitskim paragenezama (Kokre, Peštane) u muskovitsko biotitskim metasomatskim gnajsevima (do 70 *gr/t*), rasejavanje kalaja se odigralo pod uslovima uti-

skivanja magmatskog zaostatka u bazičnu amfibolsku seriju uz obogaćenje produkata titanom po kome se oblast Pelagonije posebno ističe u ovome retkometalnom polju. Uzimajući u obzir granite i njihov kristalasti omotač u ovoj oblasti (Perister, Babuna, Kitka) zapaža se da kalaj dostiže do 70 *gr/t*, dok se u muskovitsko-biotitskom granitu Čemerna ovaj kreće oko 20 *gr/t*. Povezujući ove činjenice sa mineraloški izraženim kasiteritom u različitim masivima i oreolom disperzije u mineralima, neosporno se pokazuje pravilnost povećanog koncentrisanja Sn u ovome geohemijskom polju.

Ako se ova globalna analiza proširi i na oblast karpato-balkanskog luka odmah pada u oči da je raspodela kalaja po mineralima usko vezana za sfen u granitoidima u kojima je on glavni nosilac (tabela 2, B). Njegova disperzija se širi i na druge minerale kao granat (Neresnica, Suvodol), epidot i alanit (Plavno, Suvodol, Neresnica), zatim na biotit i amfibol (Neresnica). Pa ipak, u sfenu se sadržaj kreće najviše do 1.340 *gr/t* (Neresnica). To se zapaža u slučajevima gde se disperzija širi i na druge minerale.

U tome smislu, masiv Neresnice se karakteriše, za razliku od ostalih masiva ovoga područja, najširom i najintenzivnijom koncentracijom Sn po mineralima, pri čemu ovaj u biotitu dostiže 900 *gr/t*, a takođe i granatu, zahvatajući i amfibol sa 13 *gr/t*. Time se neosporno naglašava obogaćenje magme kalajem u ovom delu. Treba uz to naglasiti da se porast kalaja zapaža i u mlađim fazama koje su donele volframsku mineralizaciju (lit. 4), a posebno je značajno što je u ovoj oblasti utvrđeno prisustvo kasiterita u nanosima (lit. 30).

Na Staroj planini, kalaj se obavezno javlja u sfenu svih granitoida i ne prelazi 1.000 *gr/t*. Srednja vrednost za Sn u sfenu suvodolskog masiva* ($N = 9$) iznosi 69 *gr/t* i, pored indikacija koncentrisanja u mlađim fazama, ima slab ekstenzitet kroz minerale u plutonskom stadijumu (lit. 5).

Međutim, izuzimajući područje Neresnice koje se po geohemijskoj asocijaciji elemenata (Th, Ce, La) izdvaja iz svite istočno-srpskog dela karpato-balkanskog luka, postoje jasne indikacije da je plutonska faza osiromašena kalajem. Ovaj elemenat u ovome geohemijskom kao i dinarskom polju prati efuzivnu, odn. hidrotermalnu fazu sa izgleda nešto većim intenzitetom u mineralizacijama Cu (stanin, itd.). Nasuprot ovoj zoni, dinarska oblast se odlikuje značajnijom kalajnonosnošću i zasićenje magme u plutonskoj fazi (Bukulja, itd.). Usled toga, maksimum koncentrisanja kalaja u granitoidnim masivima karakteriše upravo pojas Dinarida — retkometalno geohemijsko polje.

Niobijum. — Raspodela niobijuma u mineralima granitoida u unutrašnjoj i spoljnoj zoni Dinarida pokazuje tendenciju veoma varijabilne disperzije van glavnih nosilaca — titanovih minerala. Ako se sfen i rutil posmatraju kao glavni koncentratori niobijuma, što oni i jesu u granitima sa alanitom, onda se disperzija i obogaćenje magme, bez obzira na faze intrudovanja granitoida, može da okarakteriše merom učestanosti njegovog pojavljivanja i u drugim mineralima (tabela 3, A). Kod monacitskih tipova granitoida, sa manjom količinom sfena, kao nosilac Nb ($r_i = 0{,}69$ Å) javlja se i biotit i to putem zamene Ti ($r_i = 0{,}74$ Å).

---

*) Sfen se u amfibolskom granitu nalazi u sadržajima oko 1,4%, a u granodioritu oko 3%.

Posmatrana na ovaj način, raspodela niobijuma se širi u ovoj zoni na muskovit, biotit, granat, cirkon, epidot, monacit, pirit, a paramagnetična frakcija nosi znatno povećane sadržaje (Bukulja, Moslovačka Gora, itd.). Ako se ispita obogaćenje sfena i rutila, koji učestvuju u ovim paragenezama, u odnosu na oreol niobijuma u drugim mineralima zapaža se da se baš u slučajevima njegove naglašene disperzije sreću visoki sadržaji u sfenu i rutilu (veći od 3.000 *gr/t)*. Takav porast sadržaja niobijuma obično je praćen i prisustvom niobotitanata. Ova pojava je zastupljena u području Crnog Kamena, a naročito u pneumatolitskim visokotemperaturnim paragenezama u Kokrama i Peštanima (lit. 3), gde se Nb rasejava u različitim mineralima zbog asimilacionih uslova utiskivanja magmatskog zaostatka. Ovde se niobijum sreće u biotitu (80 *gr/t)* zatim alanitu, amfibolu i daviditu dostižući visok stepen rasejavanja, koje je izraženo u vidu izomorfnog zamenjivanja preko Ti ili u obliku niobata inkludovanih i raspršenih u mineralima kontaktnog oreola amfibolske serije i metasomatskih gnajseva (betafit, branerit). U takvim okolnostima niobijum se sreće u sijenitu u sadržajima do 40 *gr/t* ili metasomatskim gnajsevima i hibridnim pegmatitima do 2000 *gr/t*, što označava maksimum obogaćenja magmatskih zaostataka u ovome geohemijskom polju.

Slične tendencije primarne disperzije niobijuma prate i druge granitoide ove zone, a izražene su kroz petrogene ili akcesorne minerale uz prisustvo i niobijumovih minerala (Motajica, Bukulja, Cer, itd.). U svemu tome očigledno je, prihvatajući niobijumove karakteristike ove zone, da se intenzitet zasićenosti magme, ne vodeći računa o sukcesivnoj etapnoj magmatskoj aktivnosti, smanjuje od Pelagonije i titanskog područja preko centralnog dela ovog geohemijskog polja pokazujući oreol disperzije i na zapadnom obodu (Motajica). To označava da se maksimum Nb vezuje za titanonosno područje i hiperalkalnu fazu Crnog Kamena, Peštana i Kokre. Time se celo retkometalno polje dalje diferencira na taj način što niobijum, počev od centralnog dela, ustupa mesto berilijumu i kalaju (Kukavica, Motajica).

U karpato-balkanskom luku primarna disperzija niobijuma očigledno je usmerena na sfen i rutil (tabela 3, B). Mestimična pojava u granatu, epidotu, biotitu, amfibolu ili metaličnoj frakciji ne ukazuje na posebnu primarnu zasićenost magme ovim elementom. U nekim slučajevima (Stara planina) kontaminacija magme i porast količine sfena u masivu verovatno utiču na rasejavanje niobijuma u uslovima prvobitnog osiromašenja. Tako, srednja vrednost za niobijum u sfenu iz granitoida Suvodola ($N = 10$) iznosi 650 *gr/t*, čime se potvrđuje da čak i gornja granica (1.300 *gr/t)* postaje niža nego u sfenu niobonosnih područja. Izuzetak donekle predstavlja pojava disperzije niobijuma u masivu Rudne Glave koja se manifestuje kroz obogaćenje sfena do 2.400 *gr/t*, i, u odnosu na sfen Stare planine, donekle ističe ovo područje. Oreol Nb u biotitu, amfibolu i epidotu iz ove primarne parageneze nagoveštava izvesnu težnju da se ovaj elemenat koncentriše u plutonskom stadijumu dajući, na svoj način, prisustvo blage povezanosti sa magmatizmom u međugraničnoj odnosno dinarskoj prostornoj zoni. Ovakav kriterijum za relativno obogaćenje niobijuma u mineralima je moguć pošto je ovaj elemenat, u slučaju normalnog rasejavanja, zahvaćen određenim brojem minerala i u svome balansu se ne ponaša kao uran, torijum i neki drugi elementi, jako rasejani kroz minerale bez obzira na kritičnu koncentracionu granicu (ovo neosporno važi u određenim uslo-

vima i za njih). Uticaj titanonosnosti biotita na pojavu niobijuma u njima je problem kojim se ne može, zbog nedostatka podataka tačno kontrolisati normalna disperzija niobijuma. Sigurno je, međutim, da se ovaj ne sreće u biotitima nastalim iz magmi nezasićenih niobijumom u području Stare planine.

Tabela 3

Niobijum u mineralima granitoida
(Gornja granica sadržaja, gr/t)

Masivi	Kvarc-feldspat	Amfibol	Muskovit	Biotit	Sfen	Turmalin	Granat	Cirkon	Epidot	Rutil	Monacit	Paramag-netična frakcija	Pirit
A.													
Moslovačka Gora	—	—	—	150	2000	—	—	60	30	1700	700	1700	28
Prosara	—	—	—	—	1700	—	—	—	—	—	—	—	30
Motajica	—	—	50	—	1900	—	—	—	900	4000	—	—	130
Cer	—	—	tr.	—	>3000	30	tr.	—	—	—	—	—	—
Bukulja	—	—	60	250	—	—	—	200	—	—	100	4000	—
Stalać	—	—	—	30	—	—	—	—	—	—	30	1100	—
Kitka (Tisovica)	—	—	20	45	3000	—	50	—	100	—	—	—	45
Crni Kamen	—	—	—	—	3000	—	—	—	—	1000	—	—	—
Peštane	150	—	800	—	—	—	150	1400	—	>4000	—	—	—
B.													
Suvodol	—	—	—	—	1300	—	—	—	—	—	—	—	—
Aldinac	—	—	—	—	1130	—	—	—	—	—	—	—	—
Ravno Bučje	—	—	—	—	1000	—	30	—	20	—	—	60	—
Janja	—	—	—	—	1900	—	—	—	tr.	—	—	—	100
Tanda	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Rudna Glava	—	30	—	25	2390	—	—	—	tr. (25)	—	—	—	—
Plavno	—	—	—	—	—	—	—	—	40	—	—	60	—
Neresnica	—	—	—	—	150	—	—	—	—	—	—	—	—

Zato, zahvaljujući ovakvoj fluktuaciji niobijuma u sfenu i ostalim mineralima, uskom i slabom oreolu disperzije u mineralima granitoida severoistočne Srbije a naročito Stare planine, ističe se osetna razlika u primarnom rasejavanju i obogaćenju magme karpato-balkanskog luka i dinarskog geohemijskog polja. Ovakva odstupanja u tendencijama retkih elemenata, odnosno u hemizmu i dinamici magme ogledaju se i u drugim specifičnostima koje, kao što se videlo, karakterišu Dinarski pojas. Tako, specifičnost asocijacija kao što su Zr-Ti-Nb-Be sastoji se u tome što ova daje nekada minerale izražene u tolikoj meri da predstavljaju korisne koncentracije i jedina veća mineralna nalazišta ove vrste u našoj zemlji. U isto vreme, parageneza Nb-Th-Ti-Zr-Be (Pelagonija) služi i kao značajan geohemijski kriterijum za diferenciranje retkometalnih polja u okviru naše teritorije, a njihovo obogaćenje govori o razlikama, čak i u relativnim granicama istog polja. To proizilazi iz veoma verovatne teorije o dubini osnovnog ognjišta i njegovom mestu u gornjim delovima bazaltnog sloja sa dobro diferenciranom i manje ili više obogaćenom magmom ret-

kim elementima i isparljivim jedinjenjima sposobnim za iznošenje — frakcionisanje elemenata.

Molibden. — Raspodela molibdena u međuvenačnoj zoni i unutrašnjem delu Dinarida kroz minerale uslovljena je njegovim glavnim nosiocima odnosno prisustvom šelita, sfena i rutila. Ostali minerali kao amfibol, epidot, pirit, granat, kvarc-feldspat ili paramagnetična frakcija samo mestimično nose ovaj elemenat (tabela 4. A), ali uvek u niskim sadržajima.

Tabela 4

Molibden u mineralima granitoida

(Gornja granica sadržaja gr/t)

Masivi	Kvarc-feldspat	Amfibol	Muskovit	Biotit	Sfen	Turmalin	Granat	Cirkon	Epidot	Rutil	Pirit	Paramag-netička frakcija	Magnetit
A.													
Moslovačka Gora	1	—	—	1	60	1	2	—	1	600	5	4	—
Motajica	—	—	—	1	10	—	1	—	—	2	50	—	—
Prosara	—	—	—	1	35	—	—	—	—	—	2	—	—
Cer	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Bukulja	—	—	—	—	—	—	3	—	3	—	—	3	—
Kitka (Tisovica)	—	—	—	—	7	—	1	—	—	—	—	—	—
Crni Kamen	—	13	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
B.													
Suvodol	—	—	—	—	300	—	3	—	1	—	—	—	—
Aldinac	—	—	—	—	15	—	—	—	30	—	170	—	7
Janja	—	—	—	—	16	—	—	—	—	—	—	—	—
Ravno Bučje	—	—	—	—	15	—	—	—	1	—	—	—	5
Tanda	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Rudna Glava	—	—	—	—	4	—	3	—	30	—	—	—	—
Neresnica	1	—	—	—	3	—	—	—	1	—	—	—	—
Plavno	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—

Ovako slab ekstenzitet i nisko obogaćenje u petrogenim mineralima dolazi svakako od ograničenog izomorfizma molibdena sa petrogenim elementima. Zato se njegove glavne količine sreću u pomenutim mineralima koji čine uglavnom akcesorne sastojke granitoida, a ograničeni izomorfizam omogućava pojavu molibdenita kao češćeg sporednog sastojka.

Ako bi se posmatrala ova zona preko masiva koji se odlikuju raspodelom berilijuma, kalaja i niobijuma, zapaža se da raspodela molibdena u akcesornom delu minerala nije indikatorska, a prisustvo molibdenita i šelita ipak pruža dokaze da postoji potencijalna zasićenost magme. Ova je najbolje izražena tek u kasnijim magmatskim fazama kroz poznate parageneze W-Mo.

Na drugoj strani, slično se zapaža i u području karpato-balkanskog luka počev od Neresnice, Tande do Stare planine. Sfen, koji je u suvodolskom masivu nešto bogatiji molibdenom, pokazuje niske sadržaje u svim ostalim masivima. Nešto pojačana disperzija ovoga elementa u akcesornim mineralima zapaža se u Rudnoj Glavi preko epidota, a aldinački mikrogranit daje oreol molibdena u piritsko-limonitskoj masi, verovatno

usled primešenog molibdenita. Samo u ovome poslednjem slučaju su u pitanju dejstva mladih granitoida koji su u poslednjoj fazi doneli Cu-Bi--As-Fe-Mo mineralizaciju.

Imajući u vidu sve ove činjenice, raspodela molibdena po mineralima jedva da označava molibdenonosnost starijih faza granitoida. Glavni nosioci molibdena su osiromašeni ovim elementom iako se u takvim masivima sreću mineralizacije molibdena u mlađim fazama. Međutim, druga slika se dobija ako se posmatra akcesorni šelit iz masiva koji su poznati kao mlađi i čije su magme intrudovane u kompleksu starijih ovde posmatranih intruzija. U oba geohemijska polja, u takvom slučaju, sreće se akcesorni šelit žute fluorescencije koji je uvek u vezi sa mlađim akcijama u genetski povezanoj granitoidnoj seriji (lit. 4). Ovaj je uvek obogaćen molibdenom bez obzira na prostornu pripadnost određenim geohemijskim poljima. Tako, zapaža se sledeća raspodela molibdena u šelitima žute fluorescencije:

Boranja	2000—5000	gr/t Mo
Kopaonik	2000—10000	„ „
Surdulica	~ 2000	„ „
Stara planina	do 5000	„ „
SI Srbija (Rudna Glava, Tanda)	2000—30000	„ „
Štip	3000—9000	„ „
Pelagonija (Prilep-Bogomila)	do 6000	„ „
Pohorje (bela fluorescencija)	do 500	„ „
Slavonske planine (bela fluorescencija)	do 400	„ „

Iz ovoga se vidi da je starija faza granitoida (Slavonske planine) zaista osiromašena molibdenom u odnosu na sve gornje masive, ali da ipak nosi znake zasićenosti magme ovim elementom.

Polazeći od toga da raspodela molibdena u berilijumonosnom polju nije izrazito indikatorska, što se ne odnosi i na njegovog saputnika — volfram, u karpato-balkanskom području se to ipak nešto jasnije ističe. Preko sadržaja molibdena u šelitima mlađih faza granitoida veoma jasno se ističe da njegov prostorni oreol zahvata oba geohemijska polja vezujući se, pri tome, za mlađe diferencijate kao što su Boranja, Kopaonik, aldinački mikrogranit na Staroj planini, monconiti SI Srbije, štipski masiv, Surdulica, koji su doneli bilo mineralizacije ili rudne koncentracije Mo ili šelita. Nije slučajno da se ove karakteristike šire i na štipski masiv, pošto su u mlađim diferencijatima (Ogražden — ružičasti mikrogranit) i na rudnim pojavama (Podareš) sreće porast sadržaja molibdena do 100 *gr/t*. Molibden je takođe vezan i za metasomatski oreol u riolitima i na Belasici, dok se kod Vrutoka, u zapadnoj Makedoniji, javljaju i molibdenitske koncentracije.

Usled toga, raspodela molibdena posmatrana na ovaj način usko se vezuje za mlađe magme i potvrđuje shvatanje V. S i m i ć a da su rudne koncentracije molibdena samo derivati nastali diferencijacijom i oživljavanjem magmatizma u kasnijim etapama. U prilog tome ide i činjenica da šelit kao akcesorni sastojak takvih masiva nosi otisak zasićenosti magme

molibdenom i volframom koncentrišući jedan i drugi u uslovima jače kontaminacije magme kalcijumom bilo da su u pitanju granitoidni masivi ili hibridni pegmatiti. Zato se može reći da se primarna molibdenonosnost mlađih magmi, s obzirom na njihov raspored, ne vezuje za izdvojena geohemijska polja, a usmeravana je plićim nivoima ognjišta dobro diferencirane magme. Bogatstvo gasovitom fazom, čiji je asimilacioni efekat značajan u omotaču, a takođe primarno obogaćenje molibdenom i strukturni uslovi dozvolili su da se u pneumatolite, odnosno hidrotermalnu fazu, unesu maksimalne količine molibdena i volframa. Pri tome treba istaći da je disperzija molibdena kroz šelit, u kopaoničkom i drugim masivima, bitno uticala na raspodelu ovog elementa između magmatske i postmagmatske faze smanjujući produktivnost ove poslednje u nekim slučajevima (lit. 8). Međutim faktor visokog primarnog obogaćenja postmagmatskih emanacija ipak je doveo do manje ili više ograničenog orudnjenja molibdenom u oba polja.

NEKA OSNOVNA PITANJA GEOHEMIJSKIH POLJA I METALOGENETSKIH ETAPA

Iz dosadašnje analize bilo preko jednih ili drugih elemenata mogle su se makar i najaviti osnovne orijentacije regionalne raspodele nekih retkih elemenata svrstavajući ih uglavnom u dva metalogena polja, a što je značajno za procenu perspektivnosti i njihovo istraživanje u izdvojenim zonama. Ceo ovaj problem, posmatran sa gledišta primarnih oreola elemenata, ističe sledeća pitanja:

a) plutonska starija faza (u odnosu na molibdenonosne magme) odlikuje se određenom grupom elemenata koja je rasejana kroz minerale ili daje svoje mineralne vrste (Be, Nb, Sn);

b) grupa elemenata provlačeći se kroz starije faze granitoida, najveći ekstenzitet i intenzitet rasejavanja ili, pak, koncentrisanja postiže u mlađim etapama evolucije granitoidne magme (Mo, W, U, itd.). Oreoli ovih elemenata se ne ograničavaju na metalogenetska polja, prevazilaze njihove relativne prostorne granice, ali uglavnom gravitiraju, po svome intenzitetu, prema karpato-balkanskom luku;

c) iako je za sada, a što će biti za duži period, evolucija magmatizma i metalogenetskih etapa nedovoljno jasna, pokazale su se u svakom slučaju konture dva posebna retkometalna geohemijska polja. Neosporno je da ona predstavljaju granična područja geohemijskih provincija u okviru Balkana: retko metalno u oblasti Dinarida i, drugo, u oblasti jugoslovenskog dela karpato-balkanskog luka. Ovo drugo polje je deficitarno naročito u pogledu berilijuma, a zatim niobijuma i Sn (?) u starijim fazama glavnih i inače veoma malih intruzija. Značajnije razlike u ovim poljima dolaze do jačeg izražaja tek u efuzivnim metalogenetskim etapama.

U efuzivnoj fazi se javljaju tipične geohemijske asocijacije elemenata, među kojima i retkih, koje svaku od ovih etapa i, još šire, svako od metalogenetskih polja izrazito razlikuje po finalnoj specijalizaciji magme. Tako, osnovna specifičnost magme u dinarskom luku sastoji se u metalogenetskoj orijentaciji njene efuzivne faze u pravcu obogaćenja olovom,

cinkom i gvoždem, dok u karpatsko-balkanskom luku izrazito dominira Cu i Fe. Ako bi se takva orijentacija predstavila shematski, ova bi izgledala za neke elemente ovako:

Granitoidni magmatizam	Dinaridi	Starije plutonske faze: Be, Sn, Nb, Zr, Ti, Rb, Cs, Th, U, (W i Mo), La, Ce, (Pb-Zn), Fe.
		Mlađe plutonske faze: Mo (Re), W, U, Fe.
		Vulkanska i subvulkanska faza: *Pb*, *Zn*, (In, Ga, Bi, Cd, Ag), Sb, As, (Tl), Hg, Au, (Sn, U), Cu, (Ge?), Fe.
	Karpato-balkanski luk	Starije plutonske faze: Cu, Au, Bi, Th (U, Sn, W, La, Ce, Fe (Pb), (Mo), (As).
		Mlađe plutonske faze: Mo, W, Bi, (Pb-Zn), (Sb), U, As, (Sn), Fe, Cu, (Re).
		Vulkanska i subvulkanska faza: *Cu*, *Fe*, As, Au, (Ge), Sb, (Sn), (Bi), (Pb-Zn, Hg).

(Elementi u zagradama su sa relativno podređenom jačinom koncentrisanja u odnosu na dominirajuće).

Ako se na ovoj najprethodnijoj shemi izdvoje neki elementi kao uran, Th i Mo vidi se da se ovi, migrirajući kroz sve magmatske faze, vezuju za oba geohemijska polja i da molibden i uran uglavnom dominiraju u mlađim fazama. Torijum ne pokazuje neke izuzetne pravilnosti ali ipak postiže najveće obogaćenje u dinarskom polju (Pelagonija), a zahvata i deo karpato-balkanskog luka (Neresnica).

Međutim, u vezi sa gornjom shemom i tendencijama elemenata očigledno je da magmatska retkometalna polja nisu oštro ograničena i mnogi elementi po svome rasprostranjenju prelaze iz jedne u drugu magmatsko-metalogenu oblast u vidu širokih regionalnih oreola i sa osnovnim razlikama u izrazitoj dominaciji jednih u jednom a drugih u drugom geohemijskom polju. Tako, posmatrajući magmatizam i njegove produktivne faze može se sigurno reći da su u dinarskom metalogenom polju vodeći elementi Be, Sn, Nb, Pb-Zn, (In i Ga), As-Sb, (Tl), Rb, Cs, Hg, (Ag, Cd), Th i Fe, dok u karpato-balkanskom luku Cu, Au, As, Fe. Prelazna formacija elemenata (Mo-W, Re, As, Th, U, Ce, Fe, Bi, Au, Sb) u zavisnosti od preovlađivanja glavnih vodećih metala podešavaju svoju migraciju ulazeći u jedinjenja Pb ,bakra (As-Sb, itd.) i gvožđa, obrazuje svoje sopstvene minerale (arsenopirit, antimonit, itd.) ili se nalaze u elementarnom stanju u datoj fazi (Au). U svakom slučaju, diferenciranje magme kroz njene etape nosi svoje obeležje i u vidu karakterističnih parageneza elemenata.

Polazeći od toga da nema oštrih hemijskih granica između granitoida ova dva susedna magmatska kompleksa, a posebno u genetski povezanim serijama treba imati u vidu da se svi elementi javljaju svuda manje ili više rasejani ili koncentrisani. Pri takvom tumačenju, primarno obogaćenje magme, dubina magmatskog ognjišta i asimilacija, kao i strukture, imaju odlučujući uticaj na hemijsku orijentaciju magme i njenu metalo-

genetsku specijalizaciju izraženu na površinskom delu u vidu tipičnih asocijacija elemenata. U prilog ovome ide rasejavanje Pb-Zn, uz stvaranje neznatnih koncentracija (lit. 30), kroz čitavu Karpatsko-balkansku zonu dostižući najveći ekstenzitet i intenzitet u dinarskom geohemijskom polju zajedno sa retkim elementima svoje kategorije (lit. 7). Nasuprot ovome, bakar dostiže maksimum u karpato-balkanskom luku, opet sa svojom grupom retkih elemenata (Ge, itd.), prikazujući na taj način specijalizaciju magmatizma svoje oblasti. Slično je sa antimonom i živom, čiji se maksimumi dostižu u dinarskom polju, a da se i ne govori o indikatorima u plutonskom stadijumu u oba polja (Be, Nb, Sn).

U vezi sa tim, iz razlika u hemizmu magme, koje su V. Simić i drugi istraživači (lit. 24, 25, 19, 18, 17, 13) uzeli kao važnu činjenicu, proizilaze i retkometalna ili metalogena specijalizacija uopšte. To upućuje na analizu ne samo nivoa erozionog preseka, zone asimilacije i anklava, već i nivoa magmatskog ognjišta različitih magmi bilo u području karpato-balkanske geosinklinale ili u dinarskom polju, zahvaćenih hercinskim i drugim orogenetskim fazama. Korelacija hemijskog sastava magme može neosporno mnogo doprineti sagledavanju osnovnih uzroka takvim razlikama, pošto već postoje indikacije da se u dinarskom polju mnogo češće sreću kiseli kalijski diferencijati, dok u karpato-balkanskom luku postoji orijentacija prema gabroplagiogranitskoj magmi sa jasno izraženim natrijskim diferencijatima (na širem prostoru Balkana u Bugarskoj se sreću i kalijski tipovi). Ovome ide u prilog i uska veza Pb i alkalnih elemenata (K, Rb, Cs) pri diferencijaciji pegmatita (Pelagonija) gde olovo postiže takvu zasićenost u magmatskom zaostatku da se u pneumatolitskoj fazi vrši intenzivno metasomatsko zamenjivanje i rasejavanje u mikroklinu — amazonitu (do 1.300 *gr/t)* a u završnom stadijumu se izlučuje galenit (Drenovci, Čanište, Crni Kamen, Izvor Babune). Zasićenost magme olovom indikatorski pokazuje na neophodnost analize hemizma magme koji i uslovljava izvanredno obogaćenje efuzivne faze u dinarskom pojasu.

Mnogo detaljnija ispitivanja svakako će dati sigurnije podatke o raspodeli elemenata kroz etape i magmatske komplekse, a ovim se samo želelo da se pokrenu neki od mnogobrojnih problema izučavanja naše teritorije i magmatske metalogene specijalizacije. Kada se sabere dovoljno hemijskog analitičkog materijala, uporedi hemizam granitoida, masovno prouči raspodela različitih mikroelemenata u stenama i mineralima, izvrši klasifikacija granitoida po apsolutnoj geološkoj starosti, bliže prouče etape razvoja magme i njeno dejstvo na razne vrste omotača, uz potpunija tektonska proučavanja, moći će da se sigurnije odgovori na pitanje metalogene specijalizacije u okviru izdvojenih geohemijskih polja. Za sada je neosporno da postoje uočene razlike koje su u saglasnosti sa svim dosadašnjim podacima prikupljenih u različitim magmatskim kompleksima.

(Predato za štampu septembra 1964. god.).

LITERATURA

1. Алексиев Ел., 1960: — Геохимия на редките и разсеяните елементи вьв Витошкия плутон, кнь. I, стр. 3, Изд. българ. АН, София.
2. Antonović A., 1962: — Metalogena pripadnost arsenovih i antimonovih ležišta i pojava Makedonije i susednih oblasti, V savetovanje geologa SFRJ, Beograd.

3. Arsenijević M., 1960: — O oreolima disperzije Th i U na Crnom Kamenu (Prilep), u štampi ,od 1962. godine. Glasnik prirodnjačkog muzeja, Beograd.
4. Arsenijević M., 1957: — Hemijske primese i nečistoće u jugoslovenskim šelitima, Zbornik radova Geološkog instituta »J. Žujović«, Beograd.
5. Arsenijević M., i Pešić D., 1964: — Retki i rasejani elementi u suvodolskom granitoidnom masivu, Vesnik Zavoda za geološka i geofizička ispitivanja SR Srbije (u štampi).
6. Arsenijević M., 1959: — Germanijum u nekim našim mineralima, Vesnik Zavoda za geološka i geofizička istraživanja SR Srbije, Beograd.
7. Arsenijević M., 1961: — Indijum i galijum u sfaleritima, Glasnik Prirodnjačkog muzeja, Beograd.
8. Arsenijević M., Červenjak Z., 1961: — Renijum u molibdenitima. Glasnik Prirodnjačkog muzeja, Beograd.
9. Билибин J. A., 1955: — Металогенические провинции и металогенические епохи, Гостгеолиздат, кнь., Москва.
10. Vujanović V., 1961: — Mineralogija manganskog ležišta Cer (Kičevo), Glasnik Prirodnjačkog muzeja, serija A, Beograd.
11. Deleon G., Gojković S., Vuksanović M., 1959: — Određivanje apsolutne starosti nekih granita u Jugoslaviji. III Kongres geologa SFRJ, Budva.
12. Димитров C., 1960: — О развитии магматизма и размещении с ними рудных месторождении, Труды всесоюзного петрографическога совещения, кнь., Москва.
13. Ilić M., 1962: — Položaj kvarc-latita u razvoju našeg tercijernog vulkanizma, V Savetovanje geologa SFRJ, Beograd.
14. Jedwab J., 1955: — Caracterisation spectrochimique des granites. Granites à des micas de Gucheno et de Villede Bull. de la Société Belge de Géologie, Tome XIX, p. 526, Bruxelle.
15. Jedwab J., 1957: — Verteilung einiger Spuren elementen in graniten, Anwendung zur geochemisher prospection., Freiberger Forschungsh, C-31, S. 7—10.
16. Jurković I., 1957: — Osnovne karakteristike metalogenetske oblasti srednje bosanskog rudogorja. II Kongres geologa SFRJ, Sarajevo.
17. Karamata S., 1957: — Endomorfne promene u nekim našim granodioritima na kontaktu sa krečnjacima izazvane odvođenjem materije iz magme, II Kongres geologa Jugoslavije, Sarajevo.
18. Majer V., 1953: — Prilog poznavanju stijena monconitskog tipa u istočnoj Srbiji, Vesnik Zavoda za geol. i geofizička istraživanja NR Srbije, Beograd.
19. Marić L., 1957: — Magmatiti u užem području rudnika Bor u istočnoj Srbiji, posebno izdanje SAN, Beograd.
20. Mikinčić V., 1953: — Geološka karta FNR Jugoslavije, Beograd.
21. Nikolić D., 1962: — Beril Jugoslavije, V Savetovanje geologa Jugoslavije, Beograd.
22. Nikolić D., 1963: — Pegmatiti SFRJ. Fond stručnih dokumenata ZNS. Beograd.
23. Pavlović V., Arsenijević M., 1956: — Talijum u Alšaru i nekim As-Sb ležištima, Trudovi Geološkog zavoda SR Makedonije, Skopje.
24. Pavlović S., Sikošek B., Ristić M., 1963: — Geološka, tektonska i petrohemijska proučavanja nekih granitoida Jugoslavije i njihova metalogenija, Jugoslavensko-poljski simpozijum, Herceg-Novi.
25. Pavlović S., Ristić M., 1962: — Petrološka, geohemijska, tektonska proučavanja nekih granitoida Jugoslavije i karakter njihove metalogenije, V Savetovanje geologa SFRJ, Beograd.
26. Pešut D., 1962: — Tercijerna ležišta Pb-Zn. V Savetovanje geologa Jugoslavije, Beograd.
27. Rakić S., 1962: — Klasifikacija genetskih tipova Pb-Zn ležišta tercijernog magmatizma dinarida na osnovu karaktera mineralnih parageneza, V Savetovanje geologa SFRJ, Beograd.
28. Ramović M., 1957: — Ležišta mineralnih sirovina Bosne i Hercegovine, II Kongres geologa SFRJ, Sarajevo.
29. Руб Г. М., 1960: — Гранитоиды приханкайского района и основные чорты их металлоносности, кнь. Выпуск 33, Издат. АН СССР, Москва.

30. Simić V., 1953: — Magmatizam i metalogenija naših granitoidnih stena u vezi sa volframovim orudnjenjem. Vesnik Zavoda za geološka i geofizička istraživanja SR Srbije, Beograd.
31. Smejkal S., 1962: — Metalogenija tercijarnog magmatizma u dinaridima i rodopima, V Savetovanje geologa Jugoslavije, Beograd.
32. Таусон Л., 1962: — Геохимия редких элементов в гранитоидов, кнь., Госгеолиздат, Москва.

Рюзиме

МИЛОРАД АРСЕНИЈЕВИЋ*)

РАЗПРЕДЕЛЕНИЕ Be, Sn, Nb И Mo В МИНЕРАЛАХ ГРАНИТОИДОВ КАК ИНДИКАТОР ГЕОХИМИЧЕСКИХ ЗОН В ПОЯСАХ ДИНАРИД И КАРПАТО-БАЛКАНА В ЮГОСЛАВИИ

В этой статье трактуются осннновные черты разпределения Be, Sn, Nb и Mo в минералах гранитоидов. При этом анализе утвержденые разницы между микрохимизмом магм которые создали гранитоидные массивы в поясах Динарид и Карпатобалкана в нашей стране. В динарском поясе насищенние магмы бериллием, Sn, и Nb характеризует их дисперзия не только через акцессорную часть, но даже и через главные минералные компоненты породи. Такая правилность и признаки отсуствуют в карпато-балканской зоне для бериллия, а у олова (с одступлением в случае масива Нересницы, северо-восточная Сербия) тоже уменьшается экстензитет в минералах не смотря на главные носители (сфен и рутил); ниобий показивает похожие тенденции. Молибден в раньших фазах, за исключением для W, очень слабо засищение магмы индицирует, пока более молодие магмы, с ним генетуческие связанные, являются обогащенними и в плутоническую стадию (шеелит) и особенно в постмагматическом процессе рудонакопления (MoS_2 шеелит), не связываясь отчетливо за отдельные геохимическо--металлогенические зоны — Динариды и Карпато — балканский геотектонический комплекс.

Эфузивная фаза, как продолжение гранитоиднаго магматизма во времени, тоже в издиференцырованных геохимических зонах, следует закономерность замеченную в плутоническую стадию. Ее характеризуют специфичные геохимические ассоцияции элементов, особенно по их интензитете в парагенезисах, в крайних фазах магматических действий. Этим способом в „динарской“ зоне ведущими металлами являются Pb-Zn (As-Sb-Hg) с свойей группой редких элементов (In, Ga, Cd, Ag, итд.), пока в „карпато-балканской“ геохимическом зоне преобладающим металлом представлятся Cu со своими спутниками — редким элементами (Ge, итд.). Пространственные ореолы Pb-Zn или Cu (а тоже и других металлов) выраженые в одной и другой зоне, но их доминирующая роль характеризует только одно из них. Это говорит, в тот же время, о действительных разницах в макрохимическом составе

*) Институт для исследование ядерного сирья.

и металлогенической специялизации магм, а также о различных глубинах их очагов в отдельных геосинклинальных — ослабленных поясах а, потом, влиянии ассимйлляцией зависимой от химического характера покрова интрузии.

С другой стороны, первичные орсолы Sn, Be, Nb и Mo в минералах очень ясно подтверждают связь между выраженными минералами этих элементов, либо в плутоне либо в пегматитово — пнеуматолитическом процессе (берилл, касситерит, ниобаты, молибденит, шеелит, итд.) или в ореоле интрузии и первичным обогащением магм в поясе Динарид. Такие данные должны отражаться и на исследованнию их полезных концентрации.

Radovi Instituta za geološko-rudarska istraživanja i ispitivanja nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, sv. 3, 1967. god.

MILAN PETROVIĆ

PRILOG REŠENJU PROBLEMA EKONOMIČNIJEG POSLOVANJA KOD PROSPEKCIJE URANA IZ VAZDUHA

(Sa 4 slike i 4 tabele)

S a d r ž a j. U članku se ukazuje na mogućnost racionalnijeg korišćenja letačkog vremena. Daje se optimalni poluprečnik udaljenja helikoptera pri radu u zavisnosti od cene 1 h letenja i troškova selidbe grupe iz baze u bazu. Takođe se, na osnovu dosadašnje prakse u našoj zemlji i planske cene 1 h letenja u 1964. godini, koristeći razmatranja koja čine osnovu članka, daju i brojčane vrednosti mogućih ušteda.

Velika količina časova letenja kod prospekcije urana iz vazduha se gubi na prelete baza — teren ispitivanja i obratno. Kao što se vidi sa tabele 1 gubici ove vrste kod nas u periodu 1961—1963. g. se kreću između 13,3 — 15,3% (u proseku 14,4%) od ukupne količine časova letenja potrebne za izvršenje zadatka. Uzimajući u obzir činjenicu da postoje i drugi gubici (rad u jednom smeru i dr.) od interesa je da se sagleda mogućnost maksimalnog korišćenja vremena letenja za direktan rad na prospekciji, odnosno da gubici vremena za prelete budu što manji.

Ovakva situacija je u prvom redu uslovljena nepovoljnim razmeštajem pogodnih naselja za ishranu i smeštaj grupe, zatim u manjoj meri održavanjem tehničkih sredstava (helikopteri i aparati) i reljefom.

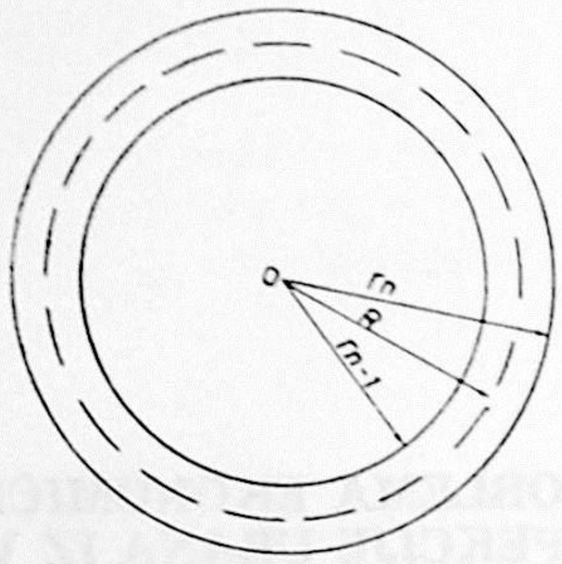
Tabela 1

	Jed. mere	1961.	1962.	1963.
Prospektovana površina	km^2	5714	5050	5410
Utrošeni časovi letenja na prospekciji	h	841	678,8	713,8
Preleti baza — teren ispitivanja i obratno	h	128,6	90,4	103,6
Preleti u odnosu na utrošene čas. letenja	%	15,3	13,3	14,5

Cilj nam je da prikažemo koliki su materijalni gubici pri različitom rastojanju baza — teren ispitivanja. Ovo je mnogo značajnije za helikoptere nego za odgovarajuće avione, jer je vreme zadržavanja helikoptera u vazduhu i brzina kretanja manji, a troškovi eksploatacije znatno veći.

A. OPŠTE REŠENJE PROBLEMA

Sa sl. 1 se vidi da je potrebno vreme za prelete (t_n) kod obrade površine prestena između poluprečnika r_{n-1} i r_n dato sledećim izrazom:



Sl. 1.

$$t_n = \frac{(r^2_n - r^2_{n-1})\,\pi}{k} \cdot \frac{2\,(r_n + r_{n-1})}{2v} = \frac{\pi}{kv}(r_n + r_{n-1})^2\,(r_n - r_{n-1}) \qquad (1)$$

k — (km²/let) — prosečni učinak po jednom letu; uglavnom zavisi od razmere ispitivanja, brzine letenja i konfiguracije terena,

v — (km/h) — brzina letenja.

Ako $r_n \to r_{n-1}$ R formula (1) se može uzeti u diferencijalnom obliku:

$$dt = \frac{\pi}{kv}(2R)^2\,dR, \text{ odnosno}$$

$$t = \int_0^R \frac{\pi}{kv}(2R)^2\,dR$$

$$t = \frac{4\pi}{3kv}R^3 = \frac{4{,}19}{kv}R^{3*}) \qquad (2)$$

Izrazom (2) dato je vreme za prelete potrebno pri prospekciji kružne površine sa poluprečnikom R. Međutim, pri strogo geometrijskoj raspodeli baza, po temenima ravnostranih trouglova (sl. 2) postoji izvesna površina koja se nalazi na rastojanju većem od poluprečnika R. Znači treba naći

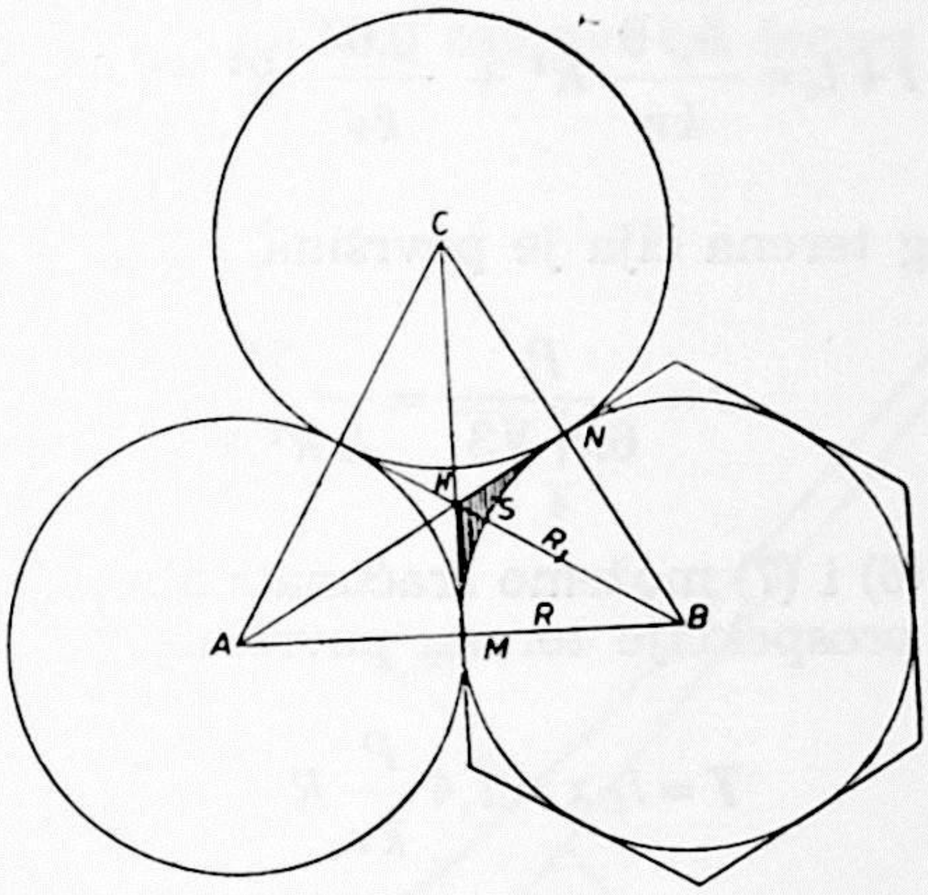
---

*) Isti rezultat se može dobiti ako se analogno izrazu (1) formira red. Tada, u slučaju $r_n - r_{n-1} = 1$ (jedinični prsten), imamo:

$$t = \frac{\pi}{kv}\sum_{r_n=1}^{r_n=R} (2r_n - 1)^2$$

Već za $R = 5$ imamo grešku manju od 0,1% u odnosu na vreme t dato izrazom (2).

odgovarajuće vreme potrebno za prelete prilikom obrade ove površine (t_c), koje će takođe biti u funkciji poluprečnika R. Kako se pomenuta površina nalazi između konture šestougaonika i upisanog kruga u njemu, to ćemo sračunati njenu vrednost i odrediti poluprečnik R_1 onoga kruga čija je površina jednaka površini šestougaonika. Smatramo da ne činimo veliku grešku pri ovakvom postupku, jer kao što će se videti dodatna površina nije velika.



Sl. 2.

$$R < R_1 < R_1 = \frac{2R}{\sqrt{3}}$$

$$P_{HNS} = \frac{R_1^2\sqrt{3}}{8} - \frac{R^2\pi}{12} = \frac{R^2}{6}\left(\sqrt{3} - \frac{\pi}{2}\right)$$

Pošto na jednu bazu dolazi $12p_{HNS}$ to će ukupna dodatna površina P_D biti:

$$P_D = 12p_{HNS} = R^2(2\sqrt{3}-\pi) = R^2\pi\frac{2\sqrt{3}-\pi}{\pi} = 0,1\,\pi\,R^2 \qquad (3)$$

Na osnovu izraza (3) i obrasca za kružni prsten formiramo sledeću jednačinu:

$$R^2(2\sqrt{3}-\pi) = (R_1^2 - R^2)\,\pi, \text{ odnosno}$$

$$R_1 = R\sqrt{\frac{2\sqrt{3}}{\pi}} \qquad (4)$$

Analogno formuli (1), koristeći izraze (3) i (4) imamo za vremensku korekturu t_c sledeći obrazac:

$$t_c = \frac{R^2(2\sqrt{3}-\pi)}{k}\,2\,\frac{R+R\sqrt{\frac{2\sqrt{3}}{\pi}}}{2v} = \frac{0,64}{kv}R^3 = 0,16\,t \qquad (5)$$

Upoređujući formulu (3) sa površinom kruga poluprečnika R, kao i formule (5) i (2) vidi se da dodatna površina (P_D) čini 10% površine kruga poluprečnika R, a vreme potrebno za prelete pri obradi dodatne površine (t_c) iznosi 16% vremena (t) potrebnog pri obradi površine kruga poluprečnika R.

Ukupno vreme t_U izgubljeno na prelete pri obradi šestougaonika (sl. 2) biće:

$$t_U = t + t_c = \frac{4{,}19}{kv} R^3 + \frac{0{,}64}{kv} R^3 = \frac{4{,}83}{kv} R^3 \tag{6}$$

Za obradu nekog terena čija je površina P potrebno je imati x baza:

$$x = \frac{P}{6\frac{R_1^2\sqrt{3}}{4}} = \frac{P}{2R^2\sqrt{3}} \tag{7}$$

Koristeći izraze (6) i (7) možemo sračunati ukupno vreme koje se gubi na prelete prilikom prospekcije terena površine P:

$$T = t_U x = 1{,}4 \frac{P}{kv} R \tag{8}$$

Ako je cena jednog časa letenja kod prospekcije D_1 (din/h), tada će ukupni novčani gubici uslovljeni preletima (G_T) biti:

$$G_T = T D_1 = 1{,}4 \frac{P D_1}{kv} R \tag{9}$$

Da bi našli optimalni poluprečnik (R_{opt}) potrebno je znati troškove uslovljene preseljavanjem grupe iz baze u bazu. Ti troškovi mogu da variraju u dosta širokom intervalu i uglavnom zavise da li se tog dana radi (i koliko se radi) ili ne radi na prospekciji, jer se svi troškovi pokrivaju prospektovanom površinom. Ako sa D_2 označimo troškove selidbe tada ćemo za obradu čitave površine P imati ukupne troškove ove vrste (G_S):

$$G_S = (x-1) D_2 = \frac{P D_2}{3{,}46 R^2} - D_2 \tag{10}$$

Pošto funkcija $G_T(R)$ raste srazmerno porastu poluprečnika R, a funkcija $G_S(R)$ opada sa kvadratom poluprečnika R (sl. 3), to da bismo odredili optimalni poluprečnik (R_{opt}) treba da nađemo minimum funkcije $G_U(R) = G_T(R) + G_S(R)$. Poluprečnik koji odgovara minimumu biće optimalan, tj. prilikom obrade dela terena iz jedne baze treba obrađivati površinu onog šestougaonika kod koga upisani krug ima poluprečnik R_{opt}.

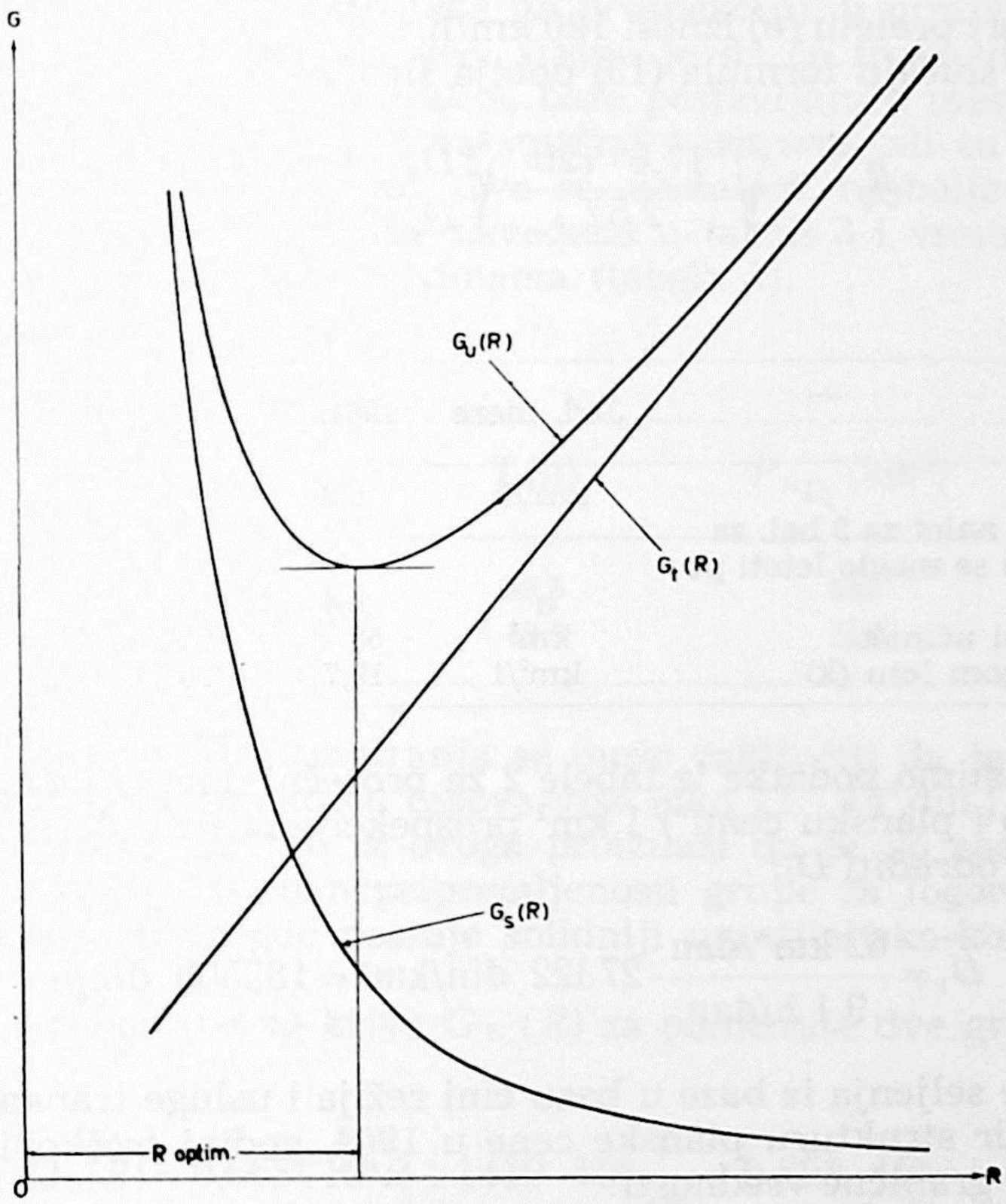
$$G_U(R) = 1{,}4 \frac{P D_1}{kv} R + \frac{P D_2}{3{,}46 R^2} - D_2 \tag{11}$$

$$G'_U(R) = 1{,}4 \frac{P D_1}{kv} - \frac{2PD_2}{3{,}46 R^3} = 0 \tag{12}$$

Rešenjem jednačine (12) po R dobija se optimalni poluprečnik:

$$R_{opt} = \sqrt[3]{\frac{kv}{2{,}52} \cdot \frac{D_2}{D_1}} \tag{13}$$

Znači, pod uslovom da su k i v za jednu vrstu letilice i način rada ustaljeni, optimalni poluprečnik zavisi od odnosa troškova seljenja prema ceni jednog časa letenja po zadatku, zapravo od trećeg korena pomenutog odnosa.



Sl. 3.

Stavljajući vrednost R_{opt} u izraz (11) dobijamo minimalne troškove $G_U\ (R)_{min}$:

$$G_U\,(R)_{min} = 0{,}89\,P \sqrt[3]{\frac{D_1^2 D_2}{k^2 v^2}} + 0{,}39\,P \sqrt[3]{\frac{D_1 D_2^2}{kv}} - D_2 \tag{14}$$

Funkcija $G_U\ (R)$ nije simetrična u odnosu na ordinatu $R = R_{opt}$ (sl. 3). Vidi se da su gubici pri obradi neke površine iz jedne baze sa procentualno istim odstupanjem od R_{opt} nejednaki. Gubici su veći kada se obrađuje površina sa manjim nego sa većim poluprečnikom od R_{opt}.

B. DOBIJENI REZULTATI U PRAKSI

Analiziraćemo formulu (13) s obzirom na parametre: k, v, D_1 i D_2 koji se sreću pri radu u našoj zemlji.

Da bi se našao optimalni poluprečnik (R_{opt}) potrebno je u prvom redu znati parametre k i v. Smatramo da ne činimo veliku grešku, ako uzmemo za srednju vrednost parametra k podatke dobijene u periodu 1961—1963. god. (tabela 2). Pošto je u ovom periodu razmera ispitivanja bila ujednačena (oko 1 : 16.000), a obrađivani su tereni sa širokim intervalom apsolutnih visina, od nekoliko stotina do 2.500 m, to je vrednost $k = 17{,}6$ km²/ letu dovoljno reprezentativna i može se koristiti pri planiranju radova. Brzina helikoptera pri preletu (v) iznosi 120 km/h.

U ovom slučaju formula (13) dobija sledeći oblik:

$$R_{opt} = \sqrt[3]{\frac{17{,}6 \cdot 120}{2{,}52}} \sqrt[3]{\frac{D_2}{D_1}} = 9{,}45 \sqrt[3]{\frac{D_2}{D_1}} \qquad (13a)$$

Tabela 2

	Jed. mere	1961.	1962.	1963.	Srednja vrednost
Srednji učinak	km²/h	6,2	6,8	7,6	6,9
Srednji dnevni nalet za 2 hel. za dane kada se moglo leteti po zadatku	h	9,4	9,6	8,4	9,1
Prosečni dnevni učinak	km²	58	65	64	62
Učinak po jednom letu (k)	km²/l	16,7	18,6	17,4	17,6

Ako koristimo podatke iz tabele 2 za prosečni dnevni učinak i za srednji nalet, kao i plansku cenu*) 1 km² prospekcije iz vazduha u 1964. godini tada možemo odrediti D_1:

$$D_1 = \frac{62 \text{ km}^2/\text{dan}}{9{,}1 \text{ h/dan}} \cdot 27322 \text{ din/km}^2 = 185500 \text{ din/h}$$

Troškove seljenja iz baze u bazu čini režija i usluge transporta**). Uzimajući u obzir strukturu planske cene u 1964. godini troškovi seljenja D_2 imaju sledeće granične vrednosti:

$$370000\ (D_2'') \leq D_2 \leq 898000\ (D_2')$$

D_2'' — prilikom seobe normalno se radilo na prospekciji
D_2' — prilikom seobe nije se radilo na prospekciji, mada su vreme i tehnička sredstva to dozvoljavala.

---

*) Uključeni su svi troškovi koji proizilaze kod prospekcije urana iz vazduha. Provera anomalija se izuzima.

**) $D_2 = \sum_{i=1}^{i=10} d$: d_1 — lični dohoci, d_2 — usluge saobraćaja, d_3 — usluge teh. službi, d_4 — usluge elektron. odeljenja, d_5 — usluge trećih lica, d_6 — dnevnice, d_7 — amortizacija, d_8 — osiguranje, d_9 — pogonska i upravna režija i d_{10} — doprinos fondu za naučni rad.

Stavljajući u formulu (13a) vrednosti za D_1 i granične vrednosti D_2, dobijamo optimalne poluprečnike R_{D_2}:

$$R'_{D_2} = 16{,}5 \text{ km, i}$$
$$R''_{D_2} = 11{,}8 \text{ km}$$

Na tabeli 3 su date karakteristične vrednosti nekih razmatranih veličina za navedene vrednosti R_{D_2}, uzimajući u obzir površinu terena $P = 5440\ \text{km}^2$. Vidi se da postoji mogućnost minimalnih troškova za prelete (oko $11{,}7 \cdot 10^6$ din) u slučaju dobro organizovanog posla (preseljenje ne uslovljava umanjenje ili prekid rada na prospekciji), u protivnom slučaju troškovi su za oko $3{,}5 \cdot 10^6$ din. veći. Jasno je da će troškovi biti osetno veći ako se, kao što je to sada praksa, baze postavljaju u mestima u kojima istina postoje pogodni uslovi za smeštaj i ishranu, ali su zato međusobno udaljena više desetina km. Ovo se, uostalom. najbolje vidi upoređujući potrebno vreme za prelete navedeno u tabeli 3 i vreme za prelete koje smo imali u prethodnim godinama (tabela 1).

Tabela 3

R_{D_2} (km)	G_U (10^6din)	T (h)	P_{KD_2} (km²)	x
16.5	15,27	59,5	945	6
11.8	11,68	43,0	500	9

Na osnovu ovakvih razmatranja se može zaključiti da je u 1963. godini utrošeno na prelete oko 60 časova više (oko $11 \cdot 10^6$ din.) iako je broj baza bio skoro dovoljan (7). Iz ovoga proizilazi da je do sada razmeštaj baza bio nepovoljan. Usled nepripremljenosti grupe za logorski život, za baze su uzimana mesta gde postoje solidniji ugostiteljsko-komunalni objekti.

Na slici 4 prikazane su krive $G_U(R)$ za pomenute dve granične vrednosti D_2:

$$G_U(R) = 0{,}665 \cdot 10^6 R + 1410 \cdot 10^6 \frac{1}{R^2} - 0{,}898 \cdot 10^6, \text{ i}$$

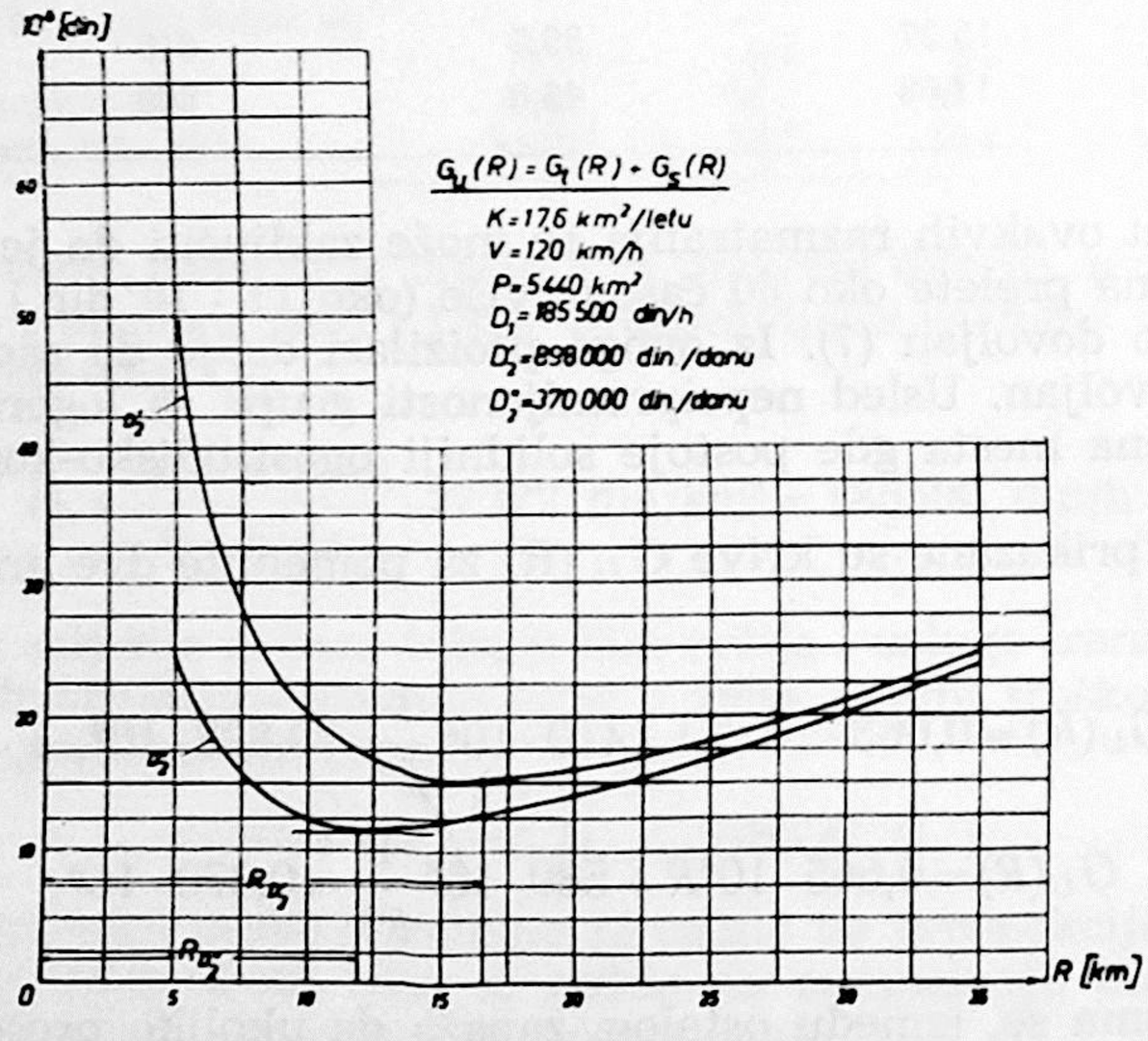
$$G_U(R) = 0{,}665 \cdot 10^6 R + 580 \cdot 10^6 \frac{1}{R^2} - 0{,}370 \cdot 10^6$$

Sa dijagrama se, između ostalog, zapaža da ukoliko preseljenje ne bi uslovljavalo normalan rad na prospekciji i pod uslovom da gubici ne pređu $G_U(16{,}5) = 15{,}27 \cdot 10^6$ din., moguće je ispitivati površinu šestougaonika čiji je poluprečnik upisanog kruga 21 km. Ovaj podatak samo naglašava potrebu za rad i u dane kada se vrši preseljenje grupe iz mesta u mesto na terenima gde prirodni uslovi onemogućuju povoljniji raspored baza. Smatramo da su kod nas, makar za helikoptere, retki tereni gde se ne bi našli uslovi za sletanje i smeštaj ljudstva na međusobnim rastojanjima od oko 40 km. Sa dijagrama (sl. 4) i tabele 4 zapaža se ono što je već na-

Tabela 4

nR_{D_2} / R_{D_2}		$0{,}6R_{D_2}$	$0{,}8R_{D_2}$	R_{D_2}	$1{,}2R_{D_2}$	$1{,}4R_{D_2}$
16,5	$G(nR_{D'_2})$ × (10^5 din)	20,08	15,97	15,27	15,90	17,08
	$\frac{G(nR_{D'_2})}{G(R_{D'_2})}$ × 100	132	105	100	104	112
11,8	$G(nR_{D''_2})$ × (10^5 din)	15,85	12,43	11,68	11,91	12,75
	$\frac{G(nR_{D''_2})}{G(R_{D''_2})}$ × 100	136	107	100	102	109

pomenuto ranije u vezi simetrije funkcije $G_{\cup}(R)$, tj. različiti je udeo troškova obradom površine iz jedne baze za apsolutno isto umanjenje ili



Sl. 4.

uvećanje optimalnog poluprečnika. Tako na primer 40% manji poluprečnik uslovljava gubitke, kod $R_{D'_2} = 16{,}5$ km, od $4{,}7 \cdot 10^6$ din, a 40% veći poluprečnik svega $1{,}7 \cdot 10^6$ din. veće od gubitka pri optimalnom poluprečniku.

Slična je situacija i kod $R_{D''_2} = 11{,}8$.

ZAKLJUČAK

Pri radu na prospekciji urana iz vazduha optimalno udaljenje letilice od baze, pri određenoj vrsti letilice i ustaljenom načinu rada, zavisi od trećeg korena odnosa između troškova seljenja grupe iz baze u bazu i cene jednog časa letenja.

Pomenuti odnos kod nas se kreće od 2—5, zavisno da li se za vreme seljenja normalno radi na prospekciji (vremenske prilike i uređaji to dozvoljavaju) ili se ne radi. Analogno ovom intervalu imamo i odgovarajuće optimalno udaljenje koje bi trebalo da bude između 11,8 i 16,5 km.

Iz dosadašnje naše prakse proizilazi da su gubici zbog rđavog razmeštaja baza značajni. Pored direktnih gubitaka u časovima letenja, koji razumljivo utiču na cenu 1 km^2 prospekcije, čitav sezonski posao se, s obzirom na ustaljen obim prospekcije produžuje za oko 18 dana.

Ovakva situacija nameće potrebu smišljenijeg planiranja razmeštaja baze na terenu.

Smatramo da je celishodno učiniti izvesne materijalne troškove sa ciljem organizacije logorskog života .Verujemo da će izdaci za ovo biti osetno manji nego što su izdaci za suvišne prelete.

(Predato za štampu marta 1965. g.).

Summary

MILAN PETROVIĆ*)

A CONTRIBUTION TO THE SOLUTION OF THE PROBLEM OF THE MORE ECONOMICAL ORGANIZATION OF AIR-BORNE PROSPECTION FOR URANIUM

The considerable costs in the air-borne prospection for uranium are connected with the flights between the base-camp and the field. These costs may reach a particulary high level in the case of an helicopter. The relatively short time spent in the flight, low cruising speed and the high costs of the up-keeping suggest that the all unnecessary flights, uncluding those from the base-camp to the field, should be reduced as much as possible. In the other hand, too often re-location of the base-camp could also increase the cost. Another factor which influence the costs represents the idle periods during the re-location, particulary when the weather and other conditions were favourable.

Basicaly, the main problem is how to obtain the optimal distance between the base-camp and the field as a function of the costs per hour of fligth (D_1) and the costs of the re-location of base-camp (D_2); the method of prospection (k) and the flying speed (v), are constant.

This article treats the case when the prospection is carried-out on an hexagonal surface of the inner radius R. In such a case it is possible to

*) Institute for Nuclear Raw Materials, Beograd.

find-out the time of flight as well as the necessary time for the prospection of an area of surface P from x number of base-camps. In that case the total cost will be G_t ($G_t = TD_1$).

The cost of re-location will be G_s ($G_t = /x - 1/ D_2$).

The total loss (G_u) represents a sum of the costs of flight and relocation. The radius R, representing a minimum of the function G_u, would reach an optimal level (R_{op}).

Comparing the necessary time of flight treated in this way with the time lost in flight in this country during the last few years, it could be concluded that some additional costs of organization of camping facilities could be payed-off due to the fact that these costs are much lower than the costs of unnecessary flights.

Radovi Instituta za geološko-rudarska istraživanja i ispitivanja nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, sv. 3, 1967. god.

SLOBODAN VUKAŠINOVIĆ

ZNAČAJ MAGNETNIH MERENJA PRI ISTRAŽIVANJU NAFTE SA OSVRTOM NA EKSPERIMENTALNA AEROMAGNETSKA ISPITIVANJA U VOJVODINI

(Sa 2 slike)

S a d r ž a j. Dosadašnja geofizička istraživanja nafte u Vojvodini ograničavala su se uglavnom na primeni seizmičke i gravimetrijske metode; magnetna (nazemna) merenja izvedena su jedino u jugoistočnom delu Banata. U radu se ističe potreba izvodenja sistematskih magnetnih ispitivanja na naftonosnim terenima; ovo zbog toga jer se primenom magnetne metode mogu postići rezultati koji će umnogome olakšati interpretaciju podataka drugih geofizičkih merenja, a time i uspešnije istraživanje naftonosnih struktura. Insistira se da magnetna ispitivanja budu izvedena iz vazduha s obzirom na izvesne prednosti ovih u odnosu na nazemna merenja. O mogućnosti uspešne primene aeromagnetne metode svedoče i rezultati eksperimentalnih ispitivanja (na terenu Vojvodine), koji su dati u ovom radu.

U aprilu 1961. godine izvedena su eksperimentalna aeromagnetska ispitivanja u Vojvodini sa ciljem da se oceni mogućnost primene ove metode za rešavanje strukturnih zadataka i za računanje dubina do kristalinske podloge. Odredivanje reljefa kristalinske podloge, uz odredbu zona najverovatnijeg razvića boranih struktura, je najvažnije u problematici istraživanja nafte i gasa. Metode koje se pri tome uglavnom primenjuju, uz postizanje dosta pouzdanih podataka, su svakako geofizičke. Nije preterano reći da bi bez geofizičkih ispitivanja mnoga poznata svetska naftonosna polja ostala neotkrivena. Ovo je uslovljeno načinom pojavljivanja ležitša nafte, koja su najčešće bez vidnih manifestacija na površini terena. Od geofizičkih metoda naročito se intenzivno primenjuju seizmičke i gravimetrijske metode. Međutim poznato je da su seizmička ispitivanja dosta skupa (u odnosu na druge geofizičke metode), a podaci dobijeni gravimetrijskim merenjima znatno su otežani za interpretaciju uticajem reljefa kristalinske podloge. Zbog toga se nameće potreba za što racionalnijim seizmičkim ispitivanjima i za saznanjem o izgledu reljefa podloge mlađih sedimentnih stena. Zahvaljujući činjenici da najčešće postoji razlika u magnetskom susceptibilitetu između stena koje izgrađuju podlogu i mlađih sedimenata, moguće je magnetskim ispitivanjima dobiti dosta pouzdane podatke o izgledu paleoreljefa. Otuda je razumljivo nastojanje da se uz angažovanje seizmičkih i gravimetrijskih metoda, koje su do sada dale dobre rezultate, uvedu i intenzivnija magnetska merenja.

Dosadašnjim istraživanjima nafte u Vojvodini ustanovljeno je:

a) da su rezultati gravimetrijskih merenja, odnosno anomalije ubrzanja sile teže, posledica uticaja reljefa kristalinske podloge i da na taj način predstavljaju dosta vernu sliku izgleda paleoreljefa (uticaj blago zatalasanih mlađih sedimenata je nažalost sasvim neznatan). Anomalije višeg intenziteta najčešće bi odgovarale plićim delovima podloge i obrnuto (pod uslovom da nema promena u petrografskom sastavu podloge — gustini),

b) da se seizmičkim ispitivanjima pored odredbe granice između podloge i sedimentne formacije, može odrediti (istina ne uvek) i granica između miocena i pliocena, čije su tvorevine nosioci nafte,

c) da rezultati magnetskih ispitivanja najčešće ne daju sliku o izgledu reljefa podloge, već raspored magnetičnih stena u kristaliniku.

Dakle izlazi da se magnetskim ispitivanjima u Vojvodini ne dobijaju rezultati koji imaju nekog praktičnog značaja. To je zaključak na osnovu dosadašnjih izvršenih ispitivanja (1, 2 i 4). Međutim, treba naglasiti da je magnetskim merenjima obuhvaćen mali deo terena, te po našem mišljenju, zaključak ne treba generalisati za čitavu Vojvodinu. Ovo tim pre što su rezultati i ostalih geofizičkih ispitivanja samo delimično provereni, na manjem broju lokalnosti gde su izvršena bušenja. Pa čak i kada bi ostali pri tome da magnetskim merenjima dobijamo samo raspored stena višeg magnetskog susceptibiliteta unutar podloge, koje tek ponegde čine istaknute delove reljefa, vrednost dobijenih podataka upućuje da se ova merenja sistematski izvedu u čitavoj Vojvodini. Vrednost podataka se ogleda u tome što poznavanjem rasporeda magnetičnih stena (a to su najčešće bazične) i sračunavanje dubina do njih doprinosi boljem poznavanju geologije i u svakom slučaju u regionalnom smislu olakšava interpretaciju rezultata postignutih primenom drugih geofizičkih metoda. Na lokalnostima gde se po položaju poklapaju magnetske i gravimetrijske anomalije ili čak ako se i ne poklapaju ali su približno istog pravca možemo biti sigurni da je uzročnik gravimetrijskim anomalijama paleoreljef (ispravno je očekivati da i bazične stene najčešće imaju pravac pružanja morfoloških oblika paleoreljefa). Za slučajeve gde su gravimetrijske anomalije »usamljene« (bez magnetskih) moguće je pretpostaviti da na dotičnom terenu izostaju bazične stene ili pak da su gravimetrijske anomalije izazvane strukturama mlađih sedimenata; druga pretpostavka bila bi logična i u slučaju različitih pravaca magnetskih i gravimetrijskih anomalija. Povezivanje uzročnika sa uticajem struktura mlađih sedimenata naročito bi došlo u obzir kod gravimetrijskih anomalija nižeg intenziteta, pogotovu ako bi se moglo zaključiti da niži intenzitet nije posledica veće dubine podloge u odnosu na ostale delove terena gde su anomalije višeg intenziteta.

Poznavanje rasporeda magnetskih anomalija može nam doprineti da sagledamo mogućnost postojanja tektonskih razloma u podlozi, koji bi bili zapunjeni bazičnim stenama. U Tatarskoj sovjetskoj republici (5) utvrđeno je da razlomi u podlozi imaju vanredan značaj za formiranje struktura podloge i njenog sedimentnog pokrivača (tektonski pokreti u zonama podloge uslovili su pojavu strukturnih formi u sedimentnim slojevima) i da su tako stvorene strukture u sedimentima najčešće nosioci nafte. Ovakva veza uočena je i na nekim drugim naftonosnim terenima Sovjetskog Saveza i SAD, što znači da ima izgleda da preko rezultata magnetskih

ispitivanja dođemo do zaključka i o postojanju lokalnih struktura u sedimentnim slojevima.

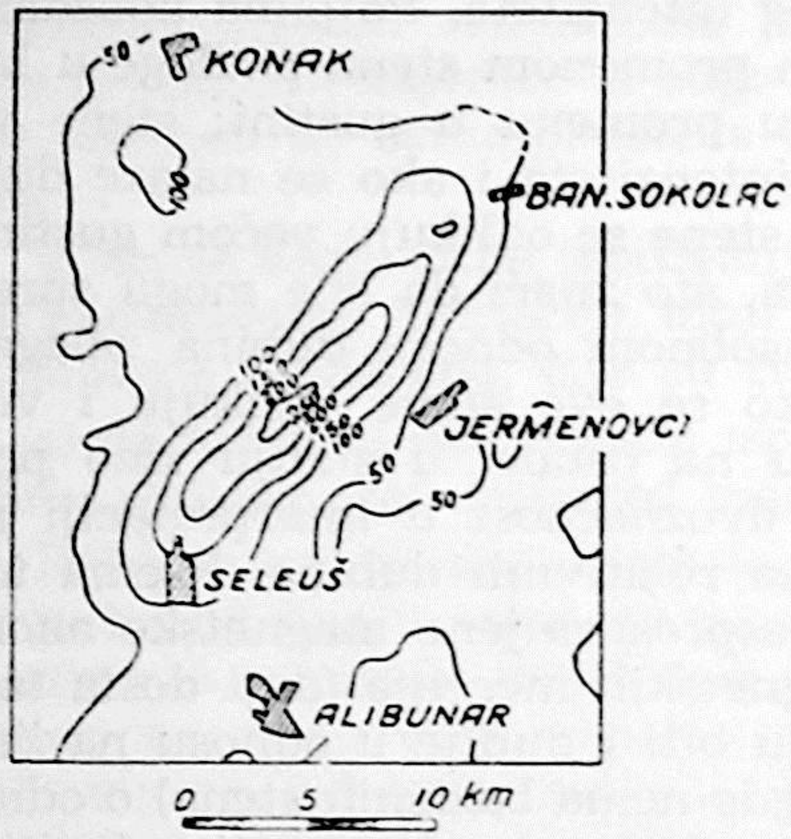
Na osnovu rezultata gravimetrijskih merenja može se doći do izvesnih zaključaka gde se stene podloge mogu očekivati na relativno manjoj dubini — na anomalijskim zonama višeg intenziteta. Potpuna pouzdanost u ovome onemogućena je petrografskom promenom stena podloge u horizontalnom pravcu, što ima za posledicu promenu u gustini; stene veće gustine mogu izazvati anomalije višeg intenziteta i ako se nalaze dublje nego one sa manjom gustinom. Bazične stene se odlikuju većom gustinom od gnajseva i drugih metamorfnih stena, što znači da one mogu sprečiti izvođenje pravilnih zaključaka o međusobnom odnosu dubina zaleganja pojedinih »struktura« podloge. Ali kako se ove stene odlikuju i višim magnetskim susceptibilitetom u odnosu na ostale, u stanju smo preko rezultata magnetnih merenja otkloniti dvoznačnost u interpretaciji gravimetrijskih podataka po pitanju odnosa relativnih dubina. Prema tome izlazi da o dubinama podloge, gde su rasprostranjene magnetske anomalije, možemo suditi preko podataka magnetskih merenja (dati dosta tačnu dubinu do magnetičnih stena, koje mogu biti i dublje u odnosu na liniju paleoreljefa), a za ostale delove terena (gde nema bazičnih stena) o odnosu relativnih dubina možemo se sa velikim stepenom sigurnosti osloniti na zaključke izvedene sa gravimetrijske karte.

Izdvajanje gravimetrijskih anomalija po prirodi i dubini uzročnika imalo bi značaj u pogledu smanjenja obima seizmičkih ispitivanja. Približno poznavanje dubina do kristalinika makar samo i na onim delovima gde u građi učestvuju bazične stene (a to nije retko), doprinosi da se odrede dublji delovi bazena gde je moguće pretpostaviti potpunije razviće mlađih sedimenata, što opet ima značaja za pojavu ležišta nafte. Prema svemu navedenom naše je mišljenje da i u Vojvodini, gde ne postoji uvek razlika u magnetskom susceptibilitetu podloge i mlađih sedimenata, magnetska ispitivanja mogu biti od velike koristi i da ih treba izvesti.

Pošto se magnetska ispitivanja mogu izvoditi na zemlji i iz vazduha, postavlja se pitanje šta je celishodnije? S obzirom na brzinu rada i ekonomičnost, prednosti su na strani aeromagnetskih merenja. Takođe, pri ovim merenjima uticaj stena višeg magnetskog susceptibiliteta na ili neposredno ispod površine terena (magnetska nehomogenost sedimentne serije) neće otežavati izdvajanje anomalija izazvanih od stena kristalaste podloge, što je neobično važno kod magnetskih merenja postavljenih u cilju istraživanja nafte.

Da se aeromagnetskim merenjima iz vazduha mogu dobiti uspešni rezultati kao i sa zemlje, dokazuju nam rezultati izvršenih eksperimentalnih aeromagnetnih ispitivanja. Za ispitivanje je odabrano područje Jermenovaca, gde su ranije izvođena nazemna magnetska merenja koja su utvrdila postojanje anomalijske zone vertikalnog intenziteta zemljinog magnetskog polja ΔZ (sl. 1). Aeromagnetska merenja izvedena su na četiri maršrute, koje se približno upravno pružaju na pravac anomalijske zone ΔZ. Visina leta bila je 100 m. Dobijeni rezultati prikazani su na sl. 2. Promene razlike totalnog intenziteta zemljinog magnetnog polja, date su u vidu dijagrama na pravce maršruta. Ako napravimo poređenje sa rezultatima dobijenim nazemnim merenjima, može se uočiti saglasnost, odnosno da je magnetska anomalijska zona utvrđena i sa merenjima iz vazduha.

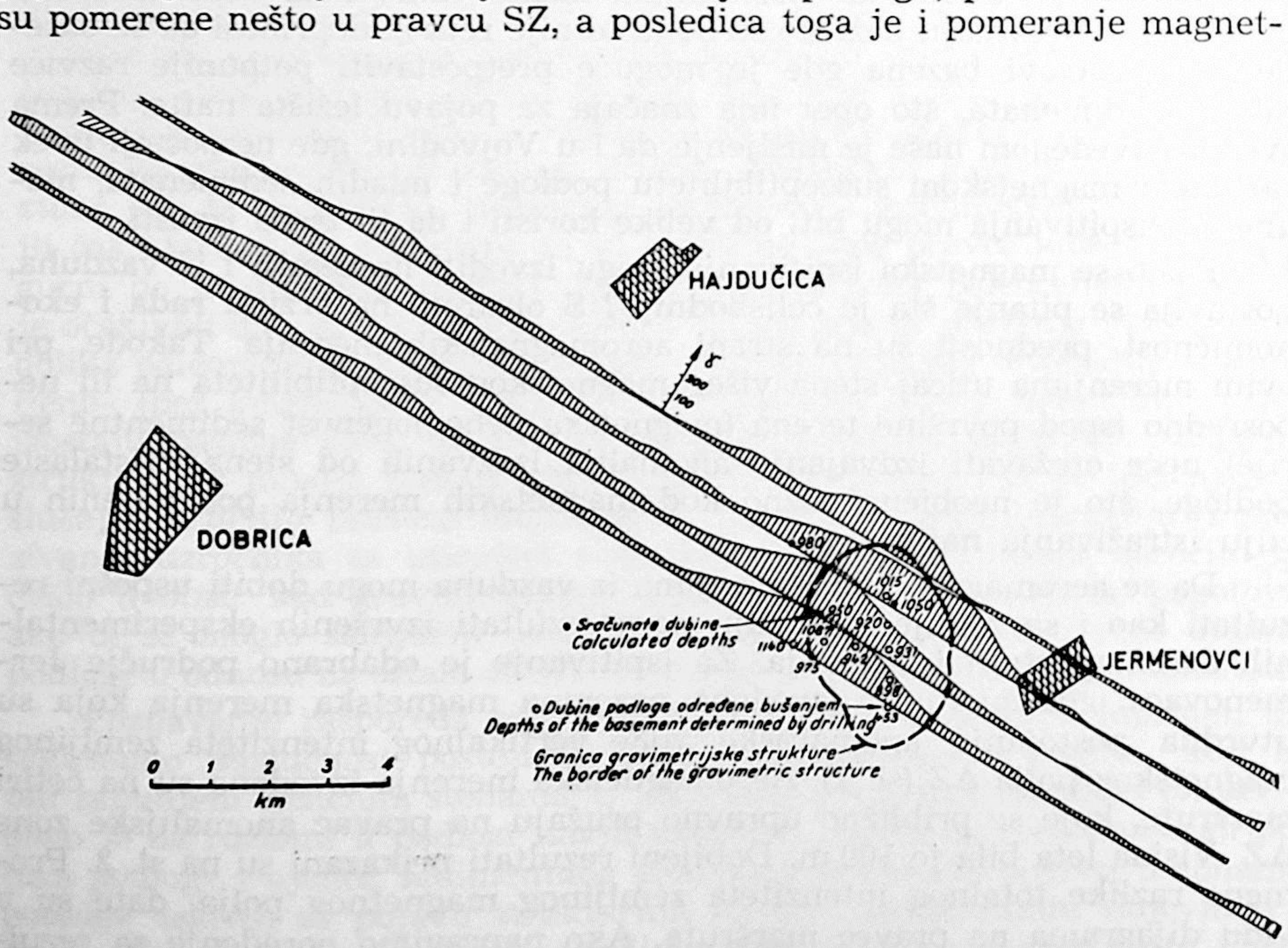
Kvantitativnom interpretacijom po metodi J. N. G r a č e v a i metodi gradijenata određene su dubine do magnetičnih stena podloge (date na sl. 2). Poređenjem ovako određenih dubina sa dubinama podloge koje su



Sl. 1. (Po D. Aranđeloviću). Izoanomale ΔZ intenziteta.

Fig. 1. (By D. Arandeloviću). Isoanomalies ΔZ intensity.

utvrđene bušenjem (date takođe na sl. 2), dolazimo do zaključka o dobrom podudaranju, što znači da bazične stene (gabrovi) po vertikali ne odstupaju mnogo od najistaknutijih delova reljefa podloge; po horizontali one su pomerene nešto u pravcu SZ, a posledica toga je i pomeranje magnet-



Sl. 2. Dijagrami ΔT intenziteta.

Fig. 2. Diagrams of ΔT intensity.

ske anomalije u odnosu na gravimetrijsku. Napred smo istakli da je vrlo korisno znati mesta rasprostranjenja i dubine do bazičnih stena; dubine do njih mogu poslužiti vrlo dobro i kao orijentacioni podaci o redu dubina kristalinske podloge (s obzirom na prilično rasprostranjenje magnetskih stena u podlozi), što se može videti i na primeru Jermenovaca. Što baš nije magnetskim merenjima određena sasvim tačna lokacija najistaknutijeg dela podloge nije nedostatak koji može uticati na značaj magnetskih ispitivanja i ne znači da na ostalim delovima Vojvodine (koji nisu obuhvaćeni magnetskim merenjima na zemlji — čine daleko veću površinu) neće biti magnetskim ispitivanjima određena linija reljefa podloge.

U Sovjetskom Savezu (5), za neke naftonosne terene, uočena je zavisnost između sračunatih dubina magnetičnih stena i bušenjem određenih dubina podloge; tako je ostvarena mogućnost računanja dubina preko podataka dobijenih magnetskim ispitivanjem, sa greškom koja nije veća od $\pm 2\%$. Mi nismo mogli ići na razmatranje da li postoji zavisnost i na terenu Vojvodine, jer aeromagnetski ispitani teren obuhvata malu površinu.

Ako se imaju u vidu sve navedene mogućnosti iskorišćenja magnetskih podataka, za različite zadatke koji se postavljaju u problematici istraživanja nafte, dolazi se do zaključka o potrebi izvođenja sistematskih magnetskih ispitivanja na terenu Vojvodine, kao uostalom i na svim našim potencijalnim naftonosnim terenima. S druge strane potrebna finansijska sredstva za aeromagnetska merenja, kojim putem bi bila ostvarena ispitivanja, činila bi beznačajni deo ukupnih sredstava koja se troše na istraživanje nafte; pošto bi sigurno dobili rezultate koji bi opravdali bar utrošenu sumu to je tim pre razumljivo nastojanje za izvođenjem ovih ispitivanja i na našim naftonosnim terenima.

(Predato za štampu decembra 1962. god.).

LITERATURA

1. Arandelović D., 1957: — Osvrt na dosadašnja geofizička ispitivanja u Banatu — Vesnik Zavoda za geološka i geofizička istraživanja — Beograd.
2. Simin D., Vojnović J., 1962: — Geološka i geofizička interpretacija terena u domenu naftnih i gasnih ležišta jugoistočnog Banata — Savez geoloških društava FNRJ, Beograd.
3. Logačev A. A., 1955: — Metodičeskoe rukovodstvo po aeromagnitnoj semke — Gosgeoltehnizdat, Moskva.
4. Mužijević R., 1957: — Rezultati geofizičkih ispitivanja izvedenih u cilju istraživanja ležišta nafte u Vojvodini — Savez geoloških društava FNRJ, Sarajevo.
5. Stepanov V. K., 1960: — Magnetnoe anomalnoe pole Tatarskoj ASSR i ego svjaz s geologičeskim stroeniem — Izvestija akademii nauk SSSR, serija geofizičeskaja, No. 5, Moskva.

Summary

SLOBODAN VUKAŠINOVIĆ*)

IMPORTANCE OF MAGNETOMETRIC MEASUREMENTS IN OIL EXPLORATIONS WITH REGARD TO AN EXPERIMENTAL AIRBORNE MAGNETOMETRIC INVESTIGATIONS IN VOJVODINA

The geophysical explorations for oil in Vojvodina have been limited up to the present, generally only to the application of seizmic and gravimetric methods; the magnetometric measurements (from the surface) have been carried out only in SE part of Banat.

The author points out the necessity of systematic magnetometric explorations in the oilfield areas, due to the fact that by the application of the magnetometric methods, the results which may simplify the interpretation of the data of other geophysical measurements could be obtained, and in the same way the more effective exploration of the oil-bearing structures. It is stressed that the airborne magnetic explorations should be applied due to some definite advantages over the measurements from the surface. The results of the experimental explorations (in the area of Vojvodina), which are presented in this work, give the proof of the possibility of effective application of the airborne magnetometric methods.

*) Institute for Nuclear Raw Materials, Beograd.

Radovi Instituta za geološko-rudarska istraživanja i ispitivanja nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, sv. 3, 1967. god.

TOPLICA JANČIĆ

OSVRT NA FIZIČKA SVOJSTVA KOMPLEKSNIH* RUDA GVOŽĐA I OKOLNIH STENA U ZAPADNOJ MAKEDONIJI I NA MOGUČNOST PRIMENE GEOFIZIČKIH METODA

S a d r ž a j. Terenski i laboratorijski istraživački radovi na gvožđu u zapadnoj Makedoniji naročito su intenzivni počev od 1948. g. Do danas su izvršena montan-geološka istraživanja, detaljna geološka kartiranja, rudarski radovi i dubinska bušenja na osnovu kojih su otkrivena bogata nalazišta ruda gvožđa kao što su Tajmište i Demir Hisar.

Od 1952. g. u zapadnoj Makedoniji primenjuju se i geofizičke metode. Primenjene su magnetna i električne metode: sopstvenog električnog potencijala — SP i specifičnog električnog otpora (sondiranje i kartiranje) — SEO.

U ovom radu daje se kraći osvrt na dosadašnje rezultate geofizičkih ispitivanja, kako laboratorijske tako i terenske, jer obimnost prikupljenog materijala nameće potrebu za još detaljnijom obradom, što u ovom momentu nije moguće obaviti, a biće predmet nekog kasnijeg prikaza. Za sada nam je cilj da, dajući opšti presek rezultata geofizičkih ispitivanja, ukažemo na njihovo mesto i značaj u sklopu ostalih istraživačkih radova koji se preduzimaju na rudonosnom području zapadne Makedonije.

Geofizičke metode ispitivanja — magnetna i električne — zauzimaju vidno mesto kod istraživanja kompleksnih ruda gvožđa u zapadnoj Makedoniji. Odvijajući se u dve faze — prvu, koju karakteriše proučavanje mogućnosti primene ovih metoda na poznatim rudištima gvožđa i drugu, u kojoj su sprovedena ispitivanja u cilju otkrivanja novih rudišta — geofizička ispitivanja su doprinela da se upotpuni slika o učestanosti rudnih pojava i o njihovim fizičkim svojstvima, kao i da se prouče odlike stena u kojima se orudnjenje javlja.

Radi što boljeg upoznavanja sa faktorima koji su uslovili stvaranje pojedinih fizičkih polja, uporedo sa terenskim radovima obavljena su različita laboratorijska ispitivanja, kod kojih je posebna pažnja posvećena utvrđivanju fizičkih osobina rude i okolnih stena. Određivane su veličina magnetnog susceptibiliteta ($\varkappa$), specifičnog električnog otpora (ρ_s) i gustine (σ).

Da bi se stekla približna slika o magnetičnosti pojedinih geoloških članova na terenu su grubo, putem prinošenja uzoraka rude i stena magnetnoj vagi, određivana njihova magnetna svojstva izdvajajući ih u tri grupe: magnetični, slabo magnetični i nemagnetični. Međutim, za dobija-

---

* Ove rude gvožđa su u literaturi poznate i kao silikatne odnosno šamozitske.

nje tačnijih podataka o magnetnim osobinama odabrali smo pogodne uzorke i za njih je laboratorijskim putem određena vrednost magnetnog susceptibiliteta. Laboratorijska ispitivanja dobrim delom su obavljena u Zavodu za geološka i geofizička istraživanja iz Beograda, a delom u Zavodu za nuklearne sirovine. Na osnovu dobijenih rezultata mogli smo dati prikaz ruda i stena po magnetičnosti — tabela 1.

Tabela 1

Red. br.	Vrsta stene — rude	Vrednost magnetnog susceptibiliteta $\varkappa \times 10^{-6}$ CGS	Broj ispitanih uzoraka
1.	Krečnjak (masivan, bankovit i dolomitičan)	0	4
2.	Glinoviti škriljac	10—15	5
3.	Krečnjački škriljac	10—15	5
4.	Sericitski filit	15—45	6
5.	Sericitski kvarcit	0—15	5
6.	Sericitsko-hloritski i hloritsko-sericitski škriljac	40—50	7
7.	Sericitsko-horitski i hloritsko-sericitski škriljac obogaćen magnetitom	1535—7900	17
8.	Amfibolit	15—4000	6
9.	Kvarcni konglomerat i breča	35—150	5
10.	Granit	15—300	9
11.	Gabro i dijabaz	500—1500	11
12.	Limonitska ruda	86—170	10
13.	Hematitska ruda	100—150	7
14.	Magnetitska ruda	38400—86500	12
15.	Sideritska ruda	160—300	16
16.	Hloritski gvoždeviti škriljci (šamozitska ruda)	70—400	25

Pokazalo se da magnetna svojstva kako okolnih stena tako i rudne mase mogu biti veoma varijabilna. Kod mnogih stena vrednost magnetnog susceptibiliteta bila je u direktnoj vezi sa sadržajem magnetita u njoj i stepenom njihove raspadnutosti. Za rudnu masu od bitnog uticaja na veličinu $\varkappa$ bila je njena heterogenost u mineraloškom sastavu. Naime, uzorci rude su pri mineraloškim ispitivanjima (D. Kleut, V. Vujanović, S. Cvetić, S. Hadži-Popović, M. Vukasović) pokazali različite sadržaje pojedinih metaličnih odnosno rudnih minerala tako da nismo imali rudnu masu koja bi bila u potpunosti predstavnik monomineralne rudne komponente (limonit, šamozit, siderit i dr.). Tako je, na primer, uzorak koji smo okarakterisali kao sideritsku rudnu masu sadržao delom i druge minerale gvožđa: magnetit, limonit, Fe — hlorite. (Prisustvo magnetita u rudi u povećanim količinama uvek je bilo od primarnog značaja tako da nismo uzeli u obzir da na vrednost magnetnog susceptibiliteta mogu uticati i drugi faktori: oblik i veličina magnetitskih zrna, njihov raspored u masi itd. — lit. 12, 18, 19). Otuda smatramo da vrednosti magnetnog susceptibiliteta uzoraka rude gvožđa dobijene laboratorijskim ispitivanjima predstavljaju samo »prividne« veličine, ali su dovoljne da budu orijentacioni podatak kod utvrđivanja magnetičnosti

rudne mase pojedinih rudišta i pojava kompleksnih ruda gvožđa u zapadnoj Makedoniji.

Iz tabele 1 vidi se da serija škriljaca (glinoviti škriljac, sericitski filit, sericitski kvarcit, sericitsko-hloritski i hloritsko-sericitski škriljac), amfibolit i kvarcni konglomerat i breča uglavnom predstavljaju stene koje su praktično nemagnetične, jer je njihov magnetni susceptibilitet skoro redovno mali. One su ispoljavale izvesnu magnetičnost samo u ređim slučajevima povećane koncentracije magnetita u njima. Time se naročito karakterišu sericitsko-hloritski i hloritsko-sericitski škriljci i amfiboliti u kojima je makroskopski uočena, katkad dosta bogata, koncentracija magnetita.

Krečnjačke mase (bankoviti, masivni i dolomitični krečnjak) su nemagnetični.

Magmatske stene (granit, gabro i dijabaz), mogu imati izrazitija magnetna svojstva. Gabro i dijabaz su skoro redovno magnetični, dok su graniti većinom nemagnetični.

Rudna masa ispoljava, kako smo već naglasili, vrlo varijabilna magnetna svojstva. Ipak, može se reći da konstantno slabiju magnetičnost ispoljava limonitska ruda, a zatim hematitska, dok sideritska i šamozitska imaju veoma širok dijapazon magnetičnosti: od slabo magnetične do jako magnetične rude. Izrazito visoke vrednosti magnetnog susceptibiliteta dobijene su kod izvesnog broja uzoraka rude sa Tajmišta, Malkovca i Judova. Razlog ovome treba tražiti u činjenici da ovi uzorci nisu tipski predstavnici jedne monomineralne rudne mase tj. šamozita odnosno hematita kako su bili ranije tretirani, već je u njima utvrđeno znatno prisustvo magnetita, koga karakteriše veoma velika magnetičnost. Često je sadržaj magnetita u ovim rudama toliki da se one mogu izdvojiti kao magnetitske rude gvožđa, što je u tabeli 2 i učinjeno, u kojima postojanje ostalih Fe-minerala predstavlja znatno manji deo rudne mase. Jednom rečju, postojeća varijabilnost mineraloškog sastava ruda gvožđa u zapadnoj Makedoniji ne daje dovoljno mogućnosti da se uspešno odredi stvarna veličina magnetnog susceptibiliteta monomineralnih vrsta ruda, već ti podaci predstavljaju

Tabela 2

Red. br.	Vrsta stene —rude	Vrednost specifičnog električnog otpora u ohmm
1.	Aluvijalni nanos	30—100
2.	Krečnjak	1200—10000
3.	Glinoviti škriljac	50—200
4.	Krečnjački škriljac	1500—2500
5.	Sericitski filit	130—4000
6.	Grafitični škriljac	30—100
7.	Sericitski kvarcit	1500—8000
8.	Sericitsko-hloritski i hloritsko-sericitski škriljac	50—2000
9.	Amfibolit	300—600
10.	Granit	500—800
11.	Gabro i dijabaz	500—1000
12.	Kompleksna ruda gvožđa (magnetit, hematit, limonit, siderit, šamozit)	1500—6000

jednu sumarnu magnetičnost rudne mase koja se menja, pre svega u funkciji sadržaja pojedinih minerala gvožđa, prvenstveno magnetita.

Ispitujući veličine specifičnog električnog otpora (ρ_s) na samom terenu došli smo do podataka koji ukazuju da postoji znatna razlika u vrednostima ρ_s ne samo između pojedinih vrsta stena, već da su kolebanja ove veličine izrazita i kod jedne iste stene. Usled toga dolazi do preklapanja vrednosti ρ_s za različite stene, kao i do uklapanja istih sa specifičnim otporom rudne mase. Vrednosti ρ_s za rudnu masu i okolne stene, određene na osnovu dijagrama električnog sondiranja (42 sonde), date su u tabeli 2.

Iz prikazane tabele vidimo da se aluvijalni nanos, grafitični škriljac i glinoviti škriljac ponašaju kao sredina sa niskim vrednostima ρ_s (30—200 ohmm). Zatim po veličini ρ_s dolaze amfibolit, granit, gabro i dijabaz (300—1000 ohmm). Visoke vrednosti specifičnog električnog otpora (do 10.000 ohmm) imaju krečnjaci, krečnjački škriljci i sericitski kvarciti. Veoma izrazite vrednosti ρ_s dobijene su iznad masivnih, dolomitičnih krečnjaka kod Judova i one dostižu oko 20.000 ohmm. Najvarijabilnija sredina u pogledu električne otpornosti su sericitski filit i sericitsko-hloritski i hloritsko-sericitski škriljac. U zavisnosti od stepena njihove silifikacije i mineraloškog sastava odnosno facijalnih promena koje su uočene i prilikom geološkog kartiranja (R. Popović, S. Cvetić, M. Arsovski, T. Ivanovski, D. Djuzelkovski, A. Cissarc — lit. 9, 10, 11, 1, 2, 3, 4, 8, 21) dobijene su vrednosti specifičnog električnog otpora koje se kreću od 50—4000 ohmm.

Što se tiče kompleksnih ruda gvožđa, zapažamo i kod njih znatnu varijabilnost veličine ρ_s. Vrednosti specifičnog električnog otpora rudne mase nalaze se u opsegu koji je karakterističan za krečnjake i sericitske kvarcite, a delom za krečnjačke škriljce, sericitske filite i sericitsko-hloritske i hloritsko-sericitske škriljce.

Na osnovu dobijenih podataka o veličini ρ_s vidimo da zone povećane električne otpornosti mogu indicirati kako rudna tela gvožđa tako i krečnjake ili silifikovane partije škriljaca. Sa druge strane, u zonama bolje električne provodljivosti moguć je fenom SP naročito izražen iznad partija grafitičnih škriljaca ili nekih tektonskih linija. Otuda naznačeni odnosi ovog fizičkog parametra uslovljavaju priličnu opreznost kod izvođenja zaključaka o rezultatima dobijenim primenom električnih metoda ispitivanja i zahtevaju dobro poznavanje geološke situacije terena, da bi se izbegle pogrešne ocene o prisustvu rudnih tela gvožđa, rasprostranjenju pojedinih geoloških članova i postojanju određenih tektonskih linija.

Laboratorijska ispitivanja gustine (σ) rudne mase i okolnih stena, prikazana u tabeli 3, pokazuju da najveću gustinu ima rudna masa, jer se vrednosti kreću u granicama od 3,05 gr/cm^3 do 4,71 gr/cm^3. Ovako veliki raspon vrednosti gustine rezultat je znatne heterogenosti u sastavu rudne mase, njene strukture i teksture. Čak imamo pojedine uzorke rude čija je gustina manja i iznosi 2,51 do 2,93 gr/cm^3 (Demir Hisar, Judovo, Raštani), ali tada su obično u pitanju rude slabijeg kvaliteta tj. nižeg sadržaja gvožđa (do 30% Fe i delom raspadnute). Vrednosti gustine ovakvih ruda nalaze se u granicama koje odgovaraju jalovim stenama — krečnjacima, glinovitim škriljcima, krečnjačkim škriljcima, sericitskom filitu, sericitskom kvarcitu, hloritsko-sericitskom i sericitsko-hloritskom škriljcu, amfibolitu, granatu, gabru i dijabazu.

Tabela 3

Red. br.	Vrsta stene — rude	Vrednost gustine u gr/cm³	Broj ispitanih uzoraka
1.	Krečnjak	2,50—2,64	6
2.	Glinoviti škriljac	2,30—2,48	5
3.	Krečnjački škriljac	2,50—2,59	5
4.	Sericitski filit	2,24—2,63	6
5.	Sericitski kvarcit	2,46—2,56	5
6.	Sericitsko-hloritski i hloritsko-sericitski škriljac	2,65—2,81	24
7.	Amfibolit	2,69—2,96	6
8.	Granit	2,61—2,82	9
9.	Gabro i dijabaz	2,75—2,87	11
10.	Kvalitetna kompleksna ruda gvožđa (sadržaj Fe preko 30%)	3,05—4,71	45
11.	Kompleksna ruda gvožđa slabijeg kvaliteta (sadržaj Fe do 30%)	2,51—2,93	25

Postojeći odnos vrednosti gustina kvalitetnih ruda gvožđa i jalovih stena ukazuje na mogućnost primene i gravimetrijskih metoda ispitivanja, naročito u slučajevima kada se očekuju rudna tela većih dimenzija, s tim što je potrebno voditi računa o uticaju reljefa na rezultate merenja koji u zapadnoj Makedoniji može biti znatan.

Uopšte uzev, na osnovu iznetih podataka o fizičkim parametrima $\varkappa$, ρ_s i σ rude i okolnih stena, izvodi se zaključak da je primena geofizičkih metoda kod istraživanja ruda gvožđa na području zapadne Makedonije potrebna, jer omogućuje da se utvrde anomalna polja (magnetno, električno — fenomen sopstvenog potencijala, gravimetrijsko) koja bi ukazala na postojanje orudnjenja. Pored toga kombinovanjem više metoda geofizičkog ispitivanja stvara se mogućnost za utvrđivanje raznih tektonskih linija odnosno strukturnih elemenata (na primer preko zona niže otpornosti), što je svakako od velike važnosti za otkrivanje novih rudnih tela gvožđa i određivanje rudonosnog horizonta. Međutim, postojeće karakteristike fizičkih parametara učinile su da kod terenskih radova takođe dobijamo anomalna polja znatne varijabilnosti, što su delom zapazili i autori koji su ranije obrađivali podatke geofizičkih ispitivanja na Tajmištu i Demir Hisaru (lit. 5, 6, 7, 13, 14, 15, 16, 17, 20, 22).

Uspešna primena geofizičkih metoda ispitivanja u mnogome je zavisila od međusobnih odnosa rudne mase i okolnih stena i njihovih mineraloško-petrografskih odlika. Naime, sadržaj magnetita u rudi i okolnim stenama, stepen njihove raspadnutosti tj. razvijenost procesa oksidacije, piritizacija, silifikacija i drugi genetski faktori uticali su na prirodu fizičkih polja (magnetnog i električnog — fenomen SP) stvaranjem anomalnih zona koje su bile registrovane tokom geofizičkih ispitivanja. Otuda je bilo rudišta koja su se mogla indicirati primenom samo magnetne metode, naročito u slučajevima ravnomernog rasporeda magnetitskih zrna u rudnoj masi, dok se na postojanje drugih ukazalo kombinovanim magnetnim i električnim ispitivanjem. S druge strane, utvrđene su geofizičke indikacije (magnetne i sopstvenog električnog potencijala) koje nisu izazvane prisustvom rudne mase, već nekom drugom sredinom (eruptivi i druge stene

višeg magnetnog susceptibiliteta, grafitični škriljci, piritska mineralizacija itd.), ali koje mogu imati svoje određeno mesto kod istraživanja ruda gvožđa. Ovde bi samo kao primer naveli otkrivanje anomalija sopstvenog električnog potencijala. Naime, na mnogim lokalnostima koje su do sada bile predmet detaljnih geološko-geofizičkih istraživanja (Tajmište, Požarane, Demir Hisar, Crvena Voda, Bolno) utvrđen je fenomen sopstvenog električnog potencijala iznad grafitičnih škriljaca. Zapaženo je da partije ovih stena katkad leže u neposrednoj blizini Fe-orudnjenja, što znači da bi izdvajanje zona sa anomalijama SP eventualno moglo poslužiti kao putokaz o blizini geološkog horizonta u kome se javlja ruda gvožđa. Ova zapažanja o fenomenu SP ne mogu se smatrati definitivnim, jer međusobni odnos grafitičnih škriljaca i zone orudnjenja još nije dovoljno jasan zbog veoma komplikovanih strukturno-geoloških odnosa, već su za sada samo jedan podatak koji bi mogao biti od koristi u daljim istraživanjima. S druge strane, kod interpretacije rezultata ispitivanja primenom metode SP ne treba izgubiti iz vida i činjenicu da se fenomen SP dobijao i iznad limonitisanih delova rudne mase, iznad zona piritizacije i nekih tektonskih linija kao zona bolje provodljivosti.

Jasno je da mnogoznačnost indikacije otkrivenih primenom geofizičkih metoda ispitivanja otežava njihovo pravilno tumačenje i dovodi do toga da trenutno ne možemo sa sigurnošću dati jedan zajednički tretman o karakteru pojedinih rudišta gvožđa u zapadnoj Makedoniji. Svakako da još uvek ne postoji dovoljan broj elemenata potrebnih za rešavanje ovako složene problematike, pa se konačan odgovor o tome može dati nakon daljih terenskih i laboratorijskih proučavanja. Za što celishodniju i potpuniju interpretaciju rezultata geofizičkih ispitivanja sama po sebi se nameće i važnost dobrog poznavanja geoloških odnosa na terenu kao i postojanje uske saradnje geologa i geofizičara kod istražnih radova koji se preduzimaju na rudonosnom području zapadne Makedonije.

(Predato za štampu maja 1965. g.).

LITERATURA

1. Arsovski M., i saradnici, 1962: Rezultati od strukturno-geološkoto kartiranje na podračijeto kod s. Požarani (Šar planina). Stručni fond Geološkog zavoda SRM, Skopje. 1962.
2. Arsovski M. i saradnici 1962: Rezultati od strukturno geološkoto kartiranje na podračjeto kaj s. Malkovec i Judovo. Stručni fond Geološkog zavoda SRM, Skopje.
3. Arsovski M. i saradnici, 1962: Rezultati od strukturno-geološkoto kartiranje na podračjeto kaj Darda Kula i s. Lešnica. Stručni fond Geološkog zavoda SRM.
4. Arsovski M., 1962: Značanjeto na stratigrafskoto raščlenjuvanje na paleozojskite škriljci vo Zapadna Makedonija za pravilnoto vodenije na prospekcionite raboti na železo. Trudovi na Geološkito zavod na SRM, sv. 9, Skopje.
5. Vukašinović S., 1960. i 1961: Aeromagnetna ispitivanja u zapadnoj Makedoniji. Fond stručnih dokumenata ZNS, Beograd.
6. Vukašinović S., 1964: Anomalno magnetno polje Makedonije i njegova veza sa geološkom građom terena. U štampi, Beograd.
7. Damjanović K., Milanović B., 1957: Mogućnost određivanja položaja rudnih tela na osnovu geomagnetskih anomalija na rudama gvožđa u Makedoniji. Zbornik sa II kongresa geologa SFRJ, Sarajevo.

8. Djuzelkovski D., 1964: Rezultati za geološkoto kartiranje vo R 1 : 10.000 na podračjeto s. Raštani — Kolari (Kičevsko). Stručni fond Geološkog zavoda SRM, Skopje.
9. Jančić T., Popović R., Cvetić S., 1962: Izveštaj o geološko-geofizičkim istraživanjima na pojavama ruda gvožđa u oblasti Kičeva i Gostivara. Fond stručnih dokumenata SGZ, Beograd.
10. Jančić T., Popović R., Cvetić S., 1963: Izveštaj o geološko-geofizičkim istraživanjima na području zapadne Makedonije. Fond stručnih dokumenata SGZ, Beograd.
11. Jančić T., Popović R., Cvetić S., 1964: Izveštaj o geološko-geofizičkim istraživanjima na području zapadne Makedonije. Fond stručnih dokumenata SGZ, Beograd.
12. Logačev A., 1955: Kurs magnitorazvetki, Gosgeoltehizdat, Moskva.
13. Milanović B., Popović S., 1953: Izveštaj o geomagnetskom ispitivanju terena Slepče. Fond stručnih dokumenata, SGZ, Beograd.
14. Milanović B., Damjanović K., 1954: Izveštaj o geoelektričnim ispitivanjima Selište — Požarane. Fond stručnih dokumenata SGZ, Beograd.
15. Milanović B., Milovanović D., 1955: Geoelektrična istraživanja terena Tajmište i Demir Hisar. Fond stručnih dokumenata SGZ, Beograd.
16. Milanović B., Perić M., 1956: Izveštaj o geofizičkim ispitivanjima na terenu Tajmište. Fond stručnih dokumenata SGZ, Beograd.
17. Milanović B., Damjanović K., 1957: Prikaz geofizičkih ispitivanja na ležištima silikatnih ruda gvožđa u jugozapadnoj Makedoniji. Vesnik Zavoda za geološka i geofizička istraživanja, knj. XIV, Beograd.
18. Nagata T., 1956: Magnetizm gornih porod, Izdateljstvo Inostranoj literaturi, Moskva.
19. Petrova G., 1961: Laboratornaja ocenka stabilnosti ostatočnoj namagničennosti gornih porod, Izdat. AN SSSR, Moskva.
20. Stamenković A., Kuzečjević B., 1952: Izveštaj o geomagnetskom ispitivanju na terenu Slepče. Fond stručnih dokumenata SGZ, Beograd.
21. Cissarc A., 1954: — Zur Petrographie und Genezis südwestmazedoniescher Eisensilikatlagerstätten. Vesnik Zavoda za geološka i geofizička istraživanja, knj. XI, Beograd.
22. Sumi F., 1956: Geofizička istraživanja rudišta gvožđa Ponatis. Iz Zbornika I kongresa geologa SFRJ na Bledu, Ljubljana.

Summary

TOPLICA JANČIĆ*)

A BRIEF REVIEW OF THE PHYSICAL PROPERTIES OF THE COMPLEX IRON ORE AND HOST ROCK IN WEST MACEDONIA AND TO THE POSSIBILITIES OF THE APLICATION GEOPHYSICAL METODS

The explorations of the complex iron ore of west Macedonia includs different geophysical methods such as magnetic and elektric methods. Successfull aplication of these methods depands of various geological, structural and genetic caracteristics of the area. In the same time complex geological features makes difficulties in the interpretation of the results of geophysical exploration, giving possibilities to withdraw more than one conclusion.

———————

*) Institute for Nuclear Raw Materials, Beograd.

In order to find out the values of physical properties of the host rock and iron ore in question, various laboratory investigations were done. In this case we made determination of the magnetic susceptibility ($\varkappa$), electric resistivity (ρ_s), and density (σ).

In this paper we presented the results of the investigations of these three physical properties. It is obvious from the data, that we have been able to distinguish and separate the geophysical anomalies according to their cause. Another word, we were able, to speak about the presence and phrequence of the ore occurences with higher degree of probability. Including the geological data the interpretation became very efficient.

Therefore, we insist on the fact of high complexity of the exploration of iron ore in west Macedonia which requird the prolongation of field and laboratory work if wish to give a finite conclusion of geological, structural and genetic caracteristics of Western Macedonian iron ore.

Radovi Instituta za geološko-rudarska istraživanja i ispitivanja nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, sv. 3, 1967. god.

VELJKO OMALJEV

KORELACIJA SLOJEVA U LEŽIŠTU URANA ŽIROVSKI VRH

(Sa 9 slika)

S a d r ž a j. U sivoj seriji gredenskih slojeva na Žirovskom Vrhu pronađena je uranova mineralizacija, koju kontroliše slojevitost. Korelacija slojeva sedimentne serije ležišta izvršena je metodom međusobnog položaja slojeva, uz pomoć litoloških i geofizičkih metoda.

Peščari i konglomerati u ležištu su produkat burne sedimentacije; slojevi su najčešće neregularno razvijeni. Varijacije granulometrijskog sastava slojeva su znatne i na kraćim rastojanjima. Mineraloški sastav peščara i konglomerata je jednoličan, a sadržaj akcesornih minerala nije karakterističan za pojedine slojeve. Boja sedimenata je posledica oksidaciono-redukcionih uslova sedimentacije; zato ona reguliše faciju, a sa tim i superpoziciju slojeva u seriji.

Iznet je primer rešavanja korelacije slojeva u sedimentima koji su produkat nemirne sredine stvaranja sa izraženom ritmikom. Korelacija slojeva je omogućena, pre svega, detaljnim i brižljivim geološkim kartiranjem svih dostupnih detalja na površini i u istražnim radovima. Autor se nada da će ova iskustva korisno poslužiti u praksi.

Ležište urana Žirovski Vrh je otkriveno 1960. godine metodom regionalne radiometrijske pešačke prospekcije. Od 1961. godine ležište se istražuje rudarskim radovima i bušenjem sa površine i iz jame. Na površini su primenjeni detaljni geološko-geofizički radovi, koji su, zbog debelog deluvijalnog pokrivača, dali relativno oskudne podatke o geološko-tektonskoj građi terena.

Ležište pripada tipu sedimentnih epigenetskih ležišta urana. Uranova mineralizacija je deponovana u sivim gredenskim peščarima i konglomeratima koje zovemo siva serija. Siva boja sedimenata je litološka, a slojevitost je strukturna kontrola uranove mineralizacije.

U litološkom stubu gredenskih slojeva na Žirovskom Vrhu relativno tačno je određeno mesto uranonosnih slojeva (V. O m a l j e v — u štampi). Korelacija slojeva u ležištu, odnosno, dešifrovanje geološko-tektonskog sklopa terena predstavlja osnovu za racionalno lociranje i vođenje istražnih radova.

Strukturno bušenje prethodilo je drugim, detaljnijim, istražnim radovima. Izbušena su tri poprečna profila na međusobnom rastojanju 1.600 metara, koja su kasnije spojena jednim uzdužnim profilom. Rastojanje između bušotina na profilima je 200 do 400 metara, a dubina 200 do 700

metara. Za lociranje strukturnih bušotina na profilima, bilo je dovoljno poznavanje regionalnog pravca pružanja i pada sive (produktivne) serije i granice sa neposrednom povlatom.

Na osnovu rezultata strukturnog bušenja izdvojeni su perspektivni delovi terena na kojima se pristupilo detaljnijim istražnim radovima. Budući da produktivna serija pada u pravcu jugozapada, a u istom pravcu se površina terena izdiže, dubina do produktivnih slojeva se naglo povećava. Istraživanje ležišta po padu zahteva lociranje dubokih bušotina, što nepovoljno utiče na racionalnost bušenja. Perspektivan deo ležišta se istražuje kombinacijom mrežnog ispitnog bušenja i rudarskih radova.

Ispitno bušenje se izvodi po profilima, kvadratnoj i pravougaonoj mreži. Prostori gde su produktivni slojevi plići buše se gušće. U istoj mreži kao površinske, buše se i jamske rotacione bušotine; nekad se bušotine nalaze jedna iznad druge.

Rudarski radovi u ležištu imali su, u početnoj fazi, strukturni karakter s obzirom da su istovremeno locirani sa prvim strukturnim bušotinama. Na središnjem strukturnom profilu izrađen je potkop koji je presekao rudonosne horizonte. Kasnije, rudarski radovi postaju pre svega ispitni. Iz jednog generalnog smernog hodika po uzdužnom profilu istraživan je I rudni paket prečnim hodnicima na svakih 50 do 100 metara po pružanju. Neposredno istraživanje rudnih tela izvođeno je jamskim perkusivnim bušenjem po hodnicima. Detaljnom geološko-geofizičkom obradom jamskih prostorija dobijena su osnovna znanja o strukturnom sklopu ležišta, koja su primenjena kod obrade jezgra bušotina i površine terena.

Pojava uranove mineralizacije je prostorno ograničena na sivu seriju gredenskih slojeva. Podina sive serije su argilošisti srednje karbonske starosti (paleoreljef), a povlata su peščari crvene gredenske serije. U ovom radu obrađena je korelacija slojeva sive produktivne serije na strukturnim profilima, rudarskom horizontu i površini terena.

Dosadašnji radovi na korelaciji slojeva

Prvi pokušaji korelacije slojeva u ležištu izvedeni su u početnoj fazi strukturnog bušenja na središnjem profilu. Prilikom lociranja bušotine B-3 (Sl. 5) izrađen je prognozni profil na kome su bili povezani neki slojevi. Bušotina je nabušila paleoreljef na prognoznoj dubini. Primena ovih saznanja na južni profil je uspela, ali na severni nije, zbog komplikovanih tektonskih struktura. Slojevi na severnom delu terena se delimično nalaze u prevrnutom položaju tako da se ispod sive nalazi crvena serija.

Detaljnim litološkim proučavanjem rudarskih prostorija, a naročito jezgra bušotina, želelo se naći bar jedan karakterističan sloj koji bi se mogao povezati. Takav sloj nije nađen, ali ulogu karakterističnog sloja mogu ponekad igrati crvene interkalacije u sivoj seriji (V. O m a l j e v 1963), naročito podinski sloj I rudnog paketa (završetak II ritma).

Korelacijom pomoću teških (akcesornih) minerala (S. R a d o š e v i ć 1964) siva serija je podeljena na dva dela uslovnom linijom na uzdužnom profilu. Poprečni profili nisu tom prilikom bili obrađeni.

LITOLOŠKO I STRUKTURNO KARTIRANJE

Geološko kartiranje istražnih radova bilo je, pre svega, litološko i strukturno. Ležište se nalazi u jednom stratigrafskom članu bez fosilnih ostataka. Precizna stratigrafska odredba starosti nema bitnog značaja za samo ležište, ali ima bitnog značaja za ocenu perspektivnosti pojava uranove mineralizacije u sličnim tvorevinama na drugim terenima. Litološke i strukturne karakteristike stena su u direktnoj vezi sa pojavom uranove mineralizacije. Dešifrovanje prirodne veze mineralizacije i matične stene je osnovni problem izučavanja ležišta.

Geološkom kartiraju se pristupilo kao najvažnijoj metodi rada. Upotrebna vrednost podataka dobijenih kartiranjem zavisna je od mnogih predradnji koje imaju karakter pripreme. Među najvažnije preduslove ubrajamo kriterijume za litološko raščlanjavanje klastičnih sedimenata u ležištu, koji treba da su jedinstveni za sve vrste kartiranja. Ostali preduslovi su pretežno rutinske prirode, kao npr. pranje hodnika vodom itd.

U gredenskim slojevima ležišta dobro je izražen škriljavi diferencijalni klivaž koji otežava kartiranje detalja. Mikrolitoni liče na slojeve u tolikoj meri da to nekad onemogućava njihovo razlikovanje, naročito na poremećenim primercima.

Kriterijumi za raščlanjavanje

Kriterijumi za raščlanjavanje psamita i psefita su opšte poznati, prilagođeni konkretnim uslovima razvoja gredenskih slojeva. Najvažnija je boja sedimenta i granulometrijski sastav, a poreklo materijala litoidnih fragmenata dolazi do izražaja obično kod psefita. Izabrani kriterijumi omogućavaju dovoljno tačnu makroskopsku odredbu stene. Detaljnija laboratorijska ispitivanja se primenjuju kod etalonskih primeraka ili u slučaju dileme. Ukoliko bi kriterijumi za raščlanjavanje direktno bili zavisni od laboratorijskih ispitivanja ne bi mogli masovno da se primene u terenskim uslovima.

Boja psamita i psefita potiče od gvoždevite silicijsko-sericitske cementne materije. Valentno stanje gvožđa, odnosno, oksidaciono-redukcioni potencijal sredine stvaranja reguliše faciju, a sa tim i superpoziciju slojeva u gredenskim peščarima Žirovskog Vrha.

Po boji sedimente delimo u dve klase: sivu i crvenu. Među njima nema prelaznih tipova.

Sekundarno izbeljavanje (redukcija) često otežava određivanje pripadnosti klasi po boji. Zelene izbeljene peščare tretiramo kao crvene. Ako postoje crveni relikti, izbeljeni peščar je lako konstatovati; ukoliko je proces izbeljavanja išao do kraja tako da je ceo sloj izbeljen, često se ne može tačno sagledati pripadnost klasi po boji.

Granulacija je najvarijabilnija karakteristika gredenskih slojeva u ležištu. Pasmite smo podelili u tri klase: sitnozrne (krupnoća zrna do 0,3 mm), srednjezrne (0,3 — 1 mm) i krupnozrne (1 — 2 mm) peščare. Sitnozrnim peščarima pripojeni su alevroliti. Posebno izdvajanje alevrolita u sivoj seriji nije geološki opravdano, jer se isti javljaju u sočivima metarskih dimenzija.

U psefite ubrajamo konglomerate i konglomeratične peščare. Konglomerati se retko javljaju u slojevima koji se mogu pratiti na većem prostoru, najčešće su to sočivaste interkalacije metarskih i dekametarskih dimenzija u konglomeratičnim peščarima. Posebno izdvajanje konglomerata dolazi u obzir u krupnoj razmeri (1 : 1.000 i krupnija), i to pri geološkoj obradi rudarskih prostorija.

Poreklo materijala od kojeg su izgrađeni gredenski slojevi može biti od vulkanskih, metamorfnih i sedimentnih stena. S obizrom da je dominantni sastojak kvarc, izračunavanje indeksa porekla (kvarc vulkanogeni / kvarc ukupni), po S. Radoševiću, moglo bi biti karakteristično za pojedine slojeve, ali postoje mišljenja (M. Protić, 1964) da je mikroskopsko razlikovanje te dve vrste kvarca nepouzdano. Makroskopski se dobro razlikuje beli (pretežno iz metamorfnih stena) i ružičasti kvarc (verovatno vulkanogeni). U gredenskim slojevima redovna je pojava odlomaka efuzivnih stena, pretežno kvarcporfira. Karakterističan je crveni kvarcporfir koji se dobro makroskopski razlikuje od drugih.

Pomoću nabrojanih kriterijuma (prvenstveno bojom i granulometrijskim sastavom) definisali smo tzv. litološki član serije kao sloj, banak ili paket slojeva i banak psamita ili psefita. Ovako definisani, odnosno, izdvojeni litološki članovi u sivoj seriji se mogu pratiti na površini, rudarskim horizontima i profilima bušotina stotinama i hiljadama metara po pružanju i po padu.

Kartiranje jezgra bušotina

Pretpostavljamo da jezgro verno odražava litološki sastav i strukturno-teksturne osobine stenske mase. Mogući su slučajevi da jezgro preuveliča ili umanji značaj nekog sloja, ili da dâ pogrešnu predstavu o geotektonskoj strukturi. Ako na nekim specijalnim mestima u rudarskim radovima (Sl. 7) zamislimo bušotinu, vidimo da bi dobili više od jednog metra jezgra nekog vrlo malog sočiva, ili zbog nepravilne slojevitosti bušotina bi dva puta bušila isti sloj itd. Zato svaki podatak dobijen na jezgru treba kritički analizirati da bi se dobila predstava o tome šta on predstavlja u sklopu terena.

U jezgru bušotina mogu se zapaziti mnogi detalji, počev od materijalnog sastava litoidnih fragmenata pa do finih trasa slojevitosti i klivaža. Granice slojeva određivali smo sa tačnošću desimetra, sitniji nevažni detalji su zanemarivani, sem pojave antracita ili mineralizacije (uranske i sulfidne) koje se beleže bez obzira na red veličine pojave.

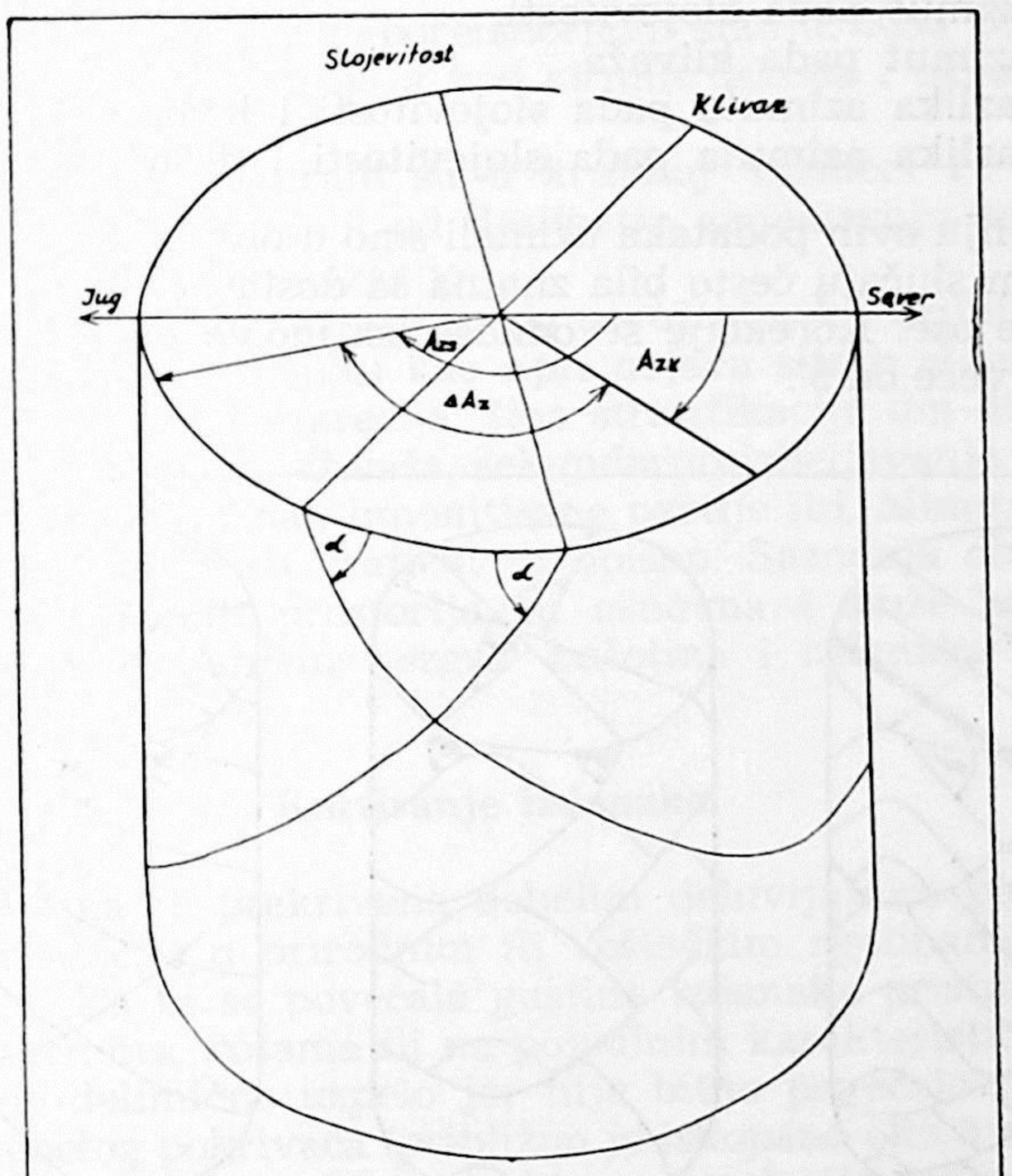
Zahvaljujući činjenici da je u gredenskim slojevima u ležištu dobro razvijen klivaž, razrađena je metoda *geološke orijentacije jezgra* bušotina. Na osnovu analize izmerenih elemenata pada klivaža na površini i u jami, došlo se do zaključka da je zaleganje klivaža po azimutu pada dovoljno stabilno. Azimuti pada klivaža najčešće variraju između 40 do 55° (približno 90% od ukupno izmerenog). Možemo smatrati da je jezgro geološki orijentisano ako trase klivaža padaju u pravcu severoistoka (45 do 50°).

Prilikom strukturnog kartiranja jezgra bušotina mereni su elementi pada slojevitosti i klivaža. Padni ugao se meri direktno na jezgru (Sl. 1), a azimute pada dobijamo algebarskim sabiranjem azimuta pada klivaža i

razlike azimuta pada klivaža i slojevitosti. Uglovi na jezgru mereni su sa tačnošću 5°.

U odnosu na slojevitost razlikujemo razne vrste klivaža prikazane na Sl. 2.

1. *Paralelan klivaž* — paralelne trase klivaža i slojevitosti, a pad na istu stranu. Površine klivaža i slojevitosti nisu paralelne u prostoru već se seku. U slučaju da su površine paralelne, klivaž i slojeviost se ne mogu razlikovati međusobno.



Azs Azimut pada slojevitosti
Azk Azimut pada klivaža
ΔAz Razlika azimuta pada slojevitosti i klivaža
α Padni ugao

Sl. 1. Geološka orijentacija jezgra bušotina.

Fig. 1. Geologic orientation of the drilling core.

2. *Suprotan klivaž* — paralelno pružanje klivaža i slojevitosti, a pad na suprotnu stranu.

3. *Levi klivaž* — da bi klivaž postao paralelan mora se rotirati na levo (u smeru kretanja kazaljke na satu)

4. *Desni klivaž* — da bi klivaž postao paralelan mora se rotirati na desno (u smeru suprotno od kretanja kazaljke na satu).

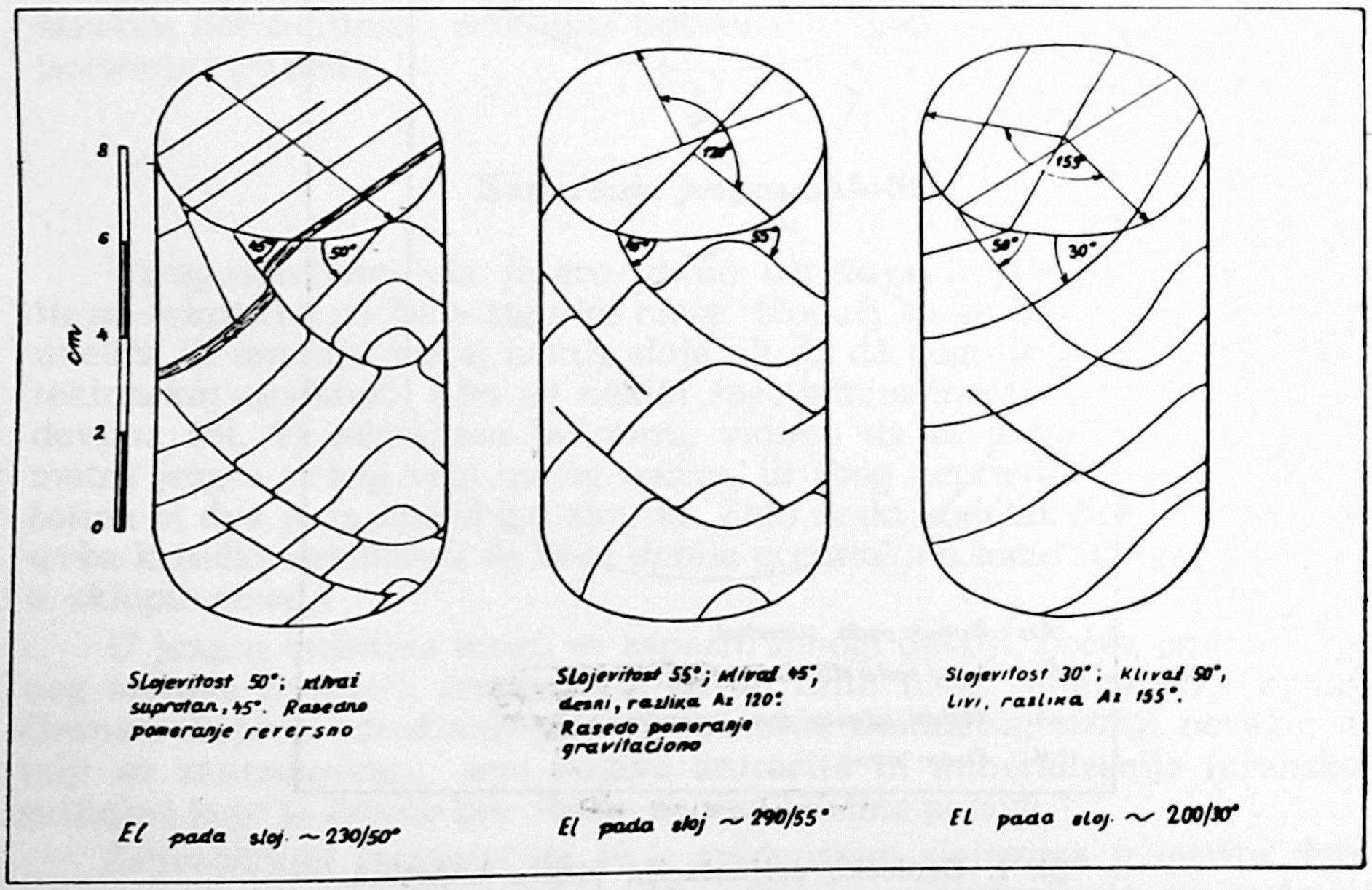
Za levi i desni klivaž merimo uglovnu razliku azimuta pada klivaža i slojevitosti. Azimut pada sloja dobijamo po sledećim jednačinama (Sl. 1):

Za paralelan klivaž . . . . . $Az_s = Az_k$
Za suprotan klivaž . . . . . $Az_s = Az_k + 180°$
Za levi klivaž . . . . . $Az_s = Az_k + \Delta Az_1$
Za desni klivaž . . . . . $Az_s = Az_k + 360° - \Delta Az_2$

gde je:

Az_s — azimut pada slojevitosti,
Az_k — azimut pada klivaža,
ΔAz_1 — razlika azimuta pada slojevitosti i levog klivaža,
ΔAz_2 — razlika azimuta pada slojevitosti i desnog klivaža.

Pri korišćenju ovih podataka uzimali smo u obzir i devijaciju bušotina, koja je u našem slučaju često bila znatna sa dosta neregularnim deformacijama uzdužne ose. Korekcije se odnose isključivo na padne uglove i to ukoliko su bile veće od 5°.



Sl. 2. Razne vrste klivaža.

Fig. 2. Different kinds of cleavage.

Izračunati elementi pada slojeva po metodi geološke orijentacije jezgra bušotina su približne vrednosti, koje mogu dobro da posluže prilikom korelacije slojeva na profilima.

U jezgru se retko indicira rasedni milonit. U rasednoj zoni procenat jezgra naglo pada nekad do nule. Pažljivim bušenjem sa duplim priborom,

može se dobiti rasedni milonit u jezgru. U tektonski polomljenim partijama (gust klivaž ili druge pukotine) takođe se dobija malo jezgra, tako da je teško proceniti da li je u pitanju rased ili pukotine.

Opažanjem boje isplake i peska iz perkusivne bušotine, moguće je odrediti boju sedimenta. Izbeljene partije crvenih peščara indiciraju se kao sivi peščar, što otežava korelaciju slojeva na profilima.

Kartiranje rudarskih prostorija

Rudarskim radovima izložene su direktnom proučavanju relativno velike površine stenske mase u neporemećenom stanju. Kod potkopa i hodnika kartirani su bokovi i strop, a kod strmih uskopa i okna kartirani su svi bokovi.

Rudarski hodnici kartirani su u krupnoj razmeri 1 : 100, izuzetno krupnijoj (1 : 50). Detalji manji od desimetra zanemaruju se, sem u slučaju pojave antracita i mineralizacije.

Peščari i konglomerati opisani su po usvojenim kriterijumima, a svaki sloj ima još neku karakteristiku kao npr. pojava sitnih alevrolitskih partija, pojava karbonatnih konkrecija, fina stratifikacija dm-dimenzija, sortiranost, stepen razvijenosti klivaža, sekundarno izbeljavanje, antracit, mineralizacija (urana ili sulfida), limonitisane partije itd. Mineralne kvarcno-kalcitske žice prikazane su grafički ili opisno. Saznanja dobijena geološkom obradom rudarskih prostorija su osnovna i služe za objašnjenje detalja dobijenih kartiranjem jezgra bušotina i izdanaka na površini.

Kartiranje izdanaka

Površina terena je prekrivena debelim deluvijalnim pokrivačem. Izdanci se nalaze obično u prirodnim ili veštačkim ogolinama (u potocima ili na putevima). Da bi se povećala gustina izdanaka pristupilo se raskopavanju na grebenima, kosama ili na pojedinim karakterističnim mestima. Raskopavanje je delimično uspelo jer nije bitno povećalo populaciju podataka. Zbog debelog pokrivača (približno je iskopano oko 3 m^3 po raskopu) potrebni su radovi velikog obima da bi se populacija izdanaka bitno povećala.

Za površinu oko 5 km^2 raspolagali smo kvalitetnom topografskom osnovom razmere 1 : 1000, a to je omogućilo da se primeni metoda snimanja svih izdanaka. Korelacija slojeva na površini, odnosno, sinteza detaljne geološke karte izvedena je u razmeri 1 : 5000.

Na prirodnim izdancima kartiranje detalja je najteže, stena na izdanku je obično raspadnuta. Izraženost klivaža je potencirana površinskim raspadanjem. Slojevitost se može zapaziti kada je po njoj izražena deljivost. Trase fine stratifikacije se mogu izuzetno zapaziti samo u koritu potoka gde je erozija to omogućila. Pri kartiranju izdanaka detalji manji od nekoliko metara su obično zanemarivani.

Na izdancima je najteže razlikovati klivaž od slojevitosti. Nekada je na izdanku izraženo više sistema pukotina koje liče i na klivaž i na slojevitost. Mikroskopskim ispitivanjem orijentisanih primeraka (A. Antonović, 1963) došlo se do zaključka da postoje dva ili više sistema klivaža.

Stena se nekad cepa po nekim rezultantnim površinama koje nisu ni klivaž ni slojevitost.

Opažanje komada sivih peščara u deluvijalnom nanosu može korisno da posluži prilikom određivanja granice sive i crvene serije. Tačno utvrđivanje granice moguće je raskopavanjem. Isto važi i za utvrđivanje granice sive serije i argilošista. Na pojedinim mestima nije moguće utvrditi granicu zbog debelog nanosa.

Na izdancima se zapažaju pukotine, koje su u rudarskim radovima kartirane kao mali rasedi sa pomeranjem dm-dimenzija. Veliki rased iz potkopa nije utvrđen na površini.

KORELACIJA SLOJEVA

Pored pomenutih litoloških osobina permskih sedimenata na Žirovskom Vrhu, njihovo međusobno povezivanje znatno otežavaju i veoma složeni nabirni strukturni oblici, naročito u severnom delu ležišta.

Veoma detaljno mineraloško-petrografsko proučavanje sive serije preko jezgra bušotina i izdanaka, nije odmah dovelo do povezivanja slojeva. Napori su u prvo vreme bili usmereni na traženje karakterističnog sloja (jednog ili više) kojeg bi mogli identifikovati u jezgru svih bušotina. Karakterističan sloj nije nađen zato što nije dovoljno izražena razlika u mineraloškom sastavu među slojevima. Klasične litološke metode korelacije daju malo podataka za identifikaciju slojeva u bušotinama.

Gredenski slojevi na Žirovskom Vrhu taloženi su u pet makroritmova (V. O m a l j e v — u štampi). Ritam sačinjavaju sivi peščari i konglomerati (stariji član ritma) i crveni peščari (mlađi član ritma). Sivi sedimenti su produkat redukcionih uslova sedimentacije i taloženi su, verovatno, na kontinentalnom pragu, a crveni peščari su produkat kopnene, verovatno, pustinjske sredine. U fazi emerzije, za vreme stvaranja crvenog peščara, bilo je delimične erozije pojedinih delova basena. Prvo je bio raznet tek stvoreni sloj crvenog peščara, tako da se sada slojevi sivih sedimenata različitih ritmova direktno graniče. Ovako složeni uslovi sedimentacije otežavaju izdvajanje ritmova kao krupnih članova sedimentne serije.

Crvene interkalacije u sivoj seriji, ukoliko su razvijene na većoj površini, mogu igrati ulogu karakterističnog sloja. Tom prilikom treba biti oprezan da se ne povežu različiti slojevi crvenih peščara. Problem je kako izvršiti identifikaciju crvenih slojeva istog stratigrafskog nivoa.

Izbor razmere

Korelacija litoloških članova, odnosno slojeva sive serije je utoliko lakša ukoliko je razmera sitnija. U sitnoj razmeri se zanemaruju mnogi detalji koji nisu karakteristični; ističu se deblji, regularnije razvijeni slojevi. Tanki sočivasti proslojci se potpuno gube kod razmere 1 : 5000 te je ona najpogodnija za korelaciju slojeva na strukturnim profilima i na površini.

Korelacija slojeva u razmeri 1 : 2000 je ustvari poboljšana varijanta prethodne. Zanemarujemo slojeve tanje od 2—3 metra. Preimućstvo ove varijante dolazi do izražaja na prostoru gde su istražni radovi pogušćeni npr. na uzdužnom profilu (Sl. 4).

Korelacija slojeva u razmeri 1 : 1000 i krupnijoj je poseban problem. Tanki slojevi se ne mogu zanemariti. Konglomerati se moraju izdvajati iz svoje osnove konglomeratičnih peščara. Na profilima bušotina se dobija utisak haosa, utoliko većeg ukoliko je bušenje gušće. Najmanje međusobno rastojanje između plitkih bušotina na terenu je 50 metara, a to je nedovoljno da bi se povezali tanki slojevi dekametarskih dimenzija po pružanju i po padu. Ova razmera je pogodna za povezivanje slojeva u rudarskim radovima gde je dobijeno obilje podataka o litološkom sastavu i strukturi stenskih masa.

Devijacija bušotina

Devijacija bušotina otežava povezivanje slojeva na profilima utoliko više ukoliko je razmera krupnija. Tehničke teškoće zbog devijacije dolaze do izražaja kod dubokih bušotina preko 200 metara, a kod plićih ona se može zanemariti.

Pri bušenju bušotina se krivi, odnosno »šeta« u prostoru. Krivljenje je najčešće u rezultantnom pravcu između slojevitosti i klivaža; ređe je upravno na slojevitost, a najređe je upravno na klivaž ili je proizvoljno. Verovatno je da bušotine često skreću po rasedima koji su statistički paralelni klivažu, a to je pravac koji je upravan na slojevitost.

Veće krivljenje bušotine dolazi posle 150 metara dubine (više od 3°). Najveća iskrivljenost bušotina na terenu je 18°, a najveće izračunato horizontalno odstupanje dna od usta bušotine je 80 metara (oko 20% od dubine).

Devijacija bušotine je merena na svakih 50 metara dubine sa tačnošću $\pm$ 3° za horizontalne uglove i $\pm$ 1° za vertikalne uglove. Na osnovu ovih podataka izračunate su koordinate tačaka bušotine u prostoru. Spajanjem ovih tačaka krivom dobijena je trajektorija koja predstavlja bušotinu u prostoru. Sigurno je da se bušotina u prostoru ne poklapa sa izvučenom trajektorijom zbog nedovoljne gustine i tačnosti merenja, ali ona se nalazi u njenoj blizini.

Ortogonalnim projektovanjem bušotine na vertikalnu ravan profila mi pomeramo njen litološki stub tako da nabušeni slojevi »putuju« horizontalno do ravni profila. Budući da su slojevi nagnuti, ovakva translacija slojeva dovodi do greške. Na uzdužnom profilu, ako bušotina odstupa u pravcu gde padaju slojevi dubina se povećava, a u suprotnom pravcu se smanjuje od stvarne dubine sloja na profilu. Kada bi se sve bušotine jednako krivile u određenom pravcu, deformisala bi se samo ravan profila, ali bi odnos slojeva ostao nepromenjen. Konkretno, bušotine su iskrivljene proizvoljno po pravcu i dužini, nekad se spiralno uvijaju oko vertikalne ose, a to deformiše odnos slojeva na profilu. Kod poprečnih profila deformacije su manje, a do njih dolazi zato što profili nisu idealno upravni na pružanje slojeva.

Možemo konstatovati da devijacija bušotina ozbiljno deformiše odnose slojeva na profilu, što otežava i komplikuje i onako složene strukturne prilike u ležištu. Debljine slojeva su nejednako povećane jer su isti probušeni po različitim prividnim debljinama.

Primenjene metode korelacije

Primenjene metode povezivanja slojeva, odnosno, litoloških članova u ležištu su sledeće:

1. metode međusobnog položaja slojeva,
2. litološke metode,
3. geofizičke metode.

Metoda međusobnog položaja slojeva je dala najbolje rezultate. Litološke i geofizičke metode daju dobre rezultate u pojedinim slučajevima i na ograničenom prostoru.

Mineraloški sastav slojeva je jednoličan, a jedina uočljiva razlika među njima je u boji i granulometrijskom sastavu. Ovi kriterijumi su najvažniji za korelaciju slojeva u ležištu.

Na osnovu sadržaja teških minerala S. Radošević (1964) je podelio sivu seriju na dva dela: cirkonsko-rutilsko-amfibolska zona kao gornja i cirkonsko-granatsko-apatitsko-epidotska zona kao donja. Ove dve zone nemaju jasnu već uslovnu granicu koja po vertikali varira po desetak metara, a nekad je u diskordantnom odnosu sa slojevima.

Količina teških minerala je mala, a u njoj su zastupljeni rudni minerali oko 95% koji su autigeni sastojci. Od preostalih 5% jedan deo čine barit, kalcit i brukit koji su takođe autigeni sastojci. Preostala količina teške frakcije su akcesorni minerali koji mogu da posluže za korelaciju slojeva. Glavni korelativni minerali su: cirkon, rutil, amfiboli, granat, apatit i epidot koje ćemo opisati.

Cirkon je prisutan u svim primercima i ne zapažaju se neke varijacije osim povećanja na račun rutila. Količinski je zastupljen sa 10 do 75% od količine akcesornih minerala. Javlja se u prizmatičnim kristalima u lepo razvijenim bipiramidama, izuzetno se javlja u zaobljenim zrnima.

Rutil se smatra za glavni korelativni mineral. U gornjim delovima sive serije sadržaji se kreću do 65%, a u donjem delu retko prelazi 10% (obično je oko 5%). U podinskom delu sive serije količina rutila se ponovo povećava. Javlja se u prizmatičnim kristalima koji su često zaobljeni.

Amfiboli se sreću samo u gornjim delovima sive serije, a zastupljeni su sa 15 do 50%. U donjim delovima sive serije izostaju, sem u bušotini B-18 u kojoj je obrnut slučaj. Zastupljena je zelena hornblenda i vlaknasti agregati tremolita i aktinolita. Amfiboli su delimično hloritisani. Zapaža se da sa povećanjem količine amfibola opada sadržaj rutila i cirkona.

Granat je zastupljen u središnjim i donjim delovima sive serije. Sadržaj se obično kreće oko 10%, retko 50% ili više.

Apatit je najređi od nabrojanih minerala, zastupljen je obično do 15%, retko više. Pokazuje tendenciju povećanja sadržaja idući ka paleoreljefu, slično granatu. Javlja se u prizmatičnim kristalima.

Epidot je zastupljen u donjem delu sive serije. Količina mu varira od 3 do 10%, sa tendencijom porasta prema paleoreljefu.

Sadržaj akcesornih minerala nije karakterističan za slojeve, odnosno litološke članove sive serije. Pomoću njih se mogu izdvojiti zone debele preko 100 metara.

Materijal za izgradnju gredenskih slojeva dale su efuzivne, sedimentne i metamorfne stene. Ne postoji jasna izdiferenciranost u pogledu porekla materijala u stenama, jer se litoidni fragmenti većine ranije postojećih stena nalaze zajedno u slojevima. Fragmenti su nekad izgrađeni od karakterističnih minerala ili stena koji se jasno makroskopski mogu determinisati. Karakteristični su sledeći minerali i stene u fragmentima konglomerata i peščara.

Beli kvarc, pretežno poreklom iz metamorfnih stena, je redovan sastojak peščara i konglomerata. Nekad se javlja u krupnim valuticama promera iznad 50 mm. Fragmenti od kvarcita se takođe tretiraju kao beli kvarc.

Ružičasti kvarc je pretežno vulkanskog porekla. Fragmenti ružičastog kvarca druguju sa kvarcporfirskim valuticama. Krupnoća valutica retko prelazi 5 mm.

Crveni kvarcporfir (boja svežeg mesa) je karakterističan sastojak nekih konglomerata i peščara. Lako se razlikuje od odlomaka crvenog peščara. U kvarcporfiru se retko zapažaju fenokristali kvarca, najčešći je slučaj da se radi o odlomcima od osnovne mase. Kvarcporfir je nekad dominantan sastojak peščara koji dobija crvenu boju ili nijansu. Količinski je nejednako zastupljen u sloju, neki delovi sadrže veću količinu kvarcporfirskih fragmenata, što se zapaža po intezitetu crvene boje. Veličina valutica retko prelazi 50 mm.

Lidit (silicijska stena crne boje) je karakterističan sastojak nekih konglomerata. Količinski je malo zastupljen, a valutice retko prelaze veličinu 30 mm.

Argilošist je čest sastojak peščara i konglomerata u blizini paleoreljefa. Udaljavanjem od paleoreljefa količina fragmenata od argilošista se smanjuje i u središnjem delu sive serije praktično iščezava. Valutice su obično sitnije od 30 mm.

Krečnjak je redak sastojak. Valutice od krečnjaka se izuzetno sreću u konglomeratima blizu paleoreljefa. Krečnjak je bledosive boje; valutice su obično krupne do 100 mm, mada su poznate i sitnije, oko 10 mm.

Sivi peščari i alevroliti pretaloženi iz ranije nataloženih slojeva sive serije sreću se u svim stratigrafskim nivoima. Među njima se nalaze i odlomci karbonskih peščara, ali njihovo razlikovanje je nesigurno. U višim horizontima se sreću krupne valutice preko 100 mm. Takođe se nekad sreću valutice od *crvenog peščara* pretaložene iz slojeva crvenih peščara iz sive serije.

Pojava karbonatnih konkrecija u sitnozrnim peščarima i alevrolitima je karakteristična za pojedine slojeve. Prilikom korelacije slojeva u krupnoj razmeri (u rudarskim radovima) pojedini nivoi sa karbonatnim konkrecijama se mogu povezati.

Od geofizičkih metoda primenjeni su radioaktivni gama karotaž bušotina. Radioaktivnost slojeva dolazi od singenetskog urana koji je raspršen u steni. Karotažni dijagram radioaktivnosti slojeva nije karakterističan da bi mogao odigrati presudnu ulogu prilikom povezivanja slojeva. Radioaktivne anomalije indiciraju uranovu mineralizaciju koja je epigenetska

(pehblenda u cementu peščara je autigeni mineral) te ne može da bude faktor za korelaciju slojeva. Ukoliko je uranova mineralizacija razvijena u određenom paketu slojeva na većem prostoru, kao I rudni paket, može da pomogne pri identifikaciji litološkog člana u bušotinama. Ova metoda je pomoćna i može se primeniti na prostoru gde je stepen orudnjenosti veći.

Prilikom korelacije rudnih nivoa, u krupnoj razmeri, koristi se gama karotažni dijagram i to samo anomalije. Budući da uranovu mineralizaciju kontroliše slojevitost, neophodno je prvo povezati slojeve, da bi se dobila shema po kojoj treba povezati orudnjene nivoe. Za uspešnu korelaciju rudnih nivoa potrebna je velika gustina istražnih radova.

Korelacija slojeva na profilima

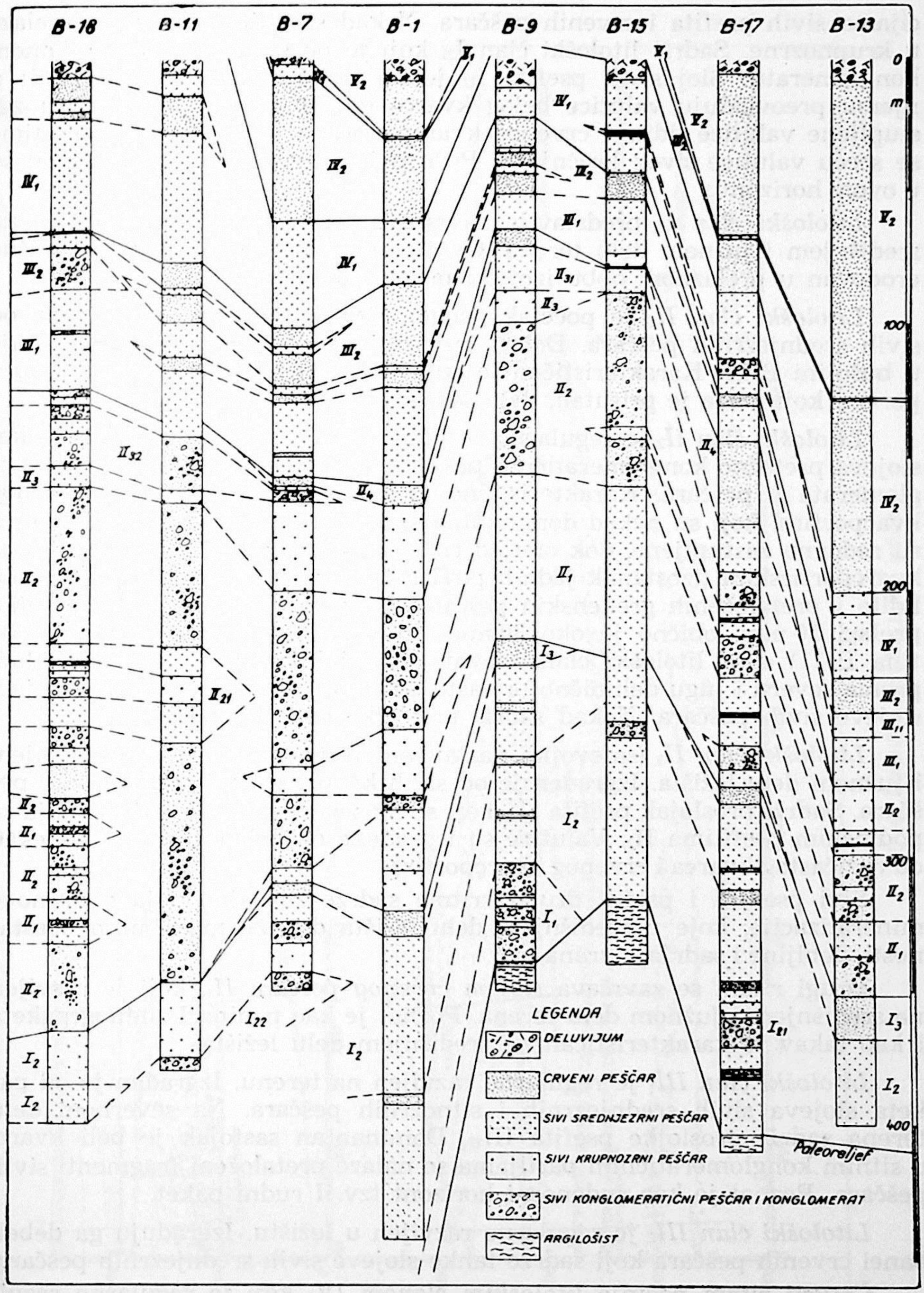
Za prikazivanje korelacije slojeva u ležištu metodom međusobnog položaja slojeva uz pomoć litoloških i geofizičkih metoda, odabran je osnovni uzdužni profil. Na ovom profilu je izbušeno 10 dubokih, 5 plitkih i 8 jamskih bušotina, a izrađeno je 1250 metara smernog hodnika. Duboke bušotine su osnovne za korelaciju slojeva, jer su one dale najviše podataka o međusobnom položaju slojeva u ležištu. Na mestima gde su radovi gušći osnovna slika se ne menja, razlika je u većoj detaljnosti kao posledici većeg broja podataka.

Na Sl. 3 prikazane su duboke bušotine sa dela uzdužnog profila (Sl. 4). Litološki stubovi bušotina su uprošćeni za sitniju razmeru (1 : 5000, odnosno za 1 : 2000), mnogi tanki proslojci se gube. Izuzetno su prikazani slojevi tanji od 2 metra kada oni predstavljaju bitan deo ritma (slučaj sa sivim članom petog ritma). Crveni peščari nisu raščlanjeni po granulometrijskom sastavu; među njima preovlađuju sitnozrni peščari i alevroliti. Kod sivih peščara preovlađuju srednjezrni (sa pripojenim sitnozrnim) nad krupnozrnim; to je posledica što su krupnozrni peščari obično konglomeratični. Konglomerati nisu izdvajani iz svoje osnove konglomeratičnih peščara, jer se obično javljaju u tankim proslojcima haotično raspoređenim u svojoj osnovi. Slojevi, odnosno, litološki članovi su povezani isprekidanim linijama, sa izuzetkom granice sive i crvene serija koja je prikazana punom linijom. Granice ritmova su prikazane punim linijama. Ritmovi su označeni rimskim ciframa, a slojevi arapskim indeksima. Ukratko ćemo opisati litološke karakteristike izdvojenih litoloških članova.

Budući da između argilošista srednje karbonske starosti i gredenskih slojeva srednje permske starosti postoji hiatus, granicu argilošista i sive serije predstavlja paleoreljef. Postoje indikacije da je ova površina bila mehanički aktivna pri kasnijem ubiranju.

Litološki član I_1 je prvi sloj prvog ritma, a predstavlja klasičan sivi bazalni konglomerat. Neregularno je razvijen, čest je slučaj da bazalni konglomerat nedostaje. Izgrađen je od krupnih valutica (do 100 mm) belog kvarca sa izvesnom količinom sitnijih valutica od lidita i argilošista. Dobro se razlikuje od mlađih konglomerata. Često sadrži tanke proslojke sivih srednjezrnih peščara koji se ritmički smenjuju sa debljim slojevima konglomerata.

Litološki član I_2 je regularno razvijen, najčešće direktno na paleoreljefu. Izgrađuju ga slojevi sivih srednjezrnih peščara sa tanjim interkala-



Sl. 3. Korelacija slojeva u bušotinama.

Fig. 3. Correlation of the strata in the drilling core.

cijama sivih psefita i crvenih peščara. Nekad srednjezrni peščari prelaze u krupnozrne. Sadrži litološki član I_{21} koji je po sastavu sličan bazalnom konglomeratu. Sloj sivih psefita I_{22} je na većoj stratigrafskoj visini; u njemu preovlađuju valutice belog kvarca (do 50 mm), a uz njih su zastupljene valutice lidita i crvenog kvarcporfira. U nekim konglomeratima se sreću valutice sivog krečnjaka. Prve pojave uranove mineralizacije su u ovom horizontu.

Litološki član I_3 predstavlja završetak prvog ritma. Razvijen je na središnjem i južnom delu terena. Ovaj sloj crvenog peščara je delimično erodovan u prelaznom dobu između prvog i drugog ritma.

Litološki član II_1 je početak drugog ritma. Izgrađen je pretežno od sivih srednjezrnih peščara. Dobro je razvijen u ležištu, izuzetno izostaje u bušotini B-11. Karakteristična je pojava fragmenata od crvenog kvarcporfira koji, kada je prisutan, daje peščaru crvenu boju ili nijansu.

Litološki član II_2 je regularno razvijen u ležištu. To je najdeblji paket slojeva pretežno konglomeratičnih peščara, sa tanjim interkalacijama konglomerata i peščara. Karakteristično je prisustvo fragmenata crvenog kvacporfira, koji su nekad dominantan sastojak. Valutice od belog kvarca su redovno zastupljene, dok one od ružičastog kvarca redovno druguju sa kvarcporfirskim (izostanak jednih povlači izostanak i drugih). Valutice od lidita i pretaloženih gredenskih peščara su retke. Veličina valutica retko prelazi 50 mm, obično je oko 30 mm. Na središnjem delu terena (bušotina B-11) ovaj litološki član zahvata ceo sivi deo drugog ritma, idući prema severu i jugu delimično prstasto isklinjava ili se račva obuhvatajući slojeve sivih peščara. Nekad sadrži proslojke crvenih peščara.

Litološki član II_3 (sa svojim nastavkom II_{31}) je razvijen na središnjem i južnom delu ležišta. Izgrađen je od sivih krupnozrnih i srednjezrnih peščara. Sadrži proslojak psefita II_{32} koji se na severnom delu ležišta spaja sa podinskim psefitima II_2. Valutice su izgrađene od belog kvarca i ponekad od ružičastog kvarca i crvenog kvarcporfira.

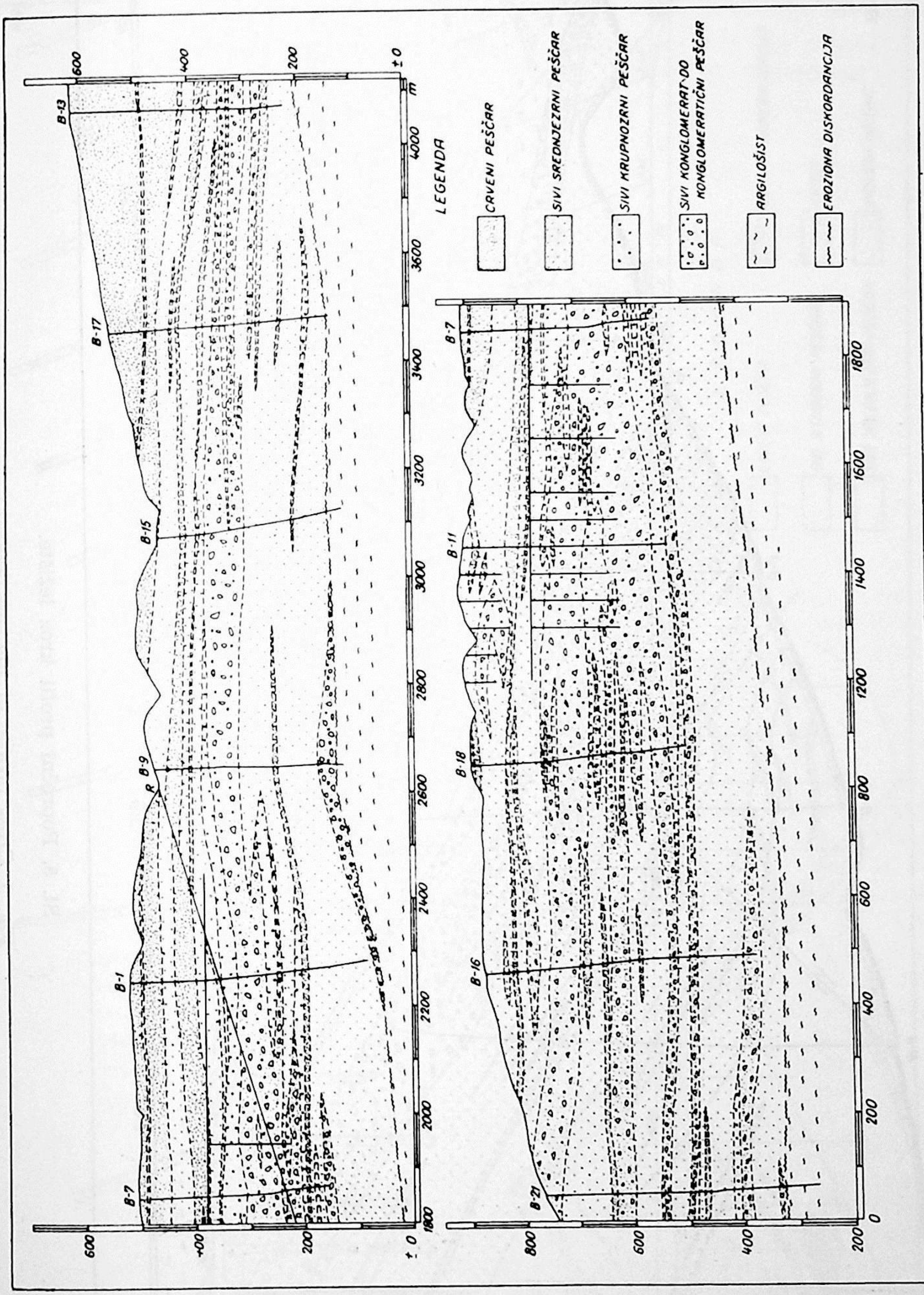
Sivi psamiti i psefiti drugog ritma sadrže značajne pojave uranove mineralizacije, koje u središnjem delu ležišta dostižu maksimum učestanosti, debljine i sadržaja urana.

Drugi ritam se završava *slojem crvenog peščara* II_4, koji je razvijen na središnjem i južnom delu terena. Poznat je kao podina I rudnog paketa i kao takav je karakterističan na središnjem delu ležišta.

Litološki član III_1 je regularno razvijen na terenu. Izgrađen je od paketa slojeva sivih srednjezrnih i sitnozrnih peščara. Na severnom delu terena sadrži proslojke psefita III_{12}. Dominantan sastojak je beli kvarc, u sitnim konglomeratičnim partijama se nalaze pretaloženi fragmenti sivih peščara. Poznat je kao rudonosni horizont tzv. I rudni paket.

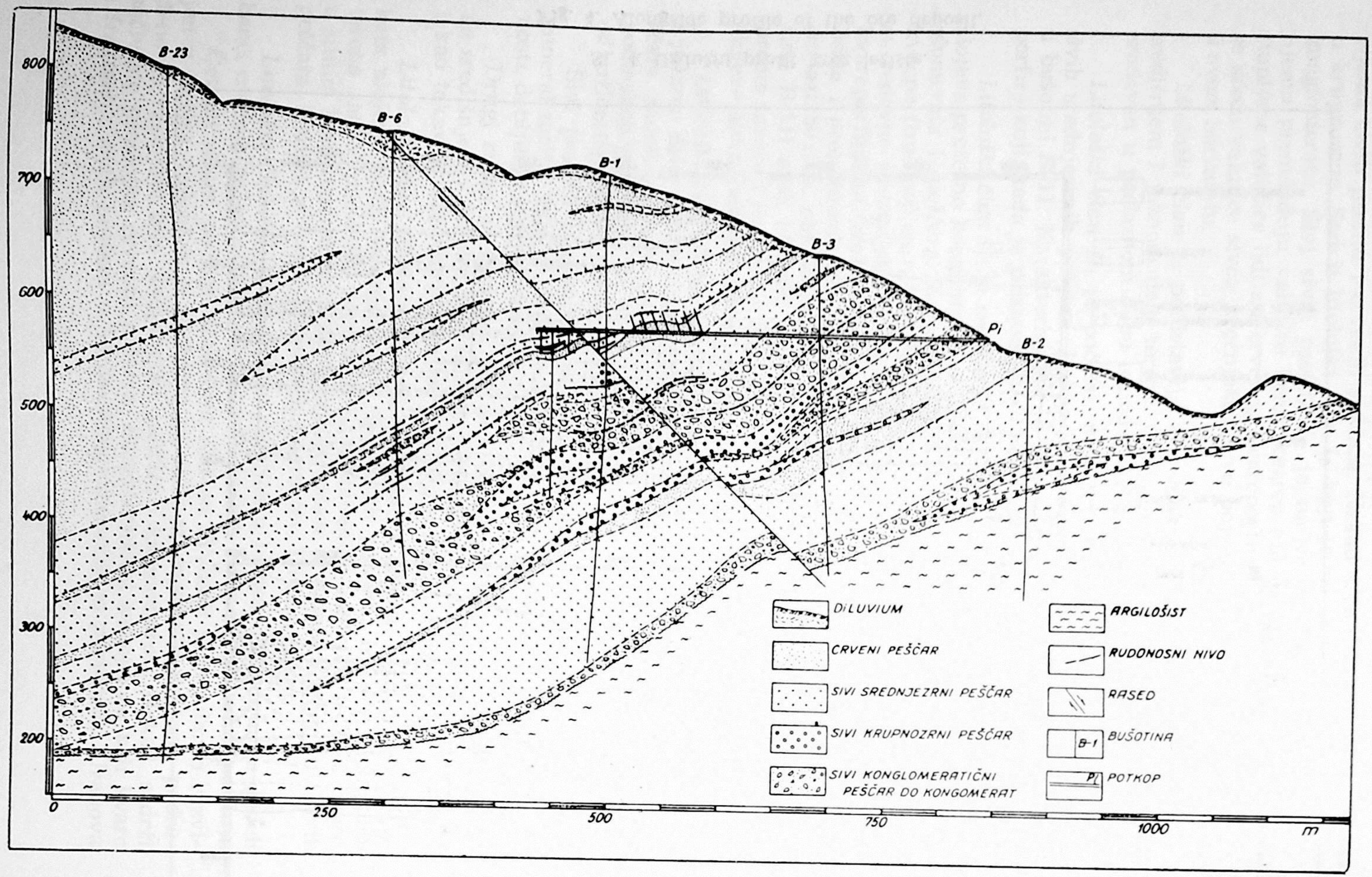
Litološki član III_2 je regularno razvijen u ležištu. Izgrađuju ga debeli banci crvenih peščara koji sadrže tanke slojeve sivih srednjezrnih peščara.

Četvrti ritam počinje *litološkim članom* IV_1 koji je regularno razvijen u ležištu. Izgrađen je pretežno od sivih srednjezrnih peščara; podređeno su razvijeni sivi krupnozrni peščari i konglomerati. Nekad sadrži sočivaste proslojke crvenih peščara. Karakteristični sastojci su beli kvarc i fragmenti sivih peščara u sitnim konglomeratičnim partijama. Uranova



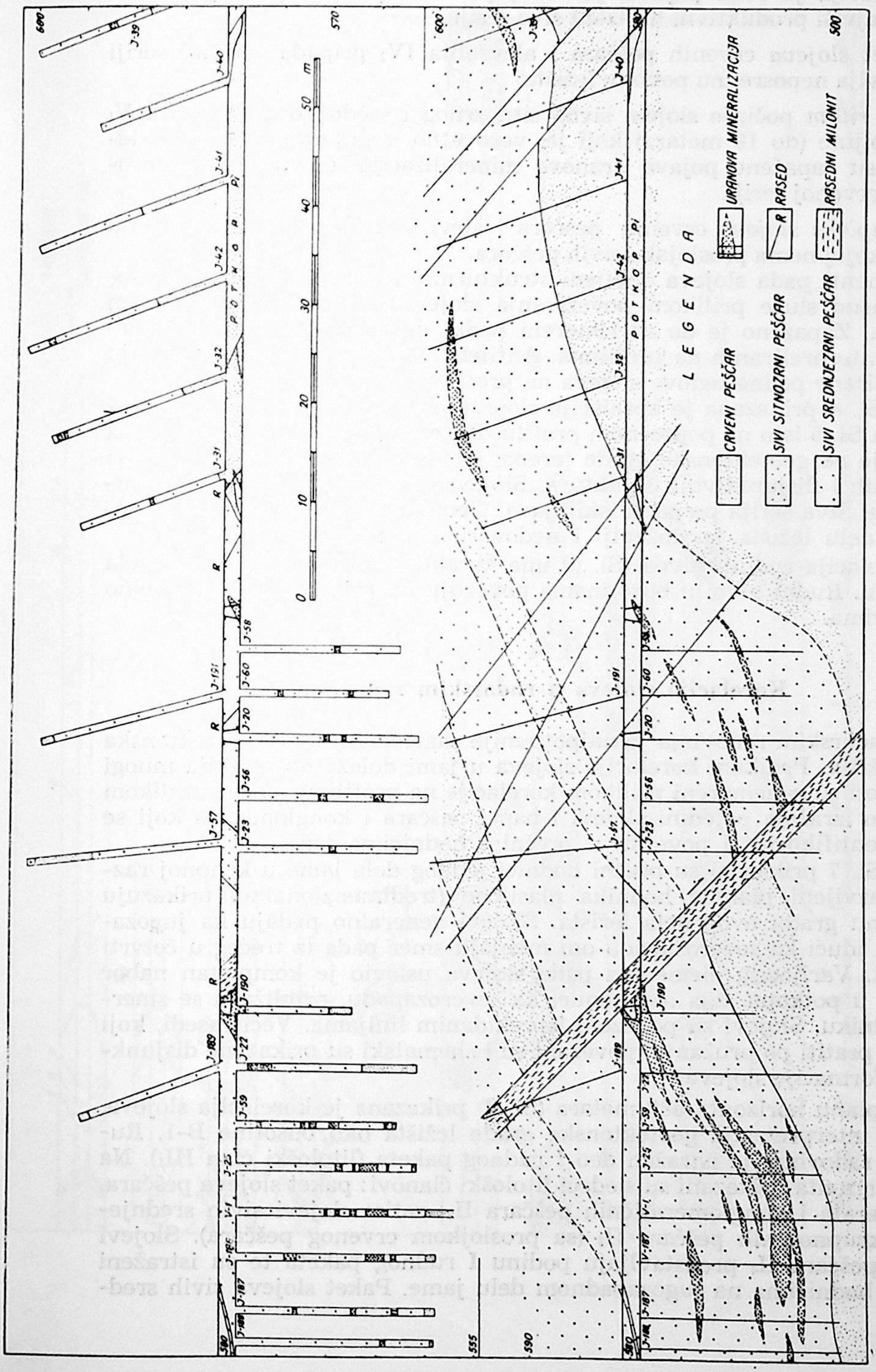
Sl. 4. Uzdužni profil kroz ležište.

Fig. 4. Alongside profile of the ore deposit.



Sl. 5. Poprečni profil kroz ležište.

Fig. 5. Cross profile of the ore deposit.



Sl. 6. Korelacija rudnih nivoa u presjecima perkusivnim bušotinama.

Fig. 6. Correlation of the mine levels in the percussive drillholes.

mineralizacija je ređa pojava, jer ovaj paket slojeva predstavlja stratigrafski najviši produktivni horizont sive serije.

Paket slojeva crvenih peščara i alevrolita IV_2 pripada crvenoj seriji i predstavlja neposrednu povlatu ležišta.

Peti ritam počinje slojem sivog sitnozrnog i srednjezrnog peščara V_1 male debljine (do 10 metara) koji je, verovatno, regularno razvijen u ležištu. Nisu zapažene pojave uranove mineralizacije u ovom sivom proslojku u crvenoj seriji.

Kompleks slojeva crvenih peščara i alevrolita V_2 predstavlja crvenu seriju u kojoj nema proslojaka sivih peščara.

Elementi pada slojeva dobijeni strukturnim kartiranjem jezgra bušotina korisno služe prilikom povezivanja slojeva, naročito na poprečnim profilima. Zapaženo je da su izmereni padni uglovi slojeva redovno strmiji od interpretiranih na profilima. Antitetički rasedi i klivaž ublažavaju interpretirane padne uglove slojeva na profilima za desetak stepeni.

Na Sl. 4 prikazana je korelacija slojeva na osnovnom uzdužnom profilu, a na Sl. 5 isto na poprečnom profilu. Povezivanje slojeva na profilima zavisno je od geotektonske građe terena, odnosno, od stepena poznavanja plikativnih i disjunktivnih struktura. Slojevi generalno padaju prema jugozapadu. Siva serija po padu isklinjava. Geotektonski sklop terena na severnom delu ležišta je složeniji i nedovoljno je poznat.

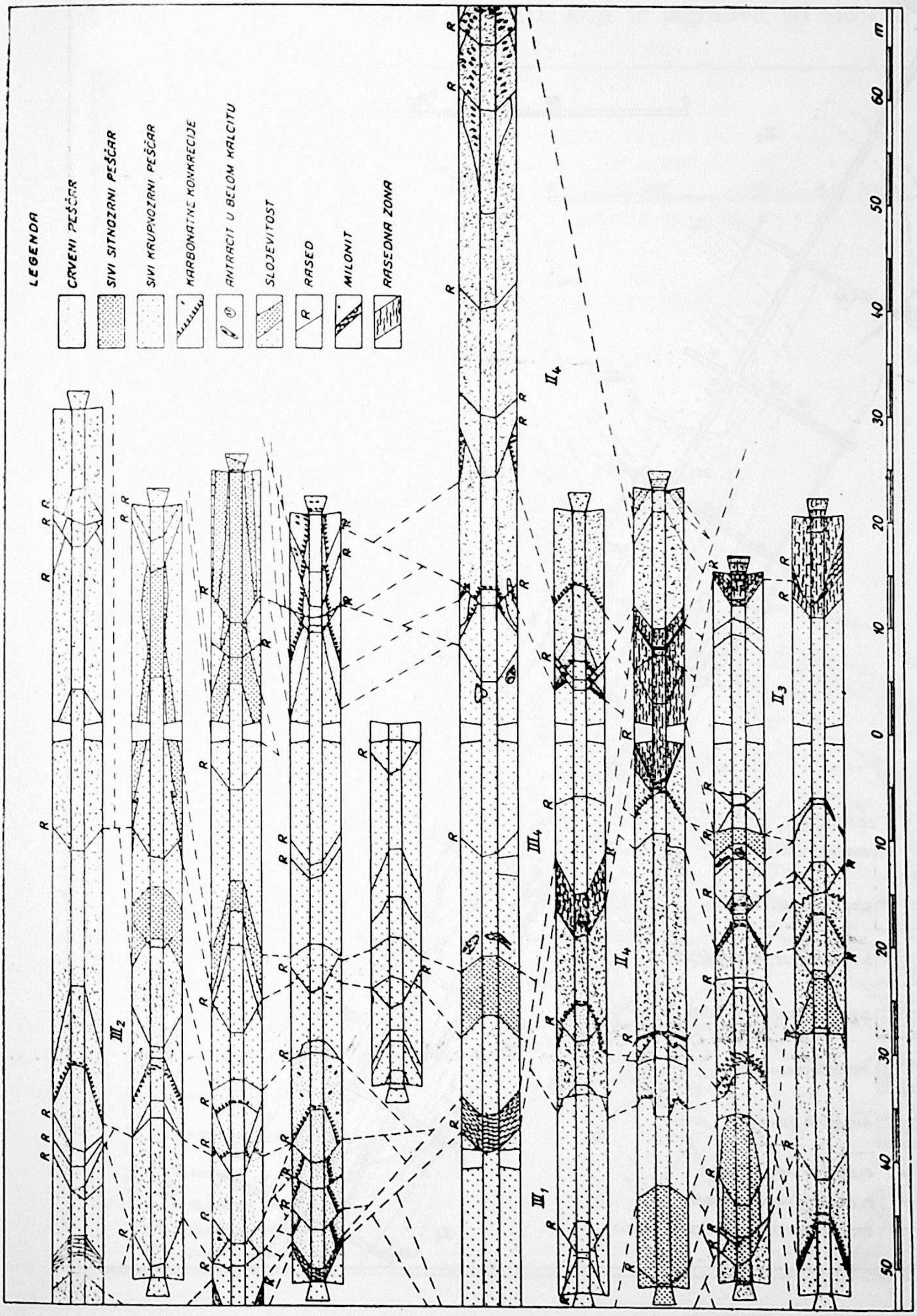
Korelacija rudnih nivoa (Sl. 6) ima karakter okonturenja rudnih tela na profilu. Rudni nivoi u bušotinama povezuju se, principijelno, paralelno sa slojevima.

Korelacija slojeva u rudarskim radovima

U rudarskim radovima je najpotpunije sagledana litološka i tektonska građa ležišta. Prilikom korelacije slojeva u jami dolaze do izražaja mnogi detalji koji su zanemareni prilikom korelacije na profilima. Ovom prilikom dolaze do izražaja pojedini slojevi i banci peščara i konglomerata koji se mogu identifikovati i povezati u prečnim hodnicima jame.

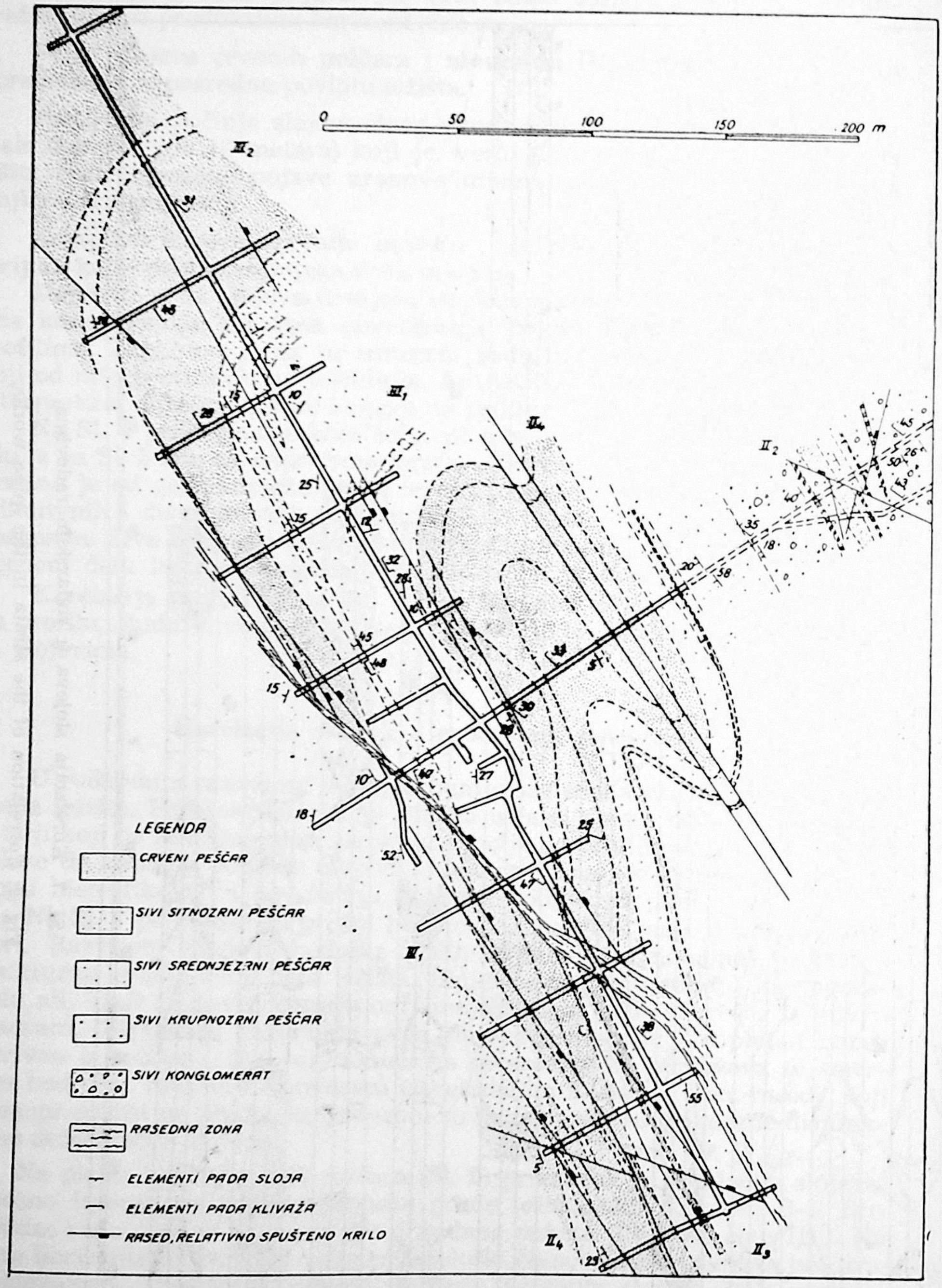
Na Sl. 7 prikazani su prečni hodnici jednog dela jame u krupnoj razmeri. Razvijeni planovi hodnika plastično (trodimenzionalno) prikazuju strukturnu građu ovog dela ležišta. Slojevi generalno padaju ka jugozapadu ali, idući ka severozapadu oni menjaju smer pada iz trećeg u četvrti kvadrant. Varijaciju elemenata pada slojeva uslovio je kompletan nabor otkriven u potkopu, čija osa, tonući ka severozapadu, približava se smernom hodniku. Slojevi su povezani isprekidanim linijama. Veći rasedi, koji se mogu pratiti po pružanju, povezani su i shematski su prikazane disjunktivne deformacije slojeva.

Na planu horizonta 580 metara (Sl. 8) prikazana je korelacija slojeva, odnosno interpretacija geotektonske građe ležišta oko bušotine B-1. Rudarskim radovima je istražen deo I rudnog paketa (litološki član III_1). Na planu horizonta prikazani su sledeći litološki članovi: paket slojeva peščara, konglomerata i konglomeratičnih peščara II_2; zatim slojevi sivih srednjezrnih i krupnozrnih peščara II_3 (sa proslojkom crvenog peščara). Slojevi crvenih peščara II_4 predstavljaju podinu I rudnog paketa te su istraženi prečnim hodnicima na jugozapadnom delu jame. Paket slojeva sivih sred-



Sl. 7. Korelacija slojeva u rudarskim radovima.

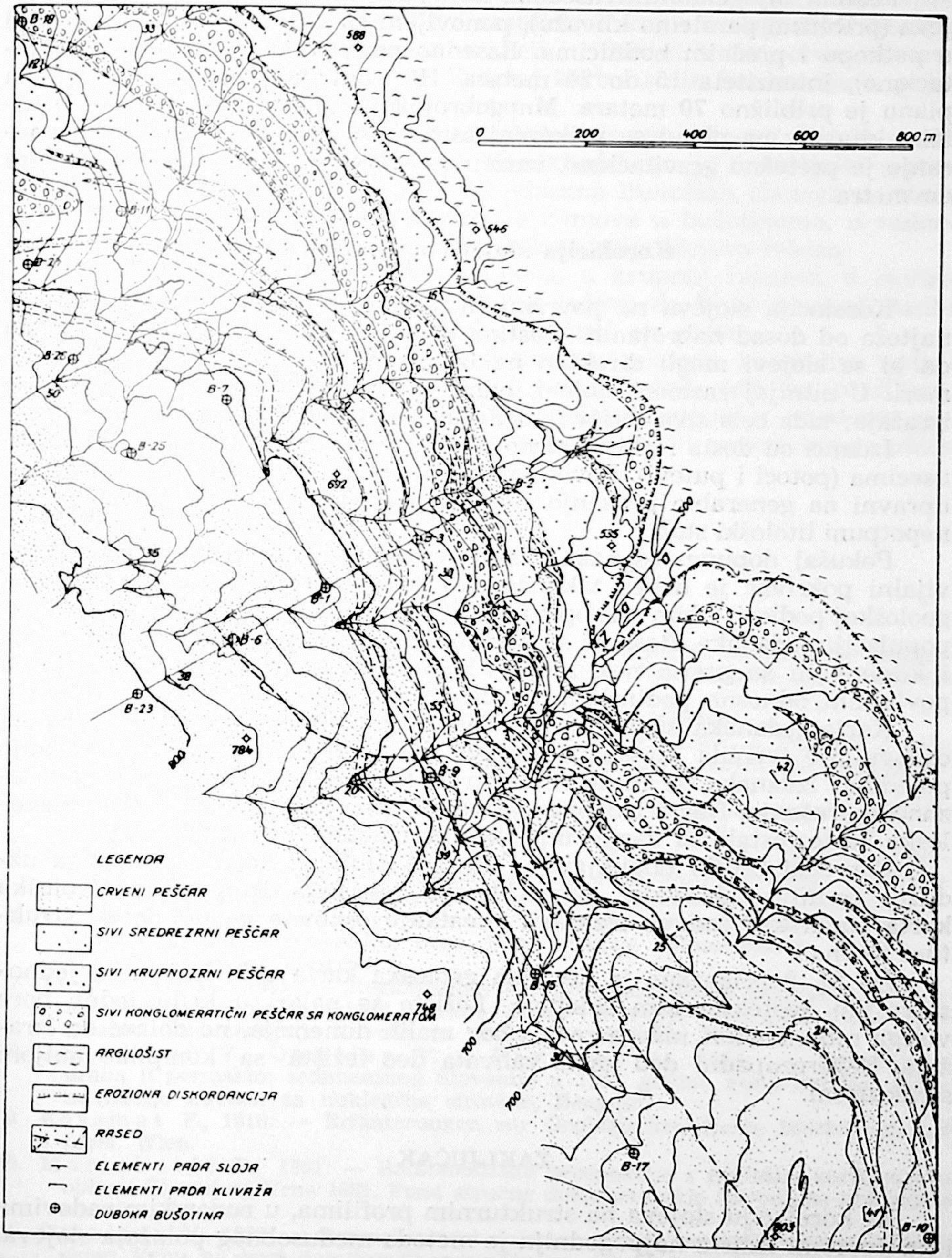
Fig. 7. Correlation of the strata in the mine works.



Sl. 8. Geološki plan horizonta 580 m.

Fig. 8. Geologic plan of the horizon 580 m.

njezrnih i sitnozrnih peščara je nosilac uranove mineralizacije. Povlata I rudnog paketa je litološki član III_2 koji je izgrađen od slojeva crvenih



Sl. 9. Detaljna geološka karta.

Fig. 9. Detailed geologic map.

peščara sa interkalacijama sivih peščara. Na severozapadnom delu plana jame, ovaj litološki član je razvijen na celoj dužini prečnih hodnika.

Jednim dijagonalnim rasedom, koji pada na suprotnu stranu od slojeva (približno paralelno klivažu), ponovljeni su pojedini slojevi (II_4 i III_1) u potkopu i prečnim hodnicima. Rasedno pomeranje je normalno (gravitaciono), intenziteta 15 do 20 metara. Horizontalno smicanje slojeva na planu je približno 70 metara. Mnogobrojni mali rasedi su pretežno paralelni klivažu; na planu su prikazani samo karakteristični. Rasedno pomeranje je pretežno gravitaciono, izuzetno reversno, reda veličine desimetra do metra.

Korelacija slojeva na površini

Korelacija slojeva na površini ili sinteza detaljne geološke karte je najteža od dosad nabrojanih. Gustina podataka na površini je nedovoljna da bi se slojevi mogli direktno na izdancima povezati u krupnijoj razmeri. U sitnijoj razmeri slojevi, odnosno litološki članovi, ne dolaze do izražaja; tada cela siva serija figuriše kao litološko-stratigrafski član.

Izdanci su dosta retki i obično su otkrivani u prirodnim ili veštačkim usecima (potoci i putevi). Povoljna okolnost je da su potoci često približno upravni na generalno pružanje slojeva, pa izdanci u njima predstavljaju nepotpuni litološki stub.

Pokušaj dopune izdanaka raskopavanjem je delimično uspeo. Deluvijalni pokrivač je debeo tako da oko 20% raskopa ne daje podatke o geološkoj podlozi. Obim raskopavanja je bio nedovoljan da bi bitno povećao populaciju izdanaka. Raskopi su obično locirani po profilima na grebenima i kosama ili se pratio neki sloj ili se utvrđivala granica sive serije sa povlatnim, odnosno, podinskim stenama.

Karta izdanaka sadrži nedovoljan broj podataka da bi se samo na osnovu nje izvršila korelacija slojeva na površini. Logično povezivanje pojedinih izdanaka ne može se smatrati korelacijom zbog mogućeg višeznačnog rešenja. Karta izdanaka je samo jedna komponenta detaljne geološke karte; ostale su karte rudarskih horizonata i profili bušotina.

Poprečni profili dopunjavaju litološki stub na karti izdanaka, a uzdužni profili olakšavaju »identifikaciju« izdanka istog sloja. Geološka karta rudarskih radova olakšava shvatanje osnovne geotektonske strukture terena.

Na Sl. 9 prikazana je detaljna geološka karta dela ležišta sa jednostavnijim geotektonskim sklopom. Ležište se nalazi u krilu jedne bore višega reda. Nabori nižega reda, zbog malih dimenzija, ne dolaze do izražaja. Severozapadni deo karte zahvata deo ležišta sa komplikovanijom strukturom.

ZAKLJUČAK

Za korelaciju slojeva na strukturnim profilima, u rudarskim radovima i na površini ležišta najpogodnija je metoda međusobnog položaja slojeva. Litološke i geofizičke metode ne daju dovoljno podataka da bi se slojevi mogli povezati.

Sadržaj akcesornih minerala nije karakterističan za pojedine slojeve. Na osnovu sadržaja akcesornih minerala siva serija u ležištu je podeljena

na dve zone: gornja, cirkonsko-rutilsko-amfibolska i donja, cirkonsko--granatsko-apatitsko-epidotska. Granica ovih zona je uslovna i delimično se nalazi u diskordantnom položaju sa slojevima.

Materijal za izgradnju gredenskih slojeva dale su efuzivne, sedimentne i metamorfne stene. Karakteristični sastojci od kojih su izgrađeni litoidni fragmenti peščara i konglomerata su: beli i ružičasti kvarc, crveni kvarc-porfir, lidit, argilošist i krečnjak. Sadržaj karbonatnih konkrecija u pojedinim slojevima može biti karakterističan.

Gredenski slojevi u ležištu su nataloženi u pet ritmova. Ritam grade sivi i crveni peščari i konglomerati. Karakterističan je materijalni sastav slojeva svakog ritma. Položaj slojeva, odnosno litoloških članova u ritmu je odreden; potrebno je odrediti granice ritmova u bušotinama, u rudarskim radovima i na površini, a sa tim je korelacija slojeva rešena.

Poseban problem je korelacija slojeva, u krupnoj razmeri, u okviru jednog ritma. Potrebna je velika gustina radova da bi se povezali tanki slojevi dekametarskih dimenzija po pružanju i po padu.

Povezivanje rudnih nivoa u bušotinama, pomoću anomalija radioaktivnog karotaža, ima karakter okonturenja rudnih tela na profilima. Budući da slojevitost kontroliše uranovu mineralizaciju u prostoru, potrebna je prvo povezati slojeve, pa tek tada pristupiti povezivanju rudnih nivoa na profilima.

(Predato za štampu aprila 1965. g.).

LITERATURA

1. Antonović A., 1963: — Odnos slojevitosti i strukturnih deformacija gredenskih peščara na Žirovskom Vrhu (SR Slovenija). Fond stručne dokumentacije Zavoda za nuklearne sirovine, Beograd.
2. Ažgirei G. D., 1956: — Strukturnaja geologija. Moskva.
3. Berce B., Iskra M., Novak D. i Ciglar K., 1960: — Poročilo o geološkem kartiranju na ozemlju Cerkno-Žiri-Idrija-Rovte. Arhiv Geološkega zavoda v Ljubljani. Ljubljana.
4. Dimitrijević M., 1964: — Strukturna geologija. Rudarsko-geološki fakultet — Laboratorija za metode geološkog kartiranja. Beograd.
5. Grad K., Hinterlehner-Ravnik A. i Ramovš A., 1962: — Regionalna ispitivanja razvoja gredenskih slojeva u Sloveniji. Referati V savetovanja. Savez geoloških društava FNR Jugoslavije (strana 77—81). Beograd.
6. Grad K., Hinterlehner-Ravnik A., 1964: — Litološko tektonska proučavanja sedimenata savskih bora. Fond stručne dokumentacije Zavoda za nuklearne sirovine. Beograd.
7. Ivanović Đ., 1961: — Regionalna i detaljna prospekcija permskih gredenskih peščara u okolini Idrije, Cerkna, Žirija i Gorenje Vasi (Slovenija). Fond stručne dokumentacije Zavoda za nuklearne sirovine, Beograd.
8. Jokanović V., Omaljev V. i Pavlović A., 1964: — Istraživanje urana u permskim sedimentima Slovenije u 1963. godini. Fond stručne dokumentacije Zavoda za nuklearne sirovine, Beograd.
9. Kossmat F., 1910: — Erlänterungen zur Geologischen Karte Bischoflak und Idria. Wien.
10. Marinković P., 1961: — Radiometriska prospekcija i geološko kartiranje u oblasti Žirovskog Vrha 1961. Fand stručne dokumentacije Zavoda za nuklearne sirovine, Beograd.
11. Omaljev V., 1963: — Perspektivnost pojava uranove mineralizacije na Žirovskom Vrhu na bazi dosadašnjih prospekciono-istražnih radova. Fond stručne dokumentacije Zavoda za nuklearne sirovine, Beograd.
12. Omaljev V., u štampi: — Razvoj gredenskih slojeva i uranove mineralizacije u ležištu Žirovski Vrh.

13. Protić M., 1961: — Teksture i strukture sedimentnih stena kao faktori koji kontrolišu uransku mineralizaciju. Radovi Sektora za istraživanje nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, broj 1, Beograd.
14. Protić M. i Radoševic S., 1964: — Izveštaj o proučavanju gredenskih peščara u posavskim borama, Žirovskom Vrhu i Pohorju u 1963. godini. Fond stručne dokumentacije Zavoda za nuklearne sirovine, Beograd.
15. Radošević S., 1961: — Prethodni izveštaj o petrografskom sastavu oblasti Žirovski Vrh kod mesta Gorenja Vas u Sloveniji. Fond stručne dokumentacije Zavoda za nuklearne sirovine, Beograd.
16. Radošević S., 1964: — Litofacijalni stub i korelacija permskih sedimenata na uzdužnom profilu »O« — Žirovskog Vrha. Fond stručne dokumentacije Zavoda za nuklearne sirovine. Beograd.
17. Radusinović D., 1962: — Izveštaj o mineraloškom ispitivanju nekih primeraka iz lokalnosti Gorenja Vas. Fond stručne dokumentacije Zavoda za nuklearne sirovine, Beograd.
18. Rakovec I., 1956: — Pregled tektonske zgradbe Slovenije. Prvi jugoslovenski geološki kongres na Bledu. Ljubljana.
19. Sikošek B., 1956: — Tektonske strukture NR Slovenije s naročitim osvrtom na alpisko-dinarsku granicu (u rukopisu). Beograd.
20. Zubrev I. N., 1964: — Stručni izveštaj o boravku u Jugoslaviji. Fond stručne dokumentacije Zavoda za nuklearne sirovine, Beograd.
21. Zubrev I. N., Panov I. A. i Veršinjin A. S., 1960: -- Uranonosnost FNR Jugoslavije. Fond stručne dokumentacije Zavoda za nuklearne sirovine. Beograd — Moskva.

Summary

VELJKO OMALJEV*)

CORRELATION OF THE STRATA IN THE URANIUM ORE DEPOSIT AT ŽIROVSKI VRH

The ore deposit at Žirovski vrh belongs to the epigenetic sedimental type of uranium ore deposits. The uranium mineralization has been deposited in gray Val Gardena sandstones and conglomerates. Gray colour of the sediments is of lithologic origin while stratification represents structural control of the uranium mineralization.

As the uranium mineralization is regulated by the stratification, the correlation of the strata in the ore deposit is of extreme importance for good orientation of exploration work.

More detailed exploration work was preceeded by structural drilling. The drillings were applied either on cross or on alongside profiles. The correlation of strata on the profiles of the structural drill is of basic importance; it embraces the whole productive series of the Val Gardena sandstones.

The more detailed exploration of the ore deposit has been done by mine work and test drillings from the surface as well as from the pit. The correlation of the strata in the more thoroughly explored area of the deposit represents in fact an enlargement of the fundamental correlation of the strata on the structural profiles.

---

*) Institute for Nuclear Raw Materials, Beograd.

The correlation of the strata on the surface of the deposit represtents a special problem. The surface of the deposit has been charted in detail by the method of checking all bare stones on the surface. The density of the bare stones is too small to trace the correlation of the strata. The correlation of the strata on the surface has been stated mainly through the knowledge about geologic and tectonic structure of the deposit obtained by mine work and drilling.

The main criteria for lithologic analysis of psamite and psephite are the colour, the granulometric structure and the origine of the material. The conglomerate sandstones have been treated together with the conglomerates which appear inside them in the shape of thin intercalations. Lithoidic fragments are made of volcanic metamorfic and sedimental walls, of which are characteristic: white (of metamorfic origin) and rose (mostly of volcanic origin) quartz, lidite, red quartz porphyry, argiloschist and limestone. Sometimes redeposited fragments of gray and red Val Gardena sandstones can be observed.

In the ore deposit the schistose differential cleavage is well developed, which enables the orientation of the drilling core. The inclinations of the cleavage represent in 90% of examples values from 40 to 45 degrees. The core is geologically orientated when the traces of the cleavage in it are inclined to NE (45 — 50 dgrs).

The following methods for correlation of strata have been applied:

1 — method of reciprocal position of the strata
2 — lithologic method
3 — geophysical method.

The best results have been obtained by the method of reciprocal position of the strata, so it is estimated as the fundamental one.

On the basis of containing accessory minerals (S. Radošević 1964) the gray series is divided into two parts. The main accessory minerals are: circonium, rutilium, amphibolia, granate, apatite and epidote. The content of accessory minerals is not characteristic for particular strata but for zones. Two different zones can be distinguished: circonium-granate-apatite-epidote as lower, and circonium-rutily-amphibolian as upper zone.

Of geophysical methods for ascertening the correlation of mine levels gamma-rays method has been applied. Radioactivity of particular strata is not characteristic.

On the alongside profile characteristic lithologic members (packet of strata) have been ascertained by applying the method of reciprocal position of the strata. In fig. 3 and 4 they are marked by Roman figures (indicating rythm) with indices in Arabic figures indicating the strata in the rythm.

In the pit numerous structural details can be observed (fig. 6) which enable more precise correlation of the strata. Fig. 9 shows a part on the surface of the ore deposit, of simpler geologic-tectonic structure. The strata fall in general to SW.

Radovi Instituta za geološko-rudarska istraživanja i ispitivanja nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, sv. 3. 1967. god.

MIRKO PROTIĆ*)

SEDIMENTOLOŠKE KARAKTERISTIKE PERMSKIH I DONJETRIJASKIH SEDIMENATA STARE PLANINE I URANSKA MINERALIZACIJA U NJIMA

(Sa 3 slike i 1 tabelom)

S a d r ž a j. Sedimentološke karakteristike kompleksa terigenih naslaga crvenih permskih i šarenih donjetrijaskih peščara na Staroj planini izvedene su na osnovu karakterističnih obeležja izraženih u građi i sastavu ovih naslaga. Razmatranje litostratigrafskih odnosa vršeno je na osnovu izdvojenih više serija i facija. Uporedo sa ovim diskutovano je o uslovima odnosno sredinama stvaranja. Za glavne članove ispitivanih serija data su osnovna petrološka i geohemijska obeležja. Dat je osvrt na U-mineralizaciju u donjetrijaskim peščarima i tumačenje njene uslovljenosti.

Crveni konglomerati u permu na Staroj planini i susednim terenima Bugarske označavaju novu etapu paleozojskog ciklusa sedimentacije. Taloženjem psefita, peskovitih i alevrolitskih čestica u permu u različitim kontinentalnim sredinama i zatim kroz donji trijas u plitkovodnim marinskim sredinama sve do kraja donjeg trijasa stvorio se jedan moćan kompleks terigenih naslaga debljine od preko 1.000 metara na Staroj planini a u susednoj Bugarskoj i preko 2.000 metara.

Osvrnućemo se u ovom radu na osnovne sedimentološke karakteristike ovih naslaga i uransku mineralizaciju vezanu za donjetrijaske peščare.

U laboratorijskom ispitivanju pomenutih sedimenata Stare planine učestvovala je pok. M i l e v a P a v l o v i ć, mineralog. Neka ovde, in memoriam, ostane zabeleženo ime ovog vrednog nekadašnjeg člana Zavoda za nuklearne sirovine, koji je svojim prilježnim radom doprineo, pored ostalog, i boljem poznavanju geoloških prilika na Staroj planini.

Podaci o sadržajima elemenata u tragovima navedeni su prema rezultatima semikvantitativne spektralne analize (anal. S. M a k s i m o v i ć). Termičke analize radila je S. H a d ž i - P o p o v i ć, a rentgenske analize uradio je G. V u k o v i ć.

LITOSTRATIGRAFSKI ODNOSI I USLOVI STVARANJA

Taloženje permskih crvenih peščara započelo je na podlozi koja je u priličnoj meri bila izmodelirana erozijom. Nju su sačinjavale u najvećoj meri filitične stene starijeg paleozoika i u sasvim ograničenoj meri kar-

*) Rudarsko-geološki fakultet, Beograd.

bonski sedimenti. Delovi ovakvog paleoreljefa danas se mogu naći i unutar partija donjih članova permskih crvenih peščara kao erozioni zaostaci (okolina Toplog dola).

Bazalne članove permskih crvenih peščara čine konglomerati, čija je glavna masa rasprostranjena oko Babinog zuba i idući dalje prema srednjem toku Toplodolske reke. Ovi konglomerati pored odlomka kvarca i kristalastih škriljaca sadrže često i fragmente porfirita i kvarc-porfira, koji nekad količinski mogu i dominirati nad ostalim sastojcima, kao što je slučaj sa izvesnim partijama u Toplodolskoj reci, zatim (po A. Antonoviću, 1958), na Jabločkom ravništu. J. Žujović (1893) kaže čak da »ima i takvih masa koje se kao porfirski tufovi mogu smatrati«.

U najnižem delu perma Mihailovgradske antiklinale u SZ Bugarskoj javlja se (po St. Moskovskom i dr., 1963) partija škriljavih breča sa fragmentima terigeno-tufogenog materijala poreklom od slabo metamorfisanih stena iz podloge a u gornjem delu i sa fragmentima andezita. Neposredno preko prethodnih leži vulkanogeno-terigena partija taložena za vreme intenzivne vulkanske delatnosti. Ova je izgrađena, prema istim autorima, od tufoznih peščara, vulkanogenih konglomerata, andezitskih i dacitskih tufova i tufobreča.

U istočnoj Srbiji poznata je pojava permskih crvenih konglomerata sa valucima porfirskih stena u Porečko-belorečkoj dislokaciji (V. Simić, 1952). Neposredno na severu odavde, u terenima Rumunije, donji perm predstavljen je u donjem delu horizontom od detritičnih stena sa interkalacijama vulkanskih tufova i žicama porfirskih stena, i drugim horizontom, u čiji sastav ulaze pretežno porfirske stene, tufovi i vulkanski aglomerati (Codarcea 1940, cit. po R. Dimitrescu, 1959). Isto tako u konglomeratima srednjeg perma Meček planine i permskim slojevima oboda Balatona u Mađarskoj, nalaze se, naročito u prvoj lokalnosti, veće količine valutaka kvarc-porfira (Vadasz, 1961).

Sve nam ovo govori o snažnoj vulkanskoj aktivnosti sa izlivima pretežno kiselih lava i izbacivanjem piroklastičnog materijala u donjem permu u susednim terenima Bugarske, Rumunije, delimično u graničnom području Jugoslavije prema ovim zemljama, i u nekim oblastima Mađarske. Ovo je od paleogeografskog interesa u tome smislu, što se na osnovu iznetih činjenica može govoriti o oblasti snabdevanja vulkanogenim materijalom i crvenih permskih konglomerata Stare planine. Ova se nalazila naime na severu od područja rasprostranjenja ovih sedimenata na Staroj planini.

Pored ovih konglomerata donjoj seriji crvenih permskih peščara (A. Antonović, 1958) pripada i facija sitnozrnih peščara i alevrolita, tipično razvijena u širem području s. Topli do.

Uslovi taloženja ovih sedimenata razlikuju se od prethodnih. Dok se konglomerati mogu shvatiti najvećim delom da pripadaju aluvijalnim konusima, u kojima je materijal sakupljen retkim ali snažnim bujičnim tokovima i slagan bez jasne sortiranosti materijala, taloženje sitnih čestica peska i praha pomenute facije vršilo se u jednoj mirnoj sredini, najverovatnije u nekoj depresiji (kotlini). Karakterističan stalni sadržaj $CaCO_3$ komponente (M. Protić, 1959) sedimenata ove druge, peskovito alevrolitične facije, ukazuje pored ostalog na aridni tip litogeneze (po N. Strahovu, 1962).

Za analoge terigene naslage u SZ Bugarskoj S. Janev (1964) navodi da ih treba staviti u formaciju međuplaninskih padina unutarkon-

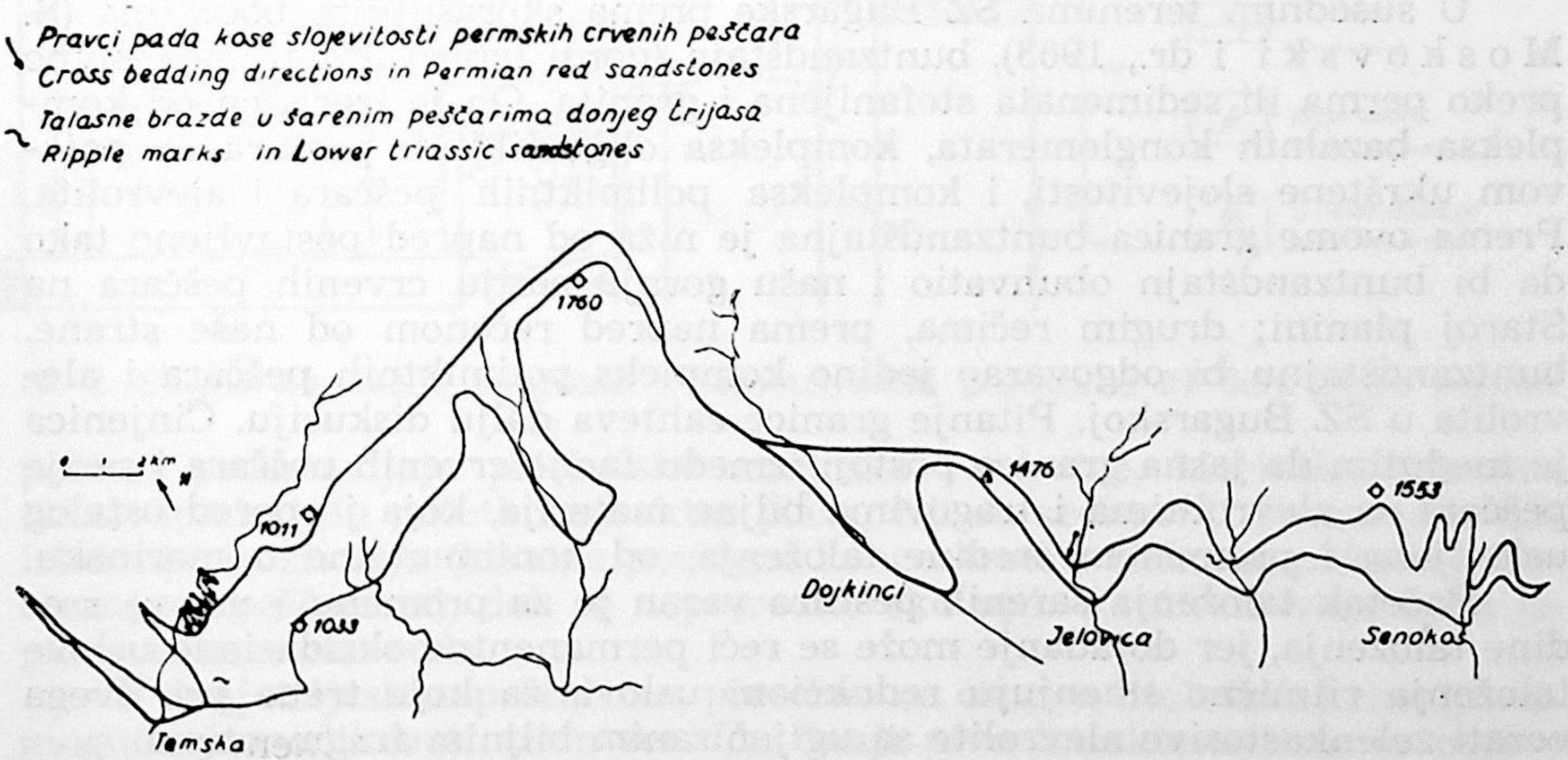
tinentalne grupe formacija. Isti autor govori o postojanju facija konglomerata — proluvijalnih konusa u podnožju visokih planina i ističe mogućnost taloženja partije alevrolita kao finog mulja u delovima kotlina.

Gornjoj seriji crvenih peščara pripada facija srednje- do krupnozrnih peščara, delom konglomeratičnih (A. Antonović, 1958, M. Protić, 1961) .Ona je otkrivena u donjem toku Toplodolske reke, zatim idući odatle ka SSI, protežući se od Koprena dalje u vidu jedne uzane zone prema JJI. Dok u Toplodolskoj reci leži konkordantno ili prividno konkordantno preko sitnozrnih peščara i alevrolita, u JJI delu naleže diskordantno na paleozojske filitične stene. Posebno obeležje ovih peščara, u završnim horizontima izraženo na najjasniji način, jeste pojava kose slojevitosti, koja je posebno proučavana.

Opažanjem morfoloških karakteristika i merenjima u Toplodolskoj i Dojkinačkoj reci određena su obeležja i izmereni pravci kose slojevitosti. Dobijeni rezultati upoređeni sa obeležjima koja su karakteristična za pojedine facije sedimenata (po Botvinkinoj, 1962) ukazuju nam da se u pomenutim slučajevima radi o naslagama rečnih korita ili podvodnih delova delti. S obzirom da je za rečne naslaga karakteristična orijentacija lamina na jednu stranu, dok kod naslaga delti ove padaju na razne strane, ovde se pre radi o rečnim sedimentima i kada se uzmu u obzir variranja koja su dozvoljena u slučaju ovih naslaga (azimut pada varira u granicama ispod 90°).

Merenja orijentacije kose slojevitosti omogućuju nam da zaključujemo o pravcima odakle je materijal dolazio. U pomenutom slučaju to je sever — severozapad. Ako se ovome doda ono što smo pomenuli za vulkanogene fragmente u konglomeratima, onda se sa još više sigurnosti može zaključiti da je materijal za stvaranje crvenih peščara uopšte u područjima Toplodolske i Dojkinačke reke na Staroj planini dolazio sa severa odnosno sever — severozapada (Sl. 1).

Između permskih crvenih peščara na Staroj planini i SZ Bugarskoj postoje i pored izvesnih sličnosti i razlike i to kako u litofacijalnom raz-



Sl. 1. Pravci pada kose slojevitosti permskih crvenih peščara i talasne brazde u šarenim peščarima donjeg trijasa na Staroj planini.

viću tako i u pogledu debljina ovih naslaga. Tek detaljnom analizom ovih područja kao celine moćiće da se izvede paleogeografska rekonstrukcija prilika za vreme stvaranja ovih sedimenata. Tada će moći detaljnije da se odrede kontinentalne sredine deponovanja materijala. U ovom smislu pored ostalog pokazaće se i koliko osnova ima naša pretpostavka da su u nekadašnjem predgorju aridne oblasti u kojima se deponovao klastični materijal za vreme perma postojali izolovani pustinjski baseni tipa današnjih bolsona (K. Danbar i Dž. Rodžers, 1962). Detaljnije, da li pojasevi aluvijalnih konusa koji se protežu niz podnožja nekadašnjih planina odgovaraju bolsonima zvanim bahada, i da li su u centru basena postojala suva jezera, samo povremeno pod vodom, u kojima se taložio fini materijal prenošen kroz bahadu, da bi se nataložio u najdonjem delu basena kada je voda isparila u njemu.

Serija donjetrijaskih peščara proteže se u vidu jednog, uglavnom kontinuiranog pojasa od s. Rudinje kod Temske prema JI do Karibanje blizu bugarske granice. Debljina serije iznosi do nešto preko 200 metara. Cela serija je blago nagnuta prema JZ i konkordantno leži preko crvenih peščara.

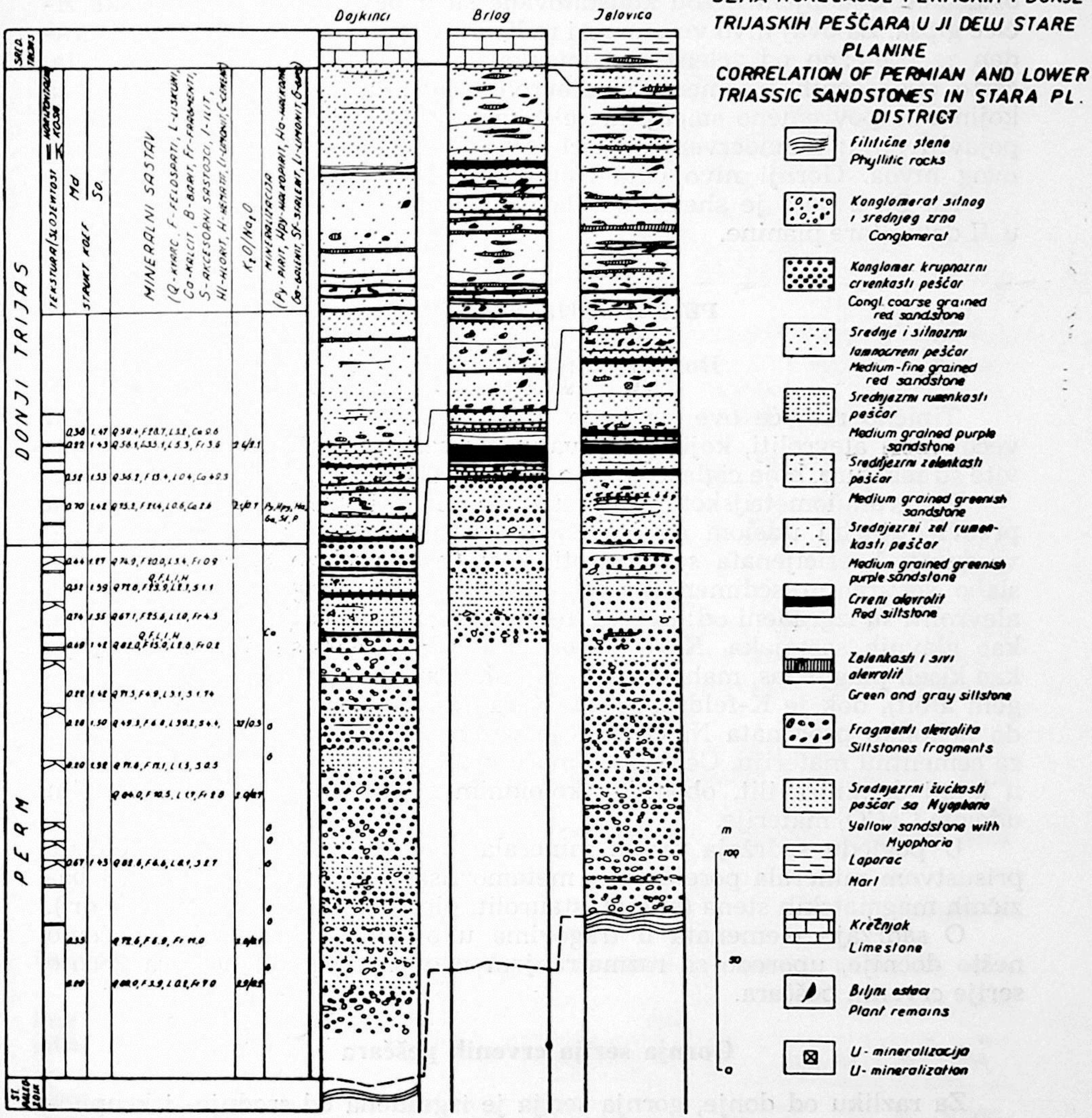
U celini osnovna karakteristika litološkog profila ove serije jeste često smenjivanje u superpozicionom smislu različitih peščara po boji i strukturi sa alevrolitima koji se javljaju u vidu tankih slojeva i fragmenata u peščarima. U najnižim članovima ove serije određena je flora tzv. šarenog peščara (Buntsandstein-a) donjeg trijasa (N. Pantić i M. Protić, 1960).

Kontinualna sedimentacija donjetrijaskih šarenih peščara na crvenim peščarima otežava uočavanje granice perm — donji trijas. Međutim ovu granicu je ipak moguće postaviti na osnovu litoloških kriterijuma i radioaktivnosti sedimenata. Tako nju označava prestanak u pojavljivanju krupnozrnih konglomeratičnih crvenih peščara sa kosom slojevitošću, koje u superpozicionom smislu smenjuje serija peščara i alevrolita. Granica između jednih i drugih mogla se postaviti i na osnovu radioaktivnosti, koja je primetno veća kod donjetrijaskih u odnosu na permske peščare.

U susednim terenima SZ Bugarske prema skorašnjijim podacima (S. Moskovski i dr., 1963), buntzandštajn (donji trijas) leži transgresivno preko perma ili sedimenata stefanijena i granita. On je izgrađen od kompleksa bazalnih konglomerata, kompleksa oligomiktnih peščara sa pojavom ukrštene slojevitosti, i kompleksa polimiktnih peščara i alevrolita. Prema ovome granica buntzandštajna je niža od napred postavljene tako da bi buntzandštajn obuhvatio i našu gornju seriju crvenih peščara na Staroj planini; drugim rečima, prema napred rečenom od naše strane, buntzandštajnu bi odgovarao jedino kompleks polimiktnih peščara i alevrolita u SZ Bugarskoj. Pitanje granice zahteva dalju diskusiju. Činjenica je međutim da jasna granica postoji između facije crvenih peščara i serije peščara sa alevrolitima i tragovima biljne materije, koja je pored ostalog uslovljena i promenom sredine taloženja, od kontinentalne u marinsku.

Početak taloženja šarenih peščara vezan je za promenu i uslove sredine taloženja, jer dotadanje može se reći permanentne oksidacione uslove taloženja ritmično smenjuju redukcioni uslovi, za koje treba pre svega vezati zelenkastosive alevrolite sa ugljenisanim biljnim fragmentima.

U celini posmatrano, uzevši u obzir litološke karakteristike (tekstura, granulometrijski i mineralni sastav i dr.) može se reći da donjetrijaski



Sl. 2. Shema korelacije permskih i donjetrijaskih peščara u JI delu Stare planine

peščari predstavljaju priobalske marinske tvorevine. Marinska litoralna oblast imala je u početku karakter plaža, čiji su sedimenti povremeno bili izloženi i isušivanju (lokalne povišene koncentracije cirkona, pukotine isušivanja u peščarima), dok se neposredno oko njih formirala vegetacija tipična za oaze oko voda.

U donjetrijaskim peščarima, pretežno na osnovu litoloških kriterijuma, moguće je razlikovati tri nivoa. Za donji nivo karakteristična je pojava srednjezrnih crvenih peščara i alevrolita i u ograničenim razmerama zelenkastorumenkastih peščara sa fragmentima alevrolita i ugljenisanim biljnim

ostacima. U donjem nivou konstatovane su u peščarima i epigenetske žičice gipsa. Za ovaj nivo vezane su i radioaktivne pojave. Srednji nivo izgrađen je pretežno od zelenkastorumenkastih peščara i njihovih varijeteta, često obogaćenih fragmentima alevrolita intraformacionog karaktera, sa kojima se povremeno smenjuju zelenkastosivi alevroliti sočivastog načina pojavljivanja; tamnocrveni peščari javljaju se samo u izvesnim delovima ovog nivoa. Gornji nivo čine žućkasti peščari sa ostacima Myophoria.

Na Sl. 2 data je shema korelacije permskih i donjetrijaskih peščara u JI delu Stare planine.

Donja serija crvenih peščara

Tipično razviće ove serije je u Toplom dolu. Sitnozrni peščari i u većoj meri alevroliti, koji sačinjavaju ovu seriju, masivne do jasno slojevite su teksture, boje ciglastocrvene do ljubičaste.

Po granulometrijskom sastavu ovde se radi pretežno o stenama sa preovlađujućim udelom čestica ispod 0.06 mm. S obzirom na povišene vrednosti koeficijenata sortiranosti, koji često prelaze 3, radilo bi se o slabo sortiranim sedimentima. U pogledu mineralnog sastava peščari i alevroliti su izgrađeni od: kvarca, feldspata, znatno manje liskuna i kalcita, kao glavnih sastojaka. Kvarc preovlađuje, feldspat se javlja pretežno kao kiseli plagioklas, mahom albit, sa pojavom sekundarnog raščenja (autigeni albit), dok je K-feldspat redi. Karakteristično je da ove stene sadrže do nekoliko procenata Na_2O, koji je vezan ne samo za plagioklase već i za cementnu materiju. Cement je inače kriptokristalasta glinovita materija u kojoj dominira ilit, obogaćen koloidnim oksidom Fe, nekad sa malim udelom $CaCO_3$ materije.

U pogledu sadržaja teških minerala ove stene se odlikuju pretežno prisustvom minerala poreklom iz metamorfisanih paleozojskih stena i bazičnih magmatskih stena (granat, staurolit, piroksen, amfibol, ilmenit i dr.).

O sadržaju elemenata u tragovima u ovim stenama diskutovaćemo nešto docnije, uporedo sa razmatranjem u ovom pogledu peščara gornje serije crvenih peščara.

Gornja serija crvenih peščara

Za razliku od donje, gornja serija je izgrađena od srednje- i krupnozrnih peščara, delom konglomeratičnih, rumenkaste do tamnocrvene boje.

U bazalnom delu ove serije leže transgresivni konglomerati, koji u JJI delu Stare planine leže preko filitičnih paleozojskih škriljaca. Ovde su oni izgrađeni pretežno od sitnijeg komađa kvarca kao dominantnog sastojka, amfibolita, gnajseva i kvarc-porfira. Iako se filitične stene nalaze u njihovoj podini, pojavljivanje fragmenata ovakvih stena je vrlo ograničeno, što nam ukazuje da je uglavnom sav materijal donašan sa udaljenijih terena. Subuglasto do subzaobljeno komađe povezano je peskovitom materijom i ne pokazuje određenu orijentaciju.

Na osnovu rezultata granulometrijskih analiza stena iz profila u Vodeničkoj reci (18 analiza), zapaža se da je sortiranost dobra, izuzev u 5 primeraka, gde je srednja. Sortiranost peščara iz okoline s. Jelovice i

Dojkinaca kao i iz Toplodolske reke je srednja a kod peščara sa kosom slojevitošću slaba.

U pogledu mineralnog sastava ovi peščari su izgrađeni od: kvarca, K-feldspata, plagioklasa, liskuna i odlomaka stena, kao glavnih sastojaka. Cement je bilo kontaktni silicijske prirode ili u porama sericitsko-gvožđevit. Kvarc mestimično pokazuje pojave sekundarnog rašćenja. Od K-feldspata može se nekad jasno uočiti mikroklin u svežim zrnima. Za razliku od peščara donje serije ovde preovlađuje K_2O (zastupljen do blizu 4%) nad Na_2O (koji retko prelazi 1%). Biotit je oksidisan u potpunosti. Detalji o zastupljenosti ovih minerala mogu se videti iz priložene sheme korelacije (Sl. 2).

Od teških minerala konstatovani su najpre hematit i hematoilmenit, koji zajedno sa biotitom (skoro potpuno pretvorenim u hematit), čine najzastupljenije teške minerale, a zatim: magnetit, turmalin, granat, rutil, cirkon, barit, sfen, apatit, a u nekim probama još monacit i amfibol.

U konglomeratima, a potom u konglomeratičnim peščarima nekad se javljaju obilno žilice gipsa (u bušotini kod Dojkinaca ove su mogle da budu praćene u paketu slojeva debljine oko 150 metara). Žilice gipsa su svakako epigenetskog načina postanka jer po pravilu koso seku slojevitost ovih stena. U preparatu se u jednom slučaju uočio gips i kao cementna materija zrna kvarca. Gips u žilicama mogao je da se stvori na račun prisutnih sulfida (pirit, markasit) i kalcijum-karbonatne materije. U ređim slučajevima u ovim stenama su konstatovane i žilice kalcita, o čijem epigenetskom načinu postanka nam svedoče zrna kvarca presečena žilicama ovog minerala.

Osnovne geohemijske karakteristike peščara ove serije mogu se uočiti iz tabele 1, na kojoj su prikazani sadržaji elemenata u tragovima kroz celu seriju, debljine oko 400 metara u Vodeničkoj reci. Činjenica je da se radi uopšte o sedimentima dosta siromašnim u pogledu sadržaja niza elemenata u tragovima.

Tabela 1

Sadržaji elemenata u tragovima gornjih crvenih peščara u profilu Vodeničke reke

Broj prim.	%			ppm										
	Fe	Mg	Ca	U	Th	Ti	Mn	Pv	V	Cu	Zr	Cr	Sr	Ba
3707	~0.32	~0.05	<0 03	0.3	2.9	474	20	?		<1	32	2	10	~560
3698	~0.25	~0.05	<0.02	0.3	2.8	316	56	tr.		<1	17	3	3	~380
3701	~0.25	~0.08	~0.03	0.4	3.2	388	56	?	tr.	<1	65	4	6	~500
3690	~0.42	~0.10	~0.02	0.8	4.2	350	85	39	tr.	<1	17	10	4	~380
3692	~0.80	~0.22	~0.03	1.4	7.5	1000	56	tr.	tr.	<1	14	10	10	~420
3687	~0.65	~0.22	~0.03	0.9	4.6	1130	178	16	tr.	<1	32	10	10	~560
3683	~0.45	~0.10	~0.06	0.6	2.6	350	32	?		1	21	4		~316

U odnosu na ove pak, peščari i alevroliti donje serije pokazuju primetno veće sadržaje niza elemenata u tragovima, naročito: V (do preko 100 ppm), Cr (do 200 ppm), Mn (do preko 0.1%), U (od 1.5 do nekoliko ppm), dok sadržaji Fe, Ca, Mg uvek prelaze 1%. Razlog ovome treba pre svega tražiti u znatno većem učešću hidrolizata u sastavu sedimenata

donje serije, u kojima je došlo do obogaćenja niza elemenata, naročito Fe, Mn, V.

Na osnovu 13 radiometrijskih analiza peščara ove serije izvedene su sledeće srednje vrednosti: ppm U = 0.80 ± 0.14, ppm Th = 4.80 ± 0.51, % K = 2.22 ± 0.18. Između U i Th postoji dobra korelacija, jer koeficijent korelacije (r) za ova dva elementa iznosi 0.81. Između U i K kao i između Th i K korelacija je znatno slabija i iznosi u prvom slučaju 0.40 a u drugom 0.53.

Visok odnos Th/U (uvek preko 3, srednja vrednost 7.09, medijana 6.9) ukazuje nesumnjivo na kontinentalne uslove stvaranja, saglasno rezultatima Adams-a i Weaver-a (1958). Pod takvim uslovima, koji su imali izrazito oksidacioni karakter U je mogao lako da odlazi, dok je Th ostao vezan najvećim delom za rezistatne minerale.

U sasvim podređenoj meri, sa napred pomenutim peščarima uslojeni su nekad crveni alevroliti. Njihovo pojavljivanje je svedeno na tanja sočiva, koja retko premašuju debljinu od više desetina cm. U sastav alevrolita ulaze pored istovrsnih klastičnih sastojaka napred pomenutih i glinovita cementna materija, obilno zastupljena. Ova poslednja po sastavu je ilitsko-hematitska, nekad sa kaolinitom u mešovitim slojevima; sporadično se pojavljuje i $CaCO_3$.

Šareni peščari donjeg trijasa

Donjetrijaski peščari, iako na prvi pogled vrlo raznovrsni u pogledu boje koju pokazuju na svežem prelomu, posle pažljive analize mogli su biti svrstani u sledeće vrste: a) tamnocrvene peščare, b) zelenkastorumenkaste peščare (sa prelazima u bledorumenkaste i sivkaste), zatim, znatno ređe, c) zelenkaste i sive peščare i d) žućkaste peščare. Sve ove vrste po strukturi su srednjeg do sitnog zrna.

Alevroliti koji prate gornje stene su crvene ili zelenkastosive boje. Sem toga što se javljaju u vidu tankih slojeva nalaze se i u vidu fragmenata u peščarima koji nekad izgrađuju samostalne nivoe kao intraformacioni konglomerati od alevrolita.

Tamnocrveni peščari pojavljuju se pretežno u donjem nivou Karakteristično obeležje ovih stena jeste fina trakasta tekstura, koja se na uglačanim površinama upravno na slojevitost manifestuje pojavom brojnih milimetarskih i submilimetarskih tračica tamnije crvene boje.

Sortiranost ovih stena je dobra, nekad srednja. Od glavnih sastojaka u njima se pored kvarca i liskuna javljaju feldspati, predstavljeni svežim mikroklinom, manje ortoklasom i kiselim plagioklasom, čiji se udeo kreće oko 20%, a nekad prelazi 25%, što ovim stenama daje arkozni karakter. U muskovitu, koji se količinski nekad izjednačuje sa biotitom, nekad se mogu zapaziti inkluzije hematita. Kao sporedni sastojci konstatovani su: hematit, magnetit, ilmenit, apatit, turmalin, cirkon, epidot. Svi sastojci su povezani sa malo glinovite cementne materije (u porama) ili se zrna povezuju kontaktnim površinama.

I u ovim stenama nekad se pojavljuju epigenetske žilice gipsa (Brlog, Ponor).

Zelenkastorumenkasti peščari igraju dominantnu ulogu u litološkom sastavu donjetrijaskih sedimenata. I ove stene pokazuju finu trakastu

teksturu, ali je ona ovde uslovljena pojavljivanjem planparalelnih koncentracija submilimetarskih debljina, hlorita i muskovita, što je izvršeno u procesu sedimentacije. Povremene planparalelne koncentracije muskovita omogućuju jasno raspoznavanje površina slojevitosti.

Kao i prethodni tamnocrveni peščari i ove stene su vrlo čvrste i zbijene mase. Sortiranost im je u većini slučajeva dobra. Glavni mineralni sastojci su isti kao u prethodnom slučaju, sa dopunom da ove stene sadrže i primetnu količinu hlorita. Sitne ljuspice ovog minerala nekad su pune igličastih inkluzija sagenita. Ima slučajeva da se u istoj steni nađu ljuspice delimično oksidisanog biotita i hlorit. Ako se uzme u obzir to da i biotit sadrži nekad iglice sagenita, verovatno da poreklo hlorita u takvim slučajevima treba vezati za biotit. S obzirom na povišeni sadržaj feldspata, koji je u najvećem broju primeraka bio veći od 20%, a nekad dostizao i 35%, i ove stene pripadaju grupi arkoznih peščara. Cement je kontaktnog i pornog tipa i čini ga sericit intimno udružen sa kalcedonom i kalcitom.

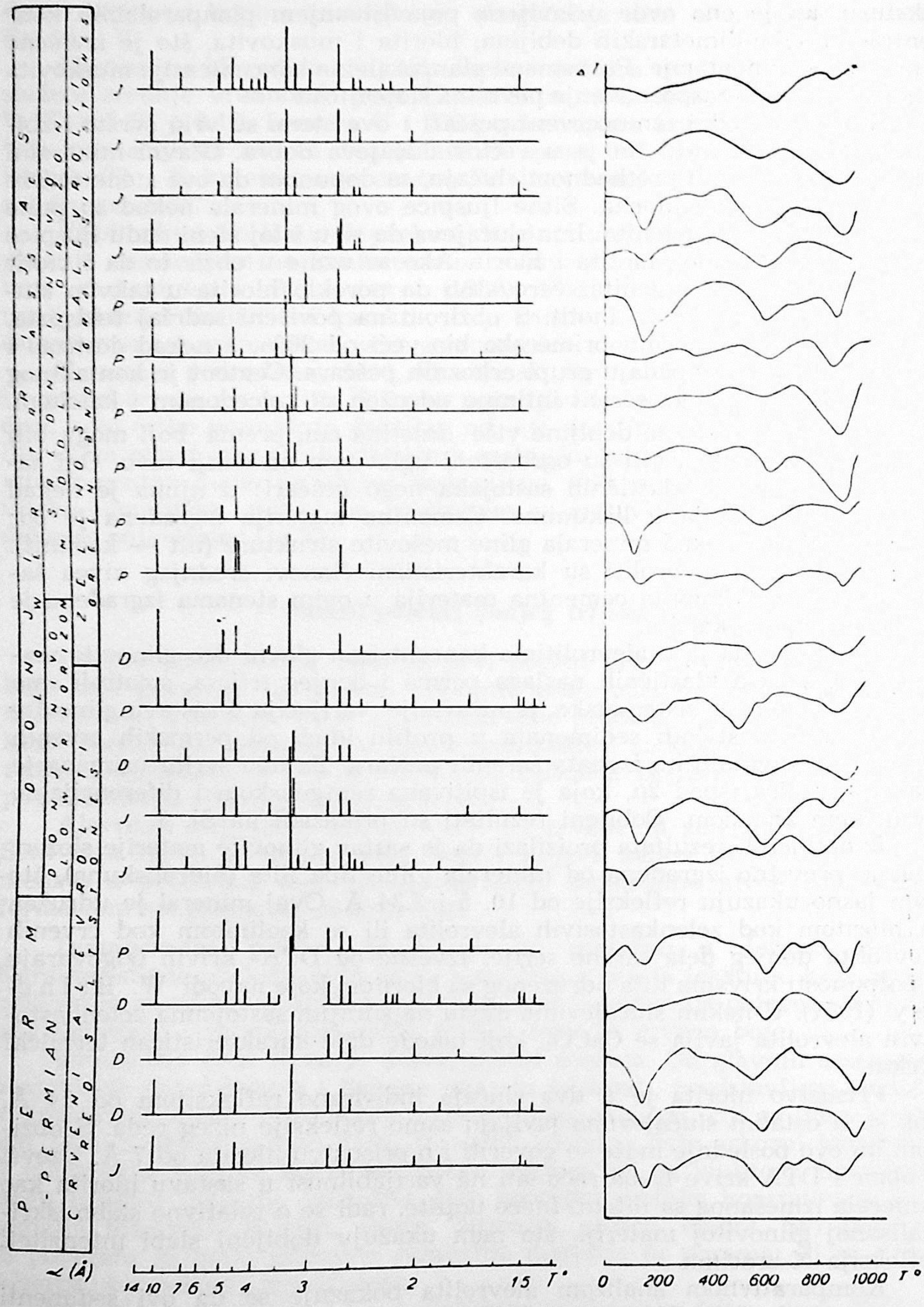
Alevroliti, prosečne debljine više desetina cm, prema boji mogu biti dvojaki. Crveni alevroliti su ograničeni uglavnom na donji nivo. Oni sadrže znatno manje klastičnih sastojaka nego peščari; u njima je nekad došlo do obogaćenja u liskunima. Cementna materija izgrađena je od: ilita, hematita i nekad minerala gline mešovite strukture (ilit — kaolinit). Zelenkasti i sivi alevroliti su karakteristični članovi srednjeg nivoa šarenih peščara. Glinovita cementna materija u ovim stenama izgrađena je od: ilita, hlorita i kalcita.

S obzirom da je u alevrolitima koncentrisan glavni deo glinovite materije kompleksa klastičnih naslaga perma i donjeg trijasa, smatrali smo da je od interesa sistematsko proučavanje varijacija u sastavu glinovite komponente klastičnih sedimenata u profilu idući od permskih crvenih peščara do završnih horizonata šarenih peščara. Za ovu svrhu uzimana je frakcija čestica ispod 2μ, koja je ispitivana rentgenskom i diferencijalno termičkom analizom. Dobijeni rezultati su prikazani na Sl. 3.

Iz dobijenih rezultata proizilazi da je sastav glinovite materije složen. Ona je pretežno izgrađena od minerala gline tipa ilita (hidroliskuna), što nam jasno ukazuju refleksije od 10, 5 i 3.34 Å. Ovaj mineral je udružen sa hloritom kod zelenkastosivih alevrolita ili sa kaolinitom kod crvenih alevrolita donjeg dela šarene serije. Izvesne od DTA- krivih odgovaraju u potpunosti krivama ilita udruženog sa hloritom koje navodi W. Brindley (1951). U nekim slučajevima među najsitnijim sastojcima zelenkastosivih alevrolita javlja se $CaCO_3$, koji takođe daje karakterističan termički efekat.

Prisustvo hlorita je u dva slučaja indicirano refleksijom od 14 Å, dok se u ostalim slučajevima javljaju samo refleksije nižeg reda. S obzirom na ovo poslednje može se govoriti i o prisustvu hlorita od 7 Å. Uzevši u obzir i DTA krive treba računati na varijabilnost u sastavu hlorita kao minerala izmešanog sa ilitom. Inače uopšte, radi se o relativno slabo iskristalisanoj glinovitoj materiji, što nam ukazuju dobijeni slabi intenziteti refleksija X-zracima.

Komparativnom analizom alevrolita pokazuje se da ovi sedimenti mogu varirati u detaljima u pogledu sastava iako makroskopski izgledaju identični, što znači da svako ritmički ponovljeno taloženje alevrolita nije izvršeno pod idealno identičnim uslovima, ako pođemo od toga da su minerali gline vrlo osetljivi na uslove sredine stvaranja. Treba istaći da


J
P
D
J
P
D
J
P
D

je u ispitivanim sedimentima ilit mogao da egzistuje i pod uslovima oksidacione i pod uslovima redukcione sredine.

Niz alevrolita sistematski je ispitivan na semikvantitativan sadržaj elemenata u tragovima, pri čemu se pokazalo da postoji izvesna razlika između crvenih i zelenkastosivih alevrolita.

Tako sadržaj V kod crvenih alevrolita uopšte prosečno je nešto veći od polovine normalnog sadržaja ovog karakterističnog elementa u srednjim glinovitim stenama (130 ppm po Vinogradovu, 1959). Od 12 proba samo je jedna sadržavala 134 ppm V. Zelenkastosivi alevroliti sadrže uvek nešto više V, nego crveni alevroliti i taj udeo se kreće prosečno oko 100 ppm. Međutim, u jednom slučaju sivi alevroliti podinskog dela crvenog alevrolita (debljine 20 cm) na granici perm — donji trijas sadržavao je 1000 ppm V.

Cu je zastupljen u crvenim alevrolitima u tragovima, kod zelenkastosivih alevrolita u tragovima do, ređe, u vrednostima preko srednje glinovite stene. U nekoliko slučajeva došlo je do povećane koncentracije Cu (pojava malahita) u vezi sa prisustvom ugljenisanih biljnih fragmenata.

Ba kao i Sr samo u jednom slučaju dostižu vrednosti bliske srednjoj za te elemente u glinovitim stenama. U svim drugim slučajevima obično su znatno niže.

Intraformacioni konglomerati od alevrolita ustvari su partije zelenkastorumenkastih peščara konstantno obogaćene fragmentima alevrolita veličine do oko 2 cm, ređe većim. Fragmenti odgovaraju u najvećem broju slučajeva zelenkastim i sivim alevrolitima, dok su crveni alevroliti ređi. Ovakvi fragmenti su uvek čvrsto vezani sa materijom peščara, tako da ni u preparatu nemaju oštro ocrtane granice prema takvom vezivu.

Zajedno sa fragmentima veziva pojavljuje se sporadično i organska materija u vidu ugljenisanih biljnih ostataka. U njoj se nekad može uočiti sačuvana primarna građa zamenjena delom piritom i markasitom, koji u izvesnim slučajevima čine i omotač frgmenata.

Radiometrijske analize pokazuju da donjetrijaski peščari u odnosu na permske crvene peščare imaju primetno veće sadržaje U i Th. Tako srednji sadržaji iznose (10 analiza): ppm U = 5.60, ppm Th = 15.10. Nekoliko analiziranih sivih alevrolita pokazivali su iste sadržaje i odnose Th i U kao i sami peščari.

Niski odnos Th/U (pretežno ispod 3, srenja vrednost 3.3, medijana oko 3) ukazivao bi na takve marinske uslove pod kojima je bilo mogućnosti da se U zadrži u peskovitim sedimentima.

URANSKA MINERALIZACIJA

U donjem nivou donjetrijaskih šarenih peščara na više mesta u domenu njihovog rasprostranjenja na Staroj planini su konstatovane pojave povišene radioaktivnosti i U-mineralizacije.

Ove su vezane u najvećem broju slučajeva za srednjezrne zelenkastorumenkaste peščare sa fragmentima i tanjim proslojcima tamnosivog alevrolita, često obogaćenog ugljenisanim biljnim ostacima. U takvim stenama mineralizacija je nekad vidljiva, kao što je slučaj kod Dojkinaca, gde su u fragmentima piritisanog alevrolita konstatovani sledeći rudni minerali u vidu slabe impregnacije: halkopirit, pirit, galenit, sfalerit, markasit, hal-

kozin, kovelin, bornit i pehblenda. Pehblenda se pojavljuje u pukotinicama zajedno sa halkopiritom; izmerena je jedna žilica pehblende dužine 7 mm i debljine 5—10μ (odredbe D. R a d u s i n o v i ć a). U nizu drugih lokalnosti fragmenti i sočivasti proslojci tamnosivih alevrolita sa ugljenisanim biljnim fragmentima u zelenkastorumenkastim peščarima nisu pokazivali tako raznovrsne i vidljive pojave mineralizacije, ali su sadržavali povišene koncentracije U (do oko 0.1%). Zabeležene su i pojave sa neznatnim povišenjem klarka U u identičnim tvorevinama.

U manjem broju slučajeva konstatovano je povišenje sadržaja U u žućkastim peščarima sa biljnim ostacima (*Equisetites mougeoti, Voltzia heterophylla*), na kojima su nalažene i prevlake malahita.

Na nekoliko mesta zabeležene su i pojave povišene radioaktivnosti peščara na terenu koje su stojale u vezi sa usko lokalnim koncentracijama cirkona i delom monacita u peskovitim sedimentima.

Geohemijske karakteristike radioaktivnih peščara obogaćenih fragmentima alevrolita i biljnim ostacima mogu se svesti na sledeće (prema podacima koje navodi M. C u k u ć a n, 1962): a) kao pratioci U jasno se izdvajaju Cu i Pb, koji pokazuju tendenciju proporcionalnog porasta sa povećanjem sadržaja U ;b) sadržaj V veoma je promenljiv (7—1000 ppm); c) niz drugih elemenata u tragovima kao što su Ba, Zr i Mn, pokazuju uglavnom konstantan klarkni sadržaj u odnosu na promenljiv sadržaj U; d) sadržaj Th je nizak, a često radiometrijskom analizom nije mogao da bude određen; e) u većini slučajeva ravnoteža je pomerena u korist Ra.

Radioaktivne pojave vezane su za donji nivo serije donjetrijaskih peščara, što nas na prvi pogled upućuje na pretpostavku da su uslovi sedimentacije, tj. povoljne facijalno-geohemijske prilike, u jednom određenom vremenskom razdoblju uslovile i U-mineralizaciju. Međutim, iako su takve prilike postojale, čemu su pogodovale pored ostalog promene uslova sredine taloženja (od čisto oksidacione do oksidacione i redukcione naizmenično), materijalni sastav sedimenata i postojanje izvora U (arkozna priroda peščara i dr.), ne može se reći da se pojave današnje U-mineralizacije u šarenim peščarima mogu jednostavno time objasniti.

Činjenica je da svi fragmenti bilo alevrolita ili ugljenisane biljne materije ne samo nivoa već i sa jednog određenog mesta nisu obogaćeni uranom, a da i oni kod kojih je do obogaćenja došlo nisu čak ni u celini mineralisani.

Izvesne činjenice upućuju na mogućnost delovanja naknadnih hidrohemijskih procesa koji su mogli dovesti do povećane koncentracije U na više mesta u šarenim peščarima. Tako su kod Dojkinaca crveni peščari ispod nivoa sa radioaktivnom pojavom prožeti epigenetskim žilicama gipsa, što je zapaženo i u susednim terenima. Negde je konstatovana slična pojava i u samim šarenim peščarima. Kretanje rastvora sulfatne prirode, koji su takvim mogli postati i oksidacijom pirita, mogao se izluživati U iz peščara da bi se na kraju fiksirao u organskoj materiji. Vertikalna amplituda ovakvo pretpostavljenog sekundarnog obogaćenja izgleda međutim da nije bila velika. Pokretljivost rastvora i mineralizacija ograničili su se na jedan nivo, pri čemu je nivo podzemnih voda bio od uticaja, jer u gornjim partijama šarenih peščara nema uopšte mineralizacije.

S obzirom da se radi o čvrstim, kompaktnim stenama sa vrlo malo cementne materije, teško bi bilo računati sa mogućnosti izluživanja u većoj meri, ako bismo uzeli u obzir samo međuzrnastu propustljivost. Me-

đutim, s obzirom na propustljivost vezanu za prisustvo makro- i mikropukotina, koje kao takve imaju uopšte znatno veći značaj za propuštanje i cirkulaciju tečnosti, može se pretpostaviti da je bilo mogućnosti za izluživanjem U iz peščara, kretanja rastvora sa U i njegovog redeponovanja na pogodnim mestima.

Proslojci alevrolita glinovite prirode mogli su pri tome da igraju ekranizirajuću ulogu, samo treba računati na to da se oni brzo sočivasto iskljinjavaju i da je postojala pored ostalog i nehomogenost u pogledu rasporeda biljne materije. Zato se prema sadašnjem poznavanju može govoriti samo o sporadičnoj mineralizaciji na više mesta u okviru jednog paketa slojeva odnosno nivoa.

ZAKLJUČAK

Crveni permski peščari i donjetrijski peščari Stare planine predstavljaju jedan kompleks terigenih naslaga stvaran u početku u kontinentalnim facijama koje su docnije smenile plitkovodne marinske facije.

Bazalne članove crvenih peščara čine konglomerati obogaćeni pored ostalog i fragmentima vulkanskih stena. Ovi kao takvi najvećim delom odgovaraju aluvijalnim konusima, u kojima je materijal sakupljen retkim ali snažnim bujičnim tokovima. Taloženje crvenih sitnozrnih peščara i alevrolita takođe iz donje serije, vršilo se najverovatnije u nekoj depresiji ili suvim jezerima. Crveni konglomeratični peščari sa teksturom kose slojevitosti čine faciju rečnih korita. Dalja ispitivanja treba da pokažu koliko osnova ima pretpostavka da su za vreme perma postojali izolovani pustinjski baseni tipa današnjih bolsona u kojima se taložio klastični materijal spiran sa visokih planina.

Donjetrijaski peščari predstavljaju naslage koje se i u litološko-teksturnom kao i u facijalnom pogledu jasno razlikuju od napred izdvojenih crvenih peščara .Oni predstavljaju za razliku od ovih poslednjih priobalske plitkovodne marinske tvorevine.

U pogledu petroloških i geohemijskih karakteristika jasno se razlikuju pojedine serije crvenih peščara kako međusobno tako i od serije šarenih peščara. Taloženje crvenih peščara uopšte vršilo se pod izrazitim oksidacionim uslovima za celo vreme, što ukazuje, pored ostalog da je U, ako ga je i bilo, bio jako pokretljiv a nije bilo uslova za njegovu fiksaciju.

Međutim, sa promenom uslova sredine taloženja, koji delom postaju redukcioni, sa koncentracijom čestica poreklom od granitoidnih stena, o čemu nam svedoči arkozna priroda peskovitih sedimenata, i uzevši u obzir druge faktore, u donjem trijasu je dolazilo uopšte do relativno veće koncentracije U u sedimentima taloženim u to doba. Naknadni hidrohemijski procesi potom dovodili su do takvih koncentracija U i pratećih elemenata na pogodnim mestima u donjem nivou donjetrijaskih peščara da je došlo do uranske mineralizacije ali ne u velikom opsegu.

LITERATURA

1. Adams J. and Weaver C., 1958: — Thorium to Uranium ratios as the indicators of sedimentary processes, Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol., Vol. 42, No. 2.
2. Antonović A., 1958: — Neka pitanja odnosa permskih i karbonskih tvorevina u građi Stare planine, Vesnik Zav. za geol. i geofiz. istraž. NR Srbije, knj. XV.

3. Botvinkina L., 1962: — Sloistost osadočnih porod, Trudi Geol. inst. Akad. nauk SSSR, vip. 59, Moskva.
4. Brindley G., 1951: — X-ray identification and crystal structures of clay minerals, Miner. Soc., London.
5. Cukućan M., 1962: — Istraživanje permotrijasa Stare planine, Izveštaj u Fondu zavoda za nuklearne sirovine, Beograd.
6. Danbar K. i Rodžers Dž., 1962: — Osnovi stratigrafii, prevod sa engleskog, Izd. inostr. lit., Moskva.
7. Dimitrescu R., 1959: — Le volcanisme permien en Roumanie, Geol. Rundschau, Bd. 48, S. 172—179, Stuttgart.
8. Janev S., 1964: — Vrhu litoložkite belezi za različavane na permskite i bundzandštajnskite sedimenti v severozapadna Blgaria, Izv. na geol. inst. Blgarsk. akad. na nauk., knj. XIII, Sofija.
9. Moskovski S., Nedjalkova S., Tenčov J., Harkovska A., Šopov V., Janev S., 1963: — Stratigrafski i litoložki proučvanija v jadkata i čast ot mantijata na Mihailovgradskata antiklinala meždu rekite Čuprenska i Rikovska bara (SZ Blgaria), Trud. vrhu geolog. na Blgarija, knj. V, Sofija.
10. Pantić N. i Protić M., 1960: — Flora šarenog peščara na Staroj planini, Geol. an. Balk. pol., knj. XXVII, Beograd.
11. Protić M., 1959: — Petrologija permskih crvenih peščara Toplog dola (Stara planina), Glas SAN, CCXXXV, knj. 17, Beograd.
12. Protić M., 1961: — Sedimentno-petrografska ispitivanja gornje serije formacije crvenih peščara i serije šarenih peščara donjeg trijasa na Staroj planini, Geol. an. Balk. pol., knj. XXVIII, Beograd.
13. Simić V., 1952: — Permske porfirske stene na Porečko-belorečkoj dislokaciji, Godišnjak Zav. za geol. i geofiz. istraž. NR Srbije, Beograd.
14. Strahov N., 1962: — Osnovi teorii litogeneza, Tom III Zakonomernosti sostava i razmešćenija aridnih otloženii, Akad. nauk SSSR, Moskva.
15. Vinogradov A., 1959: — The Geochemistry of Rare and Dispersed Chemical Elements in Soils, New York.
16. Žujović J., 1893: — Geologija Srbije, deo I, Topografska geologija, Srp. kr. akad., Beograd.

Summary

MIRKO PROTIĆ*)

PERMIAN AND LOWER TRIASSIC SANDSTONES IN STARA PLANINA AREA (EAST SERBIA) AND URANIUM MINERALIZATION IN THE LATER

The whole complex in the Stara Planina area, of the thickness exceeding 1.000 meters, is composed in its lower part of the Red Permian Sandstones, representing the terrigenous continental sediments, followed by the Lower Triassic sandstones and silitstones, of different colour and of the marine origin.

The conglomerates of the Lower Permian sequence are enriched in the fragments of volcanogenic origin, an almost general case in this formation developed in Bulgaria, Hungary and Rumania. Most of these conglomerates represent the alluvial fan typ of deposits. In the other hand, the Lower Permian fine-grained sandstones and siltstones have been deposited in some sorts of depressions. The further investigations are necessary to confirm whether these sediments have been deposited in the isolated bolson type desert lakes.

---

*) Faculty of Mining and Geology, Beograd.

The Upper Permian conglomeratic sandstones, featured by the characteristic cross-bedding, represent the alluvial or delta facies.

The sandstones and siltstones of the Lower triassic have been formed at the beaches that transfered gradualy into the typical marine environment.

The Red Sandstones as a whole have not represented the favourable environment for the fixation and deposition of uranium as a highly migrabile element during the oxidizing conditions of sedimentation. The presence (up to 35%) of the granitic material in the Lower Triassic sandstones, together with the reductive environment and the presence of the organic material and some other factors during the deposition, resulted in the higher concentrations of uranium in these sediments. The subsequent hydrochemical processes introduced the redeposition and concentration of uranium and some other trace-elements (Pb, Zn and As) at the favourable places in lower parts of the Lower Triassic sandstones, although the mineralization have been formed only localy.

Radovi Instituta za geološko-rudarska istraživanja i ispitivanja nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, sv. 3, 1967. god.

NEVENKA SIMIĆ

MATEMATIČKA OBRADA PODATAKA RADIOMETRIJSKOG GAMA OPROBOVANJA, UZROCI SISTEMATSKIH GREŠAKA I NAČINI NJIHOVOG OTKLANJANJA

(Sa 3 slike i 6 tabela)

S a d r ž a j. U članku se iznose rezultati radiometrijskog oprobovanja (na mestu) primenjenog na sedimentnim ležištima urana na Bukulji i Gorenjoj Vasi.

Data je statistička obrada podataka, vršena u cilju određivanja efikasnosti primene metode radiometrijskog oprobovanja u poređenju sa običnim metodama oprobovanjima (brazda oprobovanje), određivanja veličine sistematskih grešaka, odredivanje neophodnog obima opitnih i kontrolnih radova, koji obezbeđuju potrebnu tačnost rezultata.

Objašnjeni su uzroci sistematskog odstupanja rezultata radiometrijskog od brazda oprobovanja. Dokazuje se, da su uzrok ovakvih odstupanja fizičke vrste grešaka (uticaj neravnoteže i emaniranja ruda).

Obavljeni su specijalni opitni radovi u cilju dobijanja podataka potrebnih za korekciju ovakvih grešaka.

Pored analitičkog, daje se i grafički način uvođenja popravki u rezultate radiometrijskog oprobovanja pomoću linije regresije. Predlažu se takođe i drugi mogući načini odstranjivanja sistematskih grešaka koje mogu biti uslovljene mnogobrojnim činiocima.

UVOD

Metoda odredivanja sadržaja urana bez uzimanja i analiza proba tj. radiometrijsko oprobovanje po gama zračenju našlo je svoju istinsku namenu u procesu istraživanja i eksploatacije ležišta, kada je neposredno na mestu rada potrebno brzo izdvojiti granice rude koja se vadi i odrediti sadržaj urana u njoj.

Radiometrijsko oprobovanje ima veliku produktivnost i ekonomičnost, jer ne iziskuje uzimanje i obradu proba, drugim rečima, svodi se na minimum broj proba za hemijska i radiometrijska laboratorijska određivanja sadržaja urana.

Radiometrijsko oprobovanje ravnotežnih uranovih ruda po gama zračenju može biti reprezentativnije nego oprobovanje brazdom, usled znatno

veće zapremine stene koja utiče na merenje po gama zračenju u odnosu na zapreminu koja ulazi u izbijenu brazda probu. Ovom svojom osobinom ono umanjuje uticaj neravnomernosti rasporeda rudnih minerala, koji se još više odražava na rezultate brazda oprobovanja.

Zahvaljujući ovim osobinama, radiometrijsko oprobovanje na mestu, intenzivno se već godinama koristi na ležištima urana u inostranstvu. Kod nas je prvi put primenjeno 1960. godine na ležištu urana na Bukulji a 1962. i na ležištu urana Gorenja Vas. Ocena prihvatljivosti ovog načina oprobovanja predmet su ovoga rada.

FIZIČKE I TEORETSKE OSNOVE METODE RADIOMETRIJSKOG OPROBOVANJA PO GAMA ZRAČENJU

Fizičke osnove

Radiometrijsko oprobovanje zasniva se na činjenici da je izmereni intenzitet gama zračenja proporcionalan težinskoj koncentraciji radioaktivnih elemenata u rudi. Metod se sastoji u obavljanju serije specijalnih merenja intenziteta gama zračenja stena u prirodnom zaleganju i u matematičkoj obradi dobijenih rezultata, što omogućava da se neposredno na mestu merenja odredi procentualni sadržaj urana i na taj način pravilno usmere istražni radovi. No da bi se pravilno rešilo pitanje metodike merenja i interpretacije dobijenih rezultata neophodno je imati jasnu predstavu o izmerenom gama zračenju i teoretskim osnovama gama oprobovanja, te ćemo se ukratko zadržati na tome.

U uranovom nizu gama zračenje uglavnom je vezano za $UX_1 + UX_2 + Ra\,(B + C)$. Za »tvrdi« deo spektra na deo gama zraka Ra (B + C) otpada oko 98% ukupnog intenziteta gama zračenja. Uticaj »mekog« gama zračenja $UX_1 + UX_2$ raste pri merenjima scintilacionim brojačima i brojačima osetljivim na meka gama zračenja. Iz odnosa gama zračenja $UX_1 + UX_2$ i produkata raspadanja radona sledi, da gama oprobovanje uranovih ruda faktički određuje koncentraciju radona u rudi i neravnoteža između urana i radona (neravnoteža uran — radium, emaniranje) dovodi do grešaka u određivanju urana po gama zračenju. Prema tome, gama oprobovanje daje ustvari sadržaj Ra (B + C) izražen u procentima urana. Ovako dobijen sadržaj Ra (B + C) odgovaraće stvarnom sadržaju urana samo u uslovima sačuvane radioaktivne ravnoteže između Ra (B + C) i U.

Teoretske osnove

Suština teorije po A. G. Grammakovu sastoji se u sledećem:
Na ispitivanom delu stene vrše se dva merenja intenziteta gama zračenja bez ekrana (I_1) i sa ekranom (I_2) sl. 1.

$$I_1 = I_x + I_{ok} + I_f,$$

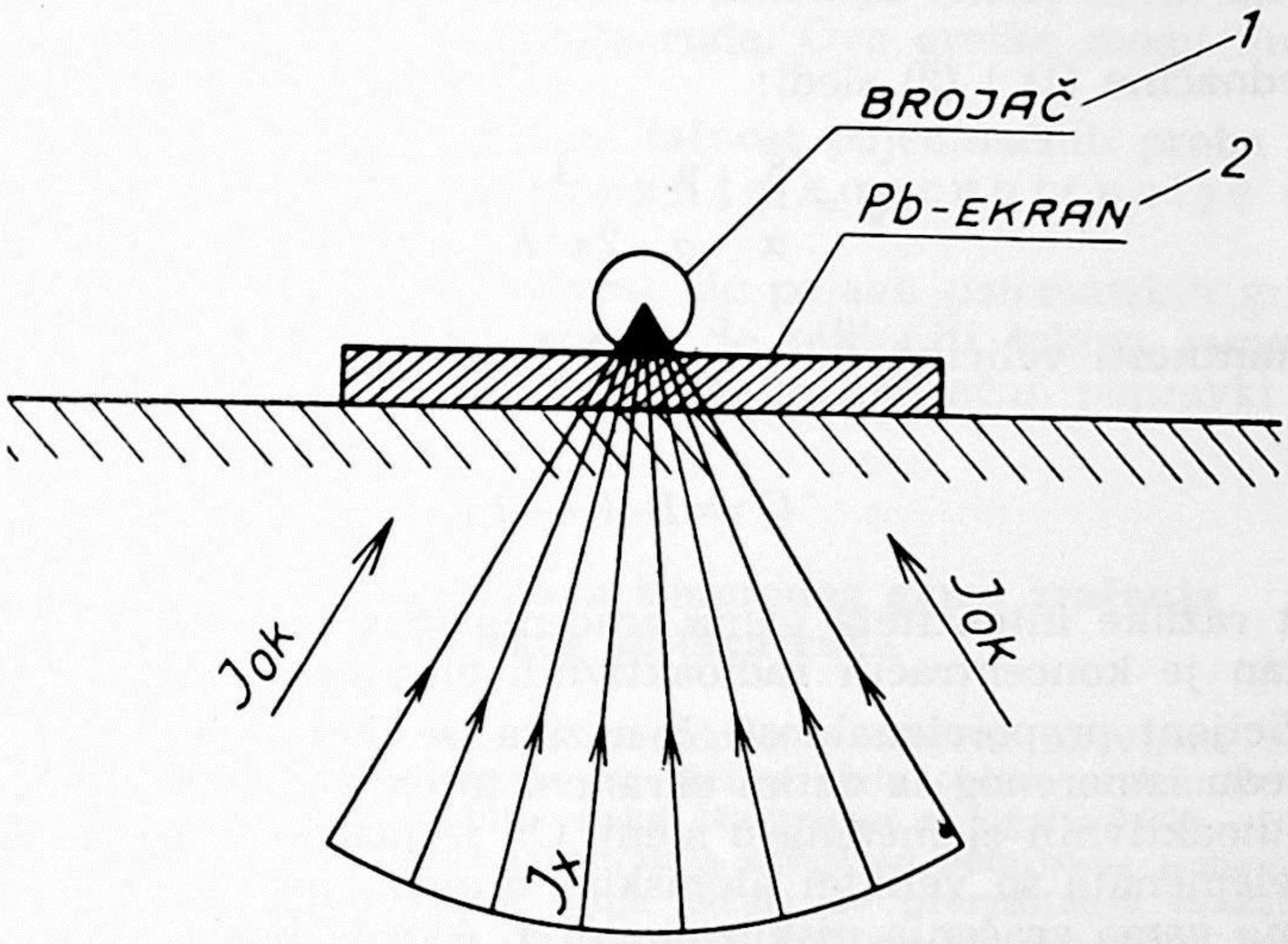
$$I_2 = (1 - \alpha)\, I_x + I_{ok} + I_f,$$

gde je:

I_x — Intenzitet usmerenog gama zračenja
I_{ok} — Intenzitet gama zračenja okolnih stena
I_f — Intenzitet gama zračenja fona
α — Deo gama zračenja apsorbovan ekranom; koeficijent α je < 1 i zavisi od debljine ekrana, oblika, veličine i tvrdine zračenja.

Razlika intenziteta gama zračenja izmerenih bez i sa ekranom je:

$$I_1 - I_2 = \alpha I_x \text{ odavde je } I_x = \frac{I_1 - I_2}{\alpha}$$



Sl. 1. Shematski prikaz uticaja gama zračenja na radiometar pri merenjima sa ekranom
1 — brojač, 2 — olovni ekran

Fig. 1. Shematic layont of the gamma-rays influenc on radiometer using Pb-shield
1 — Counter, 2 — Pb-shield

Zračenje ekraniranog sloja (I_x) predstavlja određen deo zračenja sloja beskonačnog prostiranja iste aktivnosti kao i ekranirani sloj, te množeći ovaj sa nekim koeficijentom β možemo dobiti veličinu zračenja sloja beskonačnog prostiranja tj.

$$I_\infty = I_x \cdot \beta = \frac{I_1 - I_2}{\alpha} \cdot \beta \qquad (1)$$

Poznato je međutim, da se zračenje beskonačnog sloja izražava formulom:

$$I_\infty = \frac{2\pi \cdot K \cdot Q \cdot \rho}{\mu} \qquad (2)$$

gde je:

I_∞ — Intenzitet gama zračenja sloja beskonačnog prostiranja u μr/hr

Q — Koncentracija radioaktivnih elemenata u steni u %

K — Jonizaciona konstanta koja pri izražavanju intenziteta gama zračenja u μr/hr i sadržaja radioaktivnih elemenata u % ravnotežnog urana, iznosi 29 μr/hr (tj. $8{,}5 \times 10^9$ μr/hr za 1 gr. Ra).

$\frac{\mu}{\rho}$ — Masni koeficijent apsorpcije gama zračenja.

Iz jednačine (1) i (2) sledi:

$$Q = \frac{\beta}{\alpha} \cdot \frac{\mu}{\rho} \cdot \frac{1}{2\pi \cdot K} (I_1 - I_2)$$

Pri konstantnosti veličina $\frac{\mu}{\rho} \cdot \frac{\beta}{2\pi K \alpha} = B$ dobijamo:

$$Q = B\,(I_1 - I_2) \qquad (3)$$

tj. efekat razlike intenziteta gama zračenja meren sa i bez ekrana proporcionalan je koncentraciji radioaktivnih elemenata u steni.

Koeficijent proporcionalnosti B naziva se koeficijent ekrana i daje vezu između izmerenog sa datim ekranom intenziteta gama zračenja i sadržaja radioaktivnih elemenata u steni. On je manji za brojče čije su katode od elemenata sa velikim atomskim brojem, pošto su ovakvi brojači osetljivi na gama zračenja niskih energija. Ako je brojač obložen filtrom koji apsorbuje znatan deo mekog gama zračenja, vrednosti preračunskih koeficijenata za određeni ekran biće za brojače sa katodom od teških i lakih materijala sasvim bliski među sobom.

Način i uslovi rada

Tehnika merenja pri radiometrijskom oprobovanju sastoji se u obavljanju niza merenja intenziteta gama zračenja po tačkama profila orijentisanog upravno na moćnost rudne zone (sloja) sa razmakom oprobovanja koji je jednak dužini radne površine cevi brojača. Proračun srednjeg sadržaja po profilu vrši se po formuli:

$$Q = B \cdot \Delta I_{sr}$$

gde je:

ΔI_{sr} — srednji efekat razlike intenziteta gama zračenja u domenu rudne zone (sloja) u μr/hr

B — koeficijent ekrana u $\frac{\%U}{\mu r/hr}$.

Treba napomenuti da je pri izboru uslova rada i metodike obrade rezultata neophodno imati u vidu i osnovne faktore koji utiču na tačnost rezultata radiometrijskog oprobovanja.

Po literaturi (L. N. Posik, I. V. Košelev, V. P. Bovin, 1960), uzrok sniženja tačnosti metode gama oprobovanja su uglavnom tri grupe grešaka koje se tokom rada mogu pojaviti: aparaturne, tehničke i fizičke greške. Od njih su najbitnije fizičke greške. Sistematske aparaturne i tehničke greške (nekvalitetan etalon, promena režima napajanja pribora, premeštanje nule instrumenata, greške etaloniranja i dr.) mogu se potpuno odstraniti dok se slučajne greške mogu svesti na ± 5% — do 10% za pojedina merenja.

Međutim, fizičke greške su vezane za osobenosti hemijskog sastava ruda, spektralni sastav izmerenog gama zračenja, uticaj neravnomernosti orudnjenja, neravnoteže i emaniranja ruda. Ove greške mogu imati slučajni i sistematski karakter.

Slučajne greške utiču ustvari na tačnost pojedinačnih proba i otklanjaju se pri određivanju srednje koncentracije urana po grupi proba.

Neke od faktora koji mogu dovesti do pojave sistematskih grešaka u rezultatima gama oprobovanja, moguće je otkloniti tokom samog rada, dok je za druge potrebno pribaviti podatke za proračun popravki koje se uvode u rezultate merenja.

Uticaj spektralnog sastava izmerenog gama zračenja i hemijskog sastava ruda

»Teoretske analize gama zračenja beskonačnih slojeva obavljene od strane G. M. Voskobojnikova pokazuju da je za većinu ruda oblast maksimuma intenziteta rasejanog gama zračenja dovoljno uska. Na primer za ugalj: 0,025 — 0,25 MeV za granite 0,05 — 0,3 MeV. Položaj maksimuma zavisi od hemijskog sastava sredine jer sa povećanjem njenog atomskog broja dolazi do premeštanja maksimuma u oblast većih energija. Dokazano je da hemijski sastav uranovih ruda koje sadrže do 5% urana ima najveći uticaj na gama zračenja niskih energija tj. na rasejanja gama zračenja sa energijom od 0.02 do 0,3 MeV« (L. N. Posik, I. V. Košelev, V. P. Bovin, 1960).

Prema tome, da bi omogućili proporcionalnost između izmerenog gama zračenja i količine (koncentracije) urana u izmerenoj zapremini rude pri promeni veličine njenog srednjeg atomskog broja, potrebno je izabrati brojače i uslove merenja takve, koji bi praktično isključili registraciju gama zraka od 0,2 — 0,3 MeV za obične rude, i 0,5 MeV za bogate rude urana.

U konkretnom slučaju to je postignuto upotrebom olovnih filtara debljine 2,5 gr/cm^2 i brojača koji su najmanje osetljivi na gama zračenja niskih energija. Upotrebom filtara rešen je i problem izdvajanja gama zračenja koje potiče od dela stene koji nas interesuje tj. omogućena je registracija usmerenog gama zračenja.

Uticaj neravnomernosti orudnjenja

Usled toga što je dubinski zahvat radiometrijskog oprobovanja veći od brazda oprobovanja (odnos zahvata je 4 : 1) teško je očekivati da će radiometrijska i brazda proba na jednom istom mestu rudnog tela biti

istih preseka. S druge strane pri neravnomernom orudnjenju ovakve dve probe vrlo retko će pokazati i iste sadržaje urana, te je prema tome, reprezentativnost svake individualne probe u neravnomernim rudama vrlo mala.

Odstupanja izazvana neravnomernošću orudnjenja, ne mogu se otkloniti ni usavršavanjem načina uzimanja brazda proba ni usavršavanjem metode radiometrijskog oprobovanja, jer njihov uzrok leži u samoj prirodi razmatrane pojave — u neravnomernosti rasporeda rudnih minerala — što je svojstveno u manjem ili većem stepenu svim rudama raznih metala. Međutim, neravnomernost orudnjenja ne daje sistematsko odstupanje pri osrednjavanju rezultata oprobovanja, jer se pojedinačna odstupanja uzajamno kompenziraju, te se na srednji sadržaj uticaj neravnomernosti orudnjenja ne odražava.

Uticaj neravnoteže i emaniranja

Jednostrano pomeranje radioaktivne ravnoteže u domenu celog ležišta ili krupnih njegovih zona izaziva sistematsku grešku radiometrijskog oprobovanja po gama zračenju u određivanju sadržaja urana, koja može biti ispravljena samo uvođenjem popravnog koeficijenta, ako je poznat opšti koeficijent ravnoteže po pojedinim zonama.

Za uranove rude sa poremećenom ravnotežom ispravnije bi bilo određivati sadržaj urana po beta zračenju, usled manjeg uticaja neravnoteže na rezultate beta merenja nego na gama merenja. Međutim, ovaj vid oprobovanja nije prihvatljiv, jer mu je dubinski zahvat daleko manji (prvi milimetri stene) čak i od brazda oprobovanja. Ovo jako umanjuje reprezentativnost rezultata oprobovanja po beta zračenju i oštro ograničava njegovu primenu u istražne svrhe.

Kompleksna merenja po beta — gama zračenju (analogno laboratorijskim merenjima neravnotežnih uranovih ruda) takođe nisu prihvatljiva jer se intenziteti gama i beta zračenja stena na mestu u ovom slučaju odnose potpuno različitim zapreminama stena, u kojima su usled neravnomernosti orudnjenja sadržaji radioaktivnih elemenata u većini slučajeva vrlo različiti.

Uticaji neravnoteže i emaniranja, kao što se vidi, nisu mogli biti eliminisani izborom metode i načinom rada, nego su isti otklonjeni uvođenjem odgovarajućih popravki na načine koji će biti izloženi u daljem tekstu

REZULTATI RADIOMETRIJSKOG OPROBOVANJA PRIMENJENOG NA NAŠIM LEŽIŠTIMA URANA

Radiometrijsko oprobovanje uranonosnih slojeva u sedimentima Bukulje

Radiometrijsko gama oprobovanje na Bukulji obavljeno je instrumentom UR-4M uz pomoć olovnog cilindričnog ekrana sa umetkom.

Preračunski koeficijent koji daje vezu između izmerenog sa datim ekranom intenziteta gama zračenja i sadržaja radioaktivnih komponenata u rudi, određivan je na mestu zaleganja. Ovaj način je izabran, da bi se

Tabela 1
Table 1

Red. br. / No.	Oznaka probe / Symbol of sample	Dimenzije probe cm × cm / The dimension of sample cm × cm	Rezultati radiometrijskog oprobovanja ΔI u μR/hr / Results of radiometric scanning ΔI in μR/hr	Rezultati laboratorijskih analiza brazda proba / Results of laboratory analyses of channel samples		Primedba / Note
				Q_U %	Ra_e %	
1	2	3	4	5	6	7
1	t-30	80 × 40	29	0.0427	0.0271	
2	t-31	80 × 40	63	0.0362	0.0333	
3	t-32	60 × 40	75	0.0587	0.0769	
4	t-33	160 × 40	384	0.1630	0.1440	
5	t-34	60 × 40	21	0.0208	0.0226	
6	t-35	75 × 40	49	0.0276	0.0330	
7	t-37	105 × 40	59	0.0681	0.0599	
8	t-38	60 × 40	18	0.0069	0.0082	
9	t-40	60 × 40	45	0.0855	0.0564	
10	t-41	60 × 40	67	0.0782	0.0630	
11	t-45	60 × 40	30	0.0366	0.0275	
12	t-46	90 × 40	84	0.0109	0.0230	
13	t-47	150 × 40	52	0.0220	0.0441	
14	t-48	150 × 40	26	0.0296	0.0396	
15	t-49	60 × 40	14	0.0036	0.0096	
16	t-42	75 × 40	33	0.1006	0.0610	
17	t-43	105 × 40	34	0.0645	0.0558	
18	t-44	100 × 40	90	0.0659	0.0709	
19	t-29	75 × 40	11	0.0009	0.0155	
20	t-28	120 × 40	11	0.0118	0.0090	
21	t-27	90 × 40	31	0.0440	0.0271	

Za odredivanje koeficijenta ekrana korišćeni su rezultati laboratorijskih analiza »zbirnih proba« koje su uzimane u cilju kontrole brazda oprobovanja.
Shield coefficient hase been determined on the basis of the laboratory analyses results of »composite samples« which have been taken primarly for the check up of channel sampling.

n = 14 $\quad \frac{\Sigma \Delta I}{n} = \Delta I_{sr} = 56\ \mu R/hr \quad \frac{\Sigma Qu}{n} = Qu_{sr}\ Qu_{sr} = 0.0468\%\ \frac{\Sigma Ra_e}{n} = Ra_{e_{sr}}\ Ra_{e_{sr}} = 0.0474\ \%$

Koeficijent ekrana:
The shield coefficient: $B = \frac{Qu_{sr}}{\Delta I_{sr}} = \frac{0.0468}{56} = 0.0000836 = 8.36 \times 10^{-4}\ \frac{\%\ U}{\mu R/hr}$

mogao oceniti uticaj neravnomernosti orudnjenja i rasejanog gama zračenja na veličinu koeficijenta ekrana. U tom cilju premerena je i analizirana 21 brazda proba (tabela 1) i koeficijent ekrana je dobijen iz odnosa

$$B = \frac{QU_{sr}}{\Delta I_{sr}} \left[\frac{\%\, U}{\mu r/hr} \right]$$

Za olovni cilindrični ekran sa umetkom i korišćeni instrument, kao i uslove koje vladaju na ležištu, dobijeni koeficijent iznosi $B = 8{,}36 \cdot 10^{-4}$ $\frac{\%\, U}{\mu r/hr}$. Ovako određen preračunski koeficijent korišćen je za proračun sadržaja urana po gama zračenju duž 11 brazda proba ukupne dužine 23,3 m.

Statistička obrada podataka i dokazivanje sistematskih grešaka

Sadržaji urana dobijeni brazda i radiometrijskim oprobovanjem duž proba dati su u tabeli 2. U istoj tabeli dato je i procentualno odstupanje rezultata radiometrijskog oprobovanja od rezultata radiometrijskih laboratorijskih analiza brazda proba.

Pojedinačna odstupanja kreću se od + 6% do — 46% dok je odstupanje srednjih rezultata duž cele grupe proba — 27%. Kako veličina odstupanja prelazi dozvoljenu granicu (za rudnička radiometrijska merenja dozvoljena granica je ± 5%) i kako su odstupanja uglavnom istog znaka, postoji sumnja da su rezultati radiometrijskog oprobovanja opterećeni sistematskim greškama.

Iz tih razloga pristupilo se oceni verovatnoće prisustva sistematskih grešaka u rezultatima gama oprobovanja, pri čemu je korišćen kriterijum Studenta »*t*« za mali broj proba a upoređivanja su vršena po srednjim rezultatima dva vida oprobovanjima. Na osnovu podataka iz tabele 3, dobijen je koeficijent verovatnoće prisustva sistematskih grešaka t_{exp} i upoređen sa tabličnom veličinom (tabela No. 1, rada Y. Lacroix, 1962) vodeći računa o zadatom koeficijentu sigurnosti P i broju stepena slobode N.

Pri obradi rezultata rudničkih radiometrijskih merenja tolerantna je 95%-na verovatnoća (koeficijent sigurnosti $P = 0{,}05$) sa brojem stepena slobode $N = (n - 1)$.

U konkretnom slučaju $t_{exp} = 4{,}6$ dok je za $N = (n - 1) = 10$ i $P = 0{,}05$ $t_{tabl.} = 2{,}2$. Kako je $t_{exp} > t_{tabl.}$ postoji nesumnjiv dokaz da u kontrolisanim rezultatima postoje sistematske greške tj. rezultati radiometrijskog oprobovanja opterećeni su sistematskim greškama. Tačnost rezultata proverena je po istom kriterijumu za mali broj proba po formuli:

$$\bar{Y} \pm t \frac{S}{\sqrt{n}}$$

$$S = \sqrt{\frac{\Sigma di^2}{2n}}$$

Tabela 2
Table 2

No.	Broj probe / Number of sample	Dužina probe cm / Lenght of sample cm	Rezultati radiometrijskog oprobovanja — Results of radiometric scanning		Rezultati brazda oprobovanja — Results of channel sampling		Odstupanje u % radiometrijskog od brazda oprobovanja — The deviation (in %) of radiometric scanning from channel sampling
			ΔI u μR/hr	Y u % U	X u % U	Ra_e u %	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	237	260	53	0.0444	0.0417	0.0393	+ 6
2	248	240	36	0.0301	0.0533	0.0335	— 43
3	369	120	26	0.0217	0.0325	0.0293	— 33
4	327	150	93	0.0777	0.1300	0.0705	— 40
5	326	150	73	0.0610	0.0842	0.0688	— 28
6	555	240	62	0.0518	0.0818	0.0688	— 37
7	591	190	48	0.0400	0.0725	0.0410	— 31
8	612	210	92	0.0769	0.0905	0.0617	— 17
9	766	240	114	0.0954	0.1022	0.0851	— 6
10	803	140	29	0.0242	0.0449	0.0332	— 46
11	709	290	66	0.0552	0.0602	0.0442	— 8
$n = 11$	Σ	2230	$\frac{\Sigma \Delta I}{n} \Delta = I_{sr} = 63\ \mu R/hr$	$\frac{\Sigma Y}{n} = \overline{Y} = 0.0526\%U$	$\frac{\Sigma X}{n} = \overline{X} = 0.0722\%U$	$\frac{\Sigma Ra_e}{n} = 0.0556\%$	$\frac{\overline{X} - \overline{Y}}{\overline{X}} = -27\%$

Tabela 3
Table 3

No. / No.	Broj probe / Number of sample	Dužina probe cm / Lenght of sample cm	Rezultati radiometrijskog oprobovanja — Results of radiometric scanning		Rezultati brazda oprobovanja — Results of channel sampling	d_i	d_i^2	Upoređivanje srednjih rezultata merenja dvema metodama pomoću kriterijuma »t«: Comparison of results of two method using »t« criterion:
			ΔI u μR/hr	Y u % U	X u % U	$(\overline{Y}-\overline{X}) \cdot 10^{-2}$	$(\overline{Y}-\overline{X})^2 \cdot 10^{-4}$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	237	260	53	0.0444	0.0417	+ 0.27	0.0729	$t = \frac{\overline{d}\sqrt{n}}{Sd}$;
2	248	240	36	0.0301	0.0533	— 2.32	5.3824	$Sd^2 = \frac{1}{n-1}\left[\Sigma di^2 - \frac{1}{n}(\Sigma di)^2\right]$;
3	369	120	26	0.0217	0.0325	— 1.08	1.1664	$Sd^2 = \frac{1}{10}\left[61.9104 \times 10^{-4} - \right.$
4	327	150	93	0.0777	0.1300	— 5.23	27.3529	$\left. - \frac{1}{11}(463.9716 \cdot 10)^{-4}\right]$
5	326	150	73	0.0610	0.0842	— 2.32	5.3824	$Sd = 1.4032 \times 10^{-2}$
6	555	240	62	0.0518	0.0818	— 3.00	9.0000	$t = \frac{1.97 \times 10^{-2} \times 3{,}316}{1.4032 \times 10^{-2}}$
7	591	190	48	0.0400	0.0725	— 3.25	10.5625	$t = 4\,6$
8	612	210	92	0.0769	0.0905	— 1.36	1.8496	za $N=(n-1)=10$ i $P=0.05$
9	766	240	114	0.0954	0.1022	— 0.68	0.4624	(tj. za 95%-nu verovatnoću)
10	803	140	29	0.0242	0.0449	— 2.07	4.2849	$t_{tabl} = 2.2$
11	709	290	66	0.0552	0.0602	— 0.50	0.2500	$t > t_{tabl}$
$n=11$	Σ	2230	694	0.5784	0.7938	-21.54×10^{-2}	61.9104×10^{-4}	—

$\frac{\Sigma Y}{n} = \overline{Y} = 0.0526\,\%$ $\quad \frac{\Sigma X}{n} = \overline{X} = 0.0722$ $\quad [\Sigma di]^2 = 463.7916 \quad 10\text{-}4$ $\quad [\Sigma di^2] = 61.9104 \quad 10\text{-}4$

$\overline{d} = \overline{X} - \overline{Y} = 1.97 \times 10^{-2}$

gde je:

$\overline{Y}$ — srednji sadržaj urana po rezultatima radiometrijskog oprobovanja.
S — standardna devijacija

dala je sledeće rezultate:

$$0{,}0526 \pm 0{,}0050 \text{ tj. } 0{,}0526 + 0{,}0050 = 0{,}0576$$

$$\text{i } 0{,}0526 - 0{,}0050 = 0{,}0476.$$

Kako srednji sadržaj određen po rezultatima kontrolnih analiza ($\overline{\lambda} = 0{,}0722$) ne leži u dobijenim granicama tj. $0{,}0476 < 0{,}0576 < \overline{X}$ rezultati kontrolisanih analiza opterećeni su sistematskim greškama. Veličina sistematske greške je — 27%.

Uzroci sistematskih grešaka gama oprobovanja i načini njihovog otklanjanja

Rezultati laboratorijskih analiza brazda proba koje su korišćene za dobijanje preračunskog koeficijenta B (tabela 1) ukazuju, da je koeficijent radioaktivne ravnoteže za celu grupu proba ravan 100%, dok je ravnoaktivna ravnoteža u oprobovanom delu rudnog tela pomerena u korist urana za 23% tj. ravnoteža je uspostavljena sa 77% (tabela 2).

Poznato je međutim, da se radiometrijskim oprobovanjem po gama zračenju dobija sadržaj urana indirektnim putem preko gama zračenja. Ustvari se dobija sadržaj Ra (B + C) izražen u procentima urana. Ovako dobijeni sadržaj Ra (B + C) odgovara stvarnom sadržaju urana samo u uslovima sačuvane radioaktivne ravnoteže između Ra (B + C) i U. Iz ovoga jasno sledi, da je odstupanje rezultata radiometrijskog od brazda oprobovanja uslovljeno stanjem ravnoteže u oprobovanom delu rudnog tela.

Radioaktivna ravnoteža između urana i Ra (B + C) zavisi kako od ravnoteže sistema U — Ra^{226}, tako i od ravnoteže Ra^{226} — Ra (B + C). Ravnoteža između ovih poslednjih zavisi od emaniranja ruda. Prema tome, neravnoteža između urana i Ra (B + C) može biti uslovljena ne samo neproporcionalnom migracijom urana ili Ra^{226}, već i emaniranjem.

Da bi došli do podataka o udelu ovih parcijarnih pomeranja radioaktivne ravnoteže u ukupnom pomeranju ravnoteže sistema U — Ra (B + C) a preko njih i do podataka o parcijarnim popravnim koeficijentima obavljen je niz radiohemijskih analiza srednje reprezentativne probe materijala uzetog iz oprobovanog dela rudnog tela. Rezultati ovih analiza dati su u tabeli 4.

Radiohemijskim putem određen je stvarni sadržaj Ra^{226} i emaniranje, kao i koeficijent emaniranja u %. Koristeći ovako dobijeni sadržaj Ra^{226} izračunat je koeficijent radioaktivne ravnoteže između U i Ra^{226} u grupi upoređivanih proba i vrednost mu je $K_1 = 88\%$.

Ovoj vrednosti odgovara parcijalni popravni koeficijent:

$$P_1 = \frac{K_{r.r.et}}{K_1} = \frac{100}{88} = 1{,}14$$

Tabela 4
Table 4

Red. br. No.	Oznaka probe The sample	Težina probe gr / The weight gr	Sadržaj Ra^{226} gr Ra u gr rude / The content of Ra^{226} gr Ra in gr of ore — QRa^{226}	Emaniranje Curie u gr rude / The emanation Curie in gr of ore — QRn^{222}	Primedba / Note
1	2	3	4	5	6
1	B-e_1	5	1.30×10^{-10}	3.20×10^{-11}	Materijal za ove analize uzet je od srednje reprezentativne probe materijala uzetog iz radiometrijski oprobovanog dela rudnog tela. The material for these analyses has been taken out of the mean representative sample of the material taken from the radiometrically scanned part of the ore body.
2	B-e_2	5	1.40×10^{-10}		
3	B-e_3	5	1.32×10^{-10}	3.32×10^{-11}	
4	B-e_4	5	1.40×10^{-10}		
5	B-e_5	5	1.39×10^{-10}	3.61×10^{-11}	
6	B-e_6	5	1.37×10^{-10}	3.30×10^{-11}	
7	B-e_7	5	1.33×10^{-10}		
8	B-e_8	5	1.46×10^{-10}		
9	B-e_9	5	1.41×10^{-10}		
10	B-e_{10}	5	1.42×10^{-10}		

$$\frac{\Sigma QRa^{226}}{n} = 1.40 \times 10^{-10} = \frac{\Sigma QRn^{222}}{n} = 3.35 \times 10^{-11} =$$
$$= QRa_{sr}^{226} \qquad = QRn_{sr}^{222}$$

Koeficijent radioaktivne ravnotže između Ra^{226} i U:

The coefficient of radioactiv equilibrium beetwin Ra^{226} and U:

$$K_{rr} = \frac{QRa_{sr}^{226}}{QU_{sr} \times 3.4 \times 10^{-7}} \times 100;$$

$$= \frac{1.40 \times 10^{-10}}{4.68 \times 3\,4 \times 10^{-11}} \times 100 = 88\%$$

Koeficijent emaniranja:

The coefficient of emanation:

$$K_{em} = \frac{QRn_{sr}^{222}}{QRa_{sr}^{226}} \times 100\%$$

$$= \frac{3.35 \times 10^{-11}}{1.40 \times 10^{-10}} \cdot 100 = 24\%$$

gde je:

$K_{r.r.et}$ — koeficijent radioaktivne ravnoteže etalona tj. grupe proba korišćenih za određivanje koeficijenta *B*.

K_1 — koeficijent radioaktivne ravnoteže između U i Ra^{226} radiometrijski oprobovanog dela rudnog tela.

Srednji sadržaj po rezultatima radiometrijskog oprobovanja sa popravkom usled neravnoteže sistema U — Ra^{226} biće:

$$Y' = Y \cdot P_1 = 0{,}0526 \cdot 1{,}14 = 0{,}0600\%.$$

Podatke o parcijalnom popravnom koeficijentu koji bi odgovarao stanju ravnoteže sistema Ra^{226} — Ra (B + C) moguće je dobiti iz podataka o koeficijentu emaniranja (tabela 4). Odnos $\frac{\overline{X}}{\overline{Y}} = \frac{0{,}0722}{0{,}0600} = 1{,}2$ daje nam podatak koliko bi upravo trebao da bude ovaj koeficijent, uslovljen emaniranjem.

Radiohemijskim putem je određen koeficijent emaniranjem proba u izdrobljenom stanju i iznosi 24% a poravni parcijalni koeficijent usled emaniranja sračunat je preko ove veličine po formuli (I. M. Tenenbaum, 1961):

$$P_{em} = \frac{1 - K_{em \cdot et}}{1 - K_{em \cdot rude}}$$

gde je:

$K_{em \cdot et}$ — koeficijent emaniranja etalona

$K_{em.rude}$ — koeficijent emaniranja materijala iz radiometrijski oprobovanog dela rudnog tela.

Kako je materijal brazda proba korišćenih za određivanje koeficijenta ekrana u ravnoteži, a samim tim nije bilo ni gubitka radona tj. $K_{em \cdot et} = 0$ sledi da je $P_{em} = 1{,}315$. Ova vrednost je veća od odnosa $\frac{\overline{X}}{\overline{Y}}$, što ukazuje na činjenicu da razlika potiče usled razlike u koeficijentu emaniranja ruda u izdrobljenom stanju i na mestu zaleganja. Svakako je koeficijent emaniranja ruda u prahu veći od koeficijenta emaniranja ruda u prirodnom zaleganju. Empiričkim putem lako je doći do podataka da je koeficijent emaniranja ruda u prirodnom zaleganju 16,6% a ne 24%, dobijen merenjem izdrobljenog rudnog materijala. Prema tome veličina poravnog koeficijenta za emaniranje za rude na mestu zaleganja biće $P'_{em} = \frac{1}{1 - 0{,}166}$ te će stvarni srednji sadržaj urana dobijen radiometrijskim oprobovanjem cele serije proba, sa popravkom i za emaniranje biti: $\overline{Y}_{stv.} = \overline{Y'} . P'_{em.} = 0{,}0600 \cdot 1{,}2 = 0{,}0721\%$. Ovako dobijen sadržaj odgovara srednjem sadržaju dobijenom po rezultatima brazda oprobovanja ($\overline{X} = 0{,}0722\%$).

Do ovog rezultata moglo se doći i na drugi način. Naime, poznato je da emaniranje dovodi do gubitka dela gama zračenja a samim tim dolazi do pomeranja radioaktivne ravnoteže sistema Ra^{226} — Ra (B + C). Iz ovoga sledi, da pri istom sadržaju urana i jednakom koeficijentu radioaktivne ravnoteže između U i Ra^{226}, rude sa većim emaniranjem daju manje gama zračenje, što je analogno pomeranju ravnoteže u korist urana za veličinu koeficijenta emaniranja. Upravo je moguće, prema tome, izvršiti korekciju ravnoteže sistema U — Ra^{226} za veličinu koeficijenta emaniranja i za tako dobijenu ravnotežu naći odgovarajuću totalnu popravku koju treba uvesti u rezultate radiometrijskog oprobovanja. Na osnovu gornjeg sledi:

$K_2 = 88 - 16{,}6 = 71{,}4\%$ i popravka za ovu ravnotežu biće

$P_2 = \frac{K_{r.r.\,et.}}{K_2} = \frac{100}{71{,}4}$. Ako rezultate radiometrijskog oprobovanja popravimo za ovaj iznos dobićemo da je:

$$\overline{Y}_{stv.} = \overline{Y} \cdot P_2 = 0{,}0526 \cdot 1{,}4 = 0{,}0736\%.$$

Iz prethodne diskusije može se zaključiti da su sistematske greške koje su matematičkom odnosno statističkom obradom podataka dokazane u rezultatima gama oprobovanja, uslovljene neravnotežom između U i Ra (B + C), pri čemu je došla do izražaja ne samo neproporcionalna migracija urana ili Ra^{226} već i emaniranje koje je nesumnjivo dokazano.

Ovakva analiza podataka upućuje i na to, da se pri dobijanju podataka kvantitativnim radiometrijskim metodama po gama zračenju u uslovima poremećene ravnoteže (kao što je slučaj za ležište urana u sedimentima Bukulje) moraju u rezultate ovakvih merenja uvoditi odgovarajuće popravke shodno napred opisanim načinima.

Rezultati gama oprobovanja rudnih intervala na ležištu urana u Gornjoj Vasi

Usled specifičnih uslova (prisustva rasejanog gama zračenja, premeštanja emanacije iz delova sa bogatim rudama u delove sa siromašnim rudama i stvaranja intenzivnih gama emitera Ra (B + C) iz difundirajućeg radona koji se raspada kao i odsustva makroskopski vidljivih mineraloško-petrografskih pokazatelja orudnjenja) primenjivana je unekoliko izmenjena metodika rada pri gama-oprobovanju na ovom ležištu. Prostorni raspored orudnjenja određivan je na osnovu merenja usmerenog gama zračenja.

Merenja su obavljena instrumentom GMT-14 gama sondom, uz pomoć olovnog cilindričnog ekrana sa umetkom. Određivanje koeficijenta ekrana obavljeno je na modelu zasićenog sloja uranove rude (etalon). Merenja etalona su izvršena mesec dana nakon hermetizacije istog tj. nakon uspostavljanja radioaktivne ravnoteže između radijuma i radona u etalonu. Iz serije merenja etalona, dobijena je srednja vrednost efekta razlike intenziteta gama zračenja $\Delta I_{sr.\,et} = 340$ μr/hr. Laboratorijskim određivanjem sadržaja urana u materijalu etalona dobijen je hemijski sadržaj urana ($QU_{sr.\,et} = 0{,}4582\%$). Pomoću ove dve veličine određen je prera-

čunski koeficijent za olovni cilindrični ekran i instrument GMT-14 ($B = 1{,}35 \cdot 10^{-3} \frac{\%U}{\mu r/hr}$).

Statistička obrada podataka

Sadržaj urana duž radiometrijskih proba računat je po formuli:

$$Q = B \cdot \Delta I_{sr}.$$

gde je:

B — koeficijent ekrana u $\frac{\%\,U}{\mu r/hr}$.

ΔI_{sr} — srednja vrednost efekta razlika intenziteta gama zračenja duž probe u μr/hr.

Za izdvajanje bogatijih intervala unutar radiometrijskih proba, primenjivane su metode interpretacije analogne gama karotažu.

Radiometrijske probe, na kojima su uzete i brazda probe za hemijsko određivanje sadržaja urana, korišćene su za matematičku, odnosno statističku obradu rezultata dva vida oprobovanja. Ovom obradom obuhvaćeno je 15% od ukupnog broja radiometrijskih proba.

Statistička obrada vršena je u cilju upoređivanja radiometrijskog sa brazda oprobovanjem, tj. u cilju određivanja efikasnosti primene metode radiometrijskog oprobovanja u poređenju sa običnim metodama hemijskog oprobovanja (brazda oprobovanje), određivanja veličine sistematskih grešaka, određivanja neophodnog obima opitnih i kontrolnih radova, koji obezbeđuju potrebnu tačnost rezultata.

Upoređivanja su vršena po srednjim rezultatima dva vida oprobovanja, jer kao što je već rečeno, slaganje rezultata radiometrijskog i brazda oprobovanja po individualnim probama, moguće je očekivati samo p r i i s k l j u č i v o r a v n o m e r n o m r a s p o r e d u r a d i o a k t i v n i h k o m p o n e n a t a u r u d i. Ovo je jasno ilustrovano rezultatima u tabeli 5 gde je dato procentualno odstupanje radiometrijskog od brazda oprobovanja kako za pojedinačne probe, tako i za srednje vrednosti dobijene po grupi upoređivanih proba. Pojedinačna odstupanja kreću se od + 56 do — 57% dok je odstupanje srednjih vrednosti + 1,4% i nalazi se u granicama dozvoljenog.

Mada je ovo odstupanje malo (ispod ± 5%) ipak je neophodno dokazati da li je prouzrokovano pojavom sistematskih, ili drugih vrsta grešaka.

Sistematske greške ne tolerišu se ni u jednom načinu dobijanja podataka, te je neophodno objasniti uzroke pojave ovakvih grešaka i otkloniti ih, ukoliko se statističkom obradom dokaže njihovo prisustvo u rezultatima merenja. U tu svrhu pri obradi naših podataka koristili smo p r i n c i p r e g r e s i j e.

Ovaj vid analize podataka može se koristiti pod pretpostavkom da među dva niza rezultata (x i y) postoji linearna statistička veza. U tom slučaju zavisnost među promenljivim, izražava se linearnom jednačinom oblika:

$$y = A + Bx \tag{1}$$

Tabela 5
Table 5

Red br. No.	Broj probe Number of sample	Dužina probe cm Lenght of sample cm	Rezultati radiometrijskog oprobovanja Results of radiometric scanning		Rezultati brazda oprobovanja Results of channel sampling	Odstupanje u % radiometrijskog od brazda oprobovanja The deviation (in %) of radiometric scanning from channel sampling
			ΔI u μR/hr	y u % U	x u % U	
1	2	3	4	5	6	7
1	86453	200	42	0.0563	0.0499	+ 11.3
2	86454	40	1364	1.8400	2.0400	— 9.8
3	86470	70	996	1.3450	1.2900	+ 4,2
4	9741[a]	250	626	0.8491	0.7121	+ 19.2
5	9747[a]	240	422	0.5700	0.3649	+ 56.0
6	9795[a]	100	299	0.3820	0.2971	+29.2
7	9796[a]	70	177	0.2390	0.2713	— 11.9
8	9797[a]	60	178	0.2400	0.2352	+ 2.0
9	86455	130	489	0.6600	0.7443	— 11.3
10	9957[a]	170	267	0.3600	0.3326	+ 8.2
11	9956[a]	130	55	0.0740	0.0633	+ 16.9
12	9936[a]	100	28	0.0380	0.0887	— 57.2
13	9937[a]	120	11	0.0152	0.0151	+ 0.6
14	9938[a]	100	115	0.1550	0.2195	— 29.1
$n = 14$	Σ	1780	$\frac{\Sigma \Delta I}{n} = \Delta I_{sr} = 362$ μR/hr	$\frac{\Sigma \overline{y}}{n} = \overline{y} = 0.4874$ % U	$\frac{\Sigma \overline{x}}{n} = \overline{x} = 0.4803$ % U	$\frac{\overline{x} - \overline{y}}{\overline{x}} = +1.4\%$

Ova jednačina se često naziva i jednačina regresije y po x gde su:

x — rezultati kontrolnih analiza (brazda oprobovanja),
y — rezultati osnovnih analiza (radiometrijskog oprobovanja),
A i B — parametri jednačine regresije. Pri linearnoj statističkoj vezi izračunavaju se po formulama:

$$B = \frac{\Sigma (x-\bar{x})(y-\bar{y})}{\Sigma (x-\bar{x})^2} \tag{2}$$

$$A = \bar{y} - B\bar{x} \tag{3}$$

Smenom parametra A (3) u jednačinu (1) dobijamo jednačinu regresije koja prolazi kroz tačke $\bar{x}$ i $\bar{y}$ (srednje vrednosti promenljivih x i y upoređivane serije proba) i ima oblik

$$y - \bar{y} = B(x - \bar{x}) \tag{4}$$

Kriterijum koji se zasniva na principu regresije (I. M. Tenenbaum, 1961) daje nam sledeće praktične zaključke:

1. Ako je $B \approx 1$ kontrolisani rezultati nemaju sistematskih grešaka koje bi bile proporcionalne sadržaju urana.

2. Ako je $A \approx 0$ kontrolisani rezultati nemaju stalnu grešku koja ne zavisi od sadržaja urana (A — slobodan član u jednačini regresije). Pri zadovoljenju gornjih uslova i linearnoj zavisnosti promeljivih (x i y) podaci kontrolisanih analiza u celini imaće samo greške operativnosti slučajnog karaktera.

3. Ako je $A \neq 0$, $B \neq 1$ onda se u rezultate kontrolisanih analiza uvodi popravka bilo grafički ili analitički po jednačini regresiji rešenoj po x.

Matematička obrada rezultata pri analizi na principu regresije svodila se u konkretnom slučaju na:

1. Iznalaženja oblika korelacione veze tj. određivanje vida funkcionalne zavisnosti između srednjih vrednosti jedne veličine (y) i vrednosti druge veličine (x).

2. Izračunavanje parametara koji određuju pronađeni oblik funkcionalne veze.

3. Određivanje stepena odstupanja izučavane korelacione veze od funkcionalne linearne veze.

4. Primenu kriterijuma »t« kako za rešavanje gornjih problema tako i za ocenu razlike ($A - 0$) i ($B - 1$).

Određivanje vida funkcionalne zavisnosti tj. korelacione veze između srednjih vrednosti veličina (x i y) vršeno je preko koeficijenta korelacije i srednje kvadratne greške određivanja istog, pomoću kriterijuma »t«.

Podaci iz tabele 6 daju nam mogućnost da izračunamo:

Koeficijent korelacije:

$$r = \frac{\Sigma (x-\bar{x})(y-\bar{y})}{\sqrt{\Sigma [(x-\bar{x})^2] \cdot [(y-\bar{y})^2]}} = \frac{3{,}902}{3{,}950} = 0{,}987$$

srednju kvadratnu grešku određivanja r:

$$\sigma_r = \frac{\sqrt{1-r^2}}{n-2} = 0{,}0329$$

Red. br. No	Rezultati kontrolnih analiza % U x	Results of controlling analyses % U x	Rezultatu osnovnih analiza % U y	Results of controlled analyses % U y	$x^2 \cdot 10\text{-}4$ %	$(x-\bar{x}) \cdot 10\text{-}2$ %	$(y-\bar{y}) \cdot 10\text{-}2$ %
1	2		3		4	5	6
1	0.0499		0.0563		24.9	— 43.04	— 43.11
2	2.0400		1.8400		41616.0	+ 155.97	+ 135.26
3	1.2900		1.3450		16641.0	+ 80.97	+ 85.26
4	0.7121		0.8491		5070.9	+ 23.18	+ 36.17
5	0.3649		0.5700		1331.5	— 11.54	+ 8.26
6	0.2971		0.3820		882.7	— 18.32	— 10.54
7	0.2713		0.2390		736.0	— 20.90	— 24.86
8	0.2352		0.2400		553.2	— 24.51	— 24.74
9	0.7443		0.6600		5539.8	+ 26.40	+ 17.26
10	0.3326		0.3600		1106.2	— 14.77	— 12.74
11	0.0633		0.0740		40.1	— 41.70	— 41.39
12	0.0887		0.0380		78.6	— 39.16	— 44.94
13	0.0151		0.0152		2.2	— 46.52	— 47.22
14	0.2195		0.1550		481.8	— 26.8	— 33.24

$$\Sigma x = 6.7242 \quad \Sigma y = 6.8236 \quad \Sigma x^2 = 7410\,9 \cdot 10\text{-}4$$

$$\frac{\Sigma x}{n} = \bar{x} \qquad \frac{\Sigma y}{n} = \bar{y}$$

$\angle n = 14$

$\bar{x} = 0.4803 \qquad \bar{y} = 0.4874$

kriterijum »t«:

$$t_{exp} = \frac{r}{\sigma_r} = \frac{0{,}987}{0{,}0329} = 30$$

Pomoću tablice No. 1 (Y. Lacroix, 1962) koja daje vezu između koeficijenta verovatnoće prisustva sistematskih grešaka t, stepena slobode $N = (n - 2)$ i verovatnoće tj. stepena sigurnosti P, nalazimo P koristeći t_{epx} i $N = (n - 2)$.

Za stepen slobode $N = (n - 2) = 12$ i $t_{exp} = 30$ kriterijum $P < 0{,}001$. Ova vrednost je izrazito manja od $P = 0{,}05$ te sa verovatnoćom većom od

Tabela 6
Table 6

$(x-\bar{x})(y-\bar{y})\cdot 10^{-4}$ %	$(x-\bar{x})^2\cdot 10^{-4}$ %	$(y-\bar{y})^2\cdot 10^{-4}$ %	$(Y=A+Bx)$ 10^{-2} %	$(y-Y)\cdot 10^{-2}$ %	$(y-Y)^2\cdot 10^{-4}$ %
7	8	9	10	11	12
+ 1855.45	1852.44	1858.47	8.29	— 2.66	7.1
+ 21096.46	24326.64	18295.27	195.36	— 11.36	129.1
+ 6903.50	6556.14	7269.27	124.80	+ 9.64	92.9
+ 838.42	537.31	1308.27	70.54	+ 14.37	206.5
— 95.32	132.17	68.23	37.90	+ 19.10	364.8
+ 193.09	335.62	111.09	31.53	+ 6.67	44.5
+ 519.16	436.81	617.03	29.10	— 5.20	27.0
+ 506.38	500.74	612.07	25.71	— 1.71	2.9
+ 455.66	696.96	297.91	73.56	— 7.56	57.2
+ 187.18	218.15	162.31	34.86	+ 1.14	1.3
+ 1723.88	1738.89	1708.99	9.55	— 2.15	4.6
+ 1769.43	1533.51	2019.60	11.94	— 8.14	66.3
+ 2196.67	2164.11	2229.73	5.02	— 3.5	12.3
+ 866.87	618.17	1104.89	24.23	— 8.73	76.2
$\Sigma(x-\bar{x})(y-\bar{y})=$ $+39016\cdot 84\cdot 10^{-4}$	$\Sigma(x-\bar{x})^2=$ $41709.66\cdot 10^{-4}$	$\Sigma(y-\bar{y})^2=$ $37661.30\cdot 10^{-4}$			$\Sigma(y-Y)^2=$ $\Sigma(y-A-Bx)^2=$ $1092.7\quad 10^{-4}$

99,9% možemo zaključiti da postoji čvrsta korelaciona veza između dva niza promeljivih. Drugim rečima, možemo zaključiti da je srednji sadržaj urana dobijen radiometrijskim oprobovanjem vrlo približan sadržaju dobijenom brazda oprobovanjem.

Koeficijent korelacije r ujedno se javlja i kao merilo odstupanja izučavane korelacione veze od funkcionalne linearne zavisnosti između x i y, jer pri funkcionalnoj vezi $r = 1$, dok pri $r = 0$ moguće je zaključiti da ne postoji korelaciona veza između x i y. Dobijena vrednost za $r = 0{,}987 \approx \approx 1$ što ukazuje da postoji tesna funkcionalna linearna zavisnost između x i y.

Parametri jednačine regresije su:

$$B = \frac{\Sigma(x-\bar{x})(y-\bar{y})}{\Sigma(x-\bar{x})^2} = \frac{+39016{,}84\cdot 10^{-4}}{41709{,}66\cdot 10^{-4}} = +0{,}94$$

$$A = \bar{y} - B_x = 0{,}4874 - 0{,}94\cdot 0{,}4803 = +\,0{,}036$$

te je jednačina regresije:

$$y = 0{,}94\,x + 0{,}036.$$

Greška određivanja jednačine regresije je $(y - Y)$ a standardna devijacija određivanja jednačine regresije je:

$$\sigma_D = \sqrt{\frac{\Sigma (y-Y)^2}{n-2}} = \sqrt{\frac{1092{,}7 \cdot 10^{-4}}{12}} = 0{,}095;$$

srednja greška srednjeg je:

$$\sigma_m = \frac{\sigma_D}{\sqrt{n}} = \frac{0{,}095}{3{,}745} = 0{,}025$$

Verovatnoća regresije tj. vrednost koja karakteriše tačnost određivanja parametra B je:

$$\sigma_B = \sqrt{\frac{\Sigma (y-Y)^2}{(n-2)\,\Sigma[(x-\bar{x})^2]}} = \sqrt{\frac{\sigma_D{}^2}{\Sigma (x-\bar{x})^2}} = 0{,}0469;$$

kriterijum

$$t_{exp} = \frac{|B|}{\sigma_B} = \frac{0{,}94}{0{,}0469} = 20{,}2$$

Za $N = (n - 2) = 12$ i $t_{exp} = 20{,}2$, $P < 0{,}001$ što svedoči da je verovatnoća regresije veća od 99,9% tj. parametar B u jednačini regresije određen je tačno, sa verovatnoćom većom od 99,9%.

Za ocenu razlike $(A - 0)$ i $(B - 1)$ tj. da li je $A \neq 0$ i $B \neq 1$ takođe je primenjivan kriterijum t, za $P = 0{,}05$ i stepen slobode $N = (n - 2)$.

Standardna devijacija određivanja parametara A je:

$$\sigma_A = \sqrt{\frac{\sigma_D{}^2 \cdot \Sigma x^2}{n\,[\Sigma (x-\bar{x})^2]}} = 0{,}033$$

kriterijum:

$$t_{exp} = \frac{|A|}{\sigma_A} = \frac{0{,}036}{0{,}033} = 1{,}09$$

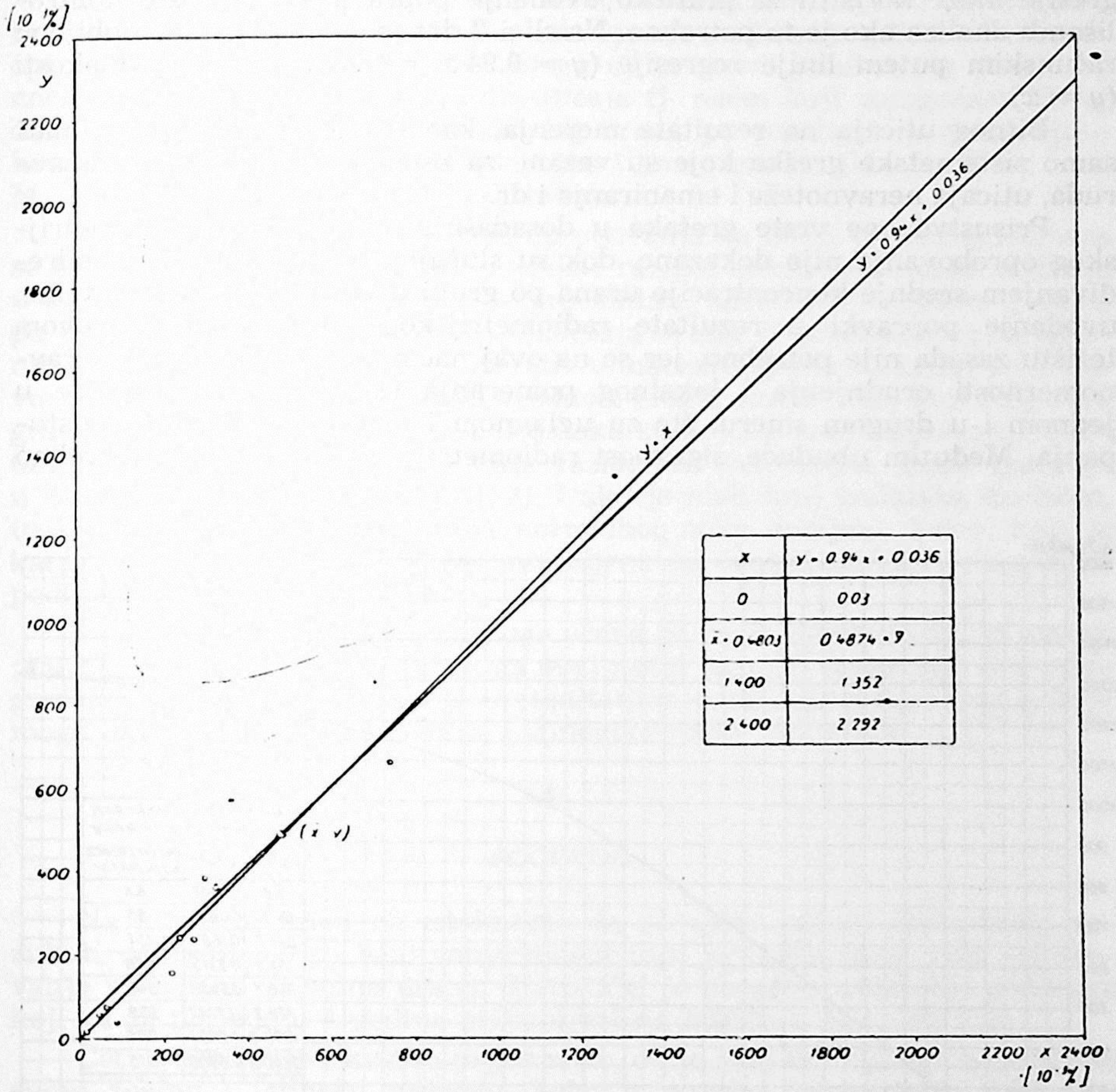
a kriterijum za razliku $(B - 1)$ je:

$$t_{exp} = \frac{|B-1|}{\sigma_B} = \frac{0{,}94 - 1}{0{,}0469} = 1{,}27$$

Tablice za $N = (n - 2) = 12$ i $P = 0{,}05$ daju da je $t_{tabl.} = 2{,}179 > t_{exp}$ što ukazuje da ne postoji razlika $(A - 0)$ i $(B - 1)$ naime, postoji vrlo mala verovatnoća da je $A \neq 0$ i $B \neq 1$ te po kriterijumu (I. M. T e n e n b a u m, 1961) zaključujemo da rezultati kontrolisanih analiza (radimoterijskog oprobovanja na mestu) nemaju sistematskih grešaka koje bi bile proporcio-

nalne sadržaju urana ($B = 0{,}94 \approx 1$) niti pak stalnu grešku koja ne zavisi od sadržaja urana ($A = 0{,}036 \approx 0$).

S obzirom na ove vrednosti i linearnu funkcionalnu vezu ($r = 0{,}987 \approx \approx 1$) izmedu promenljivih x i y, zaključujemo da podaci radiometrijskog



x	y = 0.94x + 0.036
0	003
x = 0.803	0.4874 = y
1400	1352
2400	2292

Sl. 2. Upoređenje osnovnih (y) i kontrolnih (x) rezultata određivanja sadržaja urana po radiometrijskom oprobovanju i hemijskim analizama brazda proba

($\bar{x}$, $\bar{y}$) — srednji sadržaj po kontrolnim i osnovnim analizama; $y = x$ — linija jednakosti; $y = 0.94x + 0.036$ — linija regresije; ° — proba; sadržaj urana po rezultatima kontrolnih analiza u 10^{-3} % U (apscisa); sadržaj urana po rezultatima osnovnih analiza u 10^{-3} % U (ordinata).

Fig. 2. The comparison of controlled (y) and controlling (x) results of the uranium content determination by radiometric scanning and chemical analyses of channel samples

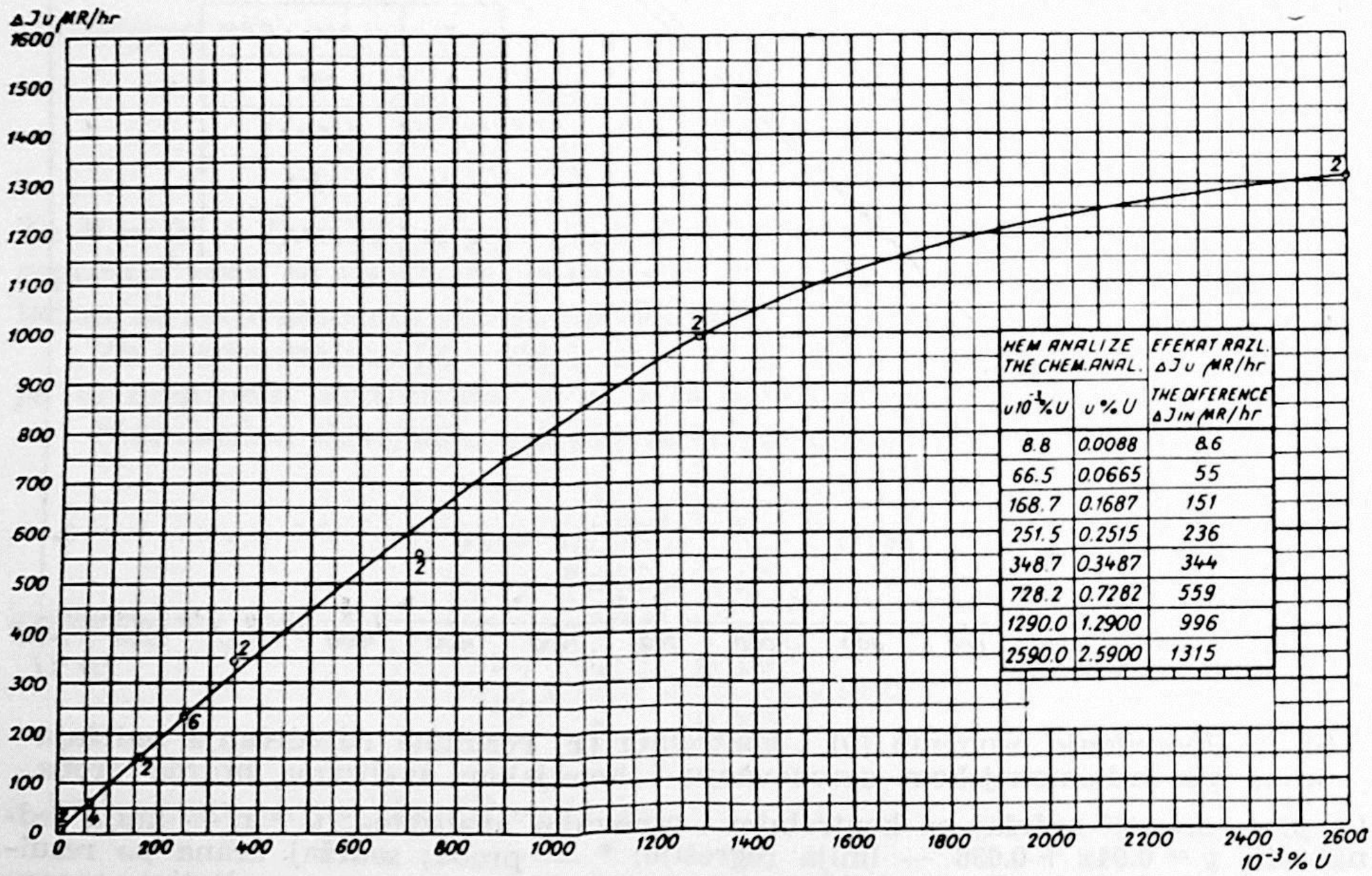
($\bar{x}$, $\bar{y}$) — the avarage grade of controlling and controlled analyses; $y = x$ — egality line; $y = 0.94x + 0.036$ — regression line; ° — the samples; the content of uranium by results of controlling analyses in 10^{-3} % U; the content of uranium by results of controlled analyses in 10^{-3} % U.

oprobovanja imaju samo greške operativnosti (slučajnog karaktera) koje se kreću u dozvoljenim granicama.

Iz svega ovoga zaključujemo, da izabrani način statističke obrade podataka odgovara suštini postavljenog problema i da se dobijena linija regresije može koristiti za grafičko uvođenje popravki u rezultate kontrolisanih analiza ako je to potrebno. Na slici 2 dat je grafički prikaz dobijene računskim putem linije regresije ($y = 0{,}94\,x + 0{,}036$) i linije jednakosti ($y = x$).

Bitnog uticaja na rezultate merenja, kao što je rečeno mogu imati samo sistematske greške koje su vezane za osobenosti hemijskog sastava ruda, uticaja neravnoteže i emaniranja i dr.

Prisustvo ove vrste grešaka u dosadašnjim rezultatima radiometrijskog oprobovanja nije dokazano, dok su slučajne greške otklonjene određivanjem srednje koncentracije urana po grupi uzetih proba. Prema tome, uvođenje popravki u rezultate radiometrijskog oprobovanja na ovom ležištu zasada nije potrebno, jer se na ovaj način otklanjaju uticaji neravnomernosti orudnjenja i lokalnog pomeranja radioaktivne ravnoteže u jednom i u drugom smeru, što su uglavnom i uzroci pojedinačnih odstupanja. Međutim ubuduće, sigurnost radiometrijskog oprobovanja potrebno



Sl. 3. Kriva prevođenja efekta razlike (ΔI) intenziteta gama zračenja u sadržaj ravnotežnog urana u oprobovanom rudnom intervalu
Hemijske analize; efekat razlike ΔI u $\mu R/hr$; sadržaj urana u 10^{-3} % (apscisa); efekat razlike ΔI u $\mu R/hr$ (ordinata).

Fig. 3. The curve of the transference of the diference effect (ΔI) of gamma intensity into the content of uranium under equilibrium in the sampled interval of ore body
The chemical analyses; the diference effect ΔI in $\mu R/hr$; the content of uranium in 10^{-3} %; the diference effect ΔI in $\mu R/hr$.

je svakako sistematski kontrolisati, uzimanjem relativno malog broja brazda proba (od 10 — 15% od broja radiometrijskih proba) po novootkrivenim rudnim telima i blokovima, jer se karakteristika rudnih tela uranovih ležišta na raznim delovima može menjati.

Iskustvo je pokazalo da je vrlo teško računati uticaje svih faktora koji bi mogli dovesti do sistematskog odstupanja radiometrijskog od brazda oprobovanja, te pri masovnijoj njegovoj primeni predlažemo jedan od načina efikasnog otklanjanja ovih uticaja tj. način koji omogućava da se dovoljno tačno odredi srednji sadržaj urana po rezultatima gama oprobovanjima čak i pri malom broju proba i on se sastoji (M. O. K o z l o v, M. I. T e n e n b a u m, 1962) u sledećem:

Po rezultatima gama i brazda oprobovanja na istim probama, iscrtava se kriva $\Delta I = f(Q)$ gde je ΔI — efekat razlike intenziteta gama zračenja u μr/hr, a Q — sadržaj urana u procentima određen hemijskim putem, po kojoj se dalje vrši određivanje sadržaja urana. U procesu eksploatacionih radova, kada je potrebno operativno odrediti granice rudnih tela, dovoljno je po ovoj krivoj odrediti vrednost efekta razlike (ΔI) koji odgovara graničnom sadržaju. Na osnovu podataka sa kojima smo raspolagali, iscrtan je dijagram prevođenja efekta razlike ΔI intenziteta gama zračenja u sadržaj ravnotežnog urana (sl. 3). I ako je mali broj podataka korišćen, ipak se zapaža jasna tendencija normalnog toka dobijene krive, koji je karakterističan za ovakve krive sastavljene na osnovu daleko većeg broja podataka.

Ovakav način dobijanja sadržaja urana po gama oprobovanju je mnogo pouzdaniji i jednostavniji jer se na ovaj način sigurno otklanjaju sve vrste grešaka koje se mogu pojaviti u rezultatima gama oprobovanjima a koje mogu biti uslovljene različitim i mnogobrojnim činiocima.

POGOVOR

Na kraju bi želeli da istaknemo da su ovim radom obuhvaćeni rezultati dobijeni u fazi ispitivanja mogućnosti primene ovog vida oprobovanja na našim ležištima urana. Statistički je obrađen samo deo podataka koji su za poslednje 4 godine prikupljeni na ležištu u Gornjoj Vasi.

Četvorogodišnje iskustvo je pokazalo, da je ovaj vid oprobovanja našao svoju realnu i istinsku namenu, kako u procesu istraživanja tako i u procesu probnog otkopavanja na ovom ležištu, a rezultati gama oprobovanja po svojoj tačnosti, reprezentativnosti i ekonomičnosti objektivno mogu da zamene brazda oprobovanje koje je daleko skuplje i manje reprezentativno, bar što se tiče uranovih ruda.

Obiman materijal prikupljen pri gama oprobovanju na ležištu urana u Gorenjoj Vasi ne bi trebalo biti zanemaren, jer bi se njegovom statističkom obradom dobili dragoceni podaci i iskustva za dalju, što masovniju primenu ovog vida oprobovanja i u procesu eksploatacije ovog ležišta.

(Rad predat za štampu aprila 1964. g.).

LITERATURA

1. Bovin V. P., Posik L. N., Košelev I. V., 1960: — Radiometričeskij ekspress-analiz dobitih rud; astr. 6—7, Atomizdat; Moskva.
2. Kozlov F. V., Tenenbaum I. M., 1962: — Sistematičeskie ošibki gamma--oprobovanja i vozmožnie sposobi ih ustranenija; Atomnaja energija, tom 12, vip. 6, str. 533—536, Moskva.
3. Lacroix Y., 1962: — Interpretation des resultats par le calcul statistique. Analyse chimique, Paris.
4. Tenenbaum I. M., 1962: — Osnovi rudničkoj radiometriji; str. 61 i 77—79; Gosatomizdat, Moskva.
5. Whitney D. R., 1959: — Elements of mathematical statistics; str. 106—120; Henry Holt and Company; New York.
6. Šćigolev B. M., 1962: — Matematičeskaja obrabotka nabljudenij; str. 313—338; Gosudarstvenoe izdateljstvo fiziko-matematičeskoj literaturi, Moskva.

Summary

NEVENKA SIMIĆ*)

MATHEMATICAL TREATMENT OF DATA OBTAINED BY RADIOMETRIC SCANNING, SOURCES OF SYSTEMATIC ERRORS AND METHODS OF THEIR ELIMINATION

This papers treats the results of radiometric scanning (radiometric sampling »in situ«) of uranium mineralizations in the sedimentary deposits of Bukulja (Serbia) and Gorenja Vas (Slovenia).

The statistical treatment of data has been applied in order to compare the efficiency of radiometric scanning and the standard method of channel sampling, together with the determination of the magnetude of systematic errors and the test and controls that are necessary to establish the requested accuracy of results.

The analysis of the factors introduction the systematic errors has demonstrated that they are mainly caused by the lack of the secular equilibrium and by the radon loss of the ores. The application of the special testy necessary to obtain the data for the correction of results has been also discussed.

The graphical and the analytical methods for the correction of results by means of the regression line were presented, as well as the other methods applied in the elimination of the systematic errors of measurements.

*) Institute for Nuclear Raw Materials, Beograd.

Radovi Instituta za geološko-rudarska istraživanja i ispitivanja nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, sv. 3, 1967. god.

NADEŽDA MIHAILOVIĆ-VLAJIĆ

AKCESORNI MINERALI U GRANITIMA PLANINE MOTAJICE

(Sa 6 slika i 5 tabela)

S a d r ž a j. Ispitivanjem akcesornih minerala u veštačkim šlihovima granita planine Motajice, ustanovljena je veza između sadržaja akcesornih minerala i post-magmatskih metazomatskih procesa koji su u pojedinim delovima ovoga masiva veoma intenzivni (albitizacija, muskovitizacija i grajzenizacija). Zbog nedovoljnog broja proba sa kojima se raspolagalo, rezultati izneti u ovom radu su orijentacionog karaktera.

Planina Motajica nalazi se u severnom delu SR BiH između sela Bosanski Kobaš i Srbac (topografska osnova 1 : 50.000 — Slavonska Požega 3 i 4), i izdužena je u pravcu I — Z prostirući se paralelno sa rekom Savom.

U geološkom pogledu planina Motajica predstavlja granitoidni pluton sa svojim kontaktno-metamorfnim omotačem.

PETROGRAFSKI PODACI

O granitskom masivu Motajice postoji prilično malo objavljenih podataka (F. K a t z e r lit. 5, J. P a m i ć i F. T r u b e l j a lit. 17). Detaljni podaci su novijeg datuma (lit. 18) a dati su u doktorskoj disertaciji D. V a r i ć a k a.

Prema D. V a r i ć a k u, motajički granit predstavlja pluton izdužen u pravcu I — Z. Krovinu plutona čine izrazito uškriljeni paleozojski škriljci koji su pretrpeli kontaktno-metamorfni uticaj granita, a najčešće su konkordantni u odnosu na granit. Omotač granitskog plutona Motajice, prema mineralnim facijama, D. V a r i ć a k deli na unutrašnju i spoljnu zonu. Stene obe zone predstavljaju u većoj ili manjoj meri izmenjene paleozojske škriljce, pod dejstvom granitske magme, a stupanj promene zavisi od udaljenosti od kontakta.

Granitski pluton i njegov kontakno-metamorfni pokrivač ispresecani su velikim brojem tela žičnih pratilaca, gde su od strane D. V a r i ć a k a izdvojeni: granit-porfiri, lamprofiri, pegmatiti, apliti i kvarcne žice.

U granitskom plutonu D. V a r i ć a k je izdvojio pet vrsta granita: 1) normalni granit — koji čini glavnu masu plutona; 2) leukokratni granit

i 3) aplitoidni granit — koji se u obliku manjih ili većih masa zapažaju unutar plutona, često pojavljujući se zajedno. Pri tome se zapaža veće razviće leukokratnih granita u južnom i jugozapadnom delu a aplitoidnih granita na zapadnom delu plutona; 4) grajzenizovan granit — koji je zapažen u vidu manjih masa uglavnom orijentisanih u pravcu izduženja masiva; 5) granit »zamrznutih rubova«, koji se nalazi na obodu plutona i koji prema parametrima N i g g l i-a odražava granodioritski sastav.

U normalnom granitu zapaženi su česti albitizacioni procesi, a za leukokratni granit, kao i za grajzenizovani granit D. V a r i ć a k smatra da predstavljaju produkte intenzivnih endobalstičnih i pneumatolitsko-hidrotermalnih preobražaja očvrslih granitskih masa.

Na tabeli 1 prikazane su glavne karakteristike svih vrsta granita, na osnovu podataka D. V a r i ć a k a. Osim podataka navedenih na tabeli karakteristično za granite Motajice je:

a) da se sadržaj kvarca, muskovita i metaličnih minerala povećava od granita »zamrznutih rubova«, preko normalnog granita, aplitoidnog i leukokratnog granita do grajzenizovanog granita.

b) da se sadržaj feldspata i biotita smanjuje u istom pravcu.

Za žične stene — pegmatite, aplite, i kvarcne žice D. V a r i ć a k navodi da su uglavnom koncentrisani u najvišim partijama plutona. Glavni sastojci pegmatita su: kvarc, feldspati, muskovit, beril, turmalin, pirit. Za većinu ovih stena autor navodi da odgovaraju tipskim magmatskim injekcijama, no, da partije sa mnogo berila i turmalina, koje su ređe, odgovaraju pravim pneumatolitsko-hidrotermalnim pukotinskim žicama.

Nivo intruziva prema D. V a r i ć a k u je hipoabisalni — o čemu govori znatna širina kontaktno-metamorfnog pojasa, a starost hercinska — verovatno karbonska.

AKCESORNI MINERALI

Acesorni minerali su ispitani ukupno u 13 proba različitih petrografskih vrsta ovog granitoidnog masiva. U okviru fundamentalnih ispitivanja granita Jugoslavije ispitano je 7 proba težine preko 100 kg, koje su predstavljale svaku karakterističnu petrografsku vrstu (pokrovni biotit-gnajs, biotit-muskovit granit, glavne mase, aplitoidni granit, muskovit-granit i pegmatit). U okviru provere radioaktivnih anomalija (ing. V. S a r i ć) u području planine Motajice, ispitano je 6 proba.

Akcesorni minerali ispitani su u veštačkim šlihovima dobijenim drobljenjem proba i koncentrisanjem teške frakcije na vibracionom stolu (za probe težine preko 100 kg), teškim tečnostima i elektromagnetom. Zbog nesavršenosti tehničke pripreme, naročito drobljenja i koncentracije na vibracionom stolu, količine akcesornih minerala prikazane na tabelama 2 i 3 date su u relativnim veličinama u odnosu na teški koncentrat, a sa skalom od 6 veličina. Kontrola opšteg kretanja sadržaja akcesornih minerala vršena je izračunavanjem modalnog sastava integracionim stočićem (M. C u k u ć a n, N. K r e m i n a c).

Odredbe akcesornih minerala u probama velikih težina izvršio je C. M a r k o v, a u probama sa provere anomalija — autor, od čije strane je izvršeno i ispitivanje morfoloških osobina akcesornih minerala u svim probama i interpretacija rezultata prikazanih u ovom radu.

Tabela 1

Glavne petrološke karakteristike granita Motajice (Prema podacima D. V a r i ć a k a)

	Granit »zamrznutih rubova«	Normalni granit	Leukokratni granit	Aplitoidni granit	Grajzenizovan granit
Glavni minerali	Mikroklin, kvarc oligoklas i biotit	Mikroklin, kvarc, albit-oligoklas, muskovit i biotit	Kvarc, albit, mikroklin, ortoklas i muskovit	Kvarc, albit, mikroklin, ortoklas i muskovit	Kvarc, muskovit, sericit, šelit
% An u plagioklasima	19% An	15% An	7% An	10% An	—
Zastupljenost muskovita i biotita	—	3—7% muskovita 1—3% biotita	do 10% muskovita	do 5% muskovit i biotit	Do 20% muskovita
Sporedni i akcesorni minerali	Sfen, ilmenit, alanit, pirit, apatit, epidot, magnetit, cirkon	Sfen, ilmenit, alanit, pirhotin, turmalin, epidot, apatit, magnetit, rutil, halkopirit, fluorit, beril	Apatit, ilmenit, sfen, pirhotin, turmalin, pirit, bigsbiit	Biotit, cirkon, apatit, magnetit, ilmenit, pirhotin, sfen, turmalin, pirit	Čirkon, apatit, sfen, halkopirit, relikti mikroklina i biotita
Struktura	Porfiroidna sa prelazom u holokristalasto porfirsku	Prelaz hipidiomorfno zrnaste u porfiroidnu	Hipidiomorfno zrnasta sa prelazom u porfiroidnu; ređe kataklastična	Prelaz hipidiomorfno zrnaste u panidiomorfno zrnastu	—
Tekstura	Sitnozrna, ređe miarolitska	Sitnozrna, ređe srednjezrna do škrilljava	Sitnozrna	Sitnozrna, aplitična	Masiva i miarolitska
Metazomatski procesi	—	Česta pertitizacija i albitizacija	Muskovitizacija	Albitizacija	Grajzenizacija

Tabela 2

AKCESORNI MINERALI GRANITSKOG MASIVA MOTAJICE

	BIOTIT GNAJS	KRUPNOZRNI BIOTIT GRANIT	MUSKOVIT GRANIT	MUSKOVIT GRANIT	MUSKOVIT GRANIT APLITOIDNI	GRANITIZOVANI FILIT	PEGMATIT
	94991	95012	94945	62587	92219	94980	95223
EPIDOT				■			
SFEN	■	■	■				
GRANAT	■			■			
APATIT	■	■			■	■	■
CIRKON	■						
ALANIT	■	■				■	
MONACIT					■		
KSENOTIM							
TORIT							
URANINIT		■					
TURMALIN					■		
SELIT							
MOLIBDENIT							
HIBNERIT							
NIOBOTANTALAT							
RUTIL					■	■	
ANATAS							
BARIT			■				
ZOIZIT	■						
KORUND							
FLUORIT		■					
GANIT							
HIPERSTEN		■					
KALCIT							
SIDERIT						■	
MAGNETIT		■		■			
MARTIT	■		■				
PIRIT	■	■	■		■	■	■
PIRHOTIN	■					■	
MARKASIT							
HALKOPIRIT	■		■				
HALKOZIN							
KOVELIN							
TETRAEDRIT							
Cr SPINEL	■						
ILMENIT	■						
HEMATIT							
GALENIT	■		■				
SFALERIT							

Opis akcesornih minerala

Cirkon. — Motajički pluton karakteriše bezbojan do bledo-ružičast cirkon čija se veličina uglavnom kreće od 0,1—0,2 mm. Karakteristična forma kristala je (100) sa (111), a odnos dužine prema širini kristala 1 : 2,5 do 1 : 3. U aplitoidnim vrstama zapažaju se i cirkoni sa odnosom do 1 : 5. U grajzenizovanim vrstama nalaze se u navedenoj formi cirkon i slabo razvijene pljosni (110), dok se kod leukokratnih granita pojavljuje slabo razvijena pljosan (311). Za muskovitizirane granite karakteristična je pojava mlečnog do mrkog cirkona veličine od 0,1—0,3 mm, sa karakterističnim dipiramidalnim habitusom, ređe sa slabo razvijenom pljosni (110). Takođe se ređe sreću cirkoni forme (110) sa (111). Nekad u ovim vrstama granita odsustvuje karakteristični bezbojni cirkon.

U aplitoidnim biotit granitima i pegmatitima zapaža se bezbojan cirkon sa žućkastom nijansom, koji je uvek slabo zamućen, često korodovan, dok veličina varira od 0,1—0,4 mm.

U granitima glavne mase javljaju se manje količine cirkona većih od 0,2 mm, kao i kod biotit gnajsa. Muskovit granite, leukokratne i aplitoidne granite karakteriše takođe pojava veće količine korodovanih kristala bezbojnog cirkona a njihova količina se, u odnosu na ukupnu masu cirkona, penje i do 80%. Ovde su kristali cirkona mahom ispucali, zamućeni a ivice zaobljene. Takođe se često sreću i nedovoljno idiomorfni kristalni oblici nekad iskrivljeni i vretenasti. Ukupna količina cirkona u ovim vrstama granita se smanjuje.

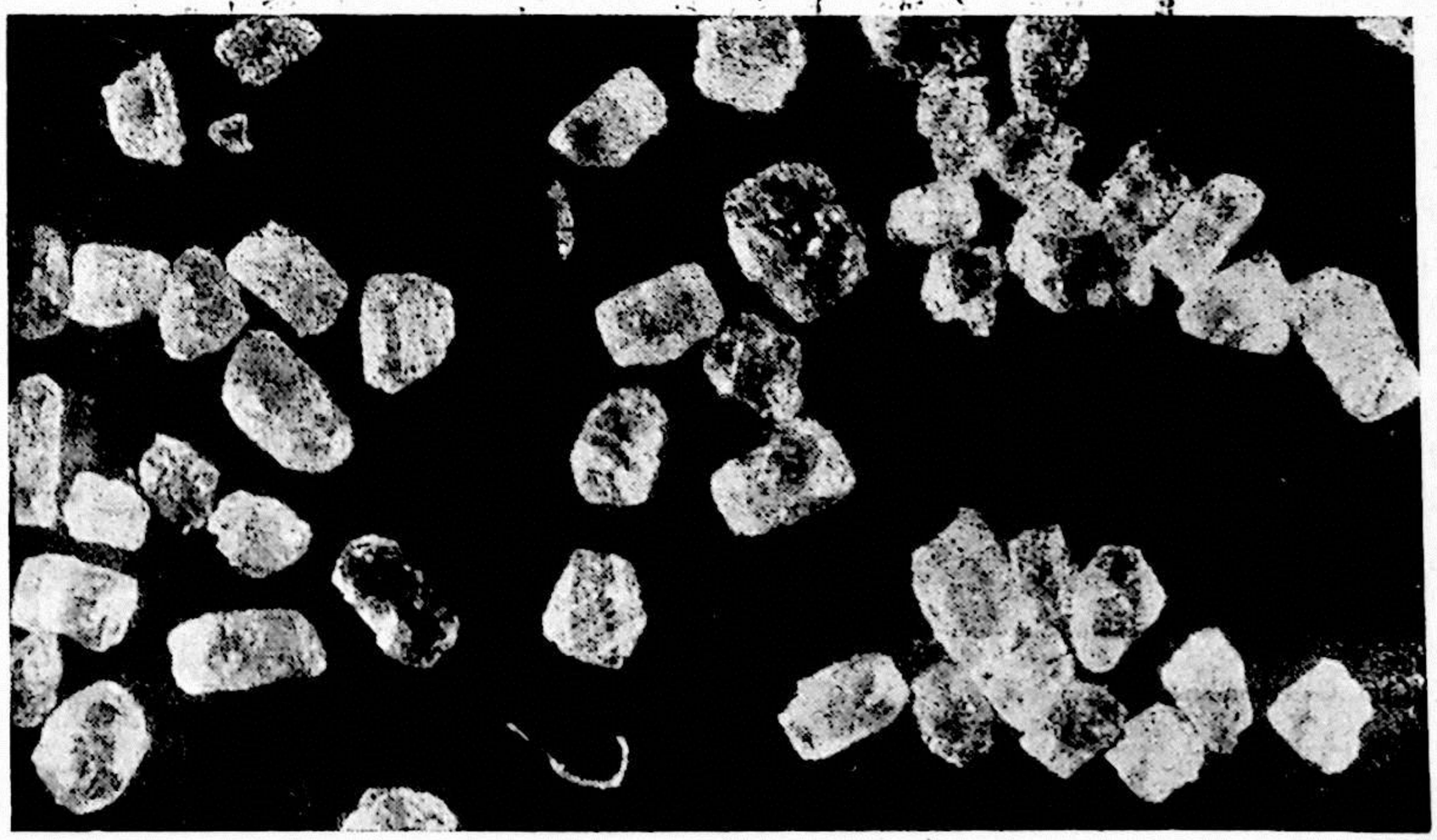
Za sve cirkone motajičkog granita karakteristično je prisustvo gasnih inkluzija koje su najzastupljenije u muskovitiziranim i grajzenizovanim granitima. U biotit gnajsevima zapaža se obrastanje delova metaličnih minerala cirkonom.

Sfen je u svim vrstama granita bledožute boje i više ili manje zamućen. Najčešće njegova zrna pokazuju tendenciju ka pločastim kristalnim oblicima, a ređe se zapažaju idiomorfni kristali. Zrna su često fino ispucala a u biotit gnajsu često su sfenska zrna srasla sa biotitom. Sfen iz granita glavne mase često sadrži metalične inkluzije. Veličina zrna sfena varira od 0,1 — 0,4 mm. Krupnija zrna (0,3 — 0,4 mm) variraju po količini. Granit glavne mase u vidu pojedinačnih zrna sadrži ksenomorfna zrna sfena bledozelenkaste boje, a grajzenizovani i intenzivno muskovitizirani graniti, sadrže manje količine ksenomorfnih zrna sfena bledo žućkasto-ružičaste boje.

Najveća količina sfena nalazi se u granitu glavne mase i biotit gnajsu, gde on predstavlja jedan od akcesornih minerala glavne karakteristične asocijacije. U ostalim vrstama on je uglavnom redak, a često je zahvaćen i procesom leukoksenizacije.

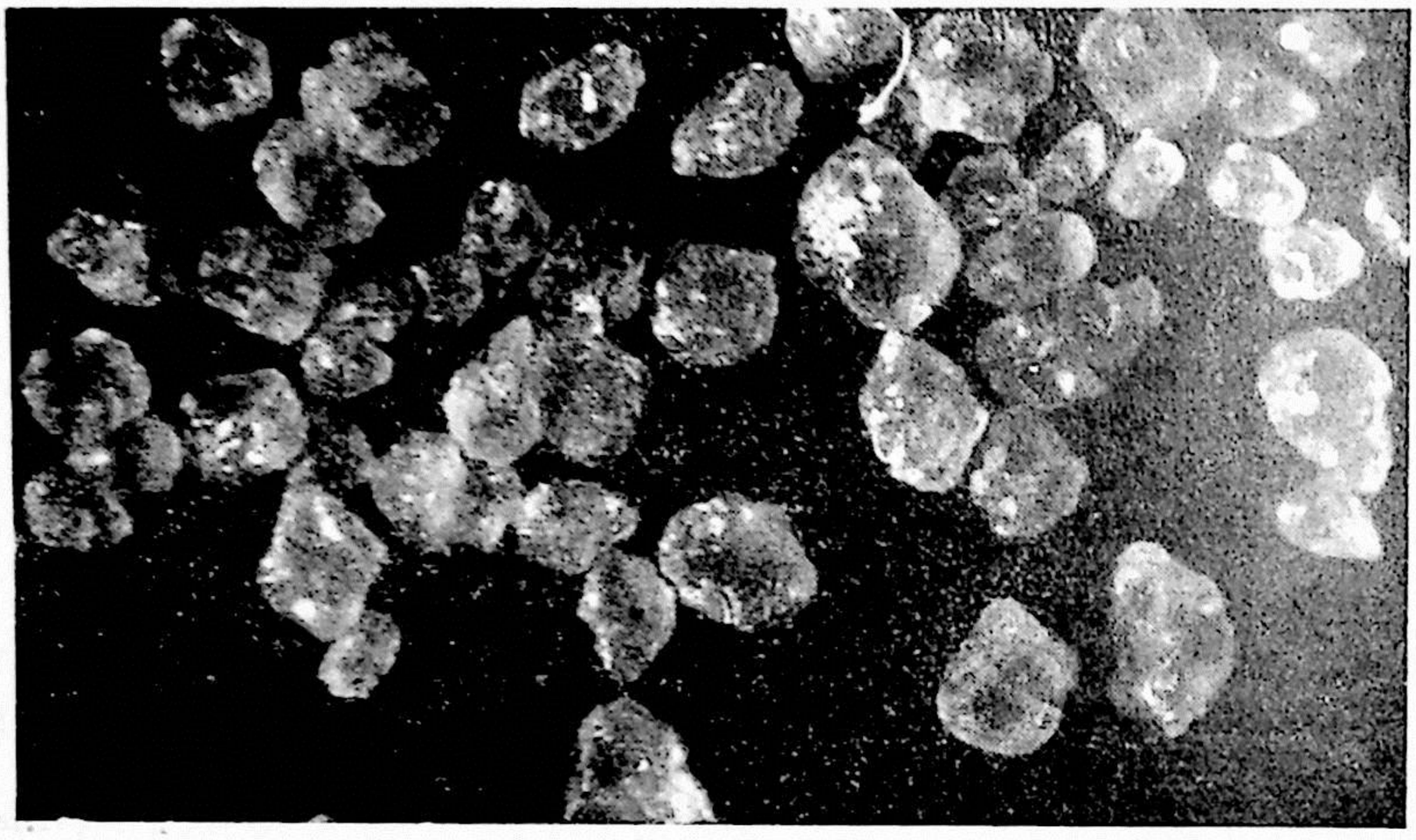
Apatit je jedan od najrasprostranjenijih i najzastupljenijih akcesornih minerala u granitima Motajice. Veličina je u svim probama veoma neujednačena, a varira od 0,1 — 0,6 mm. Krupnija zrna (od 0,3 — 0,6 mm) predstavljaju obično 30 — 40% ukupne količine apatita u probi. Ova zrna su gotovo isključivo bezoblična, okruglasta sa uglastim površinama, na kojima se često sreću pločasta metazomatska narastanja. Česte su tako đe i vretenaste forme. Veoma retko je izražena tendencija ka skraćeno prizmatičnom habitusu kod krupnijih zrna, a nešto češće je zapažena kod sitnijih zrna apatita (0,1 — 0,3 mm).

Apatit je najvećim delom bezbojan (Sl. 1), ređe slabo zamućen sa vidljivim gasnim inkluzijama. U granitima Motajice karakteristična je pojava apatita neravnomerno obojenog različitim tonovima sive boje (Sl. 2),



Sl. 1. Bezbojni apatit iz krupnozrnog biotit granita. Uvećanje 80 ×.

a koji je isključivo vezan za zone muskovitizacije i grajzenizacije. Grajzenizovani granit sadrži i crni apatit (koji ovde predstavlja 20% ukupne količine apatita), na kome se takođe zapažaju fino pločasta metazomatska narastanja i stepenaste ivice na neravnomerno razvijenim kristalima. Granit glavne mase sadrži manje količine prizmatičnih kristala bezbojnog apatita sa ljubičasto obojenim centralnim delovima.



Sl. 2. Tamnosivi apatit iz muskovit-aplitoidnog granita. Uvećanje 80 ×.

Granat se uglavnom javlja u manjim količinama izuzev što se mestimično u muskovitiziranim granitima zapaža povećanje njegovog sadržaja. U granitima Motajice po boji je zapaženo tri vrste granata:

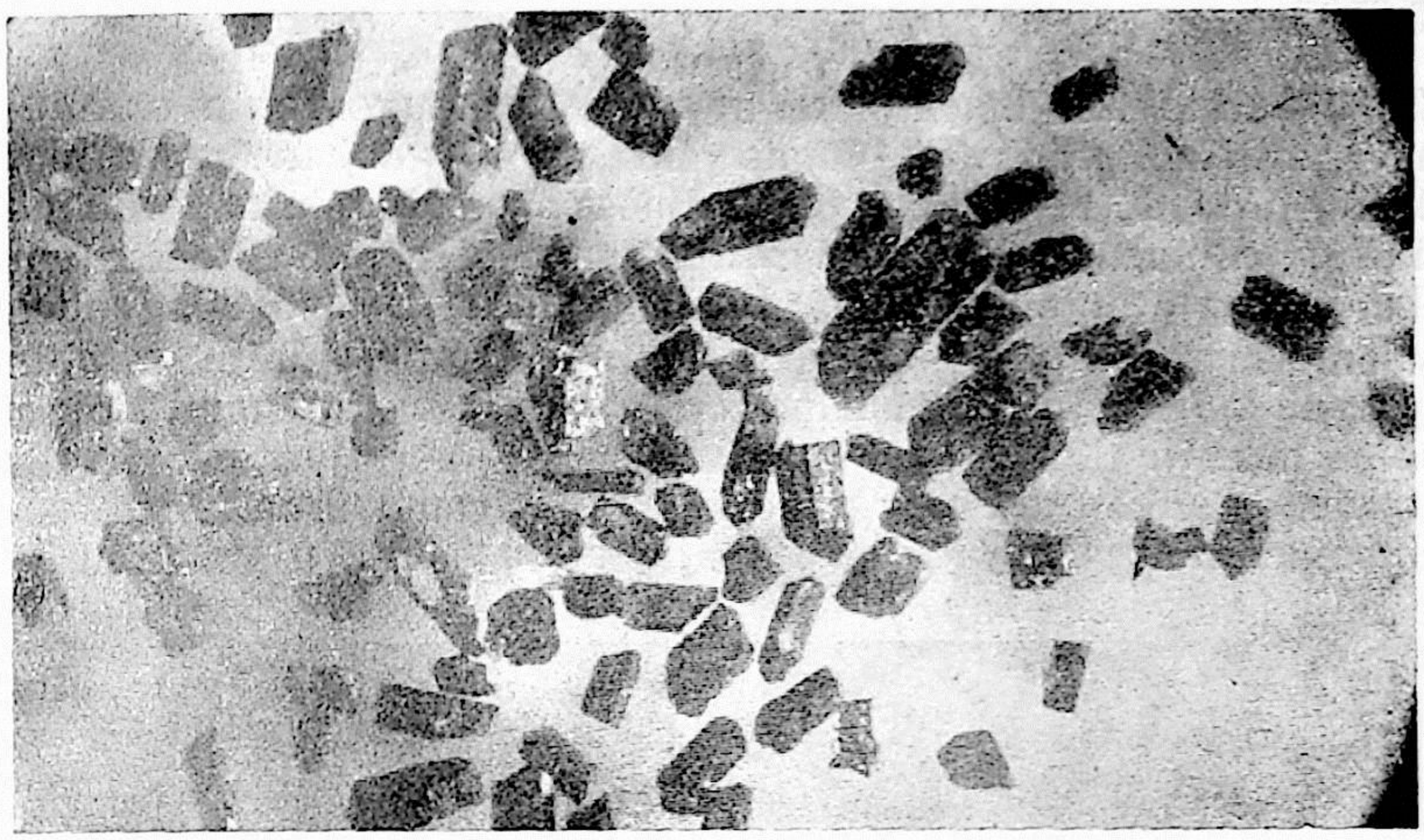
a) najrasprostranjeniji je bledoružičast granat sa ljubičastom nijansom, koji se obično javlja u ksenomorfnim zrnima sa čestim, veoma sitnim metaličnim inkluzijama. Zapažen je gotovo u svim ispitivanim vrstama granita a veličina mu varira od 0,2 — 0,3 mm;

b) žućkastocrven granat, javlja se takođe uglavnom u ksenomorfnim zrnima, a ređe se zapažaju zrna sa tendencijom ka formama rombdodekaedra. Veličina je od 0,2 — 0,3 mm. Zapažen je u manjim količinama u granitu glavne mase i u pojedinim probama muskovti granita;

c) crven do mrkocrven granat, javlja se ređe u ksenomorfnim zrnima a češće u idiomorfnim ili nepotpuno idiomorfnim formama rombdodekaedra. Često se zapažaju fino pločasta metazomatska narastanja pljosni. Veličina varira od 0,3 — 0,6 mm. Predstavlja gotovo jedinu vrstu granata u muskovit granitima, gde se zapažaju i njegove povećane količine, a sreće se i u granitu glavne mase.

Alanit. U granitima Motajice zapaženo je četiri vrste alanita: a) tamnomrk do crn alanit je karakteristična i najrasprostranjenija vrsta alanita. Javlja se u nešto izduženijim prizmatičnim kristalima (Sl. 3), koji su ređe zamućeni. Takođe se ređe sreću tanke zemljaste skrame raspadanja. Ovakav alanit javlja se u gotovo svim ispitivanim probama. Veličina mu varira od 0,1 — 0,5 mm; b) crvenkastomrk alanit uglavnom ksenomorfnih

oblika, a rede u tendenciji ka prizmatičnim kristalnim oblicima. Zapažen je u biotit gnajsu i u leukokratnim granitima; c) bledoružičasto mrk alanit javlja se u kratko prizmatičnim kristalima sa jasno izraženom cepljivošću.



Sl. 3. Alanit iz muskovit-aplitoidnog granita. Uvećanje 80 ×.

Uvek je slabo zamućen i prekriven neravnomerno raspoređenim tankim skramama raspadanja. Zapažen je samo u pegmatitu. Interesantno je napomenuti da ovakav alanit inače karakteriše granit Bukulje i granit Moslo-



Sl. 4. Ljubičasti fluorit iz biotit granita. Uvećanje 80 ×.

vačke gore; d) mrkocrven alanit smolastog sjaja, školjkastog preloma u bezobličnim zrnima. Kora raspadanja je veoma intenzivno razvijena tako da nekad skoro potpuno obuhvata zrna alanita. Ovaj alanit pokazuje po-

većanu radioaktivnost u odnosu na ostale alanite ovih granita, a po sadržaju mikroelemenata od njih se razlikuje sadržajem Nb (tabela 4). Zapažen je isključivo u muskovit granitima i to samo u pojedinim partijama u vidu povećanih koncentracija, za koje je vezana radioaktivna anomalija (U-33.610$_a$).

Torit karakteriše muskovitizirane granite, leukokratne granite i aplitoidne granite. U granitima glavne mase, biotit gnajsu i grajzenizovanim granitima do sada nije zapažen. Javlja se u varijabilnim količinama, od veličine pojedinačnih zrna do izrazitih koncentracija u veličini 4 zapreminska procenta u aplitoidnom biotit granitu (U-33.618$_a$). Veličina mu uglavnom varira od 0,1 — 0,3 ređe 0,4 mm. U aplitoidnim granitima gde je zapažena koncentracija, veličina torita prelazi preko 1 mm. Boje je uvek zelene — tamnije ili svetlije, ređe je sa žućkastom nijansom. Veoma retko su zapažene tanke skrame raspadanja po ivicama zrna. Ređe se javlja u ksenomorfnim zrnima. Gotovo isključivo se javlja u kristalnim ili ne-

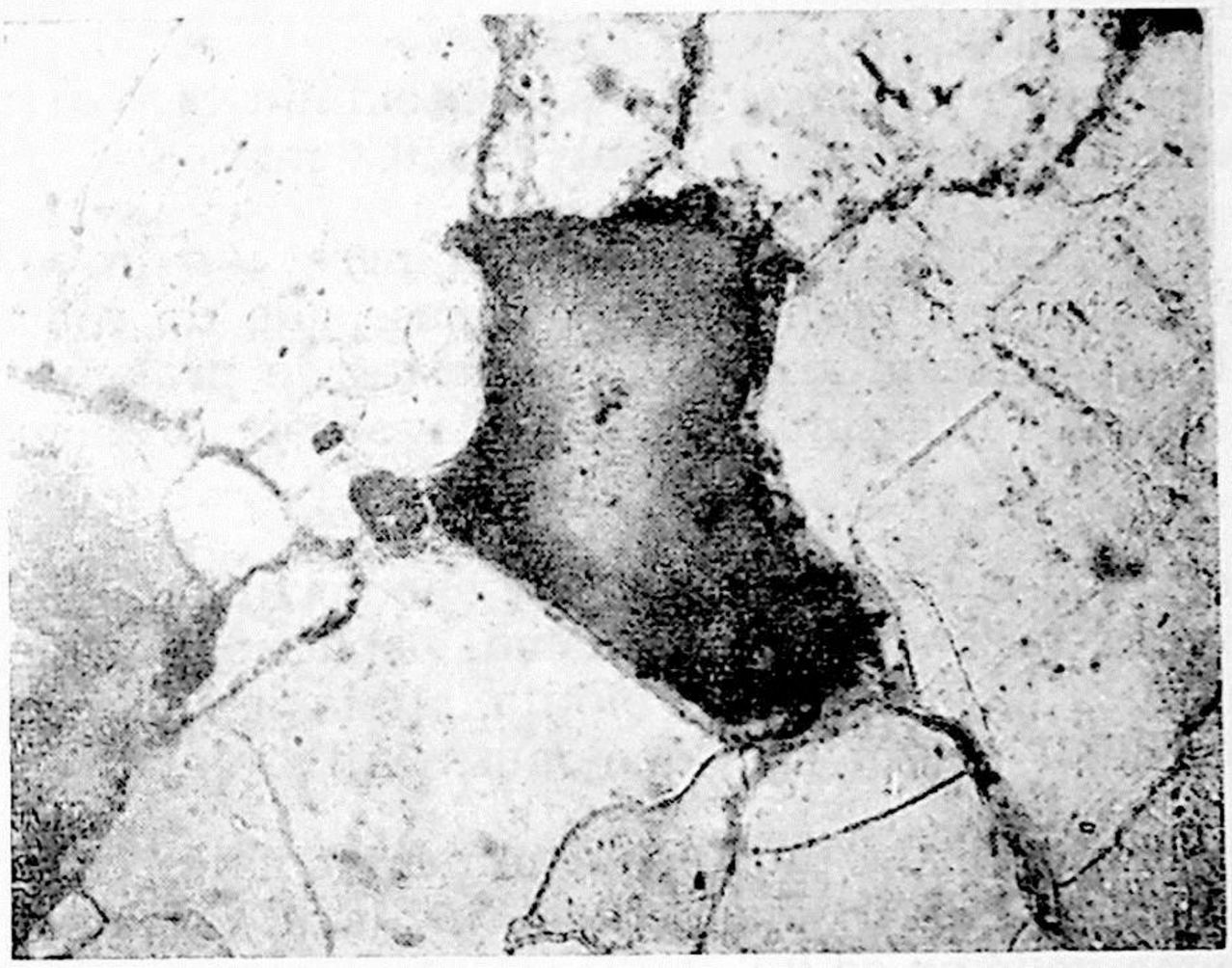


Sl. 5. Koncentrat torita iz aplitoidnog granita. Uveća-nje 20 ×.

potpuno idiomorfnim kristalnim formama prizmatičnog habitusa. Kristali uglavnom imaju odnos dužine prema širini 1 : 2,5 a ređe, u aplitoidnim granitima (U-33.652$_a$), pokazuje odnos širine prema dužini kristala do 1 : 5. U aplitoidnom granitu u kome je zapažena koncentracija torita, kristali su skraćeno prizmatičnog habitusa, sa jako izraženim bipiramidalnim pljosnima, ili ređe, čak odsustvuju pljosni prizme. Kod ovog torita često se zapažaju znaci pritešnjenog rasta, kao i nedovoljno idiomorfno i nepotpuno razviće kristala. U petrografskom preparatu (Sl. 6) torit se javlja u međuprostorima zrna glavnih minerala stene kristališući u slobodnim međuprostorima, čime se i može objasniti nepotpuno razviće njegovih kristala, kao i znaci pritešnjenog rasta. Njegov paragenetski odnos sa glavnim mineralima stene ukazuje na pneumatolitsko poreklo (lit. 14), a izrazito razviće bipiramidalnih pljosni na račun prizmatičnih pljosni na kristalima,

ukazuje na bogatstvo rastvora isparljivim komponentama (Ljvov B. K. i Petrova N. I., 1964. g. — lit. 12).

Monacit nije karakterističan mineral ispitivanog granitskog masiva. Javlja se sporadično, a nešto povećane količine zapažaju se u leukokratnom granitu. Zapaženo je dve vrste monacita: 1) najčešći je žut do narandžast monacit intenzivno zamućen, u bezobličnim zaobljenim zrnima ili u kristalima zaobljenih ivica i kavernoznih pljosni. Često je ispucao. Veličina mu varira od 0,2 — 0,4 mm. 2) Samo u probi 95.219 zapažen je bledožut bistar monacit u pločastim kristalima ili ksenomorfnim zrnima veličine 0,1 mm.



Sl. 6. Torit u aplitoidnom granitu (bez analizatora). Uvećanje 80 ×.

Ksenotim se sreće u tragovima u grajzenizovanim granitima. Javlja se u bipiramidalnim kristalima bledožute boje sa zelenkastom nijansom. Kristali su uvek nedovoljno oštrih ivica, pljosni su često kavernozne i zamućen je. Na pljosnima bipiramide nekad se zapažaju finopločasta metazomatska narastanja. Veličina je uglavnom oko 0,1 mm ređe 0,2 mm.

Šelit je redak sastojak, javlja se u ksenomorfnim zrnima veličine 0,1 — 0,2 mm. Karakteriše se fluorescencijom u plavoj boji. D. Varićak je u nekim grajzenizovanim partijama zapazio povećane količine sadržaja šelita.

Turmalin je takođe ređi mineral u ispitivanim probama i javlja se u minimalnim količinama. Boje je tamnomrke. Veličina od 0,1 — 0,2 mm. U leukokratnim granitima nekad se javljaju krupnija zrna od 0,4 — 0,5 mm. Obično se javlja u zdepastim prizmatičnim kristalima ili u ksenomorfnim zrnima.

Rutil. U oblasti Motajice zapaženo je tri vrste rutila: 1) crven — ksenomorfan kao ređi sastojak biotit gnajsa i pegmatita, u zaobljenim jajastim zrnima; 2) žutomrk — ksenomorfan a ređe u izduženoprizmatičnim

kristalima veličine 0,1 — 0,3 mm; 3) tamnomrk i crn — u izduženo prizmatičnim kristalima sa jasno naznačenim crtastim pljosnima. Veličina varira od 0,1 — 0,3 mm.

Žutomrki i crni rutili karakterišu muskovitizirane i grajzenizovane zone granita, kao i leukokratne granite, a zastupljeni su u različitim odnosima tj. obično jedna od ove dve vrste preovlađuje. U navedenim vrstama granita mestimično se zapaža povećanje sadržaja rutila.

Anatas je sporadičan mineral koji se javlja obično u tragovima, a zapažen je u muskovitskim i aplitoidnim granitima. Sreću se dve vrste anatasa: 1) bledožućkasto zelen — obično u pločastim kristalima, veličine oko 0,2 mm i 2) tamnosiv do crn — u karakterističnim bipiramidalnim kristalima sa crtastim pljosnima, veličine 0,1 ređe 0,2 mm.

Brukit zapažen je u tragovima u aplitoidnim granitima u pločastim žutim i žutomrkim kristalima veličine oko 0,2 mm.

Korund je veoma redak i sporadičan mineral u svim vrstama granita, sem u biotit gnajsu i u granitu glavne mase gde do sada nije zapažen. Javlja se u ksenomorfnim zrnima, školjkastog je preloma i uvek je neravnomerno obojen različitim tonovima plave boje. Veličine je od 0,2 — 0,3 mm.

Epidot se javlja u žućkastozelenim ksenomorfnim zrnima ili u zrnima sa tendencijom ka prizmatičnim formama. Zapažen je u biotit gnajsu gde je uvek udružen sa nagomilanjima biotita, a takođe se sreće u nešto povećanim količinama u nekim probama muskovit granita.

Metalični minerali. Od metaličnih minerala najčešći su u povećanim količinama *magnetit* i *pirit*. Magnetit se javlja u karakterističnim oktaedarskim oblicima veličine od 0,1 — 0,3 mm. U muskovitiziranim i aplitoidnim granitima zapažena je intenzivna martitizacija magnetita. Pirit se javlja u intenzivno povećanim količinama u grajzenizovanim granitima. U muskovitiziranim granitima zapaža se i pojava povećanih količina sekundarnih manganovih minerala (*psilomelan* i *lepidokrosit*). Od volframskih minerala u muskovitiziranim i grajzenizovanim granitima zapažen je *hibnerit* (koji je zapažen i u nanosima ove oblasti — lit. 15), a ređe se sreću pojedinačna zrna *volframita.* U granitima Motajice utvrđeni su takođe još i *pirhotin, markasit, halkopirit, halkozin, kovelin, tetraedrit, hromni spinel, galenit* i *sfalerit.*

OPŠTA ZAPAŽANJA O KARAKTERISTIKAMA SADRŽAJA AKCESORNIH MINERALA U GRANITIMA MOTAJICE

Iz navedenih petrografskih podataka D. V a r i ć a k a, može se videti da je granitski pluton Motajice obuhvaćen intenzivnim pneumatolitsko-hidrotermalnim metazomatskim procesima — albitizacija, muskovitizacija i grajzenizacija. Ovi procesi, pored toga što su pokazali uticaj na promenu sadržaja glavnih minerala, izvršili su i čitav niz bitnih izmena u sadržaju akcesornih minerala u metazomatski izmenjenim delovima. Međutim, broj proba (ukupno 13) nije ni blizu dovoljan za detaljnije razmatranje ovih procesa, kako u pogledu uticaja metazomatskih procesa na

mineralni sastav, tako i u pogledu hemizma postmagmatskih rastvora, a što bi u ovom slučaju bilo i najvažnije. Zbog toga podaci kojima raspolažemo mogu poslužiti za sada samo za orijentaciono poznavanje sadržaja akcesornih minerala u granitima Motajice i njegovim metazomatski izmenjenim delovima.

Sadržaj akcesornih minerala u granitima glavne mase

Granit glavne mase (biotit — muskovit granit) pokazuje prilično bogatstvo u akcesornim mineralima (ukupan sadržaj iznosi 2,887 zapreminskih procenata) među kojima preovlađuje asocijacija — sfen, alanit, apatit, cirkon i metalični minerali (magnetit i pirit). U manjoj meri su zastupljeni granat i fluorit a u minimalnim količinama uraninit. U pogledu paragenetskih odnosa akcesornih minerala sa glavnim mineralima stene može se reći, da je glavno stvaranje akcesornih minerala izvršeno u biotitskoj fazi pošto se veći deo cirkona i apatita nalazi u vidu inkluzija u biotitu. Međutim, stvaranje akcesornih minerala izvršeno je i u poznomagmatskoj pneumatolitskoj fazi, našta ukazuje prisustvo bezobličnih ispucalih zrna apatita koja se pojavljuju u samostalnim zrnima, ređe u nagomilanjima u međuprostorima zrna glavnih minerala, kao i identično, no ređe, pojavljivanje nešto krupnijih zrna cirkona. Takođe treba naglasiti i pojavu krupnih alanita gde se često na ivici kristala nailazi na rub od epidota. Manji deo vrlo sitnih kristala cirkona i apatita sreće se u vidu ravnomerno raspoređenih inkluzija u feldspatu i pripadaju ranoj magmatskoj fazi kristalizacije. Ljubičasti fluorit i sfen najverovatnije su nastali u procesu albitizacije ovih granita, koja je obavljena u poznomagmatskom stadijumu, našta ukazuje bledožuta boja sfena i ljubičasta boja fluorita.

Ponašanje akcesornih minerala u procesima muskovitiazcije i grajzenizacije

Sadržaj akcesornih minerala u muskovitiziranim i grajzenizovanim partijama granita pokazuje sve karakteristike zapažene za ovakve metazomatske promene u svetu. Na prvom mestu ovde treba istaći veoma karakteristično smanjenje sadržaja akcesornih minerala (tabela 4), koji ide i do nekoliko puta. Tako na primer, dok je ukupan sadržaj akcesornih minerala u granitu glavne mase 2,887 zapreminskih procenata, dotle u muskovit granitu on iznosi 0,117 zapreminskih procenata. Smanjenje sadržaja akcesornih minerala u granitima koji su bili podvrgnuti procesima muskovitizacije i grajzenizacije zapaženo je od strane niza autora (Ljahovič V. V., 1960; Krivščenkova N. I., 1962. g.; Mineeva N. G., 1964. g.; Sirico L. F., 1965. g. i mnogih drugih) u raznim oblastima SSSR-a. Ovo smanjenje sadržaja objašnjava se nestabilnošću akcesornih minerala magmatske faze u uslovima hemizma postmagmatskih rastvora. Naročito je karakteristično smanjenje sadržaja sfena, alanita, cirkona što se zapaža u oblasti Motajice. Česta je leukoksenizacija sfena ili pojavljivanje novog, bledožutog sfena,zamućenog (slučaj u svim probama iz metazomatski izmenjenih delova granita Motajice). Karakteristična je i intenzivna korozija cirkona i smanjenje njegovih količina (što je zapa-

ženo u svim probama ovakvih granita planine Motajice). U većini proba zapaža se pojava zamućenog ksenomorfnog apatita, a često se sreću sivi, nekad čak i crni apatiti veličine od 0,3 — 0,5 mm, za koje mnogi autori navode da su postali u toku metazomatskih procesa kao novostvoreni minerali. Takođe je isključivo za ovakve procese karakteristična pojava varijabilnih količina mrkocrnog i crnog rutila (Baratov R. B., 1962; Kurovec M. I., 1960; Ljahovič V. V., 1960. i 1964. g. i dr.), koji su zapaženi u ovoj oblasti, kao i pojava tamnosivog anatasa i mrkožutog brukita. Pojavu povećane količine granata u muskovitiziranim granitima, koja je zapažena u oblasti Motajice, navode niz autora. U probama sa smanjenim količinama apatita zapaža se nešto povećan sadržaj epidota (tabela 3) čije stvaranje neki autori (Ljahovič V. V., 1964. g.) povezuju sa razlaganjem apatita u metazomatskim procesima. Takođe je karakteristična za procese muskovitizacije i grajzenizacije (a što je zapaženo i u oblasti Motajice) — intenzivna martitizacija magnetita. Pored navedenih podataka treba istaći da je za izvesne delove metazomatski izmenjenih, a naročito muskovitiziranih zona u granitima Motajice, karakterističan povećan sadržaj sekundarnih minerala mangana (piroluzit, lepidokrosit).

Minerali koji su nastali u toku navedenih metazomatskih procesa su takođe i hibnerit, volframit a verovatno šelit (čije je povećanje sadržaja u pojedinim ovakvim zonama zapaženo od strane D. Varićaka). Ovde verovatno treba staviti i nagomilanja berila sa turmalinom za koje D. Varićak smatra da predstavljaju tipska pukotinska tela pneumatolitsko-hidrotermalne geneze. Interesantno je da osim ovih nagomilanja turmalina sa berilom, u ispitivanim probama nisu zapažene koncentracije turmalina. Turmalin se u ovim zonama inače javlja u minimalnim količinama. Ovi podaci mogu govoriti da su postmagmatski rastvori doneli sa sobom volfram i berilijum a da istovremeno prinos bora nije bio intenzivan.

Treba podvući da do sada kako pri ispitivanju minerala nanosa tako i pri ispitivanju akcesornih minerala nisu zapaženi minerali — kasiterit i topaz — tipični minerali za procese muskovitizacije i grajzenizacije. Odsustvo pojave koncentracije kasiterita i pojave topaza najverovatnije treba povezati sa malim koncentracijama bora u pneumatolitskim rastvorima. Naime već je poznata geohemijska povezanost koncentracija Sn sa intenzivnim prinosom B (ovakav slučaj je zapažen i na našim terenima — u granitima Bukulje i Cera, gde je u ovakvim procesima zapažena intenzivna turmalinizacija a praćena je kasiteritom).

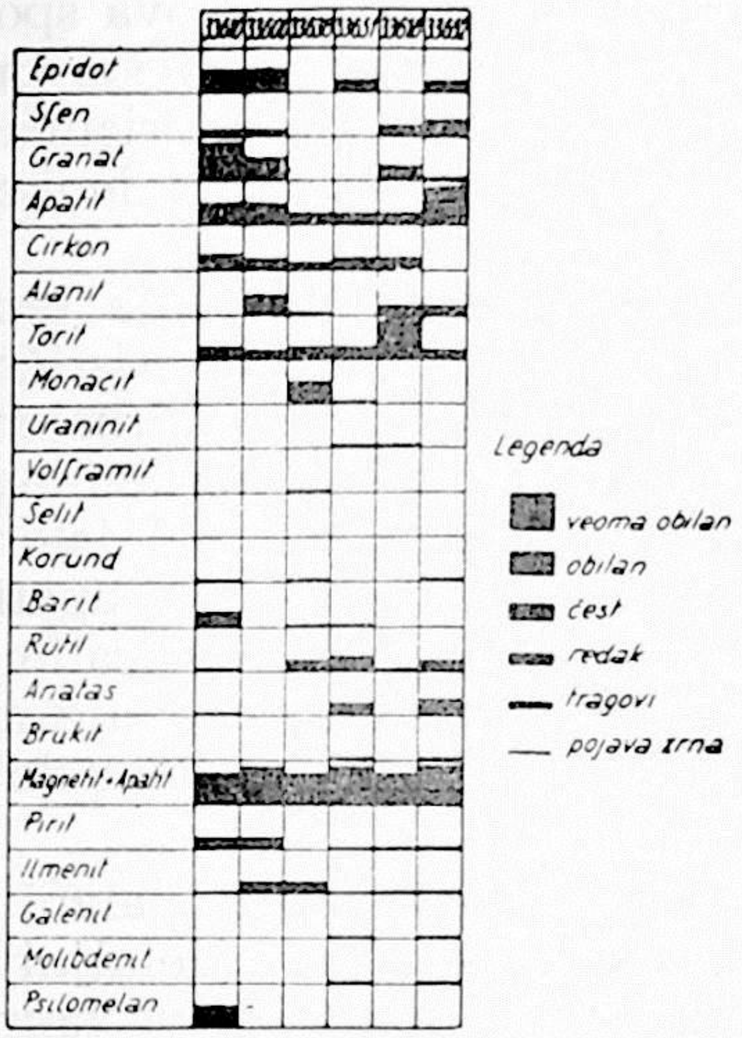
Gotovo identičnu mineralnu asocijaciju novostvorenih minerala u grajzenizovanim partijama granita (a koju smo zapazili u granitima Motajice) zabeležio je L. F. Sirico u granitima Istočnog Zabajkalja (1965. g.). U grajzenizovanim partijama biotit granita od volframskih minerala u toj oblasti preovlađuje hibnerit, volframit je redak, a šelit je zapažen mestimično u pojedinim grajzenizovanim partijama. Koncentracije berila u ovoj oblasti karakterišu zone albitizacije.

Sumirajući rezultate ovih orijentacionih podataka dobijenih ispitivanjem akcesornih minerala u granitu Motajice možemo reći: a) da su ispitivanja akcesornih minerala potvrdila muskovitizacione i grajzenizacione metazomatske procese u granitskom masivu Motajice; b) na osnovu dosadašnjeg poznavanja mineralnog sadržaja ovako metazomatski izmenjenih zona (dobijenih ispitivanjem akcesornih minerala i literaturnih podataka)

možemo reći da su postmagmatski pneumatolitski rastvori, a koji su izvršili ove metazomatske promene u granitima Motajice doneli sa sobom W, Be i u manjoj meri B.

Tabela 3

Sadržaj akcesornih minerala u probama malih težina



1) U. 33.610 a — muskovit granit

2) U. 33.600 a — muskovit granit

3) U. 33.638 a — aplitoidni muskovit granit (leukokratni granit?)

4) U. 33.651 a — aplitoidni muskovit granit (leukokratni granit?)

5) U. 33.618 a — aplitoidni biotit granit

6) U. 33.652 a — aplitoidni biotit granit

Tabela 4

Modalni sastav granita Motajice

	Biotit gnajs	Granit glavne mase	Muskovit granit	Grajzeniz. granit	Aplitoidni granit	Aplitoidni granit	
Oznaka uzorka	94.991	95.012	62.577	94.945	95.219	33.619	95.223
Kvarc	44,198	24,701	38,413	34,733	25,656	16,753	44,664
Plagioklas	25,269	46,234	37,029	17,847	41,809	77,193	38,749
Mikroklin	1,988	11,001	13,595	24,442	18,529		10,855
Mirmekit	—	7,232	0,599	—	1,090	—	—
Biotit	19,285	8,544	0,128	2,385	0,125	0,066	—
Muskovit	3,413	—	10,158	19,466	12,441	—	3,801
Epidot	1,603	—	—	—	—	0,161	—
Sfen	0,972	0,809	—	—	—	—	—
Apatit	0,467	0,401	0,107	—	0,150	0,077	—
Cirkon	0,048	0,183	—	—	0,045	0,033	—
Alanit	—	0,221	—	—	—	—	—
Torit	—	—	—	—	—	4,182	—
Kalcit	2,645	—	—	—	—	—	—
Metalični	0,211	0,673	0,010	1,206	0,153	1,533	1,929
UKUPNO:	100,099	99,999	100,039	100,079	99,998	99,998	99,798

Zapažanja o rasprostranjenju minerala retkih zemalja, U i Th

U granitima Motajice zapaženi su sledeći minerali retkih zemalja, U i Th: *alanit*, *monacit*, *ksenotim*, *torit* i *uraninit*.

Uraninit i ksenotim sreću se u vidu pojedinačnih zrna i tragova sporadično i nisu karakteristični minerali ovog granitskog masiva. Nešto interesantniji od njih je monacit, kod koga se (iako nije karakterističan mineral granita Motajice) zapaža izvesno povećanje sadržaja u leukokratnim granitima.

Na osnovu učestalosti pojavljivanja, kao i povećanog sadržaja možemo reći da su iz ove grupe minerala za granite Motajice karakteristični alanit i torit. Ova dva minerala karakterišu svojim prisustvom i sadržajem kako magmatsku tako i pneumatolitsku fazu. Alanit se u normalnom granitu javlja u vidu nešto izduženijih prizmatičnih kristala a u istom paragenetskom odnosu sa glavnim mineralima stene kao i bezoblični apatit i cirkon krupnijeg zrna. Ovakav paragenetski odnos sa glavnim mineralima stene (pojavljivanje u međuprostorima zrna glavnih minerala) ukazuje na poznomagmatsku genezu ovih minerala pod dejstvom ostatka magmatskih rastvora obogaćenih isparljivim komponentama.

U muskovitiziranom granitu mestimično se sreću koncentracije alanita (U-33.610$_a$) nastalog u toku metazomatskih procesa. Ovaj alanit (detaljnije opisan na strani 196) razlikuje se od alanita magmatske faze — povećanim sadržajem Mn, Th i prisustvom Nb (tabela 5). Za koncentracije ovog alanita vezana je i radioaktivna anomalija. Torit nije karakterističan mineral glavne magmatske faze. U granitu Motajice pojavljuje se na dva načina: a) kao karakterističan mineral no u manjim količinama, javlja se u svim probama metazomatski izmenjenih partija granita, bilo u vidu ksenomorfnih zrna, bilo nedovoljno idiomorfnih prizmatičnih kristala zelene boje; b) u vidu koncentracija u aplitoidnom biotit granitu (U-33.618$_a$).

Stalno prisustvo torita u metazomatski izmenjenim delovima granita i njegova forma govore da je geneza usko povezana sa metazomatskim procesima koje su izvršili postmagmatski rastvori u granitu, a verovatno uz izvestan prinos Th rastvorima. Ovakva pojava zabeležena je od nekih autora (F i l i p o v M. S., 1959. g.) u oblasti Srednjeg Pridnjeprovlja u SSSR-u. Međutim ovde privlači naročitu pažnju koncentracija torita u visini 4,18 zapreminskih procenata u aplitoidnom granitu, naročito zbog toga što je ovo prva zapažena ovakva koncentracija torita u granitima Jugoslavije. Koncentracije torita u aplitoidnim vrstama granita nisu česte. U literaturi smo našli zabeleženu pojavu koncentracije torita od 3—4% u aplit pegmatitskim žicama oblasti Srednjeg Pridnjeprovlja (F i l i p o v M. S. i K o m l j e v L. V., 1958. g.) obogaćenim isparljivim komponentama. Pragenetski odnos torita u aplitoidnom granitu Motajice sa glavnim mineralima stene (sl. 2) i forme njegovih zrna, govore u prilog njegove kristalizacije u pneumatolitskom stadijumu obogaćenom isparljivim komponentama. Na osnovu dosadašnjeg poznavanja akcesornih minerala planine Motajice i petrografskih podataka, aplitoidne granite Motajice u kojima se javljaju povećane koncentracije torita, možemo smatrati normalnim magmatskim diferencijatom aplit-pegmatitske faze, obogaćene isparljivim komponentama.

Tabela 5

Mikroelementi u alanitima iz granita Motajice

Oznaka uzorka	Biotit gnajs 94.991	Granit glavne mase 95.012	Muskovit granit 95.219	Sitnozrni granit 94.990	Pegmatit 95.223	Muskovit granit 33.600a
Mn	3.500 ppm	3.160 ppm	3.160 ppm	—	4.000 ppm	1%
Pb	60	39	134	25	100	60
V	170	316	720	170	—	500
Ga	40	40	90	50	90	12
Sn	—	37	50	—	—	80
Nb	—	—	—	—	—	1.750
Y	1.200	660	795	1.200	4.000	600
Yb	+	+	+	+	+	+
Dy	+	—	—	+	—	—
Er	+	—	—	+	—	—
La	1%	1%	1%	1%	1%	1%
Ce	+	+	+	+	+	+++
Zr	300	1.000	1.000	600	631	600
Ni	—	—	5	—	—	9
Cr	140	—	—	60	—	80
Co	—	—	11	—	—	—
Cu	7	4	32	7	20	40
Sc	300	340	340	400	400	340
Ba	30	tr.	700	140	355	400
Sr	80	650	2.240	800	1.130	2.500

Prisustvo povećanih količina alanita poznomagmatske pneumatolitske geneze (u granitu glavne mase), zapažene koncentracije torita u aplit-pegmatitskoj žičnoj fazi, kao i stalno prisustvo manjih količina torita u metazomatski izmenjenim delovima granita, gde se sreću i povećane količine alanita — govori o obogaćenju isparljivih komponenata pneumatolitske faze granita Motajice u Th i to kako u magmatskoj, aplit-pegmatitskoj tako i u postmagmatskoj fazi. Kao prilog ovoj tvrdnji može poslužiti

izrazito minimalan sadržaj uraninita i ksenotima u ovim granitima.

U odnosu sadržaja uraninit-torit i od glavne intruzivne faze ka krajnjim fazama intrudovanja — granit Motajice predstavlja tipičan primer (N. Mihailović-Vlajić, C. Markov, 1966. g., lit. 14), obrnutog odnosa sadržaja ovih minerala, u odnosu na zapaženu zakonitost njihovih odnosa u drugim granitima Jugoslavije. Normalan odnos sadržaja uraninita i torita (a za koji je tipičan primer granitski masiv Bukulje) je nešto povećan sadržaj torita u početnoj fazi intrudovanja, a smanjenje ili iščezavanje njegovog sadržaja u krajnjim fazama intrudovanja. Sadržaj uraninita je u obrnutoj proporciji sadržaju torita. Njegov sadržaj raste ka krajnjim fazama intrudovanja. Kod Motajičkog granita, kao što smo videli, zapaža se sasvim obrnut njihov odnos. Sadržaj uraninita je beznačajan kako u početnoj fazi intrudovanja, tako i u aplit-pegmatitskoj fazi, dok u krajnjoj aplit-pegmatitskoj fazi dolazi do povećanih koncentracija torita.

Ovakav odnos sadržaja uraninit-torit, kao i već navedene karakteristike sadržaja alanita i torita u granitima Motajice ukazuju na izrazito torijsku karakteristiku ovog granitskog intruziva.

ZAKLJUČAK

Rezultati ispitivanja akcesornih minerala u granitima Motajice, izvršenih u periodu od 1962—1965. g., za sada imaju samo orijentacioni karakter. Ovo naglašavamo zbog toga što je broj proba sa kojima smo raspolagali bio isuviše mali, a da bi se pomoću njih mogla dobiti jasna slika složenih metazomatskih procesa u granitu Motajice (albitizacija, muskovitizacija, grajzenizacija).

Rezultati naših ispitivanja akcesornih minerala u granitima Motajice omogućili su nam:

1. da ustanovimo karakterističnu asocijaciju akcesornih minerala magmatske faze;

2. da dobijemo orijentacioni pregled sadržaja akcesornih minerala u navedenim metazomatskim procesima, kao i karakteristike njihovog sadržaja. Procesi muskovitizacije i grajzenizacije u granitu planine Motajice karakterišu se:

a) smanjenjem ukupnog sadržaja akcesornih minerala magmatske faze; b) martitizacijom magnetita, leukoksenizacijom sfena i intenzivnom korozijom cirkona; c) mestimično povećanim koncentracijama granata i epidota u muskovitiziranim, i pirita u grajzenozovanim delovima granita; d) pojavom novih minerala, karakterističnih za ovakve metazomatske procese — ljubičasti fluorit, sivi i crni apatit, tamnosivi anatas, crni rutil, mrki dipiramidalni cirkon, korund; e) novostvorenim mineralima nastalim prinosom u rasvoru — hibnerit, volframit, šelit i beril; f) odsustvom povećanih koncentracija turmalina.

Na osnovu dosadašnjeg poznavanja mineralnog sadržaja metazomatski izmenjenih zona u postmagmatskoj pneumatolitsko-hidrotermalnoj fazi možemo reći da su rastvori doneli sobom W, Be i u manjoj meri B.

3) Da ustanovimo asocijacije minerala retkih zemalja, U i Th, i kretanje njihovog sadržaja u vezi sa metazomatskim procesima. Ove granite karakteriše minimalan sadržaj uraninita i ksenotima a povećan sadržaj

alanita i torita. Minimalan sadržaj uraninita i ksenotima i izrazito povećan sadržaj alanita a naročito torita, u poznomagmatskoj i postmagmatskoj pneumatolitskoj fazi, ukazuje da su isparljive komponente ovoga granita u svim fazama bile obogaćene Th a ne U — tj. na torijski karakter ovog granitskog intruziva.

4) Da donesemo zaključak u pogledu erozionog nivoa granitskog intruziva Motajice.

Procesi muskovitizacije i grajzenizacije — prema podacima K o r ž i n s k o g (1955. g.), B e u s a (1962. g.) i niza drugih autora, karakterišu najviše kupolaste delove granitskih intruziva. Ustanovljenjem ovih procesa u granitima Motajice petrografskim ispitivanjem od strane D. V a r i ć a k a, i njihovom potvrdom našim ispitivanjem akcesornih minerala u ovoj oblasti, možemo sa sigurnošću zaključiti da je današnja otkrivenost plutona na nivou njegovih najviših partija — tj. da je erozioni nivo motajičkog plutona veoma plitak.

(Predato za štampu marta 1966. g.).

LITERATURA

1. B a r a t o v R. B., H a s a n o v A. H., 1962: — Orolji metazomatoza v genezise granitoidnih porod i postmagmatičeskih obrazovanjiji, Južnovo Gisara, Dokladi A. N. SSSR T. 142, No. 6.
2. B e s p a l j k o N. A., 1963: — Mineralogija akcessornovo torita Perzanskovo granita sb »Pitanjija geohimiji, mineralogiji i petrografii«, izd. Kiev. A. N. URSSR.
3. F i l i p o v M. S., K o m l j e v L. V., 1958: — Toriti Srednjevo Pridnjeprovlja. Turdi Radiev. In-ta A. N. SSSR.
4. F i l i p o v M. S., K o m l j e v L. V., 1959: — Uran i torii v granjitoidah Srednjevo Pridnjeprovlja »Geohimija«, No. 5.
5. K a c e r F.: — Geologija Bosne i Hercegovine.
6. K o r ž i n s k i i D. S., 1953: — Ocerk metasomatičeskih processov, sb. »Osnovnie problemi v učenjii o magmatogenih rudnih mestoroždenjijah«, izd. A. N. SSSR.
7. K r i v š č e n k o v a N. I., H a s a n o v N. H., 1962: Kratkaja harakteristika akcessornih mineralov Karateginskovo hrebta. Trudi In-ta geol. Tadz. SSR, No. 6.
8. K u r o v e c M. I., 1960: — K opredeljenjiju tipov granjitoidov po akcesornim mineralam. Min. Sbornik Ljvovskovo geol. ob. No. 14.
9. L j a h o v i č V. V., 1959: — Akcessornie minerali vgranjitoidah gornovo Altaja. Trudi IMGRE A. N. SSSR vip. 2.
10. L j a h o v i č V. V., 1964: — Akcesornie minjerali kak indikatori geologičeskih processov, sb. »Novie metodi petrografo-mineralogičeskih issljedovanji« Moskva.
11. L j a h o v i č V. V., N o n e s n j i k o v a V. I., 1960: — O vlijanjiji pozdnih processov na soderžanjie akcessornih mineralov v granjitnih massivah. Trudi IMGRE A. N. SSSR vip. 2.
12. L j v o v B. K., P e t r o v a N. I., 1964: — Akcessorni cirkon iz granjitoidov vostočnovo sklona Južnovo Urala, sb. »Mineralogija i geohimija« vip. 1, Lenjingrad.
13. M i n e e v a G. I., P a r h a n o v a G. A., 1964: — Povedenjije urana i toria v poslemagmatičeskom processe kompleksa kalievih sceločnih porod. »Geologija rudnih mestoroždenjii« No. 4.
14. M i h a i l o v i ć - V l a j i ć N., M a r k o v C.: — Akcesorni torit u granitima Jugoslavije, »Rad« In-ta za geol. rud. istraživanja i ispit. nuklear. i drugih miner. sirovina, No. 3 (u štampi).
15. P e t r o v i ć J., 1957: — Mineraloško ispitivanje nanosa Motajice. Državni ispit 1957. Fond Stručne dokumentacije In-ta za geol. rud istraživanja i ispitivanja nuklear. i drugih miner. sirov.

16. Sirico L. F., Cernik L. N., 1965: — Evolucija paragenezisa akcessoriev v processe metasomatičesko vo izmenjenjija granjitov odnovo iz massivov vostočnovo Zabajkalja. Zap. Vses. min. ob. vip. 4.
17. Trubelja F., Pamić J., 1957: — Pregled magmatizma Bosne i Hercegovine. II kongres geologa Jugoslavije, Sarajevo.
18. Varićak D., 1965: — Petrološke karakteristike Motajickog granita i njegovog kontaktno metamorfnog pojasa. Doktorska disertacija, Beograd.

Summary

NADEŽDA MIHAILOVIĆ-VLAJIĆ*)

ACCESSORY MINERALS IN MT. MOTAJICA GRANITES

The detailed petrographic investigations have demonstrated that the granitic massif of Motajica (North Bosnia) is mainly composed of the two-mica granites (Varićak, 1965), with larger or lesser masses of aplitoide or leucocrate granites and some limited masses of greisenzied granite. The main granites have been subjected to the processes of albitization and muscovization. The leucocrate and the greisenzied granites, as well as some concentrations of beriles and tourmaline along the fractures, have been produced by the postmagmatic pneumatolitic and hydrothermal processes.

The investigations of the accessory minerals in the granites of Mt. Motajica have had only an orientative character and have demonstrated that:

1. The main granitic masses are characterized by the associations of the sphene and apatite, with some zircon and the metalic minerals (magnetite and pyrite), but in a lesser degree; sporadicaly, some violet fluorite, garnet and small amounts of uraninite are also present. The paragenetic relations between the main minerals and the accessories show that the later have been formed in all phases of the magmatic crystalization, although mainly in the biotite and in the late magmatic pneumatolitic phases.
2. The processes of muscovization and greisenization are characterized by:
   a. the decline in the total concentration of the accessory minerals that belong to the magmatic phase,
   b. martytization of magnetite, leucoxisation of sphene and by the intensive corrosion of zircon,
   c. the local increase in the concentration of garnet and epidote in the muscovitized zones and of the pyrite in the greisenized zones,
   d. the occurence of the mineral species that are characteristic for such metasomatic processes as the violet fluorite, gray and black apatite, dark-gray anatase, black rutile, dark bipyramidal zircon and corundum,
   e. the newly formed minerals by the enrichment in the solutions, such as hybnerite, wolframite, sheelite and beril,
   f. the lack of the increased concentrations of tourmaline.

*) Institute for Nuclear Raw Materials, Beograd.

The present data on the mineral composition of the zones altered by the metasomatic processes in the postmagmatic pneumatolitic hydrothermal phase favor the conclusion that the solutions have introduced mainly tungstene and berilium, together with some boron, but in a lesser degree.

3. The concentrations of the rare-earth minerals, as well as those of uranium and thorium, show that these intrusive have a Th character. The investigations have demonstrated that the main granites have a low content of uraninite and xenotime and the increased one of alanite and thorite. The increased concentration of alanite is characteristic for the highly muscovitized zones in granites and this of thorite (up to 4.18% by volume) for the aplitoide granites.

Radovi Instituta za geološko-rudarska istraživanja i ispitivanja nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, sv. 3, 1967. god

DUŠAN RADUSINOVIĆ

NALAZAK KUTNAHORITA U OLOVO-CINKANOM LEŽIŠTU FARBANI POTOK NA NOVOM BRDU

(Sa 4 slike)

S a d r ž a j. U poznatoj olovo-cinkanoj rudnoj oblasti Novog Brda, pre nekoliko godina otkriveno je jedno značajno nalazište olovo-cinkanih ruda u lokalnosti Farbani Potok. Proučavajući mineralni sastav ležišta, među mineralima ganga nađeno je i nešto kutnahorita. Kako je kutnahorit, prema dosadašnjem poznavanju mineralnog sastava naših rudnih ležišta, poznat još samo iz jedne lokalnosti, to je u ovom članku nešto detaljnije izneto o nekim fizičko-hemijskim karakteristikama kao i o načinu javljanja ove retke mineralne vrste, u navedenom ležištu.

UVOD

Oblast Novog Brda je još od davnina poznata po svom rudnom bogatstvu, naročito u olovu i srebru. Rrudarstvo je osobito cvetalo u vreme razvoja srednjevekovne srpske države. Dolaskom Turaka, rudarska aktivnost je postepeno opadala dok se vremenom nije sasvim ugasila. Od tada pa sve do pre nekoliko godina ova oblast nije bila od većeg rudarskog značaja. Istina posle II svetskog rata došlo je do eksploatacije jednog olovo-cinkanog nalazišta, skromnih rezervi, koje su bile brzo povađene i rudnik zatvoren. Tek pre nekoliko godina, nalaskom rudnog ležišta u lokalnosti Farbani Potok oblast Novog Brda će ponovo zauzeti značajno mesto u našoj privredi kao izvor mineralnih sirovina.

Proučavajući mineralni sastav ležišta otkriven je u mineralima ganga kutnahorit. Ova retka mineralna vrsta je u olovo-cinkanim ležištima nađena u našoj zemlji još jedino u rudniku »Sase« na Osogovskoj planini, te će prema tome podaci o njegovom načinu javljanja u ovoj novoj lokalnosti biti od regionalno mineraloškog interesa.

KRATAK PRIKAZ GEOLOGIJE LEŽIŠTA

Olovo-cinkano ležište u lokalnosti Farbani Potok na Novom Brdu nalazi se udaljeno u pravoj liniji oko 30 km istočno od Prištine a svega oko 3 km od ranije eksploatisanog i napuštenog rudnog ležišta.

Rudno ležište je lokalizovano u seriji kristalastih škriljaca, koji su, prema podacima geološke službe rudnika »Trepča«, paleozojske starosti. Orudnjenje je vezano za kontakt filita sa kvarc-liskunskim škriljcima.

Filiti su sa čestim nagomilanjima muskovita i prelaze u filitomikašiste. Liskunski škriljci su predstavljeni uglavnom kvarc-sericitskim i kvarc--epidotsko-hloritskim škriljcima ali ima i drugih tipova kao što su aktinolitski i albitsko-hloritski škriljci. Kvarc-liskunski škriljci sadrže mestimično i proslojke mermera.

Kristalaste stene su isprobijane eruptivima uglavnom andezitima i dacitima. Ove eruptivne stene su bile i ranije poznate u oblasti Novog Brda ali su tek našim ispitivanjima otkrivene i u predelu rudnog ležišta. Određeno je više varijeteta andezita i dacita ali je od njih svakako posebno interesantan nalaz kvarc-latita, jer su ovi tipovi stena karakteristični za olovo-cinkanu metalogeniju mnogih oblasti u našoj zemlji.

Sve stene u ležištu su pretrpele intenzivne hidrotermalne promene, koje se manifestuju silifikacijom, sericitizacijom, karbonitizacijom a mestimično i albitizacijom. Naročito su hidrotermalnom alteracjom zahvaćene vulkanske stene, koje su u nekim svojim delovima potpuno raspadnute tako da se od primarnih sastojaka jedva naziru slabo očuvani relikti petrogenih minerala. Često se samo po konturama zrna i strukturi ovih stena može suditi o njihovom eruptivnom poreklu.

Rudna tela su izgrađena od pirita, sfalerita i galenita. Zastupljenost ovih rudnih minerala je prema izloženom redosledu. Svi ostali minerali kao pirhotin, arsenopirit, halkopirit, markasit i tetraedrit su neznatno zastupljeni a burnonit, bulanžerit ,džemsonit, stanin, kubanit i valerit se nalaze samo u tragovima. Minerali ganga su kvarc, siderit-oligonit, ankerit i kutnahorit. Zastupljenost minerala ganga je neznatna u ležištu.

Genetski ležište pripada hidrotermalnom tipu metasomatskih tvorevina, stvaranih uglavnom u višetemperaturnim uslovima kata do mezotermalnog stadijuma u vezi sa aktivnošću srednjekiselog tercijarnog magmatizma.

Kutnahorit

Proučavajući mineralni sastav, paragenetske i genetske odnose u ležištu, zapažen je među mineralima ganga jedan karbonat koji se po svojim optičkim osobinama razlikuje od svih ostalih iz te mineralne asocijacije. Infracrvenom spektrofotometrijskom analizom ustanovljeno je da bi taj mineral mogao odgovarati kutnahoritu. Spektrofotometrijsku analizu je uradila G. Martinović dipl. fizikohemičar Instituta, na čemu joj se ovde veoma zahvaljujem.

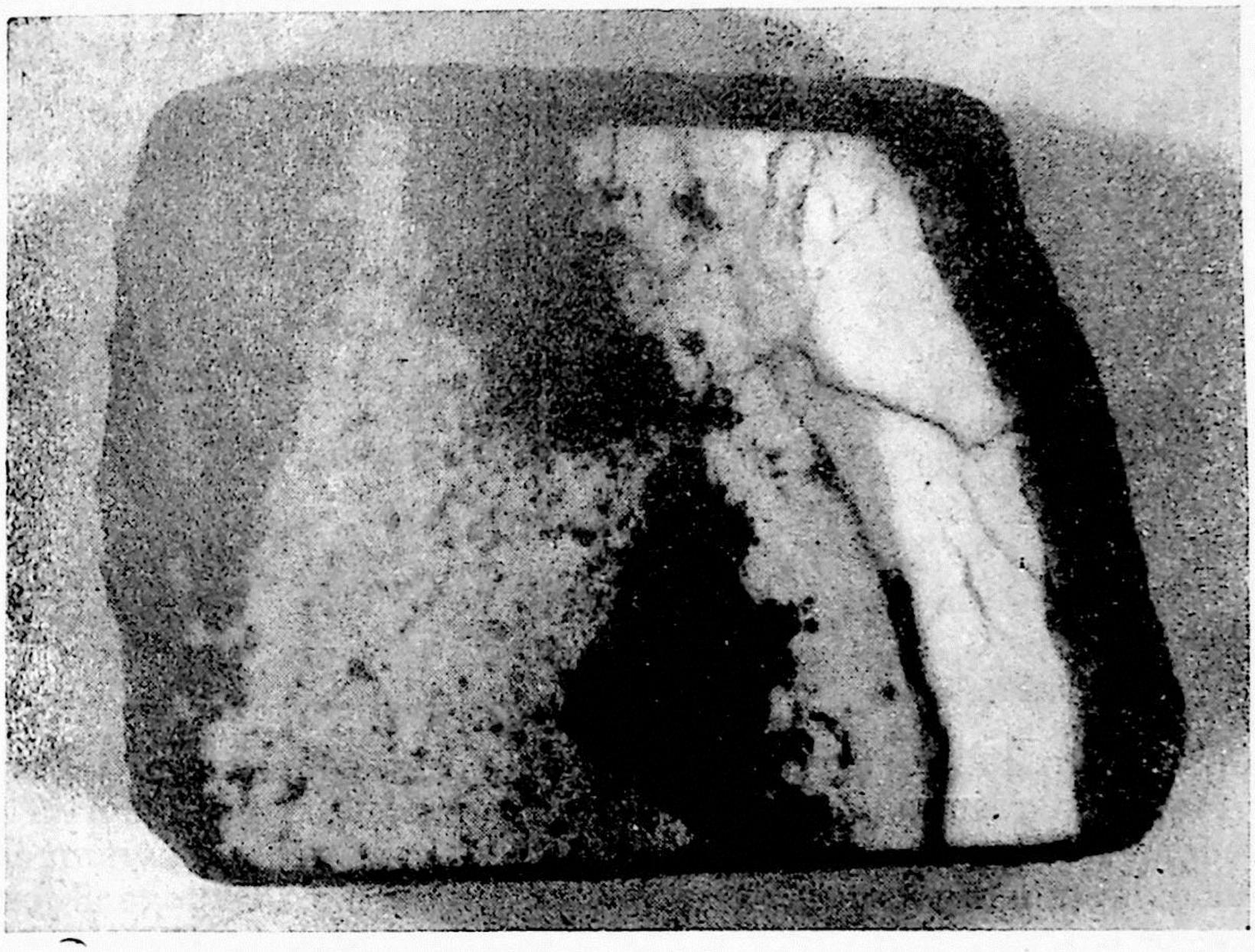
Kutnahorit je neznatno zastupljen u ležištu i dosad je nađen samo u jednom mestu (u potkopu br. 5 poprečnica 361). Javlja se u sitnozrnim masivnim agregatima udružen sa rudnim mineralima: piritom, sfaleritom i galenitom. On se nalazi u vidu gnezdašca ili gradi tanke žilice neznatne debljine i pružanja. Odnosi kutnahorita prema rudnim mineralima ilustrovani su na fotografiji (sl. 1), gde se vidi njegovo prorastanje sa sulfidnom rudom.

Makroskopski kutnahorit je kompaktan i školjkastog preloma. Boje je bele sa ružičastom nijansom. Međutim boja do izvesnog stepena varira od

bele sa jedva primetnom ružičastom nijansom do intenzivnije mrko-ružičaste.

U mikroskopu se jasno zapaža da je kutnahorit jako sitnozrn i da su to ustvari kriptokristalasti agregati (sl. 2).

Mestimično su čestice kutnahorita nešto veće što je rezultat izraženijeg stupnja kristaliniteta a nekada su to tako sitnozrni kriptokristalasti agregati da se granice pojedinih individua ne mogu ni mikroskopski zapaziti. Zbog takvog načina javljanja nije bilo moguće meriti optičke konstante.



Sl. 1. Kutnahorit (beo i sivo beo) sa sulfidima (crno). Makrofotografija. Uvećanje 2,5 ×.

Fig. 1. Kuntahorite (white to light gray) with the sulphides (black). Photography 2.5 × enlarged.

U pogledu tvrdine kutnahorit se pokazao nešto tvrđi od kalcita. Izmerena tvrdina u Vikersovim vrednostima iznosi 230 kg/mm² što bi na Mosovoj skali odgovarao 4,2 stepena tvrdine. Mikrotvrdina je izmerena na Leitz-ovom mikroispitivaču »Durimet«.

Kutnahorit se lako napada razblaženom hlorovodoničnom kiselinom. Tako je već sa 15% HCl bila postignuta intenzivna korozija na uglačanoj površini kutnahorita.

Rendgenskim ispitivanjima dobijen je dijagram praha koji se slaže sa vrednostima datim za kutnahorit iz Franklina New Yersy. Snimanja su izvršena u Mineraloškoj laboratoriji IGRI, u komori 57,3 mm, Cu K_α $\lambda =$ = 1,5405 Å, od strane M. Vukasovića, dipl. mineraloga na čemu mu se ovde zahvaljujem.

Na priloženoj tablici dati su podaci za vrednosti međuatomskih rastojanja pljosni kod minerala kutnahorita iz tri lokalnosti:

Farbani Potok-Novo Brdo I	dÅ	Franklin I	dÅ	Sase-Osogovo I	dÅ
—	—	0,6	4,27	—	—
2	3,72	2	3,75	3	3,78
10	2,91	10	2,94	10	2,96
—	—	0,6	2,73	—	—
—	—	0,4	2,56	—	—
2	2,40	1,5	2,44	2	2,45
4	2,21	2	2,23	4	2,23
—	—	0,4	2,10	—	—
4	2,03	2	2,04	4	2,04
—	—	1	1,87	4	1,86
—	—	2,5	1,83	6	1,86
10	1,81	3	1,81	8	1,83
—	—	0,6	1,58	—	—
3	1,55	0,4	1,56	3	1,58
—	—	0,4	1,54	—	—
3	1,48	0,8	1,48	2	1,48
—	—	0,4	1,469	—	—
3	1,40	0,4	1,465	—	—
—	—	0,6	1,409	—	1,41
1	1,36	0,3	1,36	—	—
2	1,29	2	1,29	2	1,27
2	1,25	0,6	1,25	—	—
2	1,18	0,4	1,18	—	—
—	—	0,4	1,145	2	1,14
—	—	0,4	1,141	—	—
3	1,12	0,4	1,12	—	—

Kao što se iz navedenih rezultata vidi, postoje izvesne neznatne razlike za vrednosti rastojanja međuatomskih pljosni kod kutnahorita iz sve tri navedene lokalnosti ali su one neznatne i proističu uglavnom iz različitih uslova snimanja a razlike u intenzitetu iz istih razloga i još zbog vizuelnog očitavanja intenziteta za kutnahorit iz naših lokalnosti.

Hemijski sastav kutnahorita iz lokalnosti Farbani Potok je sledeći·

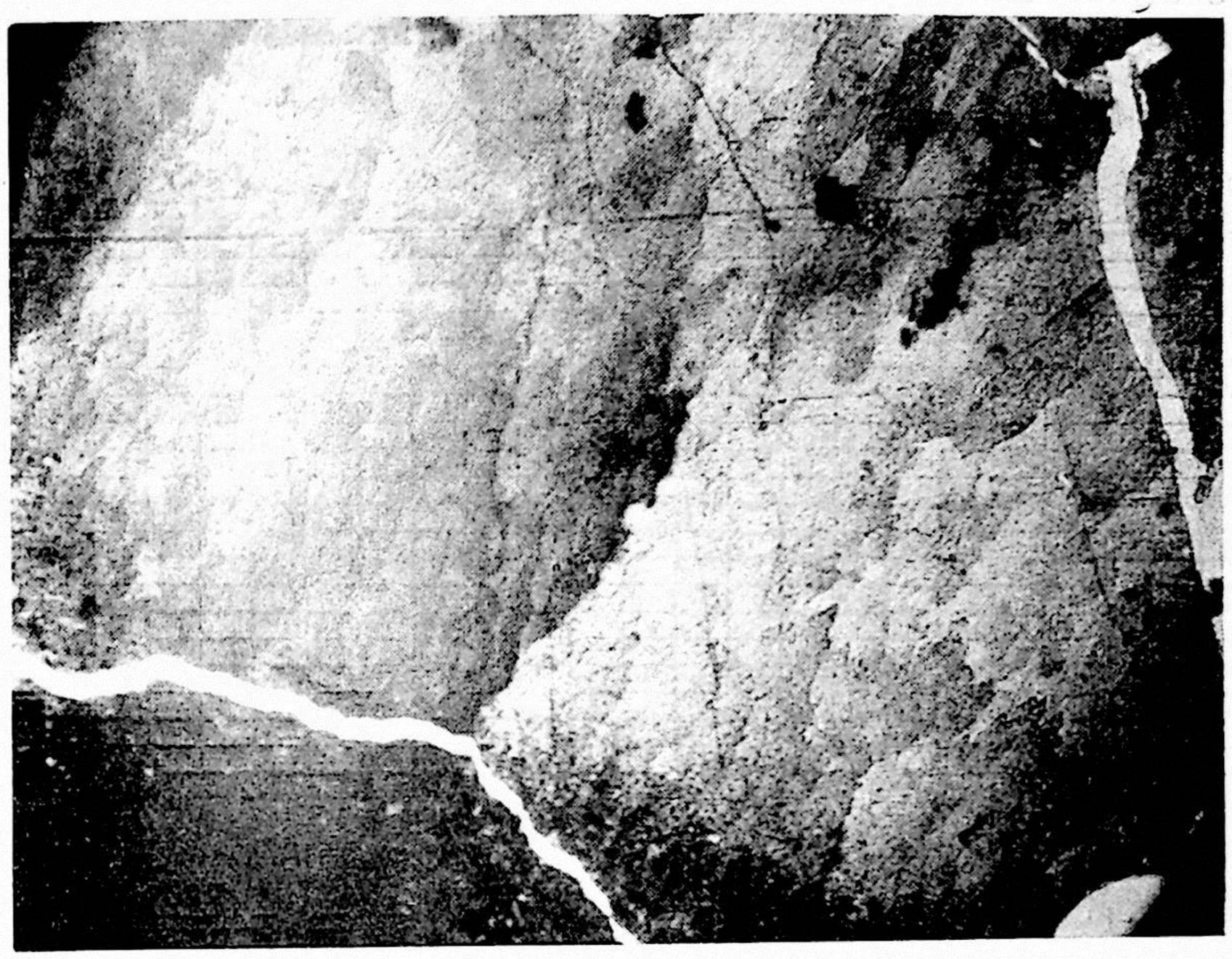
CO_2	— 43,16%
CaO	— 31,50
MnO	— 3,20
MgO	— 20,50
FeO	— 1,10
	99,46%

Preračunato na karbonate iznosi:

$CaCO_3$	— 56,50%
$MgCO_3$	— 6,75
$MnCO_3$	— 33,30
$FeCO_3$	— 1,77
	98,32%

Hemijska analiza je urađena u hemijskoj laboratoriji IGRI. Na osnovu dobijenog sastava može se zaključiti da je kutnahorit bio čist i da se po sastavu približava onom iz originalnog nalazišta Kutnahora — Čehoslovačka.

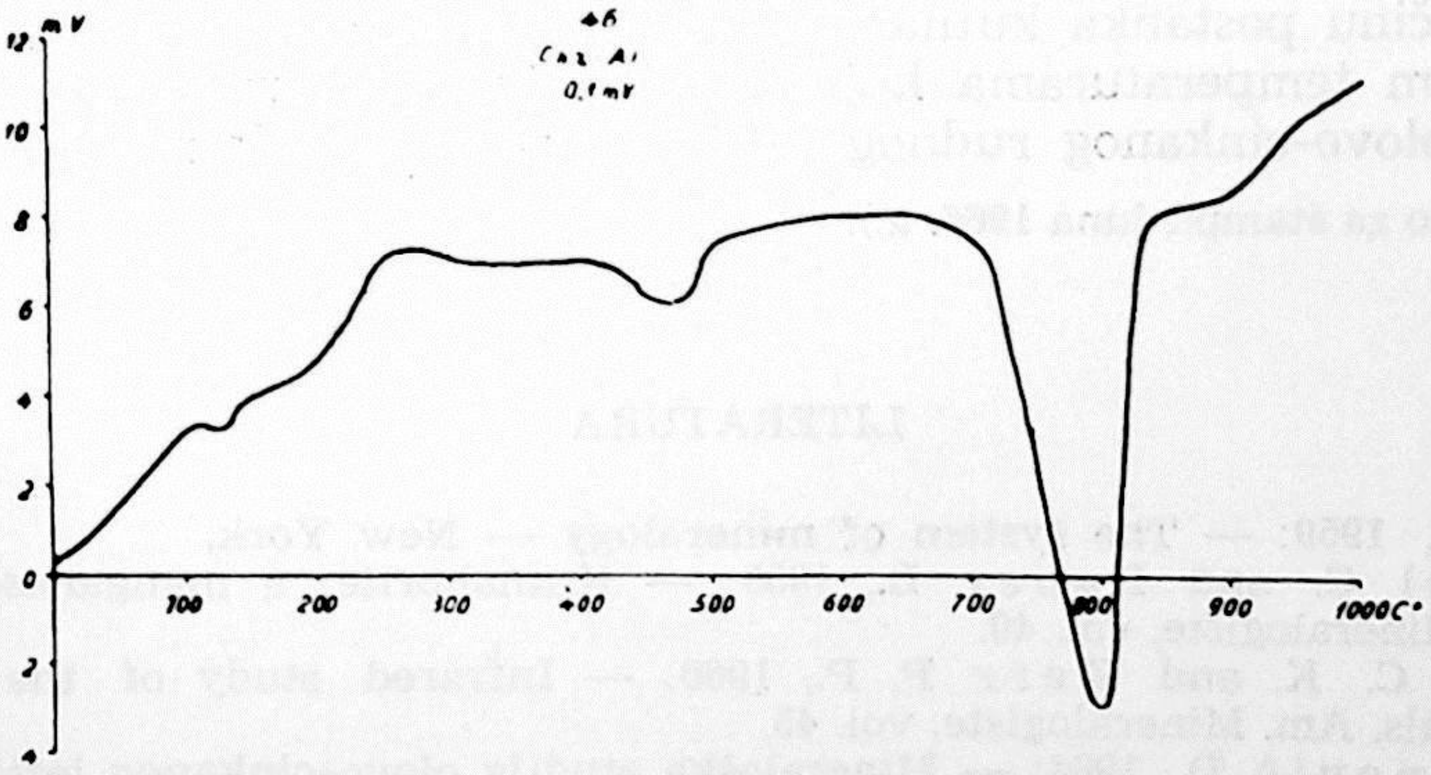
Termička ispitivanja su se ograničila samo na diferencijalno-termičku analizu (sl. 3). Iz diferencijalno-termičkog dijagrama se vidi da je u temperaturnom intervalu između 700° C i 820° C došlo do jednog vrlo jakog



Sl. 2. Sitnozrni-kriptokristalasti agregati kutnahorita. Mikrofotografija. Propuštena svetlost, nikoli +. Uvećanje 80 ×.

Fig. 2. The fine grained cryptocristaline aggregates of kuntahorite. Microphotography, thin section, crossed nicols. Magnification 80 ×.

endofenomena sa maksimumom na 800° C, koji je nastao disosijacijom kalcijumkarbonatne komponente, dok se fenomeni ostalih komponenti iz sastava kutnahorita nisu odrazili. Endofenomen između 450 — 500° C po-

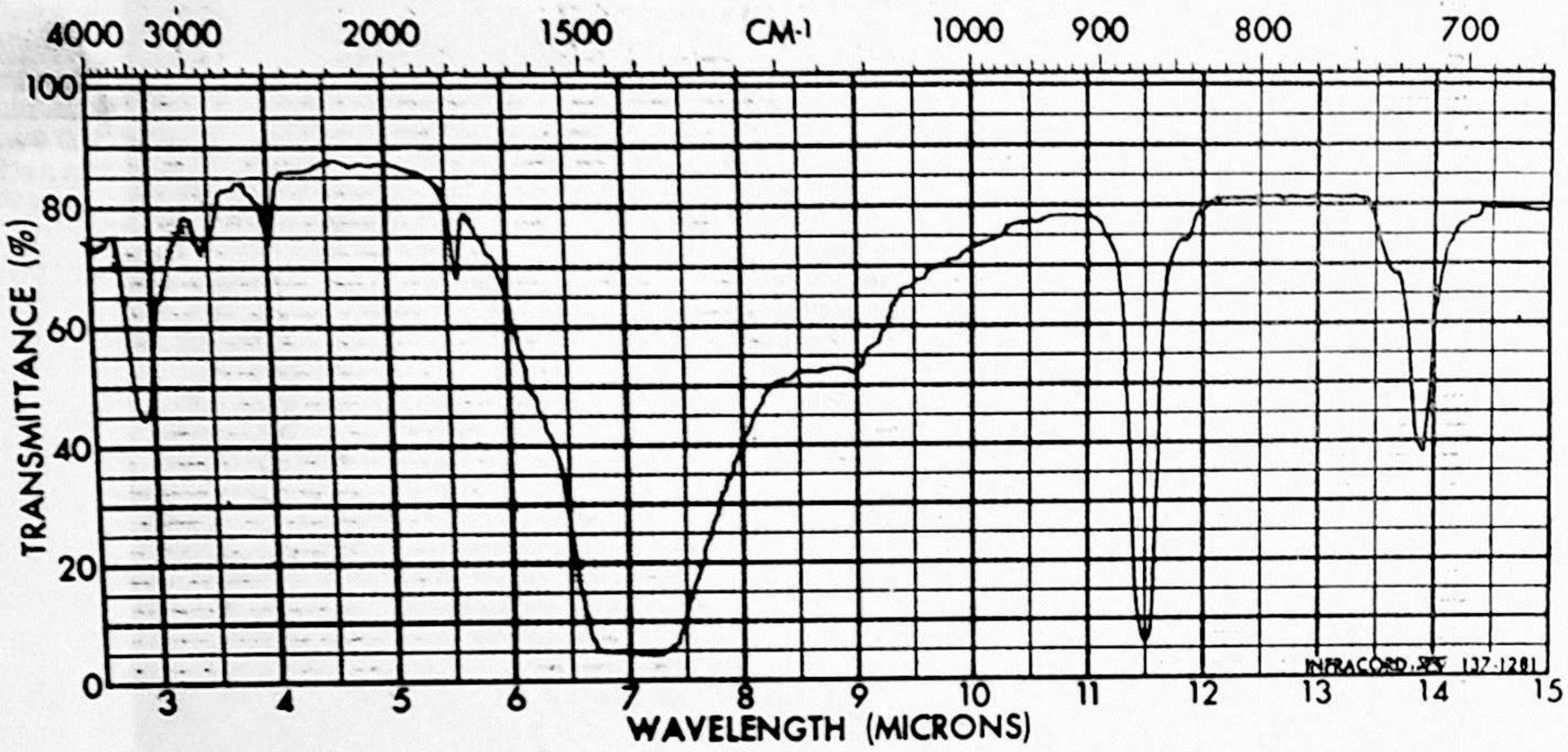


Sl. 3. Diferencijalno termički dijagram kutnahorita.

Fig. 3. The DTA diagram of kutnahorite.

tiče od neke nečistoće koja je bila prisutna u ispitivanom materijalu. DTA je uradila S. Hadži-Popović, dipl. mineralog na čemu joj se zahvaljujem.

Infracrvenom spektrofotometrijskom analizom dobijen je dijagram apsorpcije koji se veoma dobro slaže sa dijagramom kutnahorita iz Franklina (sl. 4).



Sl. 4. Dijagram apsorbcije kutnahorita dobijen infracrvenom spektrofotometrijskom analizom.

Fig. 4. The infrared apsorption diagram of kutnahorite.

Kutnahorit je u ležištu stvaran u jednoj posebnoj karbonatnoj fazi, koja nije bila od nekog značajnijeg uticaja na tok mineralizacionog procesa prilikom stvaranja sulfidnih rudnih tela. Zbog toga je kutnahorit veoma redak mineral ganga u sulfidnim paragenezama, znatno ređi od ostalih karbonata, koji takođe nisu velikog intenziteta zastupljenosti u rudnom ležištu.

Po načinu postanka kutnahorit je hidrotermalna tvorevina, stvarana na srednjim temperaturama koje odgovaraju mezotermalnom stadijumu postanka olovo-cinkanog rudnog ležišta Farbani Potok na Novom Brdu.

(Predato za štampu juna 1966. g.).

LITERATURA

1. Dana's, 1959: — The system of mineralogy — New York.
2. Frondel C. and Bauer L., 1955: — Kutnahorite: a manganese dolomite. Am. Mineralogiste, vol. 40.
3. Huang C. K. and Kerr P. P., 1960: — Infrared study of the carbonate minerals. Am. Mineralogiste, vol. 45.
4. Radusinović D., 1964: — Mineraloška studija olovo-cinkanog ležišta Farbani Potok-Novo Brdo. Fond stručne dokumentacije rudnika »Trepča«.
5. Radusinović D., 1965: — Kutnahorit iz olovo-cinkanog ležišta »Sase« na Osogovskoj planini. Saopštenje u Srpskom geološkom društvu u Beogradu.

Summary

DUŠAN RADUSINOVIĆ*)

DISCOVERY OF KUTNAHORITE IN FARBANI POTOK LEAD-ZINC DEPOSIT, NOVO BRDO AREA, SOUTH SERBIA

Only few years ago, an important Pb-Zn deposit has been discovered near the Farbani Potok (»Painted Creek«), located inside the well known mining district of Novo Brdo. The study of the mineral composition of this deposit has demonstrated that some kutnahorite is present among the gangue minerals. Due to the fact that kutnahorite has been presently known to exist in only one mineral deposit in Yugoslavia, and because that it represents a relatively rare mineral species, this paper treats in detail some of its physical and chemical features and the ways of its occurence in the mentioned mineral deposit.

---

*) Institute for Nuclear Raw Materials, Beograd.

Radovi Instituta za geološko-rudarska istraživanja i ispitivanja nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, sv. 3, 1967. god.

SLAVIŠA E. GOJKOVIĆ
DRAGOSLAV R. NIKOLIĆ*)

URAN I TORIJUM U BERILIMA JUGOSLAVIJE

(Sa 2 tabele)

S a d r ž a j. U ovom radu izneti su rezultati određivanja sadržaja U i Th u berilima iz jugoslovenskih pegmatita. Određivanja su vršena metodom gama spektrometrije. Dobiveni rezultati sadržaja U i Th pokazuju dve grupe rezultata i to sa povišenim sadržajem češće U i ređe Th, kao i niže sadržaje do 2 g/t U, i do 6 g/t Th. Povišeni sadržaji U i Th u berilima iz pegmatita su, usled prisustva inkluzija uranovih minerala, primarnih ili sekundarnih, kao i minerala nosioca povišenog sadržaja torijuma.

Za ova ispitivanja uzeti su primerci berila iz svih do sada poznatih lokalnosti izuzev Juhora, zbog nedovoljne količine materijala. Uran i torijum su određivani metodom gama spektrometrije, pri čemu su korišćeni gama zraci olova Pb-214 od 352 KvV iz uranovog i olova Pb-212 od 238 KeV iz torijumovog niza. Upotrebljen je standardni dvokanalni gama spektrometar, a kao detektor je služio takozvani »well type« kristal 46 × 50 mm sa otvorom prečnika 16 mm. Količina materijala za pojedine analize se kretala oko 10 grama. Svaki primerak bio je analiziran tri puta i podaci dati u Tabeli 1 predstavljaju srednju vrednost ova tri merenja. Odstupanja pojedinih rezultata od srednje vrednosti kod analiziranih primeraka, koji su bili vrlo niski, može se smatrati dobrim rezultatom.

Beril za ova ispitivanja uzet je iz različitih žica jedne iste lokalnosti, a isto tako uzeti su berili različite boje iz različitih pegmatitskih tela, ili iz jednog, ukoliko je to postojalo. Beril u pegmatitskim telima nalazi se kao mineraloška pojava ili veće koncentracije, individualisan ili u sočivima i gnezdima. Boje je plave, zelene ili žute. U jednoj žici najčešće se nalazi beril iste boje, međutim moguće je da bude i različito obojen zelen i žut, ili plav i zelen. Dve obojene vrste berila u jednoj žici nalaze se odvojeno i to u kvarcu i u kvarcno-feldspatsko-liskunskoj asocijaciji, praćeni drugim mineralima.

Ukupno je analizirano 25 uzoraka berila, od kojih najveći broj, 15, južno od Prokuplja, pošto ova lokalnost predstavlja značajna nalazišta, a isto tako i veliku raznovrsnost u pogledu boje, načina pojavljivanja i parageneze.

*) Rudarsko-geološki fakultet, Beograd.

Tabela 1

Oznaka	Lokalnost	Boja	U g/t	Th g/t
B-3	Prokuplje — Dobrotić	zelen	0,5	6,1
B-5A	Prokuplje — Dobrotić	žut	30,2	4,4
B-5B	Prokuplje — Dobrotić	žutozelen	6,3	4,6
B-5C	Prokuplje — Dobrotić	plav	2,3	1,2
74.433	Prokuplje — Dobrotić	zelen	39,8	4,6
74.432	Prokuplje — Radovanov šanac	žut	46,5	5,1
95.555	Prokuplje — Šarci I	zelen	1,0	4,0
95.555	Prokuplje — Šarci I	žut	4,0	0,5
95.333	Prokuplje — Šarci II	zelen	0,1	1,5
95.556	Prokuplje — Šarci II	žutozelen	3,0	0,0
95.532	Prokuplje — Kruškovo brdo	žut zonaran	6,7	1,3
95.532	Prokuplje — Kruškovo brdo	zelen	2,1	0,0
95.532	Prokuplje — Kruškovo brdo	žut	508,1	0,0
95.537	Prokuplje — Kruškovo brdo	žutozelen	5,2	0,0
95.557	Prokuplje — Kruškovo brdo	plavozelen	19,2	2,5
B-2	Kukavica — Bukova Glava	zelenožut	2,0	6,9
45.404	Kukavica — Rosulja	zelenožut	1,4	2,5
45.445	Kukavica — Bukova Glava	zelenožut	0,9	1,3
45.453	Kukavica — Bukova Glava	zelenožut	1,0	3,5
45.426	Kukavica — Golema Arnica	zelenožut	11,4	24,5
95.223	Motajica — kamenolomi	zelen	2,1	1,2
95.267	Motajica — kamenolomi	zelenoplav	2,1	1,2
B-1	Cer — Miline	plav	0,8	7,9
B-4	Bukulja — Ploče	plav	9,3	6,4
B-6	Željin — kamenolom	plavozelen	24,4	9,9

Analitička greška za U i Th ± do 20%.

Najveći broj berila pokazuje relativno nizak sadržaj U i Th i to urana manje od 2 gr/t, dok torijuma do 7 gr/t. Međutim izvestan broj uzoraka berila pokazuje veće sadržaje i to naročito oni berili koji se nalaze u pegmatitima sa uranskom mineralizacijom, predstavljenom uraninitom sa sekundarnim mineralima urana, ili sekundarnim mineralima. Ovako povišen sadržaj urana je razumljiv, pošto sami berili zaklapaju manje ili više uranove minerale usled čega im se i sadržaj urana povećava. Isto tako treba napomenuti da berili koji se nalaze u asocijaciji sa uranovim mineralima najčešće su mednožute boje.

Povišeni sadržaj torijuma u berilima Kukavice, Željina i delom Cera može se objasniti prisustvom inkluzija minerala koji su nosioci torijuma.

U okviru ovog rada pokušali smo da u ovim istim uzorcima odredimo sadržaj rastvornog urana fluorimetrijskom metodom. Dobiveni rezultati

nisu bili zadovoljavajući zbog velike analitičke greške, te ih ne dajemo u ovom radu. Međutim, isti su poslužili kao orijentacija u određivanju procenta rastvornog urana i to tako da je konstatovano da se u uzorcima berila sa povišenim sadržajem urana procenat rastvornog urana kreće od 80 do 100% što je normalno zbog prisustva inkluzija lako rastvornih minerala urana u berilu. Međutim, procenat rastvornog urana sa sadržajem urana do 2 gr/t je od 20 do 50%, a što se može objasniti manjim sadržajem inkluzija uranovih minerala.

Radi upoređenja iznosimo rezultate Khlopin i Abidov za neke berile iz Sovjetskog Saveza u tabeli II.

Tabela II (Khlopin i Abidov, 1941)

Lokalnost	U g/t	Th g/t
Ukraina	0,9	6,9
Turkestan	0,26	—
Ural	0,05	1,0
Ural	1,08	1,2
Ural	0,1	1,0

Napomena: Vrednosti za uran su dobivene preračunom vrednosti dobivene za radijum, pod pretpostavkom da su ova dva elementa u ravnoteži. Podaci uzeti iz Nuclear Geology Faul H. et al. 1955.

Upoređujući rezultate koje daju Khlopin i Abidov sa našim dobivenim rezultatima, uočava se da su njihovi znatno niži, što je možda sadržaj radioaktivnih elemenata nizak, ili nedovoljna osetljivost i tačnost analitičke metode.

Na kraju možemo zaključiti da je sadržaj torijuma u berilima manje promenljiv od urana. Sadržaj ova dva elementa u berilima dolazi najvećim delom od prisustva drugih minerala u vidu inkluzija koji nose uran i torijum, dok znatno manjim delom kao sadržaj samo berila.

Kod normalnih sadržaja urana i torijuma u berilima zapaža se da je sadržaj torijuma dva i više puta veći od sadržaja urana.

Na kraju, dobiveni sadržaji urana i torijuma u berilima su direktno u vezi sa poreklom i genezom samih pegmatita, temperaturom i nivoom stvaranja pegmatita, odnosno mineralnih asocijacija pojedinih zona u kojima se beril javlja u pegmatitu.

(Predato za štampu januara 1962. g.).

LITERATURA

1. Adams J. A. S., Keneth O. J. and Rogers J. W., 1959: — The Geochemistry of Thorium and Uranium, Physics and Chemistry of the Earth, Pergamon Press Inc., London — Los Angeles, pp. 298—439.
2. Faul H., et al., 1955: — Nuclear Geology, John Wiley and Sons, Inc., New York, pp. 312.

Summary

SLAVIŠA E. GOJKOVIĆ*)
DRAGOSLAV R. NIKOLIĆ**)

URANIUM AND THORIUM IN YUGOSLAV BERYLES

25 samples of beryles, representing practicaly all known Yugoslav localities, have been analyzed by the gamma-ray spectrometry. Each sample containing about 10 grams of material has been analyzed three times, and the results given in the Table I represent the mean value of these measurements.

The investigated beryles have been collected from the different pegmatite veins from the same locality or, in some cases, same vein if it contained the beryles of different colour. The colours were blue, green or yellow. If the same vein contains the different beryles, they are separated and located in different zones of the vein.

Most of the beryles have less than 2 ppm U and less than 7 ppm Th. but some has increased values, particularly those that are located inside the pegmatites that contain uraninite and/or secondary uranium minerals. This is quite normal, because beryles have included some of these minerals as the inclusions. Most of the beryles associated with the uranium minerals have honney-yellow colour. The increased Th in the beryles from Kukavica, Željin and Cer is due to the inclusions of Th minerals.

*) Institute for Nuclear Raw Materials, Beograd.
**) Department of Mineralogie, University of Beograd.

Radovi Instituta za geološko-rudarska istraživanja i ispitivanja nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, sv. 3, 1967. god.

MILORAD ARSENIJEVIĆ

O PROBLEMIMA RAZVITKA, PRIMENE I ZNAČAJU GEOHEMIJE U ISTRAŽIVANJU RADIOAKTIVNIH I NEKIH DRUGIH ELEMENATA U INSTITUTU ZA GEOLOŠKO-RUDARSKA ISTRAŽIVANJA I ISPITIVANJA NUKLEARNIH I DRUGIH MINERALNIH SIROVINA

S a d r ž a j. U ovome članku se ističu značaj i problemi razvitka metodike geohemijskog istraživanja u Institutu za geološko-rudarska istraživanja u periodu od 1953—1964. godine. Dajući kratak prikaz metodike geohemijskog istraživanja kroz primere se naglašava da su, saglasno našim potrebama, ostvareni povoljni metodski uslovi za istraživanje radioaktivnih i nekih drugih elemenata, među kojima važno mesto zauzima grupa ređih metala. Mnogobrojni rezultati potvrdili su opravdanost primenjene metodike u tekućim istraživanjima. Rezultati geohemijskih proučavanja i prospekcije ogledaju se u otkrivanju pojava i mineralizacija urana i nekih dotle neidentifikovanih retkih i ređih elemenata u raznim ležištima i mineralizacijama. To se, pre svega, odnosi na Ge, Re, In, Ga, Tl, itd. u sulfidima, a zatim Zr, Be, Nb, Y, itd u visokotemperaturnim tvorevinama i boksitima. Raznovrsna geohemijska ispitivanja dovela su do praktičnih i teorijskih rezultata značajnih za našu privredu i njenu sirovinsku bazu.

U savremenom istraživanju hemijskih elemenata, koji predstavljaju sirovinsku bazu industrijske proizvodnje metala, sve više se poklanja pažnja geohemijskim i geofizičkim metodama otkrivanja njihovih prirodnih koncentracija. Ovakav razvoj uslovljen je visokim usavršavanjem fizičko-hemijskih metoda određivanja niskih količina takvih elemenata u geološkim materijalima i zahtevima moderne industrijske proizvodnje koja postavlja i stalne zadatke u obezbeđenju rezervi. S obzirom na stepen savremene tehnologije metala javila se potreba da se i kod nas vrše istraživanja retkih elemenata, kao i novih ležišta mineralnih sirovina.

Klasične metode su uglavnom vizuelnog karaktera i omogućavaju otkrivanje ruda i minerala ukoliko ovi daju mehaničke oreole ili su tragovi mineralizacije vidljivi na površini. Međutim, mineralne i rudne koncentracije stvarale su se u različitim periodima geološke istorije, u različitim oblastima i nivoima magmatsko-metamorfnog ili sedimentnog pokrivača. Ona su nastala bio primarnim ili sekundarnim putem, pri diferenciranju magmatskih rastvora ili pak, u supergenim procesima. Zato i postoji mogućnost da se jave ležišta skrivena u nešto dubljim nivoima ispod erozionog preseka bez izrazito vidljivih znakova za vizuelne metode posmatranja. Osim toga, postojala je potreba za istraživanjem retkih i rasejanih elemenata koji retko ili uopšte ne grade sopstvene minerale. Ovi

su obično rasejani u drugim mineralima i rudama, često u korisnim količinama, u vidu mikroelemenata, nalazeći se obično u izomorfnom stanju. Vizuelnim metodama se svakako ne može doći do podataka o njihovoj raspodeli, pa bi eventualna obogaćenja, iako veoma korisna, ostala nezapažena.

U tome smislu, geološko istraživanje nalazi značajnu pomoć u geohemijskim ispitivanjima preko hemijskih oreola u vodenim rastvorima ili zemljištu. Time se posredno dolazi do podataka o prisustvu korisnih elemenata u podlozi, što je posebno značajno u slučaju izdanaka mineralizacije na nedovoljno istraženim terenima gde su udruženi mehanički i hemijski oreoli.

Uobičajeno je da se u ovakvim ispitivanjima obilno koristi, bilo u regionalnim ili detaljnim, mrežni sistem oprobavanja. Ali, postoje prirodna odstupanja od ovoga principa onda kada su u pitanju hidrogeohemijska proučavanja ili prospekcija, ili pak, ispitivanja osnovnih geohemijskih obeležja magmatskih masiva i gde hidrografska mreža ili izdanci stenovite podloge uslovljavaju nepravilni raspored uzimanja uzoraka na terenu. Ovo se odnosi i na slučaj proučavanja raspodele elemenata u monomineralnim koncentratima iz stena ili mineralnih ležišta, pri čemu postaju bitne facijalne i paragenetske promene, litološke karakteristike genetski povezane serije i uopšte različita odstupanja proizašla od genetskih faktora. U takvim geohemijskim proučavanjima, pored otkrivanja retkih elemenata, utvrđuju se i genetski indikatori koji mogu da doprinesu objašnjenju hemizma magme i njene metalogene orijentacije, kao i rešavanju određenih petrogenetskih problema pri izučavanju magmatizma nekog područja. Prema tome, upoznavanje raspodele mikroelemenata u mineralima i stenama predstavlja značajnu pomoć pri korelaciji magmatskih, metamorfnih ili sedimentnih stena, kao i za sagledavanje primerne zasićenosti magme različitim rasejenim i retkim elementima koristeći sve geološke karakteristike područja.

Ovakav način posmatranja raspodele elemenata, koji ovde nije obuhvaćen u svim detaljima, formirao se kroz dugi niz godina i za to vreme su primenjena i teorijska geohemija dostigle visok metodski i naučni nivo, posebno u SSSR-u, SAD, Engleskoj, Japanu, Francuskoj itd. Poslednjih decenija geohemija je dala znatan doprinos u slučajevima gde su klasične metode bile nedovoljne. Pomoću njenih teorijskih predviđanja i efikasnosti metoda u raznim zemljama su otkrivena nalazišta retkih i drugih elemenata, a da se i ne govori o značaju za analizu petrogenetskih i minerogenetskih problema. Ova važna iskustva postepeno su prenošena i u našu zemlju i gde razvoj geohemije počinje tek od 1953. godine.

GEOHEMIJA I NJENE METODE U INSTITUTU ZA GEOLOŠKO-RUDARSKA ISTRAŽIVANJA I ISPITIVANJA NUKLEARNIH I DRUGIH MINERALNIH SIROVINA

Uprkos burnom razvitku geohemije u pomenutim zemljama, primenjena geohemija i njene metode u našoj zemlji veoma sporo su se razvijale.

Poznato je da u prvoj polovini ovoga stoleća nije bila posvećena pažnja organizovanom geohemijskom ispitivanju naših terena, kao ni izučavanju raspodele mikroelemenata. Među mnogobrojnim geološkim radovima ne

može da se izdvoji nijedan rad koji proučava mineralne parageneze i putem geohemijske analize procesa njihovog stvaranja. Raspored mikroelemenata u bilo kome mineralu, pa čak i u onima koji čine bogate rude u našim ležištima, ostao je takođe nepoznat. Ali, bez obzira što nije cilj da se prikaže razvoj geohemije u celoj zemlji ovo se odnosi na čitavo dotadašnje stanje, uprkos tome što se u nekim radovima S. Miholića naglašava potreba primene ove discipline (lit. 34).

Sasvim je prirodno da je to posledica organizacije i stepena razvitka geoloških istraživanja i uopšte naučnog i tehničkog nasleđa, nedostatka ili nedovoljne primene savremenih analitičkih metoda kao što su spektrohemijska, mikrohemijska, fluorimetrijska i radiometrijska (uran i torijum), rentgenospektralna i dr. Ove metode, čija osetljivost dozvoljava da se odrede veoma niske količine elemenata (ppm = gr/t, γ/ l), pre II svetskog rata ili nisu bile usavršene ili, ako su primenjivane na fakultetima, nisu korišćene u našoj geološkoj službi. Zato je i razumljivo da do 1953. godine i nije bilo praktičnih rezultata u ovoj oblasti istraživanja. Dovoljno je da se naglasi da je do tada vladalo gotovo potpuno nepoznavanje mikrosastava minerala u rudnim ležištima Bora, Trepče itd., odnosno nije postojala publikovana nijedna spektrohemijska ili mikrohemijska analiza retkih elemenata (Nb, Tl, In, Re, Ga, Sc, Ge, itd.). Stoga su ovi elementi ili retke zemlje bili nepoznati za našu regionalnu geohemiju ili mineralogiju. O njihovoj raspodeli moglo se samo slutiti po analogiji sa pojavama u svetu i prisutnim mineralima, ali u regionalnom smislu nije bilo nikakvih zapažanja. Zato se kao osnovni zadatak postavila primena spektrohemijskih i drugih hemijskih analitičkih metoda. zatim metoda geohemijske prospekcije različitih metala, tumačenja podataka i anomalija u vezi sa njihovim genetskim poreklom.

SPEKTROHEMIJSKA I DRUGE METODE U RAZVOJU GEOHEMIJE U INSTITUTU ZA GEOLOŠKO-RUDARSKA ISTRAŽIVANJA I ISPITIVANJA NUKLEARNIH I DRUGIH MINERALNIH SIROVINA

U periodu od 1952. do 1964. godine došlo je do znatnih promena i napretka u metodici istraživanja radioaktivnih i drugih elemenata. Ove promene su upravo proizašle iz primene i uvođenja fizičko-hemijskih metoda kao osnovnih i neophodnih za otkrivanje retkih i ređih elemenata pratilaca urana. U vezi sa time, javila se težnja da se u geološka istraživanja uvedu savremene geohemijske kao samostalne i operativne metode prospekcije.

Prirodno je da u početku ove ideje nisu nailazile na dovoljnu podršku usled nepoznavanja problematike, nedostatka iskustva i sumnje u vrednost takvog načina istraživanja elemenata i rudnih mineralizacija. Ali, ipak, početkom 1953. godine uvodi se serijska spektrohemijska analiza kao pomoć geološkim istraživanjima (M. Arsenijević, dr. Sl. Ristić). Postepenim savlađivanjem tehnike analize rešavali su se sledeći problemi:

a) Kvalitativnom analizom dolazilo se do podataka o paragenezi elemenata u mineralima ili uopšte u geološkim i drugim materijalima.

b) Pri optičkim ispitivanjima parageneza minerala ova analiza, na maloj količini monominerala (manje od 10 mg), pomagala je kod identifikacije mineralne vrste, što je i danas slučaj.

U to vreme, postojale su brojne teškoće u razradi metoda određivanja elemenata, a naročito u uslovima nedostatka novih podataka iz ove oblasti i eksperimentalnog iskustva pri analiziranju geoloških materijala. Daljim razvojem prakse i saradnjom sa institutima u zemlji (»Boris Kidrič«, »Ruđer Bošković«) omogućeno je da se pristupi problemima ispitivanja monomineralnih koncentrata*) (lit. 1) pokušavajući da se geohemijski posmatra određena mineralna vrsta i upozna njen mikrosastav.

U toku 1954. godine uvodi se polukvantitativna spektrohemijska analiza Mo, Y, Yb i Sr (lit. 2, 5). Metoda je bila zasnovana na istovremenom snimanju standarda, sličnog hemijskog sastava ispitivanim mineralima, i željenih uzoraka. Procena sadržaja vršena je pomoću fotometriranja analitičkih linija, ali bez unutrašnje standardizacije. Sami sadržaji su odražavali red veličine, što je bilo zadovoljavajuće za posmatranje raspodele mikroelemenata, na primer, u šelitima ili nekim drugim mineralima (lit. 5). Ovakvo grubo regionalno ispitivanje distribucije elemenata, u vezi sa različitim genetskim poreklom minerala, bilo je uspešno kao prvi pokušaj kod nas u rešavanju ovakve problematike. Još tada je bilo zaključeno da sadržaj mikroelemenata u mineralu iz različitih sredina i genetskih uslova (lit. 5) mora da nosi »otisak« metalonosnosti određene intruzivne faze-hemizma magme i temperature rastvora, kao i primarnog obogaćenja. To su, ustvari, bila ispitivanja primarnih oreola elemenata i efikasnosti njihovog otkrivanja preko monomineralnih koncentrata, a čiji su pozitivni rezultati stvorili perspektivu za dalja slična izučavanja i u oblasti istraživanja pratilaca urana.

Ali, delimično spektrohemijsko polukvantitativno određivanje pratilaca urana, sa osnovom standarda sličnom hemijskom sastavu uzorka, nije moglo da odgovori rastućim potrebama za ovakvim analitičkim podacima. Zato se pristupa pripremi univerzalnije metode (po Mitteldorf-u i London-u, 1955) sa velikim brojem elemenata u standardnoj grafitnoj osnovi. Sličnost hemijskog sastava standardne osnove i uzorka postiže se mešanjem uzorka sa grafitom u odnosu 1 : 10 ili. u slučaju jačeg sadržaja elementa, u razmeri 1 : 100 (lit. 6, 8, 10). Linije elemenata u standardu i uzorku, koji se zajedno snimaju na fotografskoj ploči, slabljene su pomoću stepenastog filtra, odnosno rotirajućeg višestepenog sektora postavljanih ispred pukotine spektrografa tipa Litrow (Hilger). Identifikacija spektralnih linija, upotrebom »dodatnog stupnja« za Fe, na sektoru (lit. 10), prilagođena je ranijem postupku, tako da je referentni spektar Fe omogućavao lakše tumačenje spektra uzorka, a greška ove polukvantitativne metode se kretala do $\pm$ 30%. Zahvaljujući tome i visokoj disperziji optike aparata, bilo je omogućeno sigurno i brzo određivanje elemenata i njihovih sadržaja u rudama i mineralima.

U drugoj polovini 1957. godine primenjuje se polukvantitativna metoda, prema instrukciji laboratorije u Kembridžu, koju su postavili u Engleskoj L. R. Mitchell, a u SSSR-u M. M. Kler (lit. 38, 39). Osnovni principi ove metode, koja obuhvata i silikatne materijale, sastoji se u sledećem:

a) Standardne koncentracije se prave pomoću veštačke osnove čiji sastav odgovara hemijskom sastavu srednje kisele stene ($SiO_2 = 59{,}5\%$,

---

*) Ovim problemima se u to vreme bavio Dr I. Jurković, a kasnije ovu metodu uvode i druge geološke ustanove.

$Al_2O_3 = 15,5\%$, $Fe_2O_3 = 7,0\%$, $MgO = 4,0\%$, $CaO = 6,5\%$, $TiO_2 = 1;0\%$, $K_2O = 3,5\%$ i $Na_2O = 3,5\%$. Putem razblaživanja osnovnog standarda (1,0 ili 10,0%), u koji je unet veliki broj elemenata, postiže se interval koncentracije od 1,0 do 0,0001%. Osetljivost elemenata zavisi počev od količine materijala preko mnogobrojnih uslova pobuđivanja i snimanja spektara. Da bi se izbegle posledice interferencije i pozadinskog zacrnjenja, a što je opšte poznato kod ovih metoda, zatim olakšalo tumačenje spektara, pripremaju se posebne grupe standarda (retke zemlje, alkalni elementi, uran, torijum, itd), naročito tamo gde su spektri elemenata vrlo složeni.

b). Za slabljenje linija po dužini koriste se višestepeni rotirajući sektori ili metalizirani filtri (7 — 10 stupnjeva slabljenja). U standardizovanim uslovima rada, za ocenu sadržaja elemenata računa se broj vidljivih stupnjeva (5, $5^1/_2$, $5^1/_4$) na liniji, bilo da su u pitanju standardi ili uzorci. Preko stalnih grafika, pošto se standardi snimaju povremeno, očitava se količina elemenata (gr/t) sa greškom od $\pm$ 20 — 30%.

c). Identifikacija analitičkih linija elemenata vrši se preko posebne lupe — mernog mikroskopa na osnovu utvrđenih rastojanja od referentnog spektra nekog elementa.

d). Punjenje elektroda se obavlja z a p r e m i n s k o m metodom, bez odmeravanja bilo standarda ili uzorka.

Ova polukvantitativna metoda, postavljena za serijska geohemijska ispitivanja (lit. 35), ubrzo je morala da bude izmenjena u nekim principijelnim pitanjima, tako da ona danas odstupa od one prvobitne kakva je bila postavljena (38,39) i u našoj literaturi opisana. Njene najbitnije izmene se sastoje u sledećem:

1.) Odbačena je zapreminska metoda kao neefikasna i veoma subjektivna, s obzirom na namenu metodike i zahtevanu grešku, i primenjeno je punjenje elektroda putem odmeravanja količine uzorka ili standarda na mikrotorzionoj vagi uz sagorevanje proba »do kraja«.

2.) Identifikacija spektralnih linija prilagođena je ranije uvedenom i uobičajenom postupku (lit. 1, 10, 6, 37). Pomoću dodatnog »stupnja«, koji zahvata polovinu prvog stepenika spektra analize, postignuto je da referentni spektar Fe bude neposredno uz analizu omogućavajući, u uslovima visoke disperzije optike aparata i projektora uvećanja 20 puta, lako i brzo određivanje elemenata.

Polazeći od količine materijala u elektrodi kao od faktora jako uticajnog na metodu količinskog određivanja lako se uočavaju sami nedostaci metode. Ovo je važno pogotovu ako se ima u vidu da je punjenje elektrode, pri prvobitnoj metodi, vršeno vizuelno, tako da je mešavina grafitnog praha i uzorka unošena u krater do određene visine elektrode. Proizvoljnost punjenja i izbora količine materijala je potencirano sledećim faktorima:

a.) Promene dimenzija kratera elektroda su prateće pojave čisto tehničkog karaktera. Zato je neujednačeno unošenje količine materijala neizbežno čak i pri upotrebi supstance iste ili bliske specifične težine.

b.) Specifična težina stena, minerala (liskuni, oksidi, sulfidi, gline, itd.) i drugih materijala je toliko varijabilna da se »zapreminskom metodom«, sa zahtevom greške do $\pm$ 30%, zaista ne može uneti stalna količina materijala. Svakako da je značaj ovoga faktora posebno naglašen ako se ima u vidu da se kod ove metode ne koristi unutrašnja standardizacija, tako da se svi usputni nedostaci odražavaju na »radnim krivama«, a zatim

na sadržaju određivanih elemenata. Pošto se uzorci ili standardi mešaju sa ugljenim prahom u odnosu 1 : 1, to svi navedeni nedostaci postaju još uticajniji.

Činjenice kao upotreba veštačkih standarda, varijacije dimenzija kratera elektroda i specifičnih težina supstanci, zatim odsustvo unutrašnjeg standarda, koji bi regulisao sva odstupanja, ukazuju da zapreminska metoda punjenja elektroda ima ozbiljne primedbe. Sagorevanjem uzorka »do kraja«, koje zahteva metoda, ne bi se postigla željena reproduktivnost kao ni zadovoljavajuća greška metode. Naprotiv, još u samom početku se gubi kontrola nad analizom, određivanje sadržaja se svodi na dobijanje reda veličine, a što je dopustivo samo za široke metalometrijske zahvate. Zbog svih ovih razloga je i izbačena iz upotrebe »zapreminska metoda« i priprema analiza se vrši putem odmeravanja 40 mg mešavine (uzorak: ugljeni prah = 1 : 1) za alkalne elemente (oblast 5000 — 10000 Å), dok za ostale elemente po 30 mg što zavisi od željene osetljivosti, uslova pobuđivanja i problematike ispitivanja (oblast 2000 — 5000 Å). Na ovaj način je znatno poboljšan kvalitet rada preko stalnih grafika, koje definiše odnos log C : broju stepena slabljenja (lit. 10, 37, itd.), a prisustvom referentnog spektra spektralno čistog Fe uz svaku analizu neuporedivo je ubrzan rad na identifikaciji linija elemenata (lit. 10). U takvim uslovima polukvantitativna analiza uzorka, količine 16 — 40 mg, može brzo i uspešno da se izvrši. Ukoliko postoji dovoljna količina materijala (32 — 75 mg za oblast 2800 — 10000 Å), dvostruko snimanje za svaku oblast posebno povećava preciznost i u dovoljnoj meri otklanja eventualnu neujednačenost uslova analize uzorka ili standarda. Ako bi se želela kompletna analiza na sve one elemente koje je moguće ispitivati u jednosmernom električnom luku potrebna količina uzorka raste. Uključujući oblast 2000 — 3000 Å i specijalnu metodu za In, Ga i Tl neophodno je za kompletnu analizu raspolagati sa 175 — 200 mg stene, minerala ili nekog drugog materijala.

Kod ove metodike u upotrebi su ugljene ili grafitne elektrode (Johnson Mathey) dimenzija 3 × 5 ili 3 × 6 mm, debljine zida 0,7 mm, a izbor fotografskog materijala (Kodak-B_{10}, do 5000 Å) zavisi od zahteva metode i oblasti ispitivanja (ultravioletna, infracrvena, itd.). Sagorevanje uzorka se vrši na 8 amp pri rastojanju elektroda od 10 mm. a u slučaju specijalne metodike za lakoisparljive ili neke druge elemente ovi uslovi se svode na najpovoljnije.

Metoda frakcione destilacije lakoisparljivih elemenata (Rb, Tl, In, itd.) primenjuje se po već opisanom postupku (A. K. Rusanov i dr.). Ova metoda je korisna za ispitivanje nekih silikata, a posebno retkih elemenata u sulfidima, u odnosu (uzorak: buferu) 1 : 1 ili 2 : 1. Kalijumove soli se koriste u svojstvu prigušivača cijanskih traka i sa osobinom da povećavaju osetljivost analitičkih linija u tome području (lit. 11, 12, 24). Količina mešavine 2 : 1 za jednostruko snimanje iznosi 50 mg. Sagorevanje se vrši u specijalno obrađenim elektrodama sa debljinom zida 0,5 mm i dimenzijama kratera 3 × 5 mm, a osetljivost za In i Ga se postiže do 1 ppm i za Tl oko 3 — 6 ppm.

Za proveru greške metode opšteg polukvantitativnog određivanja, koja dostiže ± 30%, upotrebljavaju se standardi G_{-1} i W_{-1} koji sadrže niz elemenata precizno određenih u raznim laboratorijama u svetu.

Kvantitativne spektrohemijske metode su primenjivane u specijalnim slučajevima. Pri upotrebi frakcione destilacije, kao unutrašnji standard

služio je fon kalijuma koji je omogućavao određivanje Rb, Cs ili Tl u nekim mineralima (lit. 11). Koristeći In i Pd kao unutrašnje standarde izvršena su prva kvantitativna određivanja mikroelemenata u našim stenama (lit. 29). Kvantitativno je određivano i Pb u cirkonima granitoida u cilju dobijanja apsolutne geološke starosti (lit. 9, 30, itd.). Međutim, ova vrsta spektrohemijskog određivanja sadržaja elemenata nije uključena u serijska geohemijska ispitivanja ne samo usled varijabilnog sastava uzoraka već i zbog postupaka analize, kao i zbog zadovoljavajuće greške opšte polukvantitativne metode i njene brzine.

Ovakvo postepeno prilagođavanje spektrohemijskih metoda omogućilo je serijsko određivanje elemenata (20 — 40) i masovno geohemijsko posmatranje njihove raspodele na bazi polukvantitativnih rezultata. S obzirom da je ova metodika namenjena ispitivanju uglavnom silikatnih materijala, zbog silikatne osnove standarda, u posebnim slučajevima su pravljene specijalne osnove bliskog hemijskog sastava ispitivanim uzorcima (kvarcna, sulfidna, sulfatna, itd.). Neosporno je da se kod masovnih istraživanja ne može uvek da odgovori ovome zahtevu zbog raznolikosti hemijskog sastava uzoraka, koji se javlja kao faktor poskupljenja proizvodnje analiza. Sa druge strane, sama metoda i mešanje sa ugljenim prahom standarda i uzoraka, zatim sagorevanje do kraja i drugi uslovi, uticaj varijabilnosti hemijskog sastava i strukturno-fizičkih razlika između veštačkih standarda i prirodnih uzoraka svode na neznatnu meru i uključuju u grešku analize.

Ovakvim razvojem ove metodike stvorene su mogućnosti za prilaženje raznim problemima iz oblasti geohemije, na mnogo široj osnovi i uz preciznije praćenje količinskog rasporeda elemenata. Tako, dok je u početku kvalitativna analiza elemenata bila dijagnostička, ukazivala na njihovo prisustvo i grubi raspored, polukvantitativna spektrohemijska analiza daje verniju sliku o prirodnoj distribuciji mikroelemenata u mineralima, stenama, rudama, vodama (suvi ostaci), itd. Najzad, očigledno je da je kvantitativna analiza doprinela još pouzdanijem izučavanju raspodele pojedinih elemenata, u posebnim slučajevima, iz različitih geoloških sredina.

Tim putem se dolazilo do značajnih zaključaka o prostornoj raspodeli ispitivanih elemenata, uslovima koncentrisanja, korelativnoj vezi, razlikama i sličnostima njihovog odlaganja u različitim geološkim sredinama. Koliko je značajna spektrohemijska analiza u geohemijskim istraživanjima jasno potvrđuju mnogobrojni radovi iz oblasti metalometrije ili hidrogeohemijskih proučavanja (SSSR, SAD, itd.). U tome smislu poznati geohemičar J. K. M u r a t a piše: »Mada su u upotrebi i druge osetljive metode kao kolorimetrijska i izotopska, spektrohemijska analiza je pri geohemijskim studijama sigurno najšire primenjena metoda zbog mogućnosti određivanja vrlo velikog broja elemenata na nivou koncentracija oko 10 ppm.«*). Prema tome, za geohemijska istraživanja određene vrste ova metoda ostaje kao osnovna, najbrža i neophodna za geohemičara praktičara.

Period razvitka spektrohemijske analize (1954 — 1960. god.) odlikovao se i stvaranjem metodske baze za uvođenje terenskih geohemijskih metoda istraživanja radioaktivnih i drugih elemenata. Naročito u oblasti analitike urana bilo je neophodna i uvedena je veoma osetljiva flurome-

---

*) J. K. M u r a t a, 1957: Spectrochemical analysis for traces elements.

trijska metoda za određivanje urana u vodama i zemljištu (S. Vukotić, V. Ocokoljić, Z. Červenjak, 1957 — 1958). Kasnije, u stenama se određuje uran hromatografskom metodom a takođe u glinovitim talozima i u vodama (V. Ocokoljić, 1960). Za ispitivanje hemizma voda uvodi se skraćena hemijska analiza anjona i katjona (po Reznjikovu), zatim, kolorimetrijsko određivanje Re, kombinovano sa spektrohemijskim (uz prethodno koncentrisanje), kao i određivanje Pb, Zn i Cu u vodama i glinovitim talozima ili stenama (S. Lebedev, V. Ocokoljić, 1963). Radiometrijska metoda, jedna od osnovnih metoda u istraživanju radioaktivnih elemenata, postigla je visoku tačnost kod određivanja urana, torijuma i Ra (L. Đorđević, S. Gojković, R. Nedimović), a koristi se i metoda emanacije za ispitivanje genetskih indikatora urana u vodama i zemljištu (radon i Ra) pri geohemijskoj i radiometrijskoj prospekciji (V. Ćirić, N. Simić) u terenskim ekipama.

Stvarajući takvu metodsku osnovu, uključivanjem savremenih analitičkih metoda, kombinujući ih sa mineraloškim, uvedene su i terenske geohemijske metode ranije nego u bilo kojoj geološkoj ustanovi u zemlji. Prvi rezultati dobijeni su baš u prospekciji retkih elemenata, među kojima u prvom redu i za uran i torijum, u oblasti hidrogeohemije i metalometrije. Na taj način, geohemijska ispitivanja su zahvatila niz elemenata i omogućila otkrivanje njihovih oreola rasejavanja bilo primarnih ili sekundarnih u različitim sredinama: rudnim ležištima, mineralima, stenama i njihovim mineralima, vodama ili glinovitim talozima, kao i zemljištima.

KRATAK PREGLED TERENSKE METODIKE

Hidrogeohemija. — Pre svega, govoreći o metodici geohemijskih ispitivanja, neophodno je naglasiti neke osnovne principe na kojima se zasnivaju i same metode. Ustvari, suština hidrogeohemijske i metalometrijske prospekcije sastoji se u mehanizmu disperzije različitih elemenata (U, Zn, Mo, Pb, Ag, Cu, itd.) i uglavnom se zasniva na sledećem:

a.) Oksidacioni procesi uslovljavaju unošenje različitih elemenata iz podloge u vodene rastvore, pri čemu se glavne količine nekih metala talože pod uticajem neutralizovanih procesa prirodnih vodenih rastvora. Ovi se u vodenim tokovima preko koloida, organske materije i drugih jedinjenja vezuju za mehaničko-hemijsku frakciju. Drugi elementi kao uran, molibden, srebro, itd. imaju mnogo širi interval migracije i to počev od kiselih*) do slaboalkalnih i alkalnih uslova sredine (kompleksni uranil postojan u vodi do pH = 10.5 — 11,0). Usled toga, njihovo ispitivanje u različitim uslovima pH ili geohemijskim sredinama (oksidaciona i oksidaciono-redukciona zona) pruža podatke o specifičnoj normalnoj i anomalijskoj raspodeli, koja može da bude prouzrokovana povećanim sadržajima u podlozi u vidu mineralizacije kao i da je nastala redukciono-adsorbcionim procesima (gline, hidroksidi, karbonati i ugljena materija). Hemijski sedimentovan uran i drugi elementi, usled isparavanja vodenih rastvora, promene pH i obaranja hemijskim agensima mogu da pretrpe remobilizaciju dajući opet oreole disperzije. Ovi mogu biti vezani isto tako i za površinu mehaničkog oreola nastalog putem gravitacione diferencijacije i uopšte diferenciranja materijala stenovite podloge, u aluvionima, itd. (razne vrste oreola disperzije).

---

*) Uran se taloži ispod pH = 4.

Oksidacijom sulfida i dr. minerala zemljišta ili vode se obogaćuju različitim elementima. U slučaju Pb, Zn, Cu, itd. oreoli kiselosti (pH), SO_4, korelacija SO_4 — Cl i njihovi odnosi postaju značajni indikatori. Sulfatni oreol je indikacija (izuzev pojave gipsa, sulfata) a sadržaj metala bliže definiše vrstu mineralizacije kao i oreole bilo hemijske ili hemijsko-mehaničke (vode, glinoviti talozi).

b.) Hidrogeohemijska istraživanja u vezi sa takvim procesima koriste se u vidu oprobovanja voda, a koje je uvek uslovljeno prirodnim rasporedom hidrografske mreže površinskih (kraći tokovi) i podzemnih voda. Pri tome se uzorci površinskih voda uzimaju odmah iznad ušća sa ciljem jasnog razgraničenja eventualnih oreola rasejavanja i njihovog lakšeg lokalizovanja bez obzira da li su u pitanju vode, glinoviti talozi ili aluvioni koji ih kontrolišu. Posebno se obraća pažnja na podzemne vode, zatim, pH, T, visinsku zonarnost, geološke formacije. pokrivenost terena, sezonske promene, količinu vode na vodopunktu, hemizam vode, nagib terena, sadržaj urana, Rn, Ra i drugih elemenata, a vodi se računa o karakteru mineralizacije, njihovog pojavljivanja i strukturnim karakteristikama područja. Sve ovo je od važnosti za uočavanja normalnog polja rasejavanja-fona i odstranjenja lažnih anomalija koje se mogu javiti iz različitih razloga kod raznih elemenata (rasejana mineralizacija u steni, isparavanje, remobilizacija, mehanički oreoli nastali koncentracijom akcesornih sastojaka u rečnim koritima, itd.).

Međutim, pre nego što se analiziraju problemi primene, neophodno je da se istaknu neka posebna pitanja razvoja ove metodike. U vezi sa tim, treba napomenuti da se prve ideje o korišćenju hemijskih oreola u vodenoj sredini kod nas spominju u radovima S. M i h o l i ć a (lit. 32, 33, 34). Iako su to bila više eksperimentalna ispitivanja na mineralnim vodama, inače po svome značaju veoma zapažena, ona neosporno ostaju kao prvi rezultati primenjene hidrogeohemije u našoj zemlji.

S. L e b e d e v u toku 1954. i 1955. godine vrši eksperimentalna proučavanja hemijskog sastava podzemnih voda na Kopaoniku (lit. 31) i govori o »metalizaciji« vode teškim metalima i uticaju podloge na njen sastav. To je već neposrednija primena hidrogeohemije u izučavanju hemijskih oreola disperzije.

Ali, kod nas se tek 1957. godine uvodi organizovano i masovno proučavanje sastava podzemnih i površinskih voda u cilju otkrivanja hemijskih oreola urana i prospekcije naših terena (M. A r s e n i j e v i ć, Stara planina, 1957). Osobine urana, kao što su laka rastvorljivost u oksidacionim uslovima, velika postojanost u različitim hemijskim sredinama (pH) i sposobnost da gradi oreole disperzije, koji dospevaju na veliku udaljenost od izdanaka ili mineralizacije, uspešno su korišćene još ranije u mnogim zemljama (SSSR, SAD, itd.). Zato je postojeća metodika samo prilagođena našim uslovima. U tome smislu, naročito je obraćena pažnja pogušćavanju mreže oprobovanja (1 — 4 uzorka na 1 km^2) zbog specifične veličine oreola, uslovljene tektonsko-metalogenetskim karakteristikama, a što je odmah u samom početku bio važan i presudan zaključak za efikasnu primenu metode terenskog prikupljanja podataka. Time se bacilo težište na analizu raspodele urana u kraćim reprezentativnijim vodenim tokovima i, posebno, izdanskim vodama.

U instrukciji za terenske geohemijske radove (lit. 14, 48) posvećena je pažnja značaju, primeni i organizaciji geohemijskih ispitivanja, a raspravljaju se i neka pitanja oreola disperzije urana, radona i radijuma i pratećih elemenata u vodama (anjoni, katjoni), stenama, zemljištu, glinovitim talozima, mineralima, kao i njihovoj indikatorskoj ulozi pri rešavanju nekih važnih pitanja prospekcije. Postavlja se kao važno da »ispitivanje rasporeda mikroelemenata u stenama spada u korisne geohemijske radove koji pomažu da se rasvetle uslovi magmatske diferencijacije ili procesa koji su uslovili koncentrisanje ili rasejavanje elemenata u raznim tipovima stena i masiva« . . . , kao i »da detaljnija geohemijska karta bilo mineralnih pojava, delova ili celih masiva upotpunjava geološko-mineraloškU situaciju ispitivanog terena.« Takva orijentacija i naša nastojanja u oblasti specifične primene — razrade geohemijskih metoda bili su sigurna osnova za perspektivan razvoj terenske metodike i analitike elemenata.

Ustvari, primena terenskih metoda i tumačenje podataka u hidrogeohemijskoj prospekciji nije išlo uporedo, jer se u početku otkrivanje oreola (Stara planina) zasnivalo na prostom upoređenju jačine apsolutnih sadržaja urana. Klasifikacija anomalija urana i njihovo tumčenje, koje je uvek specifično ,poboljšana je nešto kasnije uvođenjem skraćene hemijske analize voda i korišćenjem spektrohemijske analize suvih ostataka vode, a zatim uračunavanjem ranije pomenutih faktora (lit. 15, 18, 46, 47). Tim putem se došlo do neophodne veze između hemijskog sastava vode i geološko-klimatskih uslova formiranja (opšta mineralizacija, mikroelementi) i, najzad, do mogućnosti razlikovanja l a ž n i h od p r a v i h hemijskih oreola disperzije urana. Ovome je nekada posebno koristilo ispitivanje raspodele Ra i Rn u podzemnim vodama (V. Ć i r i ć, 1961), a metalometrijsko ispitivanje glinovitih taloga, u sklopu hidrogeohemijskog istraživanja urana, još više upotpunjava sliku mehaničko-hemijskog rasejavanja elemenata čije održavanje u vodenoj sredini uslovljava hemijski karakter prirodnih rastvora.

Uporedo sa prospekcijom urana, pošto je bilo neophodno posmatrati hemizam rastvora, posvećena je posebna pažnja drugim mikroelementima — pratiocima urana (Mo, Pb, Zn, Ni, Ag, Co, itd.). Zato se i prišlo kompleksnom istraživanju metala (lit. 18, 15), pri čemu su oko 10% uzoraka vode ispitivanih na makrokomponente, kao i anomalne vode na uran, takođe pripremani za suve ostatke, sa posebnim akcentom na kisele vode, na kojima su vršene spektrohemijske analize mikroelemenata. Na taj način, hemijski karakter vode, korelacija opšte mineralizacije i SO_4 ili Cl, raspodela SO_4, zatim SO_4/Cl ,utvrđivali su sulfidnu mineralizaciju. Sadržaj mikroelemenata u suvim ostacima takvih voda upotpunjavao je vezu sulfatnih oreola (karte hemizma voda) sa orudnjenjem razlikujući sterilnu piritnu ili sulfatnu sterilnu od sulfidne mineralizacije sa korisnim elementima. Zasnivajući je na osnovnim i opštim principima hidrogeohemijske prospekcije, postavljena je univerzalna metoda istraživanja obojenih metala. Njena efikasnost je naročito velika pri istraživanju Zn, Cu, Mo, itd., dok je kod Pb nešto slabija u regionalnom smislu ali indiciranje njegovih anomalija je siguran znak da je prisutna mineralizacija (lit. 43). Korišćenje glinovite frakcije iz vodenih tokova samo je još jedan vid kontrole, disperzije zbog promene pH, koja nastaje bilo preko mehaničke

frakcije sulfida, sedimentacije ili adsorbcije koloidnim ili geloznim česticama (lit. 37).

Ovaj vid kontrole — kompleksne prospekcije koristi se i kasnije (1960—1964. god.) i u pojedinim oblastima izvanredno je odražavala metalogenetske karakteristike područja, odnosno oreole Mo (oreoli dugi nekoliko km, Mačkatica), Zn, Pb, Cu, Ag, itd.

Uvođenjem kolorimetrijske metode za određivanje Pb, Zn i Cu (V. Ocokoljić) hidrogeohemijska prospekcija se koristi za specijalna istraživanja ovih elemenata (oblast Lece). Zasnovana na ranijem iskustvu regionalna prospekcija je izvanredno ocrtala oreole sulfatizacije i perspektivna područja (lit. 40). Tako je, uz ogromnu brzinu izvođenja analiza na terenu, omogućena zadovoljavajuća gustina oprobovanja i povećana efikasnost zahvatanja sulfatnog a takođe i oreola prospektovanih metala. Pri detaljnoj prospekciji ovi uslovi su još bolje ostvareni zahvaljujući oprobovanju svih postojećih vodopunktova, a u oba slučaja vrši se obrada svih prikupljenih uzoraka na određene metale, SO_4, pH, delimično na anjonsko-katjonski sastav, kao i kontrola oreola preko suvih ostataka. Samo oprobovanje propraćeno je terenskim osmatranjem geoloških prilika. Time je kompleksno hidrogeohemijsko istraživanje usvojeno kao pogodna metoda za kontrolu oreola disperzije različitih metala u masivima i strukturno perspektivnim područjima.

Metalometrija. Drugi pravac u kome se kretalo istraživanje hemijskih povezanih sa mehaničkim oreolima predstavlja metalometrijsko kartiranje ili prospekcija traženih metala. Cilj ovih proučavanja je da se otkriju primarni ili sekundarni hemijsko-mehanički oreoli i ona su se razvila u više grana:

a.) Detaljno metalometrijsko kartiranje namenjeno je lokalizovanju oreola, odnosno izdanaka. Eksperimentalna ispitivanja na probnim objektima su pokazala da je moguće da se preciznije okonturi mineralizacija (u većini slučajeva), oreoli vežu za izdanke (lit. 16, 20, 21) i, na osnovu sadržaja urana ili Th, osete promene u eluvijalnom sloju raznih formacija. Povoljni rezultati stvorili su osnovu za primenu ove metode u detaljnoj prospekciji, a ređe u regionalnoj prospekciji sedimentnih basena. Za efikasnu primenu metalometrije neophodno je dovesti u vezu gustinu mreže profila i metalogenetskih karakteristika područja, jer ako se zna da se u određenoj oblasti javljaju na površini izdanci većih dimenzija onda je sigurno dovoljna ređa mreža. Mala ležišta i slabi izdanci bezkompromisno zahtevaju znatno gušće oprobovanje, a to ima značaja za sve vrste prospekcije geohemijskim metodama. Efikasnost istraživanja malih izdanaka, odnosno malih i kratkih oreola time postaje znatno veća, a gde još značajno utiču nagib zemljišta, dubina eluvijalnog sloja, strukturne odlike područja, itd.

b.) Rekognoscirajuće metalometrijsko kartiranje granitoidnih masiva i njihovog omotača u pogledu urana, torijuma, makrosastava i drugih mikro komponenata. Ovakva ispitivanja su započeta još 1959. godine u okviru geohemijske ekipe (lit. 15) u cilju upotpunjavanja slike o raspodeli radioaktivnih elemenata u stenama koje čine podlogu vodenih tokova. To je bilo ispitivanje po nepravilnoj mreži, ali koje je služilo upoznavanju raspodele U i Th u različitim formacijama zahvaćenim različitim promenama

u toku formiranja masiva (asimilacija, metasomatoza, diferencijacija, itd.). Ovakvo istraživanje primarnih oreola ukazalo je na njihovo različito koncentrisanje u magmatskoj fazi stvaranja granitoida Kopaonika, Belasice Ograždena (starija faza biotit-granita, aplitoidni ružičasti granit, albitizirani metasomatski biotit granit) ili Crnog Kamena (sijeniti). Regionalne geohemijske razlike su se jasno ocrtavale otkrivajući uticaj hemizma i metasomatskih procesa na raspodelu radioaktivnih elemenata, a posebno prisustvo šireg intervala diferencijacije i sukcesije u magmatskom kompleksu (Crni Kamen, Ograždeh, Belasica).

Sličan način istraživanja primarnih oreola, a zatim i sekundarnih, koristi se pri masovnom kartiranju masiva po pravilnoj mreži profila, u razmeri 1000 × 1000 m ili 500 × 500 m, sa zadatkom petroloških, geohemijskih, metalogenetskih i tektonskih proučavanja perspektivnosti granitoida (lit. 49, 50, 51, 16, 17, 21, 22, 23) u pogledu uranske mineralizacije.

c.) Proučavanje primarnih oreola retkih i rasejanjh elemenata u mineralima (monomineralne frakcije) rudnih ležišta metala i mineralnih pojava. Kao što je već naglašeno, na ovim ispitivanjima se radilo još od osnivanja spektrohemijske laboratorije (geohemijske) tako da se rezultati ovoga rada ogledaju u otkrivanju mnogih retkih elemenata kao Be, Ge, Ga, Tl, In, Rb, Re, Cs, retkih zemalja, Nb (lit. 1, 2, 3, 4, 5—12, 16—26, itd.). Tim putem su proučene i objašnjene mnoge pojave mineralizacije i procesi metasomatskih promena stena, faze stvaranja mineralnih parageneza i uslovi koncentrisanja određenih elemenata.

Međutim, uprkos svim uspesima u kratkom periodu, kao i dostizanja savremenog naučnog nivoa, usporeni razvitak geohemije uslovljen je, pored ostalog, još i okolnostima što se ovoj disciplini na fakultetima posvetila pažnja tek od pre nekoliko godina (1957. god.). Ta pojava je uticala na potpun nedostatak kadrova za geohemijska proučavanja i ovi su se stvarali u okviru Instituta prenošenjem iskustva na mlađe kao i putem specijalizacije (SSSR, Francuska, Poljska). Zahvaljujući tome i savremenoj opremi laboratorija omogućeno je da primenjena geohemija u ovoj Ustanovi (INS) dostigne zadovoljavajući naučni nivo i dâ krupan doprinos savremenom istraživanju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina u našoj zemlji. Računajući na značajan napredak i dostignuća geohemije i u drugim geološkim ustanovama njen dalji razvitak ima obezbeđene perspektive (Rudarsko-geološki fakultet u Beogradu, Geološki zavodi: SR Srbije, SR Slovenije, SR Makedonije, SR Bosne i Hercegovine, SR Hrvatske, kao i fakulteti u ovim republikama).

U vezi sa ovim, treba napomenuti da razmere geohemijskih ispitivanja u INS mogu najbolje da se sagledaju ako se ima u vidu da je broj uzoraka, samo u hidrogeohemijskim ispitivanjima, u 1957. godini iznosio nekoliko stotina, u 1959-oj godini nekoliko hiljada, da bi u sledećim godinama porastao na desetine hiljada uzoraka vode, a da se i ne govori o masovnom prikupljanju uzoraka stena, minerala, glinovitih taloga ili drugih tehnoloških produkata. To očigledno dokazuje koliko se u našim povoljnim metodskim uslovima svestrano prišlo izučavanju raspodele elemenata sa ciljem istraživanja njihovih oreola disperzije, odnosno otkrivanja rudnih koncentracija, na bazi terenskih geohemijskih uslova i statističke obrade ogromnog analitičkog materijala (lit. 1—24, 40—43, 49—54).

OSNOVNE STATISTIČKE OPERACIJE U INTERPRETACIJI RASPODELE ELEMENATA

Pri svim ovim ispitivanjima od neobične važnosti je sređivanje podataka, uočavanje normalnog rasejavanja u regionalnom ili, što je još važnije, u lokalnom smislu s obzirom na značajne varijacije uslova formiranja oreola disperzije bilo u vodama ili zemljištima, u nižim ili višim delovima terena, kao i u različitim geološkim formacijama. Relativna veličina — kontrasnost anomalija je utoliko značajnija ukoliko ova oštrije odstupa od normalnog rasejavanja registrovanog prospekcijom i dobijenog po već pomenutim kriterijumima. Zato je u prvom stupnju analize važno naći relativan odnos između ove dve veličine. Statističkom analizom se došlo do određenog kriterijuma o »sredini populacije« sadržaja elemenata (vode, zemljišta, minerali, određene formacije, itd.), koja karakteriše prosečnu vrednost normalnog rasejavanja. Zato se kod tumačenja mase podataka, pri selekciji anomalija, vrše sledeće operacije:

a.) Utvrđivanje normalnog rasejavanja — fona (formiranje, visinska zonarnost, geografska orijentacija područja, analiza manjih područja, itd.).

b.) Uočavanje povišenih sadržaja u sklopu uticaja faktora koji mogu da utiču na formiranje anomalija u određenom području (zasoljenost voda, hemijski karakter sredine, isparavanje, itd.).

c.) Korelacija različitih komponenata (količina soli u vodama: uranu, itd.).

d.) Poludetaljna provera — pogušćavanje uzoraka vode u indiciranom anomalnom slivu i kontrola analitičkih merenja.

e.) Detaljna provera anomalnog područja (radiometrijsko, metalometrijsko, emanaciono ispitivanje voda i zemljišta, Ra i Rn u izdanskim vodama, kao i strukturno-geološka posmatranja).

f.) Plitki rudarski radovi i proučavanje sadržaja urana i drugih mikroelemenata — pratilaca.

Ranije se problemu izdvajanja anomalija prilazilo putem statističke varijacije sadržaja (varijaciona kriva) i aritmetičke sredine ($\bar{X}$), a zatim je primenjena geometrijska sredina*) (γ) koristeći logaritamske rangove za izračunavanje ove veličine (log 1,00 — 0,90), itd.). Klasiranje se vrši postavljanjem sadržaja elemenata (ppm, %, γ/l) u odgovarajuće rangove. Osnovni parametri — geometrijska sredina i disperzija — određuju homogenost posmatrane raspodele. Ukoliko je homogenost veća, manji su izgledi da se u vodama otkrije oreol disperzije urana ako su prethodno ispunjeni uslovi za ovakvu analizu. Sa druge strane, maksimalno smanjenje razlike između geometrijske (najčešća vrednost u populaciji) i aritmetičke sredine ($\bar{X}$) kvalitativno ukazuje na visoku homogenost raspodele i odsustvo oreola disperzije. Sa pojavom heterogenije raspodele, bez obzira kakvog je ona porekla, rastu razlike između ovih veličina. Time se, opet, pokazuje da aritmetička sredina, kao rezultat prostog ili zbira aritmetičkih rangova, može da dovede do povećane srednje vrednosti usled dejstvaređih i izuzetno visokih sadržaja, što se kod logaritamskih rangova izbegava uticajem mase nižih i najčešćih sadržaja. U prvom slučaju ova pojava ide na štetu egzaktnog određivanja prave sredine oko koje se pri-

*) R. Coulomb, 1959: Contribution à la géochimie de l'uranium dans les granites

bližno simetrično raspoređuju sadržaji (na ovo utiču karakter raspodele elementa i analitička greška). Pa ipak, ova veličina može da se koristi u geohemijske svrhe, u prospekciji, ako se raspolaže velikim brojem *(N)* uzoraka. Nepogodnosti su u tome, što pomeranje sredine prema višim vrednostima smanjuje »indeks kontrastnosti« anomalije i može da utiče na propuštanje anomalija niskog intenziteta, nastalih iz različitih mogućih uslova, koja bi se našla ispod »iskustvene gornje granice« normalnog rasejavanja nekog elementa za određeno područje (10,5 ili 2 puta viši sadržaj od fona). Međutim, geometrijska sredina je povoljniji parametar pa se pomoću nje i sadržaja elementa dobija koeficijent anomalnosti-kontrasnost anomalnog uzroka $K_a = \frac{\text{sadržaj u uzorku}}{\bar{\gamma}}$. Ali, koeficijent anomalnosti sam za sebe, kao relativna statistička mera anomalnosti sadržaja urana ili drugog elementa u vodama (SO_4, pojava gipsa ili reliktnih soli) još ne označava da je u pitanju stvarni oreol disperzije niti govori o granici anomalnosti uzorka (lit. 15, 18, 48). U nekim slučajevima može se u tumačenju poći od najviših vrednosti koeficijenta anomalnosti, bilo za uran ili za neke anjone, ali to može dovesti i do pogrešnih prognoza o prisustvu oreola disperzije zbog heterogenih uslova formiranja hemijskog sastava voda, izuzimajući neke druge metale čija je pojava u povećanim količinama sama po sebi indikativna (industrijska kontaminacija se mora imati u vidu). Zato se kod nas već više godina pri ovim proučavanjima za objašnjenje raspodele U, u jednoj istoj formaciji i sličnim klimatskim uslovima, koristi regresiona korelaciona analiza, preko količine soli ili elektro-provodljivosti vode, kao i drugih komponenata (lit. 18).

Osnovni zadatak korelacione analize sastoji se u ispitivanju odnosa dveju komponenata (X i Y) sa ciljem da se pomoću dijagrama korelacije i jednačine prvog ili višeg stepena ($Y = a + bx$, $Y = a + bx + cx^2$) utvrdi njihova korelacija — međuzavisnost. U slučaju urana u vodama, poznato je da na njegovu raspodelu utiču, pored primarnih oreola, još i mnogi hidrogeološki, klimatski i hemijski faktori, a zatim primarna raspodela i stanje rasejanog urana, kao i tektonske i litološke karakteristike terena. U skladu sa tim, u određenim uslovima formiranja hemijskog sastava voda sadržaj rasejanog urana raste prema nižim nivoima, što može da prouzrokuje, i pored izdvajanja fona po formacijama i hidrogeohemijskim visinskim zonama, subjektivnu ocenu kontrasnosti anomalija sadržaja. Zato pozitivna (abscisa: količina soli u mg ili mgEkv) ili negativna korelacija (abscisa: veličina elektropovodljivosti vode) na dijagramu rasturanja kvalitativno može da istakne zavisnost porasta urana od količine soli u vodenim tokovima, uslovljenu uticajem pomenutih faktora. Pomoću izračunatog koeficijenta korelacije $\left[r^2 = \pm\left(1 - \frac{Sy^2}{\sigma y^2}\right)^2\right]$ kvantitativno se utvrđuje jačina prosečne veze između koncentracije urana i zasoljenosti prirodnih voda, odnosno dejstvujućih činilaca u određenom području. Vrednost r, počev od ± 0 do $\pm 1{,}0$, približava se funkcionalnoj vezi posmatranog para, što je karakteristično za pojave koncentrisanja epigenetskog rasejanog urana u vodama. Sa druge strane, provera značaja r je od posebne važnosti, jer ova pokazuje pravu zavisnost komponenata za određeni broj uzoraka. Broj uzoraka igra važnu ulogu naročito ako je on mali. Ali, u svakom slučaju neophodno je da se prouči značaj ovoga parametra na osnovu ste-

pena slobode *(df)* i granica poverenja $P_{005\%}$ i $P_{001\%}$. Uvođenjem korekture za broj uzoraka ($df = N - 2$) dobijaju se kritične granice ispod kojih eksperimentalni koeficijent korelacije ne označava zavisnost ispitivanog para, a iznad njih sigurno je prisustvo veze čiji intenzitet raste prema vrednosti $\pm$ 1,0. Na taj način razrešava se pitanje uticaja fluktuacije sadržaja koja dovodi do vrednosti r obuhvaćeno granicama slučajne zavisnosti. U geohemijskom smislu ovo znači da koeficijent korelacije iznad teorijski dozvoljenih granica indicira prisustvo »lažnih oreola« genetski povezanih sa faktorima koji izazivaju preraspodelu urana u epigenetskim procesima. Istovremeno, ovim se odražava i heterogenost rasporeda urana na širem prostoru, gde dolaze do izražaja uticaji podloge, insolacije, visinske zonarnosti, itd., na relaciji uran-anjonsko-katjonski sastav vode. To se ne dešava u slučaju prisustva pravih hemijskih oreola disperzije, uslovljenih uranskom mineralizacijom, jer je relativni porast urana brži od porasta opšte mineralizacije — prisutnih rastvornih soli u vodama, a odražava se u odstupanju od negativne ili pozitivne tendencije zavisnosti (lit. 18).

Koristeći standardnu devijaciju oko funkcije $Sy^2 = \left(\frac{\Sigma d^2}{N \text{ ili } N-1}\right)^2$ mogu da se izdvoje izrazito anomalni uzorci koji, na rastojanju $3\,Sy$ ili $2\,Sy$ od regresione prave, čine posebnu populaciju i postaju indikatorski u pogledu uranske mineralizacije, čak i u uslovima nešto povišene opšte mineralizacije prirodnih voda.

Slično ovome posmatraju se odnosi i drugih elemenata kao Pb : U, Pb : Zn, Mo : U, Ga/In : In ili Ga, itd. Utvrđivanjem značajne zavisnosti između ovih ili drugih komponenata, a takođe i njihovih odnosa, postoji mogućnost, u pogodnim uslovima, da se eventualno otkriju kriterijumi za praćenje urana pri istraživanju, a takođe i u slučaju drugih geohemijski i paragenetski sličnih formacija elemenata.

Posebno je važno da se naglasi da se kod nas, kao i u inostranoj literaturi, još uvek vrše analize međuzavisnosti različitih komponenata na osnovu njenih kvalitativnih indikacija*), bez matematičkog dokazivanja vrednosti njihovog koeficijenta korelacije. Neosporno je da se u takvim proučavanjima mogu da jave greške u oceni mere zavisnosti. Sadržaji elemenata, izraženi raznim mernim indeksima (ppm: %, itd.), nekada se i slučajno postrojavaju na dijagramu rasturanja, pogotovu kod malog broja uzoraka, dajući prividnu međuzavisnost koja se, dalje, tumači kao jača ili slabija. Prostorna orijentacija tačaka i nagib polja rasturanja, sa često proizvoljno povučenom pravom prosečnosti, uzimaju se kao mera povezanosti u geohemijskim procesima. Čak i kada se izračunava koeficijent korelacije, ne vrši se provera njegovog značaja koja je neophodna baš zbog gore pomenutih razloga. Dakle, sve se to čini bez korekture koeficijenta korelacije za broj iskorišćenih merenja, znači bez matematičke provere izvršenih statističkih operacija.

Prirodno je, međutim, da se u geohemijskoj interpretaciji takvo posmatranje problema mora zameniti kvantitativnom matematičkom kontrolom. To se naročito odnosi na pitanje veze kod malih vrednosti koeficijenata korelacije i malog broja uzoraka (20 — 50), a značajno je i u slučaju proučavanja veze tri ili više komponenata gde je cilj da se utvrdi

---

*) Kvalitativna mera međuzavisnosti dobija se i preko relativnih intervala za r (0,0 — 0,2 = odsustvo veze; 0,2 — 0,4 = prisutna, itd.).

čista veza između parova, odnosno definiše kretanje jednog u odnosu na druga dva elementa, kao što je to kod Mg-Li-Na, Mg-Ni-Fe, itd. (parcijalna korelacija). Međutim, iskustvo je pokazalo, a to je i pravilo, da se podaci dobijeni statističkom obradom analitičkog materijala ne mogu mehanički da primenjuju. Korelaciona ili bilo kakva druga matematička operacija posmatrana odvojeno od geohemijskih i drugih terenskih uslova gubi smisao i ne odgovara svojoj nameni. Usled toga je u geohemijskoj statistici neophodna ispravno postavljena radna hipoteza koja će imati određene ciljeve u proveri i tumačenju uzroka formiranja ili kretanju anomalnih sadržaja elemenata. Takvo prilaženje u dosadašnjoj praksi, pri prospekciji urana i uopšte proučavanju raspodele elemenata i njihovih međusobnih odnosa u različitim geološkim formacijama, prikazalo je statističku analizu kao pogodno sredstvo za egzaktno posmatranje migracije elemenata (lit. 15, 18, 17, itd.).

Pri proučavanju i izdvajanju anomalija uspešno se koristi i Gaus-ova teorijska kriva i njeni parametri $\overline{X}$ i $\pm\sigma$, a takođe i za utvrđivanje karaktera distribucije. Kod klasifikacije anomalija do nivoa 95% uzorci-sadržaji treba da se nađu u okviru normalnog rasejavanja. Ukoliko ovi nisu obuhvaćeni teorijskom krivom, dobijenom iz eksperimentalnih merenja ili su u granicama poverenja 5 — 1%, njihove vrednosti sigurno označavaju područje anomalne populacije — oreol hemijske, mehaničke ili mehaničko-hemijske disperzije. Potvrde za ovakve mogućnosti tumačenja dobijene su proučavanjem mase podataka za Pb, Zn, Cu i SO_4 u vodama i glinovitim talozima (M. Arsenijević, 1963, Lecki eruptivni masiv, Osogovske planine-Zletovo). Tako su do nivoa 5% od svih sadržaja izdvajane anomalije I (van $\overline{X} + 3\sigma$), II i III tipa, pri čemu su nekada niži tipovi anomalija pripadali osnovnom (I). U ovakvim tumačenjima ne uzima se u račun samo $x_1 = \overline{X} \pm n \cdot \sigma$), već se polazi od nivoa 5 i 1%, gde anomalije mogu pasti u okvire $\overline{X} + 3\sigma$, $\overline{X} + 2\sigma$, ili, čak, $\overline{X} + 1.5\sigma$, što predstavlja dovoljno sigurnu osnovu za utvrđivanje oreola disperzije. Porastom homogenosti raspodele urana ili drugih elemenata smanjuje se mogućnost pojave regionalnih ili lokalnih oreola pod uslovom približne homogenosti ispitivane sredine. Kada je podloga ili sredina heterogena onda umesto anomalija mogu se otkriti uticaji razlika nastalih zbog prirode tla ili nosioca traženih elemenata ,a o čemu je neophodno voditi računa.

Ako se posmatra »grafičko« izdvajanje anomalija preko kumulativnih frekvencija — kumulativne krive, treba istaći da je i ovaj vid pun opasnosti kada insistira na preciznom izdvajanju granice anomalija. Lomljenje krive, njeno skretanje od generalnog pravca određenog normalnim rasejavanjem, zahteva veliku obazrivost i po svome karakteru približava se običnoj selekciji, zasnovanoj na iskustvu, pošto je njen najočigledniji princip — izdvajanje najjačih anomalnih sadržaja u najvišem rangu (aritmetički ili logaritamski). Metodi koji se zasnivaju na uračunavanju $\overline{X} + n \cdot \sigma$ (Gaus-ova kriva) ili korelaciona regresiona analiza, gde se Sy koristi za izdvajanje granice anomalija od $y = a + bx$, sa dovoljnom sigurnošću matematički ili grafički mogu da ilustruju anomalne sadržaje u masi uzoraka, perspektivne za dalju proveru u detaljnoj fazi proučavanja. Sve ove operacije čine razne vidove matematičko-geohemijske statistike čiji je cilj da zameni metode »iskustva« i stvori opšti kriterijum matematičke kontrole i egzaktnog izučavanja raspodele elemenata.

U slučaju ispitivanja karaktera distribucije pomoću aritmetičkih rangova posmatra se odnos teorijske i prirodne raspodele preko »hi-kvadrata« za određene stepene slobode [$df = (N - 1)(2 - 1)$] na nivoima poverenja u okviru kojih je važeći normalni tip raspodele. Nalazeći odstupanje od normalne raspodele, utvrđuje se da li je u pitanju neki drugi tip (lognormalni) koji može da se javi kao prirodna zakonska raspodela u normalnim uslovima diferencijacije i formiranja određene sredine ili su na primarnu raspodelu uticali neki naknadni procesi — metasomatoza (odstupanje i od lognormalne raspodele). Lognormalna distribucija (L. H. A h r e n s) ispituje se preko logaritamskih rangova, odnosno kumulativnih frekvencija (Henrijeva prava), zatim γ i σ. Pri ovome, kao i u svim slučajevima statističke analize zahteva se i operiše se sa što homogenijom masom uzoraka (granit jedne vrste, vode iz određene formacije, sa malim visinskim razlikama vodopunkta, zemljište sa jedne vrste podloge, itd.).

Statistička analiza ima raznovrsne mogućnosti za primenu u geohemiji. Tako, često je korisno, bez obzira na aritmetičke ili logaritamske parametre, da se ispita značaj razlika srednjih vrednosti nekog elementa za dve posmatrane litološke jedinice ili mineralne vrste, odnosno populacije uzoraka za koje se pretpostavlja da su genetski različite. Dobijena veličina $t = \frac{\Upsilon_1 - \Upsilon_2}{s}$ ukazuje, u okviru granica poverenja na nivou $P_{0{,}95\%}$ i $P_{0{,}01\%}$, da razlike između srednjih vrednosti proizilaze usled slučajne fluktuacije sadržaja i da praktično srednje vrednosti označavaju jednu istu populaciju. Međutim, kada se kritična vrednost (t) nalazi van intervala sigurnosti onda su zaista prisutne različite populacije, formirane u različitim genetskim uslovima, a što se veoma jasno zapaža i na histogramima distribucije koji mogu da posluže kao indikacija pri razdvajanju ovakvih populacija (lit. 22, 25, 52).

Treba napomenuti da se izdvajanje anomalija u metalometriji i sličnim vrstama prospekcije vrši putem izosadržaja ili izokoeficijenata. Taj kriterijum je zasnovan direktno na jačini apsolutnih sadržaja ili na kontrastu u odnosu na lokalni fon elementa. Intervali izosadržaja ili izokoeficijenata obično se određuju po aritmetičkoj progresiji. Ali, daleko je pogodnije da se koristi geometrijska progresija (na prim.: 0-2, 2-4, 4-8, 8-16, itd.) za definisanje anomalnog područja, jer jasno izdvaja anomalne delove terena i uprošćava metalometrijsku kartu. Aritmetička progresija, naprotiv, ustaljenim intervalom sadržaja pravi teškoće dajući složenu sliku metalometrijske karte sa mnogobrojnim superponiranim ljuskama oreola, što naročito dolazi do izražaja pri visokoj disperziji i kontrastu sadržaja. Usled toga, geometrijska progresija postaje jednostavnija pri grafičkom prikazivanju anomalija, a češće sukcesivno naleganje viših ljuski oreola na niže, doprinosi jasnijoj kontrasnosti anomalija. Tu se javlja pitanje homogenih i nehomogenih oreola, što često zavisi i od gustine mreže, veličine izdanaka ili slučajnog zahvatanja bogatijih ili siromašnijih partija određenim elementom. Bez obzira na strukturu oreola u ovim slučajevima iskustvo zahteva da se vrši provera najjačih anomalija, a takođe i drugih manje značajnih po intenzitetu i tipu ljuske oreola (lit. 16).

Najzad, pri tumačenju svih podataka neophodno je njihovo usko povezivanje sa terenskim geohemijskim i strukturnim uslovima i u čitavom nizu operacija (iskustvo, matematička statistika, terenski podaci) postiže

se sigurna osnova za određivanje karaktera anomalija. Ali, utvrđivanje, odnosno lokalizovanje anomalije na bilo koji od pomenutih načina još uvek ne znači da ona predstavlja i ekonomski perspektivno ležište. Različita dopunska i detaljna geohemijska ispitivanja (oksidaciono-redukcioni uslovi, kiseonik i vodoniksulfid u vodama, strukture, radon i radijum, itd.), kao i rudarski radovi tek su u stanju da rasvetle genetski karakter anomalije. To je posebno značajno kod urana zbog njegove složene preraspodele u zoni supergenih procesa, u sedimentima, zdrobljenim delovima, vulkanskim stenama i područjima oživljavanja magmatskih procesa, gde oksidaciono-redukcioni uslovi upravljaju migracijom ovoga elementa, adsorbovanjem ili remobilizacijom iz glinovitih ili propilitisanih partija. Ovo je svakako jednostavnije kod nekih obojenih metala gde oreoli kiselosti i sadržaj u vodama, zemljištu ili steni govori o endogenim primarnim oreolima.

OSVRT NA NEKA DOSADAŠNJA DOSTIGNUĆA U OBLASTI PRIMENJENE I TEORIJSKE GEOHEMIJE

Prošli period razvitka geohemije u našim uslovima može da se okarakteriše kao etapa savlađivanja teorijsko-praktične problematike ove discipline u cilju njenog svrstavanja u red istraživačkih ili studijskih metoda i pored različitih pogleda na njene mogućnosti. Njen eksperimentalni karakter je brzo prevaziđen i ova je postala samostalna, operativna metoda u pogledu geološko-geofizičkog izučavanja i prospekcije određenih magmatsko-metamorfno-sedimentnih kompleksa. Zahvaljujući pravilnom i kritičkom prilaženju metodici, u smislu usaglašavanja sa našim uslovima i potrebama, ubrzo se uvidela korist od raznovrsnog geohemijskog izučavanja primarnih ili sekundarnih oreola disperzije elemenata, a rezultati su postali neospornom činjenicom. Ispravno postavljena i dalje razvijana metodika, razumno shvaćen mehanizam formiranja oreola disperzije u razmerama naše teritorije i opšte istraženosti mineralnih pojava (postojanja geoloških karata, poznavanje rudnih regiona, mineralizacija, itd.), doveli su do korišćenja onih metoda koje su najkorisnije sa stručnog i ekonomskog stanovišta. Tako još u samom početku primene terenskih geohemijskih metoda (1957. god.) izbegnuto je bilo kakvo rekognoscirajuće hidrogeohemijsko istraživanje urana, zbog veličine oreola i urano-metalogenetskih karakteristika naših geoloških formacija, a pristupilo se direktnoj prospekciji (slično i za obojene metale) sa zadovoljavajućom razmerom karte i gustinom oprobovanja (1 — 4 uzorka na 1 km^2).

Metalometrijska prospekcija urana i drugih elemenata imala je više poludetaljan i detaljan karakter, osim što se proučavanju oreola disperzije preko glinovitih taloga iz vodenih tokova može pripisati regionalni karakter (R — 1 : 50.000). Rekognoscirajući karakter metalometrijskog kartiranja primenjivan je samo u slučaju studijskog izučavanja perspektivnosti granitoidnih masiva, njihovih omotača i ređe sedimentnih formacija usmeravajući se uglavnom na primarni raspored mikroelemenata, primarno-sekundarni kod urana, hemizam magmi, mineralni sastav i metalogentske karakteristike kao skup svih makro i mikrohemijskih odlika, i genetskih indikacija.

S obzirom na rezultate pokazalo se da su dosadašnja geohemijska proučavanja zaista bila od značaja. Samo nekoliko primera biće dovoljno da se sagleda efikasnost, vrednost i problemi njihove primene u našim geološkim istraživanjima.

Pri raščlanjavanju magmatsko-metamorfnog kompleksa u Pelagoniji (Vitolište) izneta je pretpostavka o granitizaciji u oreolu granitske intruzije (lit. 11, str. 98) na osnovu geohemijskih i litoloških manifestacija — migracije glavnih komponenata magme i njenog dejstva na kristalasti omotač. Ovakve pojave su izražene u vidu migmatita u kontaktnoj zoni a koji su se smatrali kao metamorfisana granitoidna serija (orto). Otkrivanjem metasomatskih dejstava na ovome području i prihvatanjem pojma »granitizacije« došlo se do kriterijuma kojim su se, kasnije, tumačili odnosi između granita i kristalaste serije u celoj Pelagoniji. Međutim, neka shvatanja su otišla toliko daleko da je i samim granitima pripisivano granitizaciono poreklo. Takvi zaključci su proizašli usled stalnog prisustva asimilacije bazičnijeg omotača (amfibolske stene) i granitizacije gnajseva. Ali, i pored takvih gledišta neosporno je da su granitoidi u ovoj oblasti nastali u procesu inicijalnog višefaznog magmatizma imajući sve odlike intruzivnih tela i različita geohemijska retkometalna obeležja (lit. 11, 21).

Hidrogeohemijska ispitivanja u toku svoje upotrebe potvrdila su ili otkrila povećane sadržaje urana na istraživanim terenima. Vode sa utvrđenim anomalijama ovoga elementa uvek su bile vezane za mineralne koncentracije oksidnih ili sekundarnih minerala urana, glinovite žice i druge adsorbente. Prema tome, svi dosadašnji rezultati ispitivanja dali su veoma korisne podatke u vezi raspodele urana, a zahvaljujući uvođenju naučne analize lažnih i pravih oreola disperzije nijedna značajnija pojava, mada sa kratkim oreolima, nije ostala neregistrovana.

Proučavanja hemijskih oreola disperzije Zn, Pb, Cu, Mo, Ag, itd., vršena istovremeno sa prospekcijom urana i to preko suvih ostataka (spektrohemijska analiza), uvek su odražavala područja mineralizovana ovim elementima u pogodnim geohemijskim uslovima (Belasica, Ogražden, Osogovo, lit. 15, 18).

Prospekcijom voda na području Besne Kobile (Surdulica) došlo se do korisnih podataka za sagledavanje metalogenetskih karakteristika šire oblasti preko hemijskih oreola disperzije Zn, Pb, Ag, Sn i Mo. To je postignuto spektrohemijskim određivanjem elemenata (M. Arsenijević, 1961) u suvim ostacima voda, pri čemu su hemijski oreoli pomenutih metala okonturili specifična metalonosna područja — molibdensko i olovno-cinkano. Molibdensko metalonosno područje je odvojeno od Pb-Zn i prostire se u vidu regionalnih oreola nekada dugih i nekoliko kilometara (Mačkatica, Surdulica, Vranjska Banja). Mehaničko-hemijski oreoli Pb-Zn i Cu, u glinovitim talozima vodenih tokova, ove kao i oblasti Zletova (lit. 41), pokazali su usku vezu sa mineralizovanim područjima. Slično su postigla istraživanja ovih elemenata i na masivu Lece na kome su otkriveni oreoli sulfatizacije voda, zatim oreoli Pb-Zn u vodama i glinovitoj frakciji (lit. 40).

Metalometrijska poludetaljna i detaljna kartiranja oreola urana i drugih retkih elemenata (lit. 20, 21, 51), na izdancima uranonosnih ili torijumonosnih mineralizacija, utvrdila su da ova zaista odražavaju naknadne procese u kojima su okolne stene obogaćene korisnim elementima.

U oblasti istraživanja primarnih oreola disperzije naša ispitivanja su dala takođe korisne rezultate. Posmatranjem raspodele mikroelemenata u

stenama i monomineralnim frakcijama došlo se do zaključka o prirodi magmatskih procesa, hemizmu diferencijata i sukcesiji utiskivanja. Tako, na primer, raspodela torijuma i dr. retkih elemenata pokazala je u slučaju prilepskog granita ($Th_{\gamma} = 14$ gr/t), granita Babune ($Th_{\gamma} = 24$ gr/t) i kalijskog sijenita Crnog kamena ($Th_{\gamma} = 27$ gr/t) značajne razlike kao i sličnost i vezu babunske starije i mlađe retkometalne sijenitske faze (lit. 21, 28). Time se posredno dolazi do podataka o prisustvu šireg ciklusa magmatizma ukazujući na postojanje starijih i mlađih faza granita na prostoru od Skoplja do Kajmakčalana.

Na drugoj strani, raspodela elemenata u stenama ukazuje i na druge momente. Takav školski primer, gde raspodela elemenata zavisi od uslova utiskivanja magme, sreće se u sijenitima Crnog Kamena. Ovde je otkriveno (lit. 11, 21) »anomalno« ponašanje, između ostalih, i berilijuma koji se rasejava u petrogenim mineralima (amfiboli, pirokseni, biotit, feldspat), što se u normalnim procesima diferencijacije rede dogada (reda stotih i hiljaditih %) i što tada odražava zasićenost magme ovim elementom, a tip asimilacije određuje vrstu njegovog nosioca. Ovakve pojave, uračunavajući petrološko-geološke uslove, pokazale su da je svarivanjem okolnog omotača (amfibolske stene i mermeri) prouzrokovano unošenje bazičnijih sastojaka u retkometalnu alkalnu i dobro diferenciranu magmu. Kontaminiranje aktivne jako alkalne magme (kalijske), diferencijata starijih granita, u prisustvu deficita silicije i povećane količine Mg i Ca, dovelo je do krajnjeg rasejavanja berilijuma, radioaktivnih i drugih retkih elemenata u magmatskom stadijumu i pneumatolitsko-pegmatitskom nivou stvaranja, dok je odsustvo ili raspršenost minerala ovih elemenata samo posledica geohemijskih uslova formiranja masiva u celini. Razbijena hibridno pegmatitska faza, izražena u vidu manjih i većih žica, nekada amazonitiziranih a nekada obogaćenih retkim elementima, je odraz odsustva povoljnih geoloških prilika i utiskivanja magmatskog zaostatka u labilnu bazičnu seriju, a gde kristalizacija i koncentracija retkih elemenata nije mogla da dostigne potrebne uslove.

Korelacija sadržaja elemenata, odnosno granitoida i njihovih diferencijata, kroz različite masive davala je podatke o mikrohemijskim sličnostima ili razlikama magmi, kao i drugim procesima koji su pratili ili su kasnije zahvatili masive. Pri tome je uspešno obrađivan problem torijumonosnosti magme na bazi odnosa Th/U i uticaja rastvornog urana na ovaj odnos. Na taj način je utvrđeno da relativni odnos Th/U, sam za sebe, nije u stanju da ukaže na torijumonosni karakter magme, naročito ako je nisko njegovo normalno rasejavanje, a posebno kada je procenat rastvornog migrativnog urana visok usled čega je u vremenu došlo do iznošenja ukupne količine urana i time veštački povećan odnos Th/U.

Uloga migrativnog dela urana u ovim proučavanjima ima poseban značaj. Pre svega, prava vrednost ove komponente se ogleda u metalometrijskim mrežnim istraživanjima sekundarnih, odnosno primarnih oreola, na krupnijoj razmeri oprobovanja nego kod rekognoscirajućih ispitivanja, u našem slučaju prilično poznatih masiva, i gde su ciljevi sasvim drugi u odnosu na prospekciju. Zato rastvorni uran i njegov procenat u odnosu na ukupni i nije služio kao indikator perspektivnosti, odnosno kao kriterijum, već više kao odraz fizičko-hemijskih promena nemineralizovanih stena. Kao takav, on je odražavao stepen alteracije: njegov visok sadržaj i procenat najčešće se sretao u jako metasomatski izmenjenim, zdroblje-

nim, alterisanim i mlađim stenama. Znači, onda kada se vodilo računa o vrsti stena, hidrotermalno izmenjenim i mineralizovanim, kada se uzimao faktor hemizma, diferencijata, odnosno različitih populacija uzoraka, ukupni i rastvorni uran, kao i drugi elementi, uvek su nosili odraze ovih činilaca i služili za korelaciju tipova stena po genetskim fazama i njihovih metalogenetskih karakteristika. Tim putem došlo se do zaključka da se perspektivnost granitoida ne može da gleda samo sa stanovišta opšte raspodele mikroelemenata, posebno ukupnog i rastvornog urana, a da je od primarnog značaja sveukupnost indikacija: strukturne karakteristike, hemizam magme, sukcesija u kompleksu i karakter završnih diferencijata, njihovo primarno obogaćenje-zasićenost retkim i ređim elementima i, u vezi sa tim, dubina magmatskog ognjišta, vrsta asimilacije i omotača, a zatim i jačina metasomatskih procesa. Zbog specifičnosti geohemije urana, obogaćenje jednog u odnosu na drugi masiv nije se uzimalo kac kriterijum perspektivnosti, u smislu prostog upoređenja, jer sukcesivna delatnost, asimilacija, naknadno unošenje ili iznošenje elemenata remete sliku primarne raspodele, naročito u prisustvu mehaničkih deformacija. A cilj ovih proučavanja upravo se sastoji u tome da se posmatra primarna raspodela i na osnovu nje ukaže na zasićenost magme i »perspektivnost« granitoida. Zato ovakvo prilaženje problemu još uvek nema dovoljno razrađenu teorijsku osnovu niti, pak, uslova da postane kriterijum (lit. 17, 27).

U prilog ovim činjenicama ide rasejavanje urana i torijuma u granodioritu Kopaonika. Ovaj masiv je, ako se izvrši prosto upoređenje sadržaja urana ($U_{\bar{x}} = 9$ gr/t) i torijuma ($Th_{\bar{x}} = 25$ gr/t), znatno bogatiji u odnosu na neke masive gde se sreće urano-torijumova mineralizacija. Ali, u ovome slučaju se zapaža izrazita asimilacija, znatan porast količine akcesornih minerala, sam granodiorit je mlađa intruzivna faza i obogaćen je ovim elementima, tako da je zaista regionalno upoređivanje veoma složeno i neadekvatno. Sasvim drugi i korisniji podaci se dobijaju ako se raspodela različitih elemenata posmatra preko akcesornih ili drugih minerala (Mo, Sn, Nb, Be, itd.). Na taj način su već zapažene osnovne metalogenetske odlike magme na našoj teritoriji (lit. 23).

U toku ovih proučavanja, na osnovu poznatih kao i dosadašnjih podataka, zaključilo se da uran i još neki drugi retki elementi ne stoje u direktnoj zavisnosti od kalijuma. Samim tim, iako se ređi elementi obično vezuju za alkalne kalijske ili natrijske stene, ova pojava nije uslovljena geohemijskom srodnošću već normalnom diferencijacijom elemenata i procesom frakcionisanja kiselo-alkalnog dela magmatskog zaostatka, obogaćenog retkim elementima, kao i ostalim pomenutim i poznatim faktorima. Svakako da će se na ovim problemima i dalje raditi i da će podaci biti kontrolisani u cilju razjašnjenja određenih procesa u geohemiji elemenata uopšte.

Na ovakav način posmatrana raspodela, na primer u Pelagoniji, pokazala je da je mlađa alkalna faza sijenita obogaćena retkim elementima (Be, Th, U, Nb, Zr, itd.) i da je ona usko vezana sa pegmatitsko-pneumatolitskim pojavama na ovome području (Crni kamen, Peštane, Kokre). Sličnost procesa i parageneza retkih elemenata, pri postojećem geografskom rasporedu mineralizacija, navela je na pretpostavku da se mogu očekivati i druge pojave na ovome prostoru. Novija proučavanja su ovo i potvrdila, jer se zaista bušenjem (Štavica, Prilep) i analizom utvrdilo da su prisutne slične stene obogaćene berilijumom (oko 100 gr/t).

Slični podaci su dobijeni i za sulfidno ležište Izvor Babuna, gde je izražena i pegmatitsko-pneumatolitska faza u vidu amazonitskih žica (Pb-Rb metasomatoza) kao i drugi kontaktno-metasomatski procesi, praćeni silifikacijom (M. Arsenijević, 1959—1964. god.). Sadržaj Be u sulfidnoj mineralizaciji kreće se od 2 do 200 gr/t, čime su geohemijska proučavanja dala potpuniju sliku parageneze elemenata nego sve druge prospekcije i proučavanja ovog ležišta. Time se istovremeno potvrđuje da je amazonitizacija u ovoj oblasti vezana sa pojavom retkih elemenata.

Prilikom hidrogeohemijske prospekcije urana na Ograždenu (lit. 15) utvrđeno je da krupnozrne biotit-granite probija mlađa faza mikrogranita i sitnoznih granita. Biotit-granit je nekada znatno metasomatski izmenjen i u njemu se nalaze značajna metasomatska feldspatska tela (natrijska metasomatoza), nekada s postepenim prelazom u matičnu stenu. Sadržaj mikroelemenata jasno razlikuje ove formacije, pri čemu količina urana raste prema mlađim ružičastim i sitnozrnim granitima, a Th u metasomatskom. Mlađa faza granita obogaćuje se molibdenom (do 20 gr/t) u odnosu na glavnu stariju fazu; slično je i sa berilijumom u ovome žičnom tipu.

Imajući u vidu obogaćenje molibdenom mlađih granita na Ograždenu i njegovo pojačano koncentrisanje u mineralizacijama urana u riolitima (Podareš — Kukliš — Strumica), gde sadržaj molibdena nekada prelazi 100 gr/t, koje su mlađe od starije faze ograždenskog granita a posebno od metasomatski zahvaćenih riolita (S. Cvetić), geohemijski se jasno dokazuje sukcesija magmatskih akcija na širem prostoru istočne Makedonije. Nalaženje visokih sadržaja molibdena u Pb-Zn i mineralizacijama urana Zletovsko-kratovske oblasti (Zletovska reka — Dobrevo; parageneze Pb-Zn-Mo-U u Podarešu), otkrivaju se slične geohemijske odlike mineralizacija i magmatskih akcija određene faze. Time je dokazana metalogena orijentacija mlađeg granitoidnog magmatizma na Mo i U. Produžavanje ove molibdenonosne zone na sever ulazi se u čisto molibdensko područje i gde su molibdenske i olovno-cinkove mineralizacije potpuno odvojene, a nisu zahvaćene uranonosnim rastvorima (Besna Kobila — Mačkatica). Ukoliko se ova zona prati dalje prema Dunavu, molibden i uran se obično razdvajaju a takođe izostaje i prostorna veza sa Pb-Zn u meri kakva se sreće na Osogovu (Stara planina, Bor, Majdanpek). Na taj način se izdvajaju različita metalogena područja sa nekad složenim udruživanjem elemenata, nastalim usled verovatno naleganja mlađih procesa na starije parageneze (Pb-Zn←Mo←U), kao što je slučaj na Osogovu. U vezi s tim, ne ulazeći u pitanje metalogenih etapa, treba naglasiti da je geohemijsko proučavanje korisno za uočavanje kvalitativnih razlika u pogledu prostornih asocijacija elemenata i da ono upotpunjava opštu metalogenetsku sliku posmatranog kompleksa.

Raspodela mikroelemenata u monomineralnim koncentratima iz granitoida pokazala se veoma indikatorskom (lit. 5, 23). Tako, na raznim granitskim masivima se otkrilo da akcesorni šelit, obogaćen molibdenom, označava zasićenost magme i njenu molibdensku orijentaciju. U postmagmatskom stadijumu, u ovim masivima su stvorene molibdenitske i šelitske mineralizacije (Kopaonik, Boranja, SI Srbija, itd.). Na taj način, raspodela molibdena u akcesornom šelitu dokazuje rasejavanje i istovremeno služi kao indikator hemizma magme, odnosno kao znak da su mlađe magme sa svojim postmagmatskim produktima bile primarno obogaćene molibdenom, a takođe i volframom, do te mere da su ostavile traga i na akcesor-

nom mineralnom sastavu granitoida (lit. 5, 23). Opšta povezanost molibdena sa mlađim granitoidima predstavlja najbolji kriterijum za tumačenje finalne specijalizacije magme u njenim mlađim fazama u našoj zemlji. a posebno se to jasno izražava u slučaju magmatskih akcija koje su dale arsensko-antimonsku formaciju elemenata (lit. 4 i 7).

Pojava da se zasićenost magme odražava preko mikroelemenata u mineralima sreće se i kod drugih minerala. Posmatrajući sadržaj berilijuma u cirkonu, stvaranom u pegmatitskom i pneumatolitskom procesu, utvrđeno je da se ovaj obogaćuje u pneumatolitskim (Kokre, Peštane, C. Kamen) za razliku od cirkona iz pegmatitskih i magmatskih tvorevina (Čanište, Crni Kamen, Makedonija). Uslovi postanka se jasno razlikuju: pegmatski cirkon je nastao, kao i magmatski (sijenit, granit), u normalnom visokotemperaturnom stadijumu karakteriše se zonarnom građom (crvena i žuta zona) kristala, a pneumatolitski je stvoren na nešto nižoj temperaturi u uslovima kontaminacije rastvora i zasićenja rastvora berilijumom (lit. 21, 23).

U skladu sa težnjama da primarno obogaćene magme Be, Sn ili sa Nb ostavljaju traga na mikrosastavu, pokazujući prisustvo ovih elemenata u steni, njenim mineralima ili da su izraženi njihovi sopstveni minerali, zaključilo se da se zona Dinarida, sa svojim širim oreolom granitskih masiva, karakteriše upravo ovakvom retkometalnom asocijacijom elemenata. Razlike su mnogobrojne u okviru same zone i ove proizilaze iz različitih uslova utiskivanja i hemizma magme i magmatskih faza, ali su mikrohemijske karakteristike zajedničke. U slučaju gde je kalkomagnezijska kontaminacija mlađe magme i rastvora prouzrokovana značajnom asimilacijom amfibolskih i krečnjačkih stena, retki elementi se koncentrišu u vidu sitnozrnih minerala raspršnih i uklopljenih u metasomatskim produktima: ređe se nalaze njihova nagomilanja a neki elementi su rasejani u steni ili petrogenim mineralima (Pelagonija). Tamo, gde se ne sreću slični uslovi u procesu formiranja magmatskih tela i njihovih mlađih produkata, put migracije i diferenciranja ovih retkih elemenata je i drugačiji, a uglavnom se odlikuje mogućnošću i stvaranjem sopstvenih mineralnih vrsta pomenutih elemenata u pegmatitskoj fazi ili kristalastom omotaču (centralni i zapadni delovi zone). Ustvari, ne vodeći računa o unutrašnjim razlikama, čitava ova zona se odlikuje retkometalnom orijentacijom magme, različito izraženom na raznim delovima dinarskog magmatskog kompleksa (Nb-Pelagonija, Be-centralni deo) i preovlađivanjem određenih elemenata u kvantitativnom smislu. Ovi podaci predstavljaju građu za još uvek nezavršenu regionalnu analizu geohemijskih zona koje su već indicirane (lit. 23). Ali, u svakom slučaju, oni sigurno ukazuju na »dinarsku« geohemijsku kao retkometalnu zonu koja se znatno razlikuje od karpato-balkanske u pogledu asocijacije i intenziteta zastupljenosti Be, Nb ili Sn, odnosno njihovih primarnih koncentracionih odnosa u magmi ovih krupnih geotektonskih kompleksa.

Geohemijska proučavanja raspodele mikroelemenata u mikroklinima i amazonitima pegmatita (Pelagonija) utvrdila su da su pneumatolitski mikrolini-amazoniti zahvaćeni procesom olovne, rubidijumove i cesijumove metasomatoze, a u kojima se Pb sreće u sadržajima i preko 1000 gr/t. Takva retkometalna metasomatoza se završava stvaranjem galenita, često u asocijaciji sa albitom, u raznim pegmatatitskim telima (lit. 11, 21). Sa druge strane, koncentrisanje Pb u pegmatitima, a zatim njegov povećan sadržaj

u granitoidima ove oblasti (pegmatitske žice sadrže do 0,2% Pb i 80 gr/t Bi, Crni Kamen), odražava metalogenu orijentaciju južnog dela dinarske zone. To se potvrđuje i prisustvom amazonita u Pb-Zn ležištu izvora Babune, a čime se genetsko poreklo Pb može jedino da veže za kisele granitoidne mlađe, dobro diferencirane magme.

U oblasti istraživanja retkih elemenata postignuti su značajni rezultati koji su dali znatan doprinos poznavanju mikrosastava sulfidnih ruda i minerala nekih naših poznatih ležišta Cu, Pb-Zn, Mo i As-Sb. Time su po prvi put otkriveni u nekim ležištima elementi kao In, Ga, Ge, Re ili Tl, a ispitivana je raspodela Cd, Bi, Sb, Ni, Co, Ag, Mo, As, itd., u mineralima i sulfidnim mineralizacijama (lit. 4, 7, 12, 24, 25, 52, 6, 8, 10). Iako nisu sistematski ispitivana sva ležišta i svi minerali, dosadašnji stepen ispitivanja dao je koristan pregled retkih i u tehnologiji perspektivnih elemenata. Međutim, upoznavanje raspodele ovih elemenata ne sastoji se samo u reviziji mikrosastava ruda sulfidnih ležišta. Njeno poznavanje ima značaja i za metalogeniju uopšte, za uočavanja krajnje specijalizacije magmatskih rastvora i njihovu produktivnost u raznim delovima naše teritorije u retkometalnom smislu, a sa druge strane mogu određenim paragenezama davati i genetsko temperaturno obeležje. Tako, raspodela In i Ge, zajedno sa drugim elementima indkatorima, je pokazala vidne metalogenetske razlike između Pb-Zn orudnjenja dinarske zone i bakronosnih mineralizacija karpatobalkanskog pojasa gde dominira germanijum. Zapazilo se da odnosi Bi/Sb, Ni/Co, Ga/In, itd. uspešno sadejstvuju drugim metodama pri raščlanjavanju parageneza i određivanju relativnih temperaturnih intervala njihovog stvaranja. Naročito se u tome ističe odnos Ga/In koji sve više nalazi potvrdu pri definisanju faza stvaranja rudnih mineralizacija sa sfaleritom (lit. 24). Ranija ispitivanja (lit. 12), kao i najnovija (D. Radusinović, M. Arsenijević, 1964), u Zletovsko-kratovskoj oblasti utvrđuju obogaćenje sfalerita galijumom (Ga do 160 gr/t) i indijumom (do 80 gr/t) postavljajući stvaranje ovoga minerala u raznim mineralizacijama u širok interval — od kata do epitermalne faze. Pri tome, u sfaleritu iz Pb-Zn-Mo-U mineralizacija se sreće odnos Ga/In veličine do 26 koji ovu paragenezu, odnosno sfalerit u njoj, svrstava u epitermalni interval stvaranja i gde se javlja obogaćenje i drugim elementima kao što su Cd > 1% ili Ge do 50 gr/t. U isto vreme ovi podaci jasno svedoče da su primenjeni geohemijski parametri od neosporne važnosti za genetsko-paragentsku analizu udruživanja minerala i koncentrisanja retkih i ređih elemenata.

Ovakva geohemijska proučavanja (INS), s obzirom na širinu problematike i otkrivene sadržaje traženih elemenata, prelaze okvire naučnih saznanja i ukazuju da ovim sirovinama treba posvetiti veću pažnju zbog njihovog privrednog i strategijskog značaja (legure, elektronika, itd.). Ustvari, već do sada je utvrđeno da neka ležišta (Trepča, B. Brdo, N, Brdo, V. Majdan, Sase, Šuplja Stijena, Kižnica) mogu ili predstavljaju potencijalne izvore In i Ga (N. Brdo), germanijuma (Bor, Mežice), talijuma (Alšar, Lojane), renijuma (Mačkatica, Kopaonik, Dumitri potok, Majdanpečko-borska oblast, itd.). S obzirom da se olovno-cinkana ležišta, odnosno njihovi minerali, razlikuju po sadržajima In, Ga, Cd, Bi, itd., jasno se izvlači zaključak da je to posledica ne samo temperaturnih faza i hemizma rastvora, već i strukturno-genetskog tipa i nivoa mineralizacije, a takođe i vremenskih etapa deponovanja pri utiskivanju i diferencijaciji hidro-

termalnih rastvora. Tako, rudna tela sfalerita (In do 200 gr/t) iz Velikog Majdana i Trepče (In do 1000 gr/t) i dr. obogaćena su indijumom, dok su sfaleriti iz nižetemperaturnih rudnih žica Leca i Zletovsko-kratovske oblasti, naprotiv, siromašni ovim elementom. Sa druge strane, visokotemperaturni delovi rudnih žica Šuplje Stijene pokazuju povišene sadržaje indijuma (do 180 gr/t), a takođe i visokotemperaturni delovi žica iz Dobreva (In do 80 gr/t) ili rudna tela iz Sasa (180 gr/t).

Zapazilo se, takođe, da su galeniti Leca, a postoje indikacije i za neke mineralizacije zletovskog područja, veoma siromašni bizmutom (manje od 30 gr/t) za razliku od galenita N. Brda, itd., gde se sa porastom Sb u galenitu povlači Bi (opadanje temperature stvaranja). Talijum je prisutan u nekim ležištima galenita (N. Brdo), itd., dok je u drugim kao u Lecu ili Dobrevu odsutan i javlja se u piritu do 170 gr/t (Lece). Pirit se intimno udružuje sa sfaleritom iz Leca, pa se stoga talijum sreće i u ovome mineralu do 24 gr/t, iako ga čisti sfaleriti ne sadrže. Slične indikacije se javljaju i u oblasti Zletova, mada se ove mineralizacije uopšte ne mogu smatrati proučenim na osnovu dosadašnjih orijentacionih podataka.

Ovakav način posmatranja i istraživanja raspodele retkih i ređih elemenata u rudama i mineralima je već dao pozitivne rezultate, a u budućnosti će pružiti izvrsne podatke za klasifikaciju različitih ležišta. Ovo je od posebnog značaja za uočavanje sukcesije njihovog stvaranja, a takođe i za razumevanje uslova deponovanja određenih formacija elemenata (Pb-Zn sa svojim pratiocima, As-Sb i pratioci itd.). Izuzetna vrednost dosadašnjih rezultata u ovoj oblasti istraživanja sastoji se u otkrivanju za našu privredu korisnih ređih elemenata koji se, nažalost, još uvek nepovratno gube.

Retki elementi u boksitima takođe su bili zahvaćeni našim istraživanjima, mada ona predstavljaju samo početak radova na ovim korisnim nosiocima ređih elemenata. Pokazalo se da su neki boksiti (Bosanska Krupa, 1958) obogaćeni različitim retkim i rasejanim elementima i to Zr od 220—1400 gr/t, Ga od 22—70 gr/t, Y od 100—500 gr/t, itd. i da predstavljaju povoljnu sirovinu za dobijanje ovih metala, kako je to već u praksi raznih zemalja. Ova oblast zahteva zaista dublje i sistematsko proučavanje i prospekciju putem geohemijskih metoda sa ciljem da se našoj savremenoj industriji pruži što bolja i šira sirovinska baza.

Na osnovu ovoga pregleda, analize metodike i nekih rezultata, koji potvrđuju opravdanost primenjene metodike, proizilazi da su geohemijska istraživanja (INS), postavljena na širokoj metodskoj osnovi, dala korisne podatke i u nekim oblastima geologije otvorila novu fazu možda još detaljnijih proučavanja raspodele i otkrivanja elemenata u raznim formacijama na našoj teritoriji. Sve veći broj radova svedoči o velikom zmahu u ovoj naučno-istraživačkoj disciplini uopšte i koji, istovremeno, predstavljaju metodsku problematiku i istorijat njenog rešavanja u našim uslovima. Pitanja koja se u njima raspravljaju naglašavaju potrebu za još većim naporima, a dalji razvitak će pokazati, što se već uočilo, da se problem metalogenije naše teritorije ne može detaljnije izučavati bez geohemijskih podataka. Time bi se povezala geološka istorija magmatizma sa recentnom raspodelom elemenata u mineralnim obrazovanjima i različitim geološkim formacijama. Pa ipak, zadaci se pred geohemijska istraživanja ne postavljaju samo radi »naučnih« problema, već da se kroz njihovo rešavanje, u našim geološkim i metodskim uslovima, izvuku za-

ključci i od privrednog značaja. Usled toga, teorijske vrednosti i praktične mogućnosti geohemije obezbeđuju dublje i studioznije poniranje u inače veoma složene probleme migracije, koncentrisanja hemijskih elemenata u vremenu i prostoru i, najzad, istraživanja novih ležišta raznih metala.

(Predato za štampu maja 1965. god.).

LITERATURA

1. Arsenijević M., 1955: — Spektrohemijsko ispitivanje grafita (Pasjača), Zbornik geoloških radova Instituta »J. Žujović«, knj. VIII, Beograd.
2. Arsenijević M., 1956: — a) Retke zemlje u našim šelitima i neke geohemijske karakteristike šelitonosnih emanacija, Zapisnici Srpskog geološkog društva za 1956. god., Beograd. (izvod). — b) Retke zemlje u našim šelitima i neke geohemijske karakteristike šelitonosnih emanacija, Glasnik prirodnjačkog muzeja srp. zemlje, Beograd.
3. Arsenijević M., 1956: — Promena fluorescencije posmatrana na nekim mineralima (Srbija), Glasnik prirodnjačkog muzeja, serija A, knj. 7, Beograd.
4. Pavlović V., Arsenijević M., 1956: — Talijum u Alšaru i nekim As-Sb ležištima, Trudovi Zavoda za geol. istraživanje NR Makedonije, Skopje.
5. Arsenijević M., 1957: — Hemijske primese i nečistoće u jugoslovenskim šelitima, Zbornik radova Geol. instituta »J. Žujović«, knj. IX, Beograd.
6. Arsenijević M., 1957: — Germanijum u mineralima bakra i topioničarskoj prašini, Izveštaj SK za nuklearnu energiju i SGZ-u, Beograd.
7. Antonović A., 1962: — Metalogena pripadnost As-Sb ležišta i pojava Makedonije i susednih oblasti, Referati V savetovanja geol., Beograd.
8. Arsenijević M., 1958: — Prethodno saopštenje o otkriću germanijuma u Boru, Zapisnici Srpskog geološkog društva, januar 1958; Glasnik prirodnjačkog muzeja, 1959. knj. 11, Beograd.
9. Arsenijević M., 1959: — Određivanje starosti štipskog granita metodom cirkona, Glasnik prirodnjačkog muzeja, knj. 11, Beograd.
10. Arsenijević M., 1958: — Germanijum u nekim našim mineralima, Vesnik Zavoda za geološka i geofizička istraživanja NR Srbije, knj. XVI, Beograd.
11. Arsenijević M., 1960: — Geohemijska ispitivanja kalijskih feldspata iz pegmatitsko-pneumatolitskih tvorevina (prilepska oblast), Glasnik Prirodnjačkog muzeja, serija A, knj. 13, Beograd.
12. Arsenijević M., 1961: — Indijum i galijum u nekim sfaleritima, Glasnik Prirodnjačkog muzeja, serija A, knj. 14—15, Beograd.
13. Arsenijević M., 1957: — Hidrogeohemijska istraživanja urana na Staroj planini (u izveštaju V. Simića, Fond stručne dokumentacije ZNS, Beograd).
14. Arsenijević M., 1958: — Instrukcija za terenske geohemijske radove, Priručnik — rukopis za geohemijsku ekipu, ZNS, Beograd.
15. Arsenijević M., 1959: — a) Hidrogeohemijsko istraživanje urana na Belasici, Fond stručne dokumentacije ZNS, Beograd. — b) Hidrogeohemijsko istraživanje urana na Ograždenu, Fond struč. dok. ZNS, Beograd. — c) Hidrogeohemijsko istraživanje urana na Osogovu, Izveštaj, Fond struč. dok. ZNS, Beograd. — d) Hidrogeohemijsko istraživanje urana na Babuni i Kitki, Izveštaj, Fond struč. dok. ZNS, Beograd. — e) Hidrogeohemijsko istraživanje urana na Kopaoniku, Izveštaj, Fond struč. dok. ZNS, Beograd.
16. Arsenijević M., 1961: O oreolima disperzije torijuma i urana (Peštane, Crni Kamen, Osogovo), Referat na Italijansko-jugoslovenskom simpozijumu, Rim.
17. Arsenijević M., Pešić D., 1962: — Mikroelementi u granitoidnom kompleksu SZ dela Stare planine, Referati V savetovanja geologa FNRJ, Beograd
18. Arsenijević M., 1962: — Uran u vodama Osogova, Glasnik Prirodnjačkog muzeja, Serija A, knj. 16—17, Beograd.
19. Arsenijević M., Červenjak Z., 1962: — Renijum u molibdenitima, Glasnik Prirodnjačkog muzeja, Serija A, knj. 16—17, Beograd.
20. Arsenijević M., 1963: — O oreolima disperzije urana (Peštani, Prilep), Glasnik Prirodnjačkog muzeja, Serija A, knj. 18, Beograd.

21. Arsenijević M., 1962: — Metalometrijsko ispitivanje oreola disperzije torijuma i urana na sijenitu (Crni kamen, Prilep), Glasnik Prirodnjačkog muzeja. Serija A, knj. 19 (u štampi), Beograd.
22. Arsenijević M., Pešić D., 1962—1964: — Retki i rasejani elementi u granitoidima Suvodolskog masiva, Vesnik Zavoda za geol. i geofiz. istraživanja, (u štampi), Beograd.
23. Arsenijević M., 1964: — Raspodela kalaja, berilijuma, niobijuma i molibdena u mineralima granitoida kao indikator geohemijskih polja u oblasti Dinarida i Karpato-balkanskog luka, Radovi Sektora za istraživanje nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, Sveska 3, (u štampi), Beograd.
24. Arsenijević M., 1964: — Odraz genetskih uslova na promenu odnosu Ga/In u sfaleritu-marmatitu olovo-cinkanih ležišta, Simpozijum za geohemiju Beograd.
25. Arsenijević M., 1964: — Geohemijske karakteristike sfalerita kopaoničke oblasti. Fond struč. dokum. ZNS, Beograd.
26. Arsenijević M., 1958: — Rasejani i retki elementi u boksitima Bosanske Krupe. Fond struč. dokum .ZNS, Beograd.
27. Arsenijević M., Pešić D., 1963: — Geohemijske karakteristike ravnobučjanskog granitoidnog masiva. Fond struč. dok. ZNS, Beograd.
28. Arsenijević M., 1963: — Prethodna razmatranja raspodele radioaktivnih i drugih retkih elemenata magmatsko-metamorfnog kompleksa Prilep-Babuna. Fond struč. dok. ZNS, Beograd.
29. Deleon G., 1959: — Retki i ređi elementi u nekim granitoidima Jugoslavije, Vesnik Zavoda za geol. i geofiz. istraživanja NRS, knj. XVI, Beograd.
30. Deleon G., Lovrić A., Červenjak Z., 1962: — Neki podaci o starosti granitoidnih stena i nekih mineralizacija u okviru Karpatsko-balkanskog luka. Referati V savetovanja geologa FNRJ, Beograd.
31. Lebedev S., 1957: — Hidrohemijske metode iznalaženja ruda, zbornik radova geol. Instituta »J. Žujović«, Beograd.
32. Miholić S., 1947: — Mineralne vode pohorskog područja, Geol. vesnik, knj. 1, Zagreb.
33. Miholić S., 1935: — Teški metali u prirodnim mineralnim vodama, Glasnik hemijskog društva, Zagreb.
34. Miholić S., 1948: — Kositar u nekim uzorcima kristaličnog kamenja, Glasnik hemijskog društva, Beograd.
35. Maksimović Z., Maksimović S., 1958: — Spektrohemijska metoda za određivanje tragova elemenata u stenama i mineralima (po R. L. Mitchell-u). Zapisnici Srpskog geol. društva, Beograd.
36. Mitteldorf J. A., Landon O. D., 1955: — Semi-quantitative spectrochemical analysis using spe standards, Society for Applied Spectroscopy Annue al Meeting, New York.
37. Mandelštam S. D., 1946: — Vvedenie v spektraljnij analiz, Gostehizdat. Moskva
38. Mitchell R. L., 1948: — The spectrographic analysis of soils, plants and related materials, Technical Communication No. 44 of Comonwealth Bureau of Soil Science, Harpenden, England.
39. Kler M. M., 1952: — Metodika približennogo količestvenogo spektraljnogo analiza, Izdat. Lenjingradskogo Doma tehniki, No. 72.
40. Konjević S., (Ocokoljić V., Lebedev S., Ristić M., Arsenijević M.), 1963: — Izveštaj o regionalnoj hidrogeohemijskoj prospekciji na radanskom dacitsko-andezitskom masivu. Fand struč. dok. ZNS i SGZ, Beograd.
41. Pokrajac S., Arsenijević M., 1963: — Geohemijska prospekcija Pb, Zn. Cu i drugih metala u Zletovsko-kratovskoj oblasti, Fond struč. dok. SGZ. Beograd.
42. Petrović M., Pokrajac S., (Ćirić V., Arsenijević M., Konjević S., Milovanović S.), 1963: — Regionalna prospekcija urana u oblasti Gornje Morave, Jablanice i Puste Reke. Fond struč. dok. ZNS, Beograd.
43. Milovanović S., 1962: — Hidrogeohemijsko istraživanje urana na Besnoj Kobili. (M. Arsenijević: Analitika i posmatranje oreola Pb, Mo, Zn i drugih metala u vodama). Fond struč. dok. ZNS, Beograd.
44. Rusanov A. K., 1948: — Spektraljnij analiz rud i mineralov, Gosgeolizdat, Moskva.

45. Brodskij A. A., 1957: — Hidrohimičeski metod poiskov rudnih mestoroždenij, Moskva.
46. Ščerbina V. V., 1958: — Geohimija urana v zone okiselnija rudnih mestoroždenij, Referati II konferencije o mirnodopskom korišćenju atomske energije, Ženeva.
47. Germanov I. A., 1958: — Nekatorie zakonomernosti raspredeljenija urana v podzemnih vodah, Ženeva.
48. Tokarev N. A., Ščerbakov V. A., 1956: — Radiogidrogeologija, Gosgeolizdat, Moskva.
49. Pavlović S., Ristić M., 1962: — Petrološka, geohemijska i tektonska proučavanja nekih granitoida Jugoslavije i karakter njihove metalogenije, Referati V savetovanja geologa FNRJ, Beograd.
50. Pavlović S., 1961: — Petrografska, geohemijska i tektonska proučavanja nekih granita Jugoslavije i karakter njihovih uranskih mineralizacija, Fond ZNS, Beograd.
51. Pavlović S., Ristić M., Šikošek B., 1963: — Geološko-tektonska i petrohemijska proučavanja granitoida Jugoslavije i njihova metalogenija. II jugoslovensko-poljsko savetovanje, Herceg Novi.
52. Ristić M., Arsenijević M., 1964: — Proučavanje distribucije retkih i rasejanih elemenata u stenama Selca, Peštana, Crnog Kamena, Prisada i Babune. Fond struč dok. ZNS, Beograd.
53. Radusinović D., Arsenijević M., 1964: — Mineraloške i geohemijske karakteristike sfalerita Trepče, Belog Brda, Ajvalije i Kižnice. Fond struč. dok. ZNS i rudnika Trepče.
54. Radusinović D., 1964: — Mineraloško-genetska proučavanja ležišta Novo Brdo (M. Arsenijević: odeljak »o raspodeli mikroelemenata u sfaleritu, galenitu i piritu«.) Fond struč. dok. ZNS, Beograd.
55. Ćirić V., 1962: — Izveštaj o hidrogeohemijskom istraživanju urana u Sloveniji. Fond struč. dok. ZNS, Beograd.
56. Nikolić D., 1963: — Pegmatiti SFR Jugoslavije. Fond struč. dok. ZNS, Beograd.
57 Vujanović V., 1961: — Mineralogija manganskog ležišta Cer (Kičevo), Glasnik Prirodnjačkog muzeja, Serija A, Beograd.

MILORAD ARSENIJEVIĆ*)

ON THE PROBLEMS OF THE DEVELOPMENT AND THE APPLICATION OF THE GEOCHEMISTRY IN THE FIELD OF THE INVESTIGATION OF RADIOACTIVE AND SOME OTHER ELEMENTS

The author has displayed the history and the problems of the developement of the geochemical methods of radioactive and other elements investigation in the period of 1953—1964. Up to that time geochemical methods have not been used in geological exploration of the ore deposits and of elements in general. Introduction of the application of physical and chemical methods of high sensitivity has resulted into rather appreciable development of geochemistry in the Institute for the exploration of nuclear raw materials. As at that time neither methods, nor theoretical background of the geochemistry have not been developed in our country, it has been considered as anvoidable to develop the methods using all up to that time foreing achievements and to start with the exploration of radioactive and other elements on the basis of geochemical methods, adjusting them to the existing conditions and requirements. Due to the

*) Institute for Nuclear Raw Materials, Beograd.

gradual and relatively rapid achievements in solving theoretical and practical problems of the geochemistry, it has gained recognition to be placed as one of the research methods. Owing to this, geochemical investigation, applying all recent achievements in this field (USSR, USA, France, G. Britain, etc.), cover the study of dispersion haloes of elements in the waters, soil, rock and theirs minerals, or in minerals of the ore deposits Cu, Pb, Zn, As, Sb, Mo and etc. Many elements have been found, wich have not been known to be present in our mineral paragenesis and it was also a great contribution to the study of the characteristics of magmatism and other ore-forming processes. Geochemistry plays an important role in the investigation of uranium and thorium, Be, Nb, Sn, In, Ge, Mo, Re, Zr, Tl, and etc. On the basis of that discovery, microchemical diferences in the parageneses of Dinaric and Karpato-Balcanian magmas provinces, especialy for younger granitoide magmas, as well as volcanic and subvolcanic facies, have been found in the above mentioned areas.

The data, so far obtained, have enabled the discovery of ore deposits, as well as theoretical and pratical developement of the methods wich have improved further application of this branch of investigation. Based on geological, geochemical and statistical estimation of the conditions for the dispersion or concentration of elements, geochemistry in our investigation doubtlessly has practical value wich has been proved by the successful discovery of dispersion halloes of elements.