

BIOTITNOKORDIJERITNI ŠKRILJAVAC SA ANDALUZITOM I SILIMANITOM IZ JASKE POTOKA U MOSLAVAČKOJ GORI

Ljudevit Barić

Pred nedugo vrijeme objavljen je u spomenici Miše Kišpatića (Tućan, 1953) nov prinos poznavanju kristalastih stijena Moslavačke gore. Po želji autora izvršio sam brojna teodolitnomikroskopska određivanja raznih minerala, koji sastavljaju stijene opisane u tom radu i to plagioklasa, amfibola, piroksena, cirkona, andaluzita, silimanita, forsterita i klorita. Posebno sam u stijeni, koja se u spomenutom radu navodi kao andaluzitskosilimanitski biotitski škriljac (Tućan, 1953, p. 58—65 i p. 79—81) uz ostalo odredio za plagioklase, da se tu radi o andezinima. Prema navodu autora taj je glinenac najobilniji mineralni sastojak stijene (Tućan, 1953, p. 58) odnosno pretežni sastavni dio njezin (Tućan, 1953, p. 79). Sa tom tvrdnjom i sa mojim mikroskopskim nalazom nije međutim u skladu kemijska analiza te stijene (Tućan 1953, p. 64 i p. 83, III), koja pokazuje samo 1.07% CaO. Za objašnjenje toga protuslovlja postavljaju se samo ove logične mogućnosti:

1. moja teodolitnomikroskopska određivanja plagioklasa su neispravna;
2. navod autora, da je glinenac — prema mojim određivanjima andezin — najobilniji mineralni sastojak stijene, ne odgovara faktičnom stanju stvari;
3. kemijska analiza stijene je pogrešna;
4. kao četvrtu mogućnost mogli bismo uzeti istodobno djelovanje dvaju od tri pod 1—3 spomenuta faktora ili i svih triju.

Uslijed logične mogućnosti, da se radi spomenutoga protuslovlja mora sumnjati i u moja određivanja plagioklasa, proveo sam reviziju i nadopunu svojih određivanja plagioklasa, koji dolaze u spomenutoj stijeni. Radi potrebe za potpunosti proveo sam uz to i reviziju autorovoga navoda spomenutoga pod 2, kao i reviziju kemijske analize stijene. Prije nego se upustim u samo iznašanje svojih podataka, spomenut ću, da sam radi objašnjenja gore spomenutoga protuslovlja proveo istraživanja ne samo na originalnom materijalu, koji je autor opisao na citiranom mjestu, nego i na materijalu, koji sam u svibnju 1953. godine sam sabrao u Jaski potoku. To je potok, koji sabire svoje vode u kraju jugozapadno od mjesta Šimljanik. Tekući sjevernom stranom ispod brijega Josipovače ulijeva se on kod Novoga Sela uzvodno od Gornje

Garešnice u potok Garešnicu; ovaj idući najprije prema istoku skreće kod mjesta Pašijan prema jugu, da bi južno od mjesta Garešnice ušao u rijeku Ilovu.

Radi se o nalazištu u samom koritu Jaske potoka zapadno od kote 213. Ta se kota nalazi na cesti, koja od Podgarića preko brijega Josipovače vodi u Šimljanik. Stijena, o kojoj je riječ, javlja se na iskonu malo nizvodno od mjesta, gdje se u Jasku potok ulijeva dolazeći od zapada sjeverno ispod kote 260 desni njen pritok.¹ F. Koch (1899, p. 7) spominje tu stijenu kao »vanredno žilav, crn biotitni škrljavac«. Kao mineralne sastojke navodi on za te škrljavce (Koch, 1906, p. 5) biotit, kremen, plagioklas, muskovit, cirkon, granat, rutil, salit, obični augit i apatit spominjući posebno, da glinenca (plagioklasa) ima uvijek, ali u malim količinama.² Na toj stijeni škrljava se struktura gotovo ni ne zapaža.

Kao rezultat svih svojih ispitivanja mogu odmah spomenuti, da se tu zapravo radi o biotitnokordijeritnom škrljavcu, koji u dosta znatnoj količini u sebi sadrži andaluzita sa silimanitom.

I. Teodolitnomikroskopska odredjivanja plagioklasa

Da provedem reviziju svojih odredjivanja plagioklasa, priredio sam od originalnoga uzorka, koji je ispitivao F. Tučan, nove izbruske. Na više pogodnih presjeka odredio sam iznova sastav plagioklasa. Za odredjivanja sam uvijek birao zrna, u kojima je bilo više geometrijskih elemenata, kako bi rezultat teodolitnomikroskopskih odredjivanja bio sasvim jednoznačan. Radi definitivne potvrde svojih prije dobivenih rezultata, koji se iznose u citiranom radu (Tučan, 1953, p. 59—60), opisat ću ovdje podrobnije nekoliko mjerenja.

a) Kao prvo zrno navest ću jedan dvojak. U svakom individuumu dvojka bile su prilično obilato uložene uske lamele, koje su — sudeći po izgledu — stajale gotovo okomito na šav obih sraslih poedinaca. Rješavanjem u stereogramu opažanja mogao sam utvrditi, da se sraslačka os $B_{1/2}$ obih sraslih poedinaca nalazi u šavu. Očitavanje njenih kutova prema glavnim vibracionim smjerovima Z, Y, X optičkih indikatrisa obih sraslih poedinaca dalo mi je za nju ove sferne koordinate:

$$B_{1/2} \ 18\frac{1}{2}^{\circ}; \ 71\frac{1}{2}^{\circ}; \ 89^{\circ} \text{ — } [010]; \ 35\% \text{ an}; \ 1^{\circ} \text{ S ili}$$

$$\frac{\perp [100]}{(001)}; \ 35\% \text{ an}; \ 1^{\circ} \text{ S}$$

¹ Dio Jaske potoka nizvodno od uтока toga pritoka zove Koch (1899, 1906) Josipovačom. Narod za taj naziv potoka ne zna.

² Koch sam ništa ne govori o svojstvima tih minerala. Kako se iz teksta njegovih radova razabire (Koch, 1899, p. 4; 1906 na više mjesta), služi se on pri citiranju pojedinih minerala podacima o Moslavačkoj gori, koje je objavio M. Kišpatić (1889, 1900) prenašajući rezultate Kišpatićevih mikroskopskih odredjivanja na razne stijene, kako ih je on (Koch) u terenu vidio i shvatio.

Na sličan način je za normalu na šav $D_{1/2}$ izašlo ovo:

$$D_{1/2} \ 70^{1/2^\circ}; \ 20^{1/2^\circ}; \ 83^{3/4^\circ} \text{ — RS; } 36\% \text{ an; točno ili} \\ \perp (001); \ 36\% \text{ an; } 1^\circ \text{ NW}$$

Prema Nikitinovom dijagramu (Nikitin, 1936, Tafel VII) za rješavanje glinenaca ne može se u ovom slučaju jednoznačno odlučiti, o kakvom se sraslačkom zakonu tu radi; o periklinskom ili o manebah-esterelskom. Za kemijski sastav plagioklasa rezultat je međutim jednoznačan. Isti sastav slijedi i iz uložениh lamela L_1 u prvom odnosno L_2 u drugom sraslom pojedincu. Za njih su očitane ove koordinate:

$$L_1 \ 18^\circ; \ 70^{3/4^\circ}; \ 87^{1/4^\circ} \text{ — } \perp (010); \ 38\% \text{ an; } 1^\circ \text{ SSW i} \\ L_2 \ 18^{3/4^\circ}; \ 71^{1/2^\circ}; \ 89^\circ \text{ — } \perp (010); \ 38^{1/2^\circ} \text{ an; } 2^\circ \text{ SSW}$$

Lamele su dakle u oba srasla pojedince uložene po drugom pinakoidu. Kut između normale na lamele i normale na šav očitao je

$$D_{1/2} \wedge L_1 = 85^{1/2^\circ} \text{ i } D_{1/2} \wedge L_2 = 86^{1/2^\circ}$$

Kut optičkih osi određen je iz izmjerena položaja jedne optičke osi za prvi odnosno drugi individuum

$$2V = +88^{1/2^\circ} \text{ odnosno } 2V = -89^\circ$$

b) Na drugom jednom zrnju sa dva sistema uložениh lamela izmjeren je kut optičkih osi direktnim opažanjem obih optičkih osi

$$V_1 V_2 = +87^{3/4^\circ}$$

Po jednom (L') odnosno drugom (L'') sistemu lamela, koji su zatvarali kut od $85\frac{1}{2}^\circ$, dobiveni su nakon očitavanja njihovih sfernih koordinata iz stereograma opažanja ovi podaci:

$$L' \ 13^{3/4^\circ}; \ 75^{1/2^\circ}; \ 89^\circ \text{ — } \perp (010); \ 34\% \text{ an; } 1^{1/2^\circ} \text{ SSW} \\ L'' \ 71^{3/4^\circ}; \ 19^{3/4^\circ}; \ 85^{1/4^\circ} \text{ — } \perp (001); \ 35\% \text{ an; } 1^\circ \text{ NW ili} \\ \text{RS; } 34\% \text{ an; } 1^{1/2^\circ} \text{ SO}$$

c) Sasma slično kao pod b) dalo je drugo jedno zrno ove podatke:

$$L' \ 17^{1/2^\circ}; \ 73^{1/2^\circ}; \ 88^\circ \text{ — } \perp (010); \ 38\% \text{ an; točno} \\ L'' \ 68^{1/4^\circ}; \ 23^\circ; \ 81^{3/4^\circ} \text{ — } \perp (001); \ 38\% \text{ an; } 1^\circ \text{ NW ili} \\ \text{RS; } 38\% \text{ an; } 1^{1/2^\circ} \text{ NW}$$

Kut optičkih osi iznosi $2V = -88^\circ$, a kut između oba sistema lamela očitao je $85^{1/2^\circ}$.

d) U materijalu, koji sam u svibnju 1953. godine sam sabrao u dolini Jaske potoka oko 1 km uzvodno od mjesta, odakle potječe materijal, koji je ispitivao F. Tučan, odredio sam također jedan plagioklas sa dva sistema međusobno gotovo okomitih lamela. Iz stereograma opažanja

očitao sam, da kut medju njima iznovi 87° . Slično kao pod b) i c) dobio sam za sastav toga plagioklasa po jednom i drugom sistemu lamela ovo:

$L' 64^\circ; 28^\circ; 78^\circ - \perp (001); 42\% \text{ an; točno ili}$
 $RS; 43\% \text{ an; točno}$
 $L'' 22\frac{1}{2}^\circ; 68\frac{1}{2}^\circ; 85^\circ - \perp (010); 43\% \text{ an; } \frac{1}{2}^\circ \text{ SW}$
Kut optičkih osi $2V = + 89^\circ$.

Nije potrebno navoditi dalje podatke, koje sam dobio za sastav plagioklasa, jer podaci navedeni ovdje pod a)—d) u dovoljnoj mjeri pokazuju, da revizija mojih podataka za sastav plagioklasa, kako su oni publicirani (Tućan, 1953, p. 59—60) ne dovodi ni do kakve izmjene. Pripomenut ću, da sam i ovaj put izvršio određivanje relativne jakosti loma za te plagioklase obzirom na kanadski balzam. Pri tom sam po pomicanju Beckeove linije mogao utvrditi, da im je indeks loma veći od indeksa loma kanadskog balzama.

Plagioklas je u izbruscima lako prepoznati baš po sraslacima odnosno po više manje obilato uloženim sraslačkim lamelama. Prema tomu, kakav presjek zrna u preparatu imamo, vidi se jedan ili dva sistema tih lamela, koji su — kako je to naglašeno u opisu pod a)—d) — gotovo okomiti jedan prema drugomu. Često su te lamele uložene tako gusto, da to smeta mjerenjima.

Plagioklasi su u preparatima rijetki i često nejednoliko raspodijeljeni. U pojedinim preparatima, kako onim, koje je za svoj rad uzimao F. Tućan (1953), tako i u onim, koje sam kasnije radi revizije sam načinio, više puta ćemo se tek tu i tamo namjeriti na gdje koji plagioklas sa karakterističnim lameliranjem. U tom se pogledu moj mikroskopski nalaz bitno razlikuje od podataka, koje je u svojoj publikaciji naveo F. Tućan (1953, p. 58), prema kojemu je glinenac »najobilniji mineralni sastavak« odnosno — kako on u njemačkom sadržaju (Tućan, 1953, p. 79) kaže »Feldspat ist der überwiegende Gemengteil«. On nadalje za glinence na istom mjestu (Tućan, 1953, p. 58) kaže i ovo: »Razvio se u nepravilnom zrnju, pa gdje je svjež, bez sraslaca i bez pukotina kalavosti — a takav je pretežnom česti — možemo ga razlikovati od kremenata samo u konvergentnoj svjetlosti medju unakrštenim nikolima, utvrdivši dvoosnost, odnosno jednoosnost jednoga ili drugoga minerala.« Pokazat ću odmah, da ta pretežna čest glinenaca nije ništa drugo nego kordijerit. I mnogi lijepo izraženi sraslaci — poimence dvojci i trojci — u izbruscima pripadaju tom mineralu. U izbruscima mogu se pri promatranju pod mikroskopom i uz malo povećanje naći pojedine partije, koje gotovo potpuno sastoje od kordijeritnih zrnaca. Prema tome se opis glinenaca, kako ga je autor dao (Tućan 1953, p. 58—60 i p. 79), najvećim dijelom odnosi na kordijerit, a ne na glinence.

III. Kordijerit u škriljavcima iz Jaske potoka u Moslavačkoj gori

Da se u ovom slučaju doista radi o kordijeritu, to izlazi iz mikroskopskih određivanja, koja sam izvršio. Koliko mi je poznato, to bi bio prvi nalaz kordijerita u Hrvatskoj. On je možda utoliko značajniji, što

kordijerit ovdje nastupa kao pretežni, to jest kao bitni sastavni dio stijene.

Kako u originalnim izbruscima, kojima se služio autor, tako i u izbruscima, koje sam kasnije od istoga materijala načinio, izvršio sam brojna teodolitnomikroskopska određivanja kuta optičkih osi. Ta sam određivanja upotunio i mjerenjima izvršenim na izbruscima priredjenim od materijala, koji sam u Jaski potoku sam sabrao u svibnju prošle godine. Za veličinu kuta optičkih osi dobio sam na zrnima, gdje je bilo moguće taj kut odrediti iz izmjerenoga položaja samo jedne optičke osi, ove podatke:

$$2V = -81\frac{1}{2}^{\circ}; -81^{\circ}; -78\frac{1}{2}^{\circ}; -80\frac{1}{2}^{\circ}; -78^{\circ}; -78\frac{1}{2}^{\circ}; -77^{\circ}; -81\frac{1}{2}^{\circ}; -78\frac{1}{2}^{\circ}; -77^{\circ}; -79^{\circ}; -77\frac{1}{2}^{\circ}.$$

Na zrnima, gdje sam mogao direktno zapažati obje optičke osi, dobio sam za kut optičkih osi ove vrijednosti:

$$2V = -79\frac{1}{4}^{\circ}; -78\frac{1}{2}^{\circ}; -78\frac{3}{4}^{\circ}; -79^{\circ}; -78\frac{3}{4}^{\circ}; -78^{\circ}; -79\frac{1}{2}^{\circ}; -78\frac{1}{4}^{\circ}; -77\frac{1}{4}^{\circ}; -79\frac{3}{4}^{\circ}; -80\frac{3}{4}^{\circ}.$$

Da bi točnost tih opažanja bila veća, priredio sam si deblje izbruske, a pri namještanju glavnoga vibracionoga smjera Y optičke indikatriše kordijerita u os A_1 univerzalnoga stolića kao i pri određivanju položaja optičkih osi služio sam se konvergentnim svijetlom. Kolebanja navedenih vrijednosti nijesu velika i — kako se razumije samo po sebi — ona su manja u slučajevima, kad se moglo direktno opažati obje optičke osi.

Iz svih netom navedenih vrijednosti dobiva se, ako pojedinim vrijednostima za kut optičkih osi dobivenim direktnim namještanjem obih optičkih osi dadnemo dvostruku težinu, ova srednja vrijednost:

$$2V = -79^{\circ}$$

Po kutu optičkih osi kordijerit se dakle razlikuje u našoj stijeni od plagioklasa. Dok se kod plagioklasa taj kut vrti oko 90° , kod kordijerita iznosi on 79° oko vibracionoga smjera X indikatriše. Po optičkom karakteru kordijerit iz ovoga nalazišta je dakle negativan.

Malo više navedene pojedinačne vrijednosti za kut optičkih osi $2V$ predstavljaju veličinu toga kuta, kako je ona dobivena direktnim čitanjem vrijednosti na skali instrumenta pri mjerenju medju segmentima sa indeksom loma 1,554 bez uzimanja bilo kakve korekture radi razlike izmedju indeksa loma Nm kordijerita i indeksa loma segmenata. Kako ću naime odmah razložiti, Nm našega kordijerita se tako malo razlikuje od indeksa loma spomenutih segmenata, da bi korektura bila mnogo manja, nego što su granice pogrešaka pri radu po teodolitnomikroskopskoj metodi.

Pri određivanju kuta optičkih osi mogla se u konvergetnom svijetlu na debljim preparatima jasno utvrditi slaba disperzija $r < v$.

Za tri glavna indeksa loma Ng, Nm i Np mogao sam ispredjujući ih u bijelom svijetlu pomoću Beckeove linije sa indeksom loma kanadskoga balzama utvrditi, da su indeksi loma Ng i Nm veći od

indeksa loma kanadskoga balzama. Indeks loma Np je naprotiv jednak indeksu loma kanadskoga balzama. To se razabire po tom, što u ovom slučaju Beckeova linija potpuno nestane, a obrisi zrna se tako savršeno izgube, da izgleda, kao da se zrno rasplinulo u balzamu. Na temelju toga možemo reći, da je za kordijerit iz Jaske potoka u Moslavačkoj gori indeks loma

$$N_p = 1,539.$$

Da bih dobio druga dva indeksa loma Nm i Ng, izvršio sam točna odredjivanja triju glavnih dvoloma Ng—Np, Ng—Nm i Nm—Np tako, da sam pomoću univerzalnoga stolića namjestio okomito na os mikroskopa A₅ odnosno simetrijske presjeke indikatrise minerala i nakon toga odredio reducirane razlike u hodu. Za mjerenje razlike u hodu poslužio sam se Berekovim kompenzatorom. Ako su razlike u hodu bile malene, umetnuo sam u tok svijetla još i gipsnu pločicu sa vlastitom razlikom u hodu od 532 m μ . Povećivši na taj način razliku u hodu zrna za 532 m μ mogao sam odredjivanje razlike izvršiti točnije, nego što bi to bilo moguće odredjujući direktno malu razliku u hodu bez uložene gipsne pločice. Mjerenja razlike u hodu vršio sam u bijelom svijetlu.

Za odredjivanje debljine izbrusaka poslužio sam se osjetljivom metodom pomoću kremenih zrna u izbrusku (Berek, 1924, p. 128—130). Maksimalni dvolom Ng—Np odredio sam na pet zrna. Na dva zrna, kojima je debljina bila 0,0450 mm, dobio sam:

$$Ng-N_p = 0,0114 \text{ i}$$

$$Ng-N_p = 0,0122.$$

Na dalja tri zrna, kojima je debljina bila 0,0950 mm, dobio sam ove rezultate:

$$Ng-N_p = 0,0117$$

$$Ng-N_p = 0,0122$$

$$Ng-N_p = 0,0123$$

Srednja vrijednost iz tih pet odredjivanja, čije se podudaranje može označiti kao vrlo dobro, jest:

$$Ng-N_p = 0,0120 \pm 0,0002.$$

Dvolom Ng—Nm odredio sam na tri zrna, od kojih je jedno bilo debelo 0,0950 mm, drugo 0,1207 mm i treće 0,0792 mm. Dobio sam redom:

$$Ng-N_m = 0,0050$$

$$Ng-N_m = 0,0048$$

$$Ng-N_m = 0,0047$$

Srednja vrijednost

$$Ng-N_m = 0,0048$$

Dvolom Nm—Np odredio sam na jednom zrnu debelom 0,0950 mm i dobio

$$N_m-N_p = 0,0072$$

Poznavajući indeks loma Np možemo sada pomoću odredjenih vrijednosti za dvolome Ng—Np i Ng—Nm odnosno Nm—Np zaključiti, da indeksi loma za kordijerit iz Jaske potoka imaju ove vrijednosti:

$$Np = 1,539$$

$$Nm = 1,546$$

$$Ng = 1,551$$

Točnost tih podataka za indekse loma iznosi obzirom na to, da je vrijednost za Np dobivena — možemo reći — metodom imerzije, oko $\pm 0,003$.

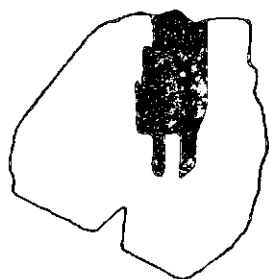
Što se tiče mikrofiziografije kordijerita u našoj stijeni, tu bih u prvom redu ponovio ono, što za nj — misleći da se tu radi o glinencu — u svom radu navodi F. Tućan (1953, p. 58 i 79). Prema njemu kordijerit je najvećim dijelom svjež, bez sraslaca i bez pukotina kalavosti. Zrnca zubičasto zadiru jedna u druga kako medjusobno tako i u druge minerale. Redovno je natrunjen kao nekim prahom, a često uklapa u sebi pravilne ili razvučene heksagonske listiće ili oduljene lamele biotita. Uklapa nadalje on u sebi i nepravilna zrnca kremenca, glinenca, prutiće silimanita, zrnca andaluzita, ilmenit, vlaknati muskovit i cirkon.

Kao nadopunu tom opisu mogao bih dodati, da se kordijerit često javlja i u sraslacima dvojcima, a rjedje se mogu u preparatima naći i sraslaci trojci. Dosta rijetko možemo se namjeriti i na zrna sa pravilnim šesterostranim obrisima. Teodolitnomikroskopski utvrdio sam, da ti obrisi odgovaraju kombinaciji osnovne prizme (110) i drugoga pinakoida (010). Da se radi o ploham osnovne prizme (110), to se dalo zaključiti po tom, što su normale na te plohe ležale u ravnini YZ optičke indikatriše kordijerita zatvarajući sa glavnim vibracionim smjerom Z, koji se podudara sa kristalografskom osi [010], kut, veličina kojega mi je u nekoliko izmjerenih slučajeva kolebala između 59° i 61° . Drugi pinakoid lako je bilo identificirati po tom, što se njegova normala podudara sa vibracionim smjerom Z optičke indikatriše.

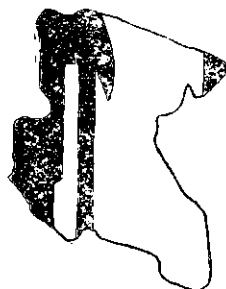
Sraslaci dvojci — kako je već rečeno — dosta se često vide u izbruscima kao jednostavni dodirni sraslaci ili kao sraslaci, gdje jedan manji individuum zalazi dosta nepravilno u drugi veći (sl. 1). Rijetko se vide i polisintetski dvojci (sl. 2 i 3). Sraslaci trojci takodjer se u izbruscima nalaze rijetko (sl. 4). Kao sraslački šav najčešće sam nalazio plohu (110), a rjedje plohu (130); ova potonja lako se može prepoznati u stereogramu opažanja po tom, što njena normala leži u ravnini YZ optičke indikatriše zatvarajući se smjerom Z kut od 30° . U jednom slučaju mogao sam prizmu (130) utvrditi i kao terminalnu plohu.

U stijeni, koju F. Tućan (1953, p. 58 i p. 79) navodi kao »andaluzitskosilimanitski biotitski škrljac« javlja se kordijerit kao pretežni sastavni dio njezin. Iza kordijerita dolazi po količini biotit, pa andaluzit sa silimanitom i kremen. Ilmenit je čest u sitnom zrnju. Muskovita nema mnogo, a i glinenac (andezin) je dosta rijedak. Rijetko se pojavljuju cirkon i granat. Tu se dakle radi — kako je već spomenuto — o biotitno-kordijeritnom škrljavcu sa andaluzitom i silimanitom.

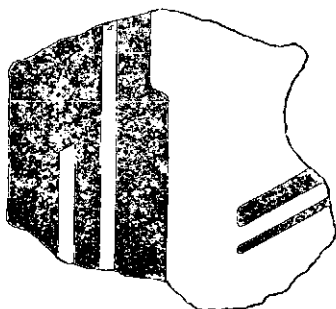
Mikroskopski opis te stijene nadopunio bih u tom smislu, što se u izbruscima, kojima se za svoja ispitivanja služio F. Tućan, rijetko nalaze u biotitu oko cirkona i pleohroitski dvori. Kudikamo češći su pleohroitski dvori u biotitu izbrusaka priredjenih od materijala, koji sam 1953. godine sam sabrao u dolini Jaske potoka uzvodno od onoga mjesta, na kojem se u potoku javlja stijena, koju su opisali F. Koch i F. Tu-



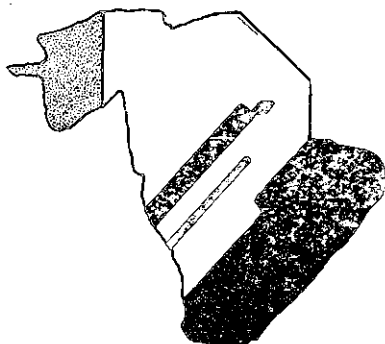
1. sl. — Fig. 1



2. sl. — Fig. 2



3. sl. — Fig. 3



4. sl. — Fig. 4

ćan. Pleohroitski dvori zapažaju se rjeđe oko cirkona i u kordijeritu. Pleohroizam tih dvorova ukazuje se na taj način, da je kordijerit nježno svijetlo žut za svoj vibracioni smjer X, dok je za vibracione smjerove Y i Z bezbojan.

U mnogim preparatima priredjenim od netom spomenutoga uzvodno sabranoga materijala zapaže se još jedan mineral. Andaluzit je naime često u izbruscima okružen gustim vijencem sitnih, lijepo zelenih zrna, koja se ističu visokim reljefom i hrapavom površinom, a među ukrštenim nikolima su izotropna. Van svake sumnje se tu radi o mineralu spinelske skupine (pleonast).

Na temelju svega dosad spomenutoga možemo za škrljavce iz doline Jaske potoka u Moslavačkoj gori reći, da se u njima javljaju karakteristični kontaktnometamorfni minerali i to kordijerit, andaluzit, silimanit, granat (u izbruscima slabo ružičast) i spinel. Ti su škrljavci nastali kontaktnometamorfismom djelovanjem granitne magme, koja je dala materijal za razvitak moslavačkih granita. Da bi se odgovorilo na pitanje, koje su stijene kontaktnim djelovanjem pretvorene u današnje biotitnokordijeritne škrljavce sa andaluzitom i silimanitom, moramo osobito uzeti u obzir to, da su glavni sastavni minerali tih škrljavaca minerali, koji u znatnoj količini sadrže aluminij. S obzirom na to možemo zaključiti, da ti škrljavci u Jaski potoku vuku svoje porijeklo iz negdašnjih glinastih stijena.

To bi bila, kako već spomenuh, prva vijest o kordijeritu u Hrvatskoj. Na području Jugoslavije spominje se on također rijetko. S. Urošević (1900, p. 94 i p. 108—109) utvrdio je njegovo pojavljivanje u tinjčevom škrljavcu (mikašistu) iz potoka Čuprije na južnoj strani planine Bukulje kod Arandjelovca u Srbiji. Kordijerita ima po njemu u toj stijeni veoma mnogo. Drugo nalazište spominje O. H. Erdmannsdorffer (1924, p. 301) u Makedoniji i to u kraju zapadno od Strumice i Dojranskoga jezera. U gnajsima, koji se tu pružaju preko Stojakova, Bogdanaca i Mravinaca te Pirave i Udova uz biotitne gnajse osobito su prošireni kordijeritni gnajsi, koji se već makroskopski mogu kao takvi prepoznati. Kordijerit često pokazuje tipičnu pretvorbu u pinitne agregate, a djelomice dolazi i u svježim ljubičastim zrnima veličine do 1 cm. Kod Rabrova dolazi kordijerit djelomice i u polisintetskim sraslacima.

Pomislmo li na to, da je kordijerit jedan od najraširenijih minerala u kristalinskoj zemljinoj kori (Eskola, 1946, p. 360), tad tri nalazišta na području Jugoslavije predstavljaju zapravo veoma malen broj nalazišta na tom teritoriju. Ne bi bilo zgorega, da se ubuduće pri detaljnijim mineraloško-petrografskim istraživanjima kod nas osobito pripazi na kordijerit i to posebno zbog toga, što se on pri površnijim pregledavanjima u terenu i u mikroskopskim izbruscima može zamijeniti sa kremenom ili glinencima.

III. O teodolitnomikroskopskim odredjivanjima kordijeritnih sraslaca

O teodolitnomikroskopskim mjerenjima kordijerita odnosno njegovih sraslaca govore C. Burri i Parga-Pondal u svom radu o kordijeritnom andezitu sa granatom od Hoyaza kod Nijara u Španiji (Burri — Parga-Pondal, 1936, p. 238—243). Iznio bih ovdje ponešto iz svojega iskustva pri tim mjerenjima.

Sraslaci kordijerita poznati su po dva zakona: po (110) i (130). Kako za dvojke, tako i za trojke po tim zakonima karakteristično je — kako to naglašuju Burri i Parga-Pondal — da se glavni vibracioni smjerovi X indikatriše svih sraslih pojedinaca podudaraju. To drugačije ne može biti, jer kao sraslačke osi u spomenuta dva zakona funkiraju

normale na (110) odnosno (130), a ti su smjerovi okomiti na vibracioni smjer X indikatriše kordijerita. Taj se vibracioni smjer podudara sa njegovom osi c. Sa osi b kordijerita podudara se vibracioni smjer Z, a sa osi a smjer Y. Normale na (110) odnosno (130) čine sa kristalografskim osima b, a i c odnosno sa glavnim vibracionim smjerovima Z, Y, X kutove, veličinu kojih možemo unaprijed izračunati iz osnih elemenata kordijerita. Poslužimo li se za ta izračunavanja osnim odnosom

$$a : b : c = 0,58709 : 1 : 0,55835$$

kako ga je za kordijerit odredio Miller (Hintze, 1897, p. 918), tad ćemo redom dobiti ove vrijednosti:

$$\perp (110) \dots 59^{\circ} 35'; 30^{\circ} 25'; 90^{\circ}$$

$$\perp (130) \dots 29^{\circ} 35'; 60^{\circ} 25'; 90^{\circ}$$

ili zaokruženo

$$\perp (110) \dots 59\frac{1}{2}^{\circ}; 30\frac{1}{2}^{\circ}; 90^{\circ}$$

$$\perp (130) \dots 29\frac{1}{2}^{\circ}; 60\frac{1}{2}^{\circ}; 90^{\circ}$$

Te kutove možemo medjutim očitati iz stereograma opažanja, ako u njemu raspolavljanjem kutova medju istovrsnim vibracionim smjerovima obih sraslih pojedinaca konstruiramo sraslačku os za taj sraslački par. Shvatimo li sad u izbruscima kordijerit zbog sličnosti pogrešno kao plagioklas, tad ćemo za sraslačku os $B_{1/2}$ krivo shvaćenoga glinenca po prvo navednim koordinatama služeći se Nikitinovim dijagramom za rješavanje plagioklasa (Nikitin, 1936, Tafel VII) dobiti ovo rješenje:

$$B_{2/1} \ 59\frac{1}{2}^{\circ}; 30\frac{1}{2}^{\circ}; 90^{\circ} - \perp (021); 32\% \text{ an}; 2^{\circ} \text{ SW}$$

Slično bismo po koordinatama sraslačke osi za drugi zakon na kordijeritu, ako ga pogrešno shvatimo kao plagioklas, dobili ovo rješenje:

$$B_{1/2} \ 29\frac{1}{2}^{\circ}; 60\frac{1}{2}^{\circ}; 90^{\circ} - \perp (021); 34\% \text{ an}; 3\frac{3}{4}^{\circ} \text{ NO}$$

Došli bismo dakle do krivoga zaključka, da se radi o sraslacima po bavenskom zakonu za plagioklas, koji bi u svom sastavu imao 32% odnosno 34% anortitne supstancije.

Iz netom spomenutoga možemo izvesti ovaj zaključak: ako nam pri teodolitnomikroskopskim mjerenjima većega broja sraslaca, za koje možda mislimo, da su sraslaci plagioklasa, prigodom njihovoga rješavanja pomoću Nikitinovoga standartnoga dijagrama (Nikitin, 1936, Tafel VII) kao sraslački zakon izlazi razmjerno rijedak bavenski zakon, i za sastav plagioklasa oko 32—34% an, tad moramo pomišljati na to, da se tu zapravo ne radi o plagioklasima spomenutoga sastava, nego o kordijeritu.

Na taj način nam teodolitnomikroskopska istraživanja daju dalju jednu mogućnost za razlikovanje plagioklasa od kordijerita u mikroskopskim izbruscima.

IV. Pravilno srastanje andaluzita i silimanita u biotitnokordijeritnom škrljajvcu iz Jaske potoka

Vijesti o pravilnom srastanju andaluzita i silimanita javljaju se u mineraloškoj literaturi pred šest i po decenija. Prvi je na to upozorio A. Lacroix (1888), opisujući andaluzite u andaluzitnoj stijeni iz Ceylona. Tu je Lacroix već utvrdio tri načina orijentiranoga srastanja obih minerala. Dva orijentirana srastanja su takva, da su kristalografske osi jednoga i drugoga minerala paralelne. U jednom slučaju su paralelne istoimene osi. U drugom slučaju podudara se os a obih minerala, dok su njihove osi b odnosno osi c ukrštene; drugim riječima: u ovom potonjem slučaju se os b jednoga minerala podudara sa osi c drugoga i obratno. Treće pravilno srastanje andaluzita i silimanita sastoji se u tom, da su plohe (100) obih minerala paralelne, t. j. osi a jednoga i drugoga minerala se podudaraju, ali osi c nagnute su pod kutom od 45° . U istoj radnji spominje Lacroix orijentirano srastanje andaluzita i silimanita sa paralelnim istoimenim osima u stijenama od Moulin-vieux u okolici Morlaixa (Finestère), koje su prema geologu Ch. Barrois u nastale djelovanjem granita na devonske škrljajvce. Skoro iza toga utvrdili su to srastanje u kordijeritnom gnajsu sa Mont-Pilata kod Chuperie na putu od Graixa prema Bourg-Argental Michel-Lévy i Termier (1889). Istodobno je A. Lacroix (1889) opisao novo nalazište u metamorfiziranim pješčenjacima od Châlets-Saint-Nérée u dolini Barouse kod Bagnères-de-Bigorre (Hautes-Pyrénées). Osim oba srastanja sa paralelnim osima dolaze tu i srastanja, gdje su osi c obih minerala nagnute pod 60° . Na taj su način u kratkom vremenskom razmaku bile utvrdjene četiri vrste orijentiranoga srastanja andaluzita i silimanita. Do danas u tom pogledu nema nikakve izmjene (vidi n. pr. Vultée, 1952, p. 339).

Nakon prvih otkrića brzo se povećavao broj nalazišta sa orijentiranim srastanjima andaluzita i silimanita. Tako n. pr. Mügge 1903. godine u svom radu o pravilnim srastanjima raznovrsnih minerala (Mügge, 1903, p. 399) navodi, da prema Saueru (1894) u gnajsimu iz područja rijeke Rench u Badenu (Njemačka) dolaze paramorfoze silimanita po andaluzitu sa paralelnim c-osima. Na istom mjestu navodi Mügge i Salomonov podatak (Salomon, 1898, p. 206) o prekrasnim srastanjima andaluzita i silimanita sa paralelnim vertikalnim osima u rožnacu sa Cima d'Asta te Heddleov podatak (Heddle, prema Mügge, 1903, p. 399) o fino vlaknatom fibrolitu od Clashnaree, koji je često paralelan sa crvenim andaluzitom. Uz to spominje Mügge i rezultate istraživanja provedenih po Vernadskom u (Vernadsky, 1900) o pretvaranju andaluzita u silimanit pri kojih 1350°C . Pretvorene partije potamnjaju pri tom u istom položaju i to paralelno sa osi c prvotnoga andaluzita. Položaj novo nastalog produkta može dakle odgovarati samo jednom od oba gore spomenuta srastanja andaluzita i silimanita sa paralelnim osima.

Da su obzirom na strukturu tih minerala uslovi za oba njihova orijentirana srastanja sa paralelnim osima dobro ispunjeni, na to su upozorili Spangeberg i Neuhaus (1930, p. 491—492).

Dosad poznatim slučajevima tih srastanja pridolazi novo nalazište iz Jaske potoka, koje je opisao F. Tućan (1953, p. 61 i 81). Budući da se tu međjutim izrijeком ne govori o tom, koje od oba pravilna srastanja sa paralelnim kristalografskim osima — ili možda i oba — tu dolazi, pokušao sam razriješiti taj zadatak. Teodolitnomikroskopski ide to prilično lako. U slučaju orijentiranoga srastanja uz paralelizam istoimenih kristalografskih osi moraju se glavni vibracioni smjerovi X, Y i Z indikatriše andaluzita podudarati redom sa glavnim vibracionim smjerovima Z, Y i X indikatriše silimanita. Mjerenjem sam u nekoliko slučajeva doista mogao utvrditi netom spomenuti međjusobni odnos glavnih vibracionih smjerova obih minerala. Možemo prema tomu tvrditi, da u biotit-nokordijeritnim škrljajcima iz Jaske potoka andaluzit i silimanat dolaze pravilno srašteni sa paralelnim istoimenim osima.

Na drugi slučaj pravilnoga srastanja tih minerala, kad su kristalne osi njihove takodjer paralelne, ali se taj paralelizam ne odnosi — kako je gore spomenuto — na istoimene osi, nijesam se dosad namjerio. U ovom slučaju morali bi se glavni vibracioni smjerovi Z, Y i X andaluzita podudarati redom sa glavnim vibracionim smjerovima X, Z i Y silimanita.

V. Kemijska analiza stijene

Da bi revizija podataka, koje je objavio F. Tućan (1953) bila potpuna, proveo sam i kemijsku analizu stijene, o kojoj se radi. Odabrao sam za to materijal od istoga uzorka, od kojega je načinjena i prva, već objavljena analiza (Tućan, 1953, p. 64 i 83, III). Dobio sam ove podatke:

Analitičar: Ljudevit Barić.

SiO ₂	51,15 %
TiO ₂	1,36
Al ₂ O ₃	27,76
Fe ₂ O ₃	1,84
FeO	9,38
MnO	0,26
CaO	1,32
MgO	3,28
Na ₂ O	0,98
K ₂ O	1,83
P ₂ O ₅	0,14
H ₂ O ⁻	0,08
H ₂ O ⁺	0,94
	100,32

Gustoću stijene odredio sam metodom piknometra. Odredjivanje sam vršio uz temperaturu 20° C. Dobio sam $d_{20^{\circ}\text{C}} = 2,8076$. Korigiramo li to na vodu od 4° C, dobit ćemo za gustoću stijene $d = 2,805$.

Pokušamo li tu analizu isporučiti sa mineraloškim sastavom stijene, kako sam ga dao u razdjelu II ovoga rada, tad ćemo vidjeti, da je jedno s drugim u skladu. Maleni sadržaj CaO (1,32 %) upućuje na to, da ni

u kom slučaju ne može biti mnogo andezina. Pretpostavimo li, da bi sav kalcij bio vezan u obliku toga glinenca, tad bismo ga u stijeni imali 15,87 % ($1,32 \text{ CaO} + 9,24 \text{ SiO}_2 + 4,21 \text{ Al}_2\text{O}_3 + 1,10 \text{ Na}_2\text{O}$). Pri tom ne smijemo smetnuti s uma, da je to samo teoretski mogući maksimum. Pitanje je naime, da li su svi atomi kalcija doista sadržani u plagioklasu i nigdje drugdje. Možda će od malene količine kalcija, koju pokazuje kemijska analiza, jedan dio biti sadržan u kordijeritu. Obično se uzimlje, da u kordijeritima nema kalcija (Rosenbusch, 1927, p. 374). Ipak treba primijetiti, da analize kordijerita ne doduše uvijek, a ono ipak često pokazuju sadržaj od nekoliko desetinki posto CaO (Thiele, 1940/41, p. 80—82). Na taj način postaje količina plagioklasa još manja, kako je to u skladu sa mikroskopskim nalazom.

Magnezij uz feroželjezo ulaze u sastav glavnih sastojaka stijene, kordijerita i biotita. Za to se troši i velik dio aluminijske. Preostatak ovoga sadržan je kao sastavni dio andaluzita i sillimanita. Visoki sadržaj TiO_2 , koji analiza pokazuje, ulazi bez sumnje velikim dijelom u sastav stijene kao ilmenit, koji se u izbruscima zapaža često (Tućan, 1953, p. 63 i 81) i to gotovo uvijek u obliku sitnoga zrnja. Jedan dio titana bit će međutim vjerojatno sadržan i u biotitu, koji ovdje pokazuje osebujnu crvenosmedju boju, kakvom se odlikuju biotiti u kontaktnometamorfnim stijenama, kao što je naša (Rosenbusch, 1923, p. 606).

Sprejel urednički odbor dne 16. junija 1954.

ANDALUSIT- UND SILLIMANITFÜHRENDER BIOTITCORDIERIT-SCHIEFER AUS DEM JASKA-BACH IN MOSLAVAČKA GORA

Vor kurzem erschien ein neuer Beitrag zur Kenntnis der kristallinen Gesteine der Moslavačka gora (Moslavina-Gebirge) in Kroatien (Tućan, 1953). Dieses Gebirge befindet sich in der Ostsüdostrichtung ungefähr 80 Km entfernt von Zagreb. Viele Minerale wurden in dieser Arbeit, dem Wunsche des Autors entsprechend, vor mir theodolit-mikroskopisch bestimmt. Im besonderen habe ich im Gestein, das in der erwähnten Arbeit als Andalusitsillimanitbiotitschiefer zitiert wird (Tućan, 1953, S. 58—65, 79—81), unter anderem auch Plagioklase als Andesine bestimmt. Nach der Angabe des Autors kommt dieser Feldspat im Gestein am reichlichsten vor (Tućan, 1953, S. 58) beziehungsweise er stellt den überwiegenden Gemengteil des Gesteins dar (Tućan, 1953, S. 79). Chemische Analyse des Gesteins zeigt aber nur 1.07 % CaO (Tućan, 1953, S. 64 und 83, III). Für die Klärung dieses Widerspruches ist logisch nur Folgendes möglich:

1. meine theodolitmikroskopischen Bestimmungen der Plagioklase sind unrichtig;
2. die Angabe des Autors, Feldspat sei der überwiegende Bestandteil des Gesteins, entspricht nicht dem tatsächlichen Befund;

3. chemische Analyse des Gesteins ist fehlerhaft.

Vielleicht wirken sich auch mehrere der angeführten Möglichkeiten gleichzeitig aus. Mich persönlich betrifft besonders die unter 1) angegebene Möglichkeit. Ich habe mich deswegen entschliessen müssen, Revision und Vervollständigung meiner Bestimmungen der in dem Gestein vorkommenden Plagioklase durchzuführen. Der Vollständigkeit halber habe ich auch die Revision der unter 2) erwähnten Angabe des Autors sowie auch der chemischen Analyse ausgeführt. Meinen Untersuchungen habe ich nicht nur das vom Autor in der zitierten Arbeit beschriebene Originalmaterial, sondern auch die von mir im Mai 1953. im Jaska-Bach gesammelten Gesteinstücke unterzogen. Dieser Bach hat sein Quellengebiet im nordöstlichen Teil des Moslavina Gebirges, südwestlich von dem Dorfe Šimljanik. Er fliesst nördlich am Josipovača Berg und mündet bei Novo Selo in den Bach Garešnica ein; der letzt-erwähnte Bach fliesst zuerst nach Osten, bei dem Dorfe Pašijan lenkt er gegen Süden ab und südlich vom Ort Garešnica mündet er in den Fluss Ilova ein.

Das Gestein, über das berichtet wird, kommt im Jaska-Bach westlich von der Kote 213 (siehe die Spezialkarte 1 : 100.000). Diese Kote befindet sich an der Strasse, die aus Podgarić über den Berg Josipovača nach Šimljanik geht. Von der Stelle, wo in den Jaska-Bach — vom Westen herkommend — nördlich unter der Kote 260 sein rechter Zufluss einmündet, ein bisschen der Richtung des Baches entsprechend, kommt das Gestein anstehend vor. F. Koch (1899, S. 7) erwähnt es als »äusserst zähen, schwarzen Biotitschiefer«. Er gibt für solche Schiefer (Koch, 1906, S. 5) folgende Minerale als Bestandteile an: Biotit, Quarz, Plagioklas, Muskovit, Zirkon, Granat, Rutil, Salit, gewöhnlichen Augit und Apatit. Er hebt dabei besonders hervor, dass die Feldspate zwar immer, aber nur spärlich vorkommen. Die schiefrige Textur des Gesteins ist kaum zu bemerken.

Ich möchte sofort hier erwähnen, dass wir nach meinen Untersuchungen mit dem Biotitcordieritschiefer, in welchem in grösserer Menge Andalusit und Sillimanit vorkommen, zu tun haben.

X. Theodolitmikroskopische Bestimmungen der Plagioklase

Die von mir ausgeführte Revision meiner veröffentlichten Angaben (Tučan, 1953, S. 59—60) über die Zusammensetzung der Plagioklase ergab nichts neues. In dem Gestein kommen die Andesine mit ungefähr 40 % An vor. Plagioklase können in Dünnschliffen leicht nach ihren Zwillingen beziehungsweise nach reichlich oder weniger reichlich eingelagerten Zwillingslamellen erkannt werden. Je nach der Art des Schnittes im Dünnschliff kann man ein oder zwei Lamellensysteme, die immer fast senkrecht zueinander stehen, beobachten. Die Lamellen sind öfters so reichlich eingelagert, dass sie manchmal die Messungen erschweren.

Plagioklase sind in Dünnschliffen selten; sie sind sehr ungleichmässig im Gestein verteilt. In den von F. Tučan untersuchten Dünnschliffen

schliffen, sowie in jenen, die ich später der Revision halber selbst gemacht habe, können wir nur hie und da ein Plagioklaskorn mit charakteristischer Lamellierung beobachten. Diesbezüglich besteht zwischen meinem mikroskopischen Befund und den von F. Tućan veröffentlichten Angaben wesentlicher Unterschied. Er gibt nämlich an, der Feldspat sei »der am reichlichsten vorkommende Mineralbestandteil« (Tućan, 1953, S. 58) beziehungsweise »der überwiegende Gemengteil« (Tućan, 1953, S. 79) des Gesteins. An derselben Stelle (Tućan, 1953, S. 58) sagt er über den Feldspat noch Folgendes: »Er entwickelte sich in unregelmässigen Körnern; wenn er frisch, ohne Zwillinge und ohne Spaltrisse vorkommt — und so ist er grösstenteils —, dann kann man ihn vom Quarz nur in konvergentem Licht zwischen gekreuzten Nicols durch das Feststellen der Zweiachsigkeit beziehungsweise der Einachsigkeit unterscheiden«. Dieser eben erwähnte überwiegende Anteil der Feldspate stellt aber — wie ich es feststellen konnte — den Cordierit dar. Viele schön ausgebildete Zwillinge und Drillinge, die man in Dünnschliffen wahrnehmen kann, gehören ebenfalls dem Cordierit an. Unter dem Mikroskop kann man auch mit kleiner Vergrösserung Partien finden, die über das ganze Gesichtsfeld hin fast ausschliesslich aus Cordieritkörnern bestehen. Demzufolge bezieht sich die gegebene Beschreibung der Feldspate (Tućan, 1953, S. 58—60 und S. 79) grösstenteils auf den Cordierit, und nicht auf die Feldspate.

II. Cordierit in den Schiefern aus dem Jaska-Bach in Moslavačka gora

Aus meinen mikroskopischen Untersuchungen, deren Resultate ich hier wiedergeben will, geht hervor, dass wir in diesem Fall tatsächlich mit Cordierit zu tun haben. Insofern es mir bekannt ist, wäre dies der erste Fundort des Cordierits in Kroatien. Er ist vielleicht um so merkwürdiger, da hier Cordierit als überwiegender, dass heisst also als wesentlicher Bestandteil des Gesteins vorkommt.

Für die Untersuchungen bediente ich mich der Originaldünnschliffe, die auch F. Tućan zur Verfügung standen, sowie der Dünnschliffe, die ich nachträglich von demselben Material selber gemacht habe. Diese Untersuchungen vervollständigte ich ausserdem durch Messungen in den Dünnschliffen, die ich aus dem von mir im Mai 1953. im Jaska-Bach gesammelten Material hergestellt habe. Theodolitmikroskopisch bekam ich an den Körnern, in denen nur eine optische Achse der direkten Beobachtung zugänglich war, folgende Werte für die Grösse des optischen Achsenwinkels:

$$2V = -81\frac{1}{2}^{\circ}, -81^{\circ}, -78\frac{1}{2}^{\circ}, -80\frac{1}{2}^{\circ}, -78^{\circ}, -78\frac{1}{2}^{\circ}, -77^{\circ}, -81\frac{1}{2}^{\circ}, -78\frac{1}{2}^{\circ}, -77^{\circ}, -79^{\circ}, -77\frac{1}{2}^{\circ}.$$

Die Körner, die direkte Ausmessung beider optischen Achsen ermöglichten, ergaben folgende Werte:

$$2V = -79\frac{1}{4}^{\circ}, -78\frac{1}{2}^{\circ}, -78\frac{3}{4}^{\circ}, -79^{\circ}, -78\frac{3}{4}^{\circ}, -78^{\circ}, -79\frac{1}{2}^{\circ}, -78\frac{1}{4}^{\circ}, -77\frac{1}{4}^{\circ}, -79\frac{3}{4}^{\circ}, -80\frac{3}{4}^{\circ}.$$

Um die Genauigkeit dieser Bestimmungen zu vergrössern, bediente ich mich der dickeren Dünnschliffe, als es die normalen Dünnschliffe sind. Ausserdem stellte ich die Hauptschwingungsrichtung Y der optischen Indikatrix des Cordierits in die Achse A_4 des Universaldrehtischchens im konvergenten Licht ein. Dieses Lichtes bediente ich mich auch in der Bestimmung der Lage der optischen Achsen. Die angegebenen Werte für den optischen Achsenwinkel zeigen keine grossen Schwankungen; diese sind selbstverständlich kleiner in den Fällen, wo beide optischen Achsen der direkten Beobachtung zugänglich waren.

Aus allen Einzelwerten folgt, wenn wir den durch direkte Ausmessung der Lage beider optischen Achsen erhaltenen Einzelwerten zweifaches Gewicht zugeben, für die Grösse des optischen Achsenwinkels das Gesamtmittel

$$2V = -79^{\circ}$$

Der Grösse des optischen Achsenwinkels nach unterscheidet sich also in unserem Gestein der Cordierit von den Plagioklasen. In den Plagioklasen schwankt dieser Winkel um 90° und für den Cordierit beträgt er 79° um die Hauptschwingungsrichtung X der Indikatrix. Seinem optischen Charakter nach ist also Cordierit aus diesem Fundort negativ.

Es soll hier betont sein, dass oben angegebene Einzelwerte für die Grösse des optischen Achsenwinkels $2V$ des Cordierits die Werte darstellen, die durch das direkte Ablesen der Neigungen an dem Messkreis der Achse A_4 des Universaldrehtischchens zwischen den Segmenten mit Brechungsindex $n_{Na} = 1,554$ erhalten wurden. Es wurde also keine Korrektur für den Unterschied der Brechungsindices des Minerals und der Segmente genommen. Sie erwies sich als unnötig, da der Brechungsindex N_m des Cordierits, wie wir dies etwas später auseinandersetzen werden, und der Brechungsindex der Kugelsegmente wenig verschieden sind.

Die Dispersion des optischen Achsenwinkels ist schwach $r < v$.

Betreffs der drei Hauptbrechungsindices N_g , N_m und N_p konnte ich mittels der Beckeschen Linie im weissen Licht feststellen, dass N_g und N_m höher als der Brechungsindex des Kanadabalsams sind. Der Brechungsindex N_p ist im Gegenteil dem Brechungsindex des Balsams gleich. Die Beckesche Linie und die Umrisse der Körner verschwinden nämlich in diesem Fall vollständig. Daraus können wir schliessen, dass für den Cordierit aus dem Jaska-Bach in Moslavačka gora der Brechungsindex

$$N_p = 1,539$$

ist.

Um die Brechungsindices N_m und N_g zu bestimmen, bestimmte ich genau die Grösse der drei Hauptdoppelbrechungen $N_g - N_p$, $N_g - N_m$ und $N_m - N_p$, indem ich mittels des Universaldrehtischchens senkrecht zu der Mikroskopachse A_4 die betreffenden symmetrischen Schnitte der Indikatrix stellte und danach die reduzierten Gangunterschiede mittels des Bereschen Kompensators bestimmte. Im Falle kleiner Gangunterschiede stellte ich in den Strahlengang noch das Gipsplättchen mit

532 $m\mu$ betragendem eigenem Gangunterschied. Dadurch wurde der Gangunterschied des Mineralkornes um 532 $m\mu$ vergrößert und seine Bestimmung in das Gebiet der höheren Genauigkeit gerückt. Messungen wurden in weissem Licht ausgeführt.

Für die Bestimmung der Dicke bediente ich mich der empfindlichen Methode mittels der Quarzkörner im Dünnschliff (Berek, 1924, S. 128 bis 130). Maximale Doppelbrechung bestimmte ich an 5 Körnern. An zwei Körnern, deren Dicke 0,0450 mm betrug, erhielt ich

$$\begin{aligned} Ng-Np &= 0,0114 \text{ und} \\ Ng-Np &= 0,0122 \end{aligned}$$

Weitere drei Körner, deren Dicke 0,0950 mm war, ergaben

$$\begin{aligned} Ng-Np &= 0,0117 \\ Ng-Np &= 0,0122 \\ Ng-Np &= 0,0123 \end{aligned}$$

Das Gesamtmittel dieser fünf, gut übereinstimmenden Einzelwerte ist

$$Ng-Np = 0,0120 \pm 0,0002.$$

Die Doppelbrechung $Ng-Nm$ wurde an drei Körnern, deren Dicke 0,0950 mm, 0,1207 mm und 0,0792 mm betrug, bestimmt. Der Reihe nach ergaben sich folgende Werte:

$$\begin{aligned} Ng-Nm &= 0,0050 \\ Ng-Nm &= 0,0048 \\ Ng-Nm &= 0,0047 \end{aligned}$$

$$\text{Mittelwert } Ng-Nm = 0,0048$$

Die Bestimmung der Doppelbrechung $Nm-Np$ an einem 0,0950 mm dicken Korn ergab

$$Nm-Np = 0,0072$$

Nachdem jetzt der Brechungsindex Np und die Doppelbrechungen $Ng-Np$ beziehungsweise $Ng-Nm$ und $Nm-Np$ bekannt sind, können wir den Schluss ziehen, dass die Brechungsindices des Cordierits aus Jaska Bach

$$\begin{aligned} Np &= 1,539 \\ Nm &= 1,546 \\ Ng &= 1,551 \end{aligned}$$

sind. In Anbetracht dessen, dass der Brechungsindex Np eigentlich nach der Immersionsmethode bestimmt wurde, beträgt die Genauigkeit der angegebenen Brechungsindices $\pm 0,003$.

In Betreff der Mikrophysiographie des Cordierits in unserem Gestein möchte ich hier am besten das wiederholen, was über ihn — in der Überzeugung, dass hier die Feldspate vorliegen — in seiner Arbeit F. Tućan (1953, S. 58 und 79) berichtet. Nach ihm ist der Cordierit

grösstenteils frisch, ohne Zwillinge und ohne Spaltrisse. Die Körner greifen zahnartig ineinander und in die Körner anderer Minerale ein. In ihm sind stellenweise mehr oder weniger winzige, unregelmässige staubförmige Körnchen enthalten. Oft sind in ihm regelmässige oder verzerrte hexagonale Blättchen oder verlängerte Lamellen des Biotits eingeschlossen. Als Einschlüsse kommen weiterhin im Cordierit auch unregelmässige Körner des Quarzes, des Feldspats, dann die Sillimanitnadeln, Andalusitkörner, Ilmenit, faseriger Muskovit und Zirkon vor.

Diese Beschreibung könnte ich noch folgendermassen vervollständigen. Cordierit kommt oft in Zwillingen, die aus zwei, selten auch aus drei Einzelindividuen bestehen, vor. Ziemlich selten können wir in Dünnschliffen auch die Körner mit regelmässigen sechseckigen Umrissen finden. Ich konnte theodolitmikroskopisch feststellen, dass solche Umrisse der Kombination von (110) und (010) entsprechen. Die Flächen des Prismas (110) können dadurch identifiziert werden, dass ihre Normalen in der Ebene YZ der optischen Indikatrix des Cordierits liegen und mit der Hauptschwingungsrichtung Z der Indikatrix, die sich mit der kristallographischen Achse [010] des Cordierits deckt, den Winkel schliessen, dessen Grösse in einigen Fällen mit 59° — 61° gemessen wurde. Das zweite Pinakoid ist leicht dadurch festzustellen, dass seine Normale mit der Hauptschwingungsrichtung Z der optischen Indikatrix zusammenfällt.

Zwillinge, die aus zwei Individuen bestehen, sind — wie schon gesagt — in den Dünnschliffen ziemlich oft anzutreffen und zwar als einfache Berührungszwillinge oder als Zwillinge, in denen das kleinere Individuum ziemlich unregelmässig in das grössere Individuum hineindringt (Fig. 1). Selten sind auch polysynthetische Zwillinge zu finden (Fig. 2 und 3). Drillinge (Fig. 4) sind selten. Als Zwillingснаht kommt am häufigsten (110), seltener (130) vor; die Flächen der letzterwähnten Form sind im Beobachtungstereogram dadurch leicht festzustellen, dass ihre Normalen in der YZ-Ebene der optischen Indikatrix liegend mit der Hauptschwingungsrichtung Z den Winkel 30° schliessen. — Einmal konnte ich (130) auch als Kristallgrenzfläche beobachten.

Im Gestein, welches als Andalusitsillimanitbiotitschiefer beschrieben wird (Tućan, 1953, S. 58 und 79), kommt Cordierit als überwiegender Gemengteil vor. Ihm folgen der Menge nach Biotit und danach Andalusit mit Sillimanit sowie Quarz nach. Ilmenitkörnchen kommen oft vor. Muskovit kommt spärlich vor, Feldspat (Andesin) ist ebenfalls ziemlich selten. Selten kann man Zirkone und Granate beobachten. Hier haben wir also — wie schon erwähnt — mit Andalusit- und Sillimanitführendem Biotitcordieritschiefer zu tun.

Dieser mikroskopischen Beschreibung möchte ich noch Folgendes zugeben. In den Dünnschliffen, deren sich F. Tućan für seine Untersuchungen bedient hatte, kann man selten in den Biotiten um die in ihnen eingeschlossenen Zirkone pleochroitische Höfe beobachten. Diese Höfe sind wesentlich öfters in den Dünnschliffen anzutreffen, die ich mir aus dem Material, welches ich selbst im Jahre 1953. gesammelt habe, hergestellt habe. Die pleochroitischen Höfe können wir um die

eingeschlossenen Zirkone auch im Cordierit beobachten. Sie sind zart zitronengelb gefärbt, wenn das Licht in der Richtung X schwingt; für die Schwingungen parallel Y und Z schwinden diese Höfe vollständig.

In vielen Dünnschliffen, die aus dem von mir gesammelten Material gemacht wurden, konnte ich noch ein Mineral feststellen. Andalusite werden nämlich oft kranzförmig von kleinen, dicht aneinanderliegenden, schön grün gefärbten Körnern umgeben. Das Relief dieses Minerals ist hoch, seine Oberfläche rauh. Zwischen gekreuzten Nicols kann man feststellen, dass dieses Mineral optisch isotrop ist. Zweifelloso stellt dieses Mineral ein Mitglied der Spinellgruppe (Pleonast) dar.

Auf Grund des bisher Gesagten können wir für die im Jaska Bach in Moslavačka gora vorkommenden kristallinen Schiefer sagen, dass in ihnen charakteristische kontaktmetamorphe Minerale und zwar Cordierit, Andalusit, Sillimanit, Granat (in Dünnschliffen schwach rosa gefärbt) und Spinell vorkommen. Diese Schiefer sind durch die kontaktmetamorphe Wirkung des Granitmagma, aus welchem die Granite des Moslavinier Gebirges ihren Ursprung führen, entstanden. Es ist nun die Frage, aus welchen Gesteinen sind durch die Kontaktmetamorphose die gegenwärtigen Andalusit- und Sillimanitführenden Biotitcordieritschiefer entstanden. Um diese Frage zu beantworten, müssen wir besonders die Tatsache beachten, dass die Hauptbestandteile dieser Schiefer Minerale mit bedeutendem Gehalt des Aluminiums sind. Ausserdem zeigt die Bauschalanalyse nur 1,32 % CaO (siehe darüber später). Wir müssen daraus den Schluss ziehen, dass diese Schiefer aus einstweiligen Tongesteinen entstanden sind.

Dies wäre, wie schon gesagt, die erste Nachricht über den Cordierit in Kroatien. Auf dem Gebiet Jugoslaviens wird er bisher selten erwähnt und zwar von S. Urošević (1900, S. 94 und 108—109) in Glimmerschiefern des Bukulja-Gebirges bei Arandjelovac in Serbien und von O. H. Erdmannsdörffer (1924, S. 301) in Gneisen in Mazedonien (in der Gegend westlich von Strumica und Dojran-See). Wenn wir aber bedenken, dass der Cordierit in der kristallinen Erdkruste eines der häufigsten Minerale ist (Eskola, 1946, S. 360), dann werden wir schliessen müssen, dass die drei bisher bekannten Fundorte auf dem Gebiet Jugoslaviens eigentlich nur eine kleine Anzahl der Fundorte auf diesem Gebiete darstellen. In künftigen, eingehenderen mineralogisch-petrographischen Untersuchungen wird man bei uns auf den Cordierit achten müssen und zwar besonders auch deswegen, weil man ihn manchmal in der Schnelle ziemlich leicht mit Quarz oder mit Feldspaten verwechseln kann.

III. Über die theodolitmikroskopischen Bestimmungen der Cordieritzwillinge

Über die Bestimmung des Cordierits beziehungsweise seiner Zwillinge mittels des Universaldrehtischchens berichten zuerst C. Burri und I. Parga-Pondal (1936, S. 238—243). Hier möchte ich meine diesbezüglichen Erfahrungen beschreiben.

Am Cordierit sind bisher zwei Zwillingsgesetze bekannt und zwar nach (110) und (130). Für die Zwillinge und selbstverständlich auch für die Drillinge nach diesen Gesetzen ist es charakteristisch — wie dies schon von Burri und Parga-Pondal betont wurde — dass die Hauptschwingungsrichtungen X der Indikatrices aller verzwillingten Individuen zusammenfallen müssen. Das muss eben so sein, denn in beiden erwähnten Zwillingsgesetzen sind die Normalen auf (110) beziehungsweise auf (130) die Zwillingsachsen; diese Zwillingsachsen stehen aber senkrecht auf die Hauptschwingungsrichtung X der Indikatrix des Cordierits, welche sich mit der c-Achse deckt. Mit der Achse b des Cordierits fällt die Schwingungsrichtung Z und mit der Achse a die Schwingungsrichtung Y zusammen. Die Normalen auf (110) beziehungsweise auf (130) schliessen mit den kristallographischen Achsen b, a und c beziehungsweise mit den (diesen Achsen entsprechenden) Hauptschwingungsrichtungen Z, Y, X die Winkel ein, deren Grösse wir aus den Achsenelementen des Cordierits im voraus berechnen können. Bedienen wir uns zu diesem Zweck des von Miller (Hintze, 1897, S. 918) für den Cordierit bestimmten Achsenverhältnisses

$$a : b : c = 0,58709 : 1 : 0,55835,$$

dan werden wir der Reihe nach folgende Werte erhalten:

$$\perp (110) \dots 59^\circ 35', 30^\circ 25', 90^\circ$$

$$\perp (130) \dots 29^\circ 35', 60^\circ 25', 90^\circ$$

oder abgerundet

$$\perp (110) \dots 59\frac{1}{2}^\circ, 30\frac{1}{2}^\circ, 90^\circ$$

$$\perp (130) \dots 29\frac{1}{2}^\circ, 60\frac{1}{2}^\circ, 90^\circ$$

Diese Winkel können wir aber dem Beobachtungstereogramm jedes Cordieritzwillings entnehmen, wenn wir durch das Halbieren der Winkel, welche von den gleichwertigen Schwingungsrichtungen beider verzwillingten Individuen eingeschlossen sind, die Zwillingsachse konstruieren. Wenn wir nun in den Dünnschliffen wegen ihrer Ähnlichkeit den Cordierit irrtümlicherweise als Plagioklas auffassen, dann werden wir für die Zwillingsachse des irrtümlich angenommenen Feldspatzwillings nach den zuerst angegebenen Winkelkoordinaten mittels des Diagramms von V. Nikitin (1936, Tafel VII) folgende Lösung erhalten:

$$B_{1/2} \ 59\frac{1}{2}^\circ, 30\frac{1}{2}^\circ, 90^\circ — \perp (021), 32\% \text{ An}, 2^\circ \text{ SW}$$

Ähnlich würde aus den Koordinaten für das andere Gesetz des Cordierits, wenn wir ihn irrtümlich als Plagioklas auffassen, folgende Lösung für die Zwillingsachse folgen:

$$B_{1/2} \ 29\frac{1}{2}^\circ, 60\frac{1}{2}^\circ, 90^\circ — \perp (021), 34\% \text{ An}, \frac{3}{4}^\circ \text{ NO}$$

Wenn man also den Cordierit beziehungsweise die Cordieritzwillinge irrtümlich als Plagioklase auffasst, dann wird man falsch schliessen müs-

sen, dass die Plagioklaszwillinge nach den Bavenogesetzen $\perp$ (021) oder $\perp$ (0 $\bar{2}$ 1) vorliegen und dass die Plagioklase 32% An beziehungsweise 34% An enthalten.

Aus allem Gesagten können wir folgenden Schluss ziehen: wenn wir durch die theodolitmikroskopische Ausmessung einer grösseren Anzahl der Zwillinge, die wir als Plagioklaszwillinge aufgefasst haben, nach ihrer Lösung mittels des von V. Nikitin konstruierten Diagramms (Nikitin, 1936, Tafel VII) schliessen müssen, dass diese Zwillinge verhältnismässig seltene Bavenozwillinge wären und dass die Zusammensetzung der Plagioklase 32—34% An wäre, dann müssen wir daran denken, dass wir höchstwahrscheinlich keine Plagioklase, sondern den Cordierit vor uns haben.

Auf diese Weise geben uns die theodolitmikroskopischen Untersuchungen eine weitere Möglichkeit für das Unterscheiden der Plagioklase und des Cordierits in Dünnschliffen in die Hand.

IV. Regelmässige Verwachsung des Andalusits und des Sillimanits im Biotitcordieritschiefer aus dem Jaska Bach

Ich konnte theodolitmikroskopisch feststellen, dass Andalusit und Sillimanit in den Dünnschliffen manchmal regelmässig mit parallelen gleichnamigen kristallographischen Achsen verwachsen sind. Die Hauptschwingungsrichtungen X, Y und Z der Indikatrix des Andalusits decken sich in solchen Fällen im Beobachtungstereogramm mit den Hauptschwingungsrichtungen Z, Y und X der optischen Indikatrix des Sillimanits.

V. Chemische Analyse des Gesteins

Die von mir ausgeführte quantitative chemische Analyse des Gesteins ist an der Seite 156 wiedergegeben.

Die Bestimmung der Dichte des Gesteins nach der Pyknometermethode ergab

$d = 2,805$ (auf das Wasser von 4° C korrigiert).

Die chemische Analyse steht im Einklang mit der Mineralzusammensetzung des Gesteins. Der niedrige Gehalt des CaO (1,32 %) weist unbedingt daraufhin, dass Andesin nur in bescheidener Menge im Gestein vorkommen kann. Wäre das ganze Calcium als 40 % An enthaltender Andesin zugegen, dann könnte dieser Plagioklas 15,87 % des Gesteins ausmachen ($1,32 \text{ CaO} + 9,24 \text{ SiO}_2 + 4,21 \text{ Al}_2\text{O}_3 + 1,10 \text{ Na}_2\text{O}$). Das ist aber nur theoretisches Maximum. Es ist nämlich fraglich, ob eben alle Ca-Atome im Plagioklas enthalten sind; vielleicht ist doch ein kleiner Anteil der Ca-Atome im Cordierit enthalten. Chemische Analysen des Cordierits zeigen nämlich öfters den Gehalt von einigen Zehntel Gewichtsprozent CaO (Thiele, 1940/41, S. 80—82).

Das Magnesium und das zweiwertige Eisen nehmen an der Zusammensetzung der Hauptbestandteile des Gesteins, des Cordierits und des Biotits teil. Dafür wird auch ein grosser Anteil des Aluminiums verbraucht. Das übriggebliebene Aluminium ist im Andalusit und Sillimanit

enthalten. Der hohe TiO_2 -Gehalt, den die chemische Analyse aufweist, ist zweifelsohne grösstenteils als Ilmenit im Gestein enthalten. Teilweise wird Titan wahrscheinlich auch im Biotit enthalten sein. Biotite in unserem Gestein zeigen eine eigentümliche braunrote Farbe, die für die Biotite solcher kontaktmetamorphen Gesteine charakteristisch ist (Rosenbusch, 1923, S. 606).

LITERATURA

Berek, M., 1924, Mikroskopische Mineralbestimmung mit Hilfe der Universal-drehtischmethoden, Berlin.

Burri, C. und Parga-Pondal, I., 1936, Neue Beiträge zur Kenntnis des granatführenden Cordieritandesites vom Hoyazo bei Nijar (Provinz Almería, Spanien). Schweizerische mineralogische und petrographische Mitteilungen, XVI, 226—262.

Erdmannsdörffer, O. H., 1924, Untersuchungen an mazedonischen Gesteinen. II. Die kristallinen Gesteine des Wardar-Dojrangebietes. Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie, Beilage-Band 50, 289—312.

Eskola, P., 1946, Kristalle und Gesteine, Wien.

Heddle, Trans. Roy. Soc. Edinburgh, 39, 348. Citirano prema Mügge, O., 1903, p. 399.

Hintze, C., 1897, Handbuch der Mineralogie, Zweiter Band: Silikate und Titanate, Leipzig.

Kišpatic, M., 1889, Kristalinični trup Moslavačke gore. Rad Jugoslavenske akademije znanosti i umjetnosti, knj. 95, Zagreb, 1—27.

Kišpatic, M., 1900, Die krystallinischen Gesteine der Moslavačka Gora in Croatien. Geološki anali Balkanskog Poluostrva, knj. 5., deo 2, Beograd, 1—59.

Koch, F., 1899, Prilog geološkom poznavanju Moslavačke gore. Rad Jugoslavenske akademije, knj. 139, Zagreb, 1—28.

Koch, F., 1906, Geologijška prijedlogna karta kraljevine Hrvatske-Slavonije. Tumač geologijske karte Ivanić Kloštar i Moslavina, Zagreb, 1—22.

Lacroix, A., 1888, Note sur une association de sillimanite et d'andalousite. Bulletin de la Société française de Minéralogie, 11, 150—155.

Lacroix, A., 1889, Andalousite et sillimanite de la vallée de Barousse (Hautes-Pyrénées). Bulletin de la Société française de Minéralogie, 12, 59—60.

Michel-Lévy et Termier, 1889, Note sur un nouvel exemple d'association d'andalousite et de sillimanite à axes parallèles. Bulletin de la Société française de Minéralogie, 12, 56—59.

Mügge, O., 1903, Die regelmässigen Verwachsungen von Mineralien verschiedener Art. Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie, Beilage-Band 16, 335—475.

Nikitin, W., 1936, Die Fedorow-Methode, Berlin.

Rosenbusch, H., 1923, Elemente der Gesteinslehre, Vierte Auflage, Stuttgart.

Rosenbusch, H., 1927, Mikroskopische Physiographie der Mineralien und Gesteine. Band I: Die petrographisch wichtigen Mineralien und die Methoden ihrer Untersuchung. Fünfte, neu bearbeitete Auflage von E. A. Wülfing und O. Mügge. Zweite Hälfte: Mikroskopische Physiographie der petrographisch wichtigen Mineralien. Fünfte, erweiterte Auflage von O. Mügge, Stuttgart.

Salomon, W., 1898, Ueber Alter, Lagerungsform und Entstehungsart der periadriatischen granitisch-körnigen Massen. Tschermak's mineralogische und petrographische Mitteilungen, neue Folge, 17, 109—283.

Sauer, 1894, Erläuterungen z. Blatt Gegenbach der geologischen Special-Karte von Baden, p. 12. Citirano prema Mügge, O., 1903, p. 399.

Spangenberg, K. und Neuhaus, A., 1930, Künstlich gefärbte Kristalle als Beispiele sogenannter anomaler Mischkristalle und ihre mineralchemische Bedeutung. *Chemie der Erde*, 5, 437—528.

Thiele, E., 1940/41, Die Beziehung der chemischen Zusammensetzung zu den physikalisch-optischen Eigenschaften in einigen Mineralien des Kontakts. *Chemie der Erde*, 13, 64—91.

Tučan, F., 1953, Nov prinos poznavanju kristalastih stijena Moslavačke gore. 3. Andaluzitskosilimanitski biotitski škriljac. Spomenica Miše Kišpatića povodom stogodišnjice njegova rođenja (Mnemosynon Michaeli Kišpatić ad centesimum eius natalem celebrandum dicatum), Jugoslavenska akademija, Zagreb, 58—65 i 79—81.

Urošević, S., 1900, Venčac, Bukulja, Vagan. *Glas Srpske akademije*, LXI, Beograd, 69—123.

Vernadsky, 1900, *Comp. rend.*, p. 1378. Citirano prema Mügge O., 1903, p. 398.

Vultée, J. von, 1952, Die orientierten Verwachsungen der Mineralien. *Fortschritte der Mineralogie*, Bd. 29 und 30, 297—378.

Primjedba: Kad je prednji moj rad već bio u štampi, naišao sam pregledavajući literaturu na još jedno nalazište kordijerita na području Jugoslavije. Radi se o biotitnim rožnecima (biotit-kornit), koje u planini Boranji (Srbija) u Boranjskoj Reci te sa Čavčića, Triješnice, Dragojeva Dola i Oglavaka spominje S. Urošević na str. 46 i 49 svoga rada: *Boranja. Studija kontaktno-metamorfnihi pojava granita*. *Glas srpske akademije* 65 (Beograd 1902) 9—52.