

TALK-KLORITNI ŠKRILJCI NA ISTOČNIM OBRONCIMA PSUNJA

S 5 tabela i 2 crteža u tekstu

Uz kratak osvrt na geologiju užeg područja u radu su iznijeti rezultati mineraloško-petrografskih istraživanja talk-kloritnih škriljaca s istočnih obronaka Psunja, koji su dobiveni primjenom optičkih, rendgenografskih, kemijskih, diferencijalno-termičkih i termo-gravimetrijskih metoda.

UVOD

Pojave talk-kloritnog škriljca nalaze se na istočnim obroncima Psunja (jugoistočno od kose Bukovik-Javorovica-Perunika) u zoni dugoj oko 7 km i širokoj 1 do 1,5 km. Pružanje zone je NE-SW, i to od Orljavca na sjeveroistoku do sela Šnjegovići na jugozapadu. Najveća pojava talk-kloritnog škriljca nalazi se u Orasi potoku i udaljena je 2,5 km od sela Koprivna. Ta pojava je u periodu od 1959. do 1962. god. bila podvrgnuta detaljnim geološkim i rudarskim istraživanjima, jer se pokazalo da frakcija talk-kloritnog škriljca veličine ispod 50 mikrona uspješno zamjenjuje talk u nekim granama industrije. U ovom radu želimo iznijeti rezultate mineraloško-petrografskih istraživanja.

Prvi petrografski opis Psunja dao je D. Stur. (1861, 1862), koji je smatrao da je najveći dio Psunja izgrađen od granita. Međutim, M. Kišpatić (1891, 1892) je osporio Sturove navode tvrdeći, da na čitavom području Psunja nije naišao na granit, već na filite, kloritoidne škriljce, gnajse i amfibolite, s time da su posljednje dvije grupe stijena često zrnatog izgleda. F. Koch (1899 i 1919) također se zadržao na opisu kristalastih stijena. U najnovije vrijeme (1962) I. Jurković daje kratak opis talk-kloritnih škriljaca i iznosi mišljenje da su oni nastali u tektonskim zonama djelovanjem sekundarnih hidrotermalnih otopena.

I. GEOLOGIJA UZEG PODRUČJA

Uže područje zone s talk-kloritnim škriljcem izgrađeno je od paleozojskih i terciarnih stijena. Paleozojske stijene – kristalasti škriljci nižeg stupnja metamorfizma – izgrađuju reljefno više, sjeverozapadne dijelove terena, dok je niži teren na području Orljavca, Koprivne i Čečavca izgrađen od pijesaka, lapora i litotamnjskih vapnenaca.

Talk-kloritni škriljci nalaze se u seriji metamorfnih stijena iz facije zelenih škriljaca. Navedene stijene imaju najčešće škriljavu teksturu.

Opće pružanje folijacije je SW-NE do W-E; padovi su uglavnom strmi prema NW ili SE, a često i okomiti. Struktura škriljavih stijena je lepidoblastična i nematoblastična, dok masivne stijene imaju grano-blastičnu do granoblastično-nematoblastičnu strukturu.

Mikroskopski je u metamorfnim stijenama spomenutog užeg područja utvrđeno prisustvo slijedećih minerala: kvarc, feldspat, epidot, amfiboli, klorit, kalcit, coisit, diopsid, talk, muskovit, biotit, granat, turmalin, apatit, titanit i pirit (opadajući niz). Mineralni sastav stijena i veličina pojedinih minerala često se lateralno i vertikalno mijenja dosta naglo, tako da je vrlo teško vršiti prostorno izdvajanje pojedinih tipova stijena. Najobilniji i najčešći minerali su kvarc, aktinolit, plagioklas, epidot i klorit, a s tim u vezi se kao najčešće stijene javljaju aktinolitno-epidotni, aktinolitni i albit-epidot-aktinolitni škriljac. U sastavu terena sporedna uloga pripada kalcit-epidotnom, tremolit-kalcitnom, kalcit-muskovitnom, tremolitnom, kloritnom i epidotnom škriljcu te filitu.

MIKROFIZIOGRAFIJA MINERALA METAMORFNIH STIJENA

Kvarc ima oblik nepravilnih zrna koja ispunjavaju prostore među većim idioblastima amfibola i feldspata, ili gradi trakaste nakupine. Potamnjuje obično jednolično, rjeđe slabo undulatorno.

Feldspati su najčešće u obliku sitnih, a rjeđe krupnijih zrna. Većinom su to plagioklasti i tek manjim dijelom pripadaju mikroklinu (s izrazitom rešetkastom strukturom). Kod plagioklasa pojedinačni individui daleko prevladavaju nad sraslacima (i to samo po karlovarskom zakonu). Iz teodolitno-mikroskopskog mjerenja proizlazi da plagioklasi pripadaju albitima sa 4-10% an, čiji kut optičkih osi iznosi $+2V = 76 - 82^\circ$.

Amfibol je u obliku idioblasta izduženih smjerom kristalne osi *c* i obično bez terminalnih ploha, ili se javlja u fibroznim agregatima. Jasan pleohroizam: X = svijetlo žuto-zelen, Y = tamno zelen, Z = tamno zelen, zatim kut kosog potamnjenja $c:Z = 13^\circ$ i $2V = -78^\circ$ ukazuju da je taj amfibol aktinolit. Rjeđi je bezbojni tremolit s kutom kosog potamnjenja ($c:Z$) od 15° i s $2V = -87^\circ$, koji redovno dolazi u paragenezi s kalcitom.

Epidot i coisit su obično u obliku sitnih zrna visokog indeksa loma i zbog toga su skoro neprozirni. Česta su međutim i krupnija zrna (do 0,5 mm), koja su bezbojna ili blijedo žute boje bez pleohroizma; interferencijske boje coisitnih zrna su anomalno plave, a epidotskih crveno-žute. Nadalje je za epidot dobivena vrijednost od 4° za kut kosog potamnjenja $c:X$, dok je kut optičkih osi $-2V$ varirao od 68 do 72° . U istraženim uzorcima epidot je daleko češći od coisita; ponegdje se sakupio u žilice, koje presjecaju stijenu.

Klorit se najčešće javlja u paralelno- i radijalno-trakastim agregatima. Zelenkaste je boje i slabog pleohroizma. Među ukrštenim nakolima interferira u smeđezelenkastoj i tamnosivoj boji.

Piroksen je rađen samo u nekoliko uzoraka i u tima je onda obično uz kalcit bitni mineral. Zelenkaste je boje i ne pokazuje pleohroizma. Uz prizmatsku kalavost katkada se zapažaju izrazite pukotine lučenja po prvom pinakoidu. Kut potamnjenja $c:Z = 41^\circ$, a kut optičkih osi $+2V = 58-60^\circ$. Navedeni podaci ukazuju na diopsid.

Poznato je da je diopsid obično vezan za stijene visokog stupnja metamorfizma i stijene kontaktnog metamorfizma. Prisustvo diopsidske stijene u seriji stijena iz facije zelenih škrljaca genetski je prema tome vrlo interesantno i zahtijeva posebnu studiju.

Kalcit je u rekim stijenama bitni mineral i kadkada čini preko 80% stijene (kalcitni škrljac). Pojedina zrna dosežu veličinu od 0,7 mm. Često kalcit potiskuje ostale minerale, a negdje se razvio u žilicama, koje su najmlađe jer presjecaju epidotne žilice.

Muskovit je redovito u vidu sitnih listića, ali nisu rijetki i listići do 0,2 mm.

Talk je konstatiran u talk-kloritnim i kalcitnim škrljcima. Pod mikroskopom ima skoro identične karakteristike s muskovitom i zbog toga ga je teško sa sigurnošću optički identificirati.

Biotit, granat, titanit, turmalin, apatit i pirit se nalaze u stijenama kao akcesorni minerali; među njima je pirit najčešći.

II. OBLIK POJAVLJIVANJA TALK-KLORITNIH ŠKRLJACA

Oblik pojavljivanja talk-kloritnih škrljaca najbolje je proučen na pojavi u Orasi potoku, gdje su istražni radovi bili najobimniji. Rudarskim radovima i istražnim bušenjem ispitan je sloj talk-kloritnog škrljaca na dužini od 450 m i do maksimalne dubine od 125 m.

Talk-kloritni škrljci imaju oblik slojeva ili lećastih slojeva, koji su u većini slučajeva kondordantni s folijacijom škrljaca u kojima leže; radi toga je pružan je tih slojeva NE-SW do E-W, a pad strm prema NW ili SE. Rjeđe slojevi talk-kloritnog škrljaca presjecaju škrljavost i tada su to redovno tanji i kraći slojevi, kod kojih se jasno vidi da su vezani za rasjede. U tom slučaju obično jednu stranu sloja talk-kloritnog škrljaca čini rasjedno ogledalo, ili se u neposrednom kontaktu sa slojem nalazi tektonska breča, a u samom sloju mnogobrojni angularni fragmenti okolnih škrljaca. Treba međutim spomenuti da se i u konkordantnim slojevima često nalaze manji ili veći (do 30 cm) blokovi bočnih tvrdih škrljaca.

Slojevi talk-kloritnog škrljaca su često presječeni ili poremećeni postgenetskim rasjedima. Također se zapaža da su se vršili tektonski pokreti duž kontakta između mekanog talk-kloritnog škrljaca i tvrdih bočnih škrljaca.

Pojava talk-kloritnog škrljaca u Orasi potoku sastoji se od glavnog sloja i nekoliko pratećih slojeva. Glavni sloj je najdeblji, najdužeg pružanja i sadrži najveći procenat klorita; debljina mu varira od 1 do preko 10 m, s time da se najčešće zadržava između 2 i 4 m.

III. PARAGENEZA TALK-KLORITNIH ŠKRILJACA

a) Optička istraživanja

Optička istraživanja vršena su na uzorcima talk-kloritnih škriljaca i posebno na uzorcima, koji su dobiveni separacijom talk-kloritnog škriljca (frakcija ispod 50 mikrona).

Mikroskopskim ispitivanjem utvrđen je slijedeći mineralni sastav talk-kloritnog škriljca: klorit, kvarc, talk, muskovit, coisit, kalcit i pirit.

Klorit je najobilnije zastupljeni mineral. Gotovo redovno se nalazi agregiran u mikroskopski debelim proslojcima paralelno folijaciji, koji se izmjenjuju s proslojcima kvarca i talka (muskovita). Ima listićavi oblik; pojedini listići su dužine do 100 mikrona i debljine do 20 mikrona, a većinom je znatno manjih dimenzija. Pokazuje slab pleohroizam u blijedo-zelenoj boji. Zapaža se jasna kalavost i potamnjenje gotovo paralelno toj kalavosti. Interferira u sivoj boji sa smeđom primjesom, s time da su presjeci smjerom (001) gotovo izotropni. Indeks loma N_m ($\sim N_g$), određen metodom imerzije, iznosi $1,575 \pm 2$. Kut optičkih osi vrlo je blizak nuli. Svi ti optički podaci u skladu su s rezultatima proračuna kemijske analize (navedene kasnije), iz kojih slijedi da je klorit po sastavu klinoklor.

Kvarc po zastupljenosti slijedi odmah iza klorita. Obično je agregiran u tankim proslojcima, rjeđe u manjim nakupinama ili kao pojedinačna zrna. Dimenzije čestica variraju od 20 do 200 mikrona, a vrlo rijetko dosežu 0,4 do 1 mm.

Talk i *muskovit* su česti; nalaze se zajedno s kloritom ili su agregirani u vrlo tankim proslojcima. Ovamo je uvrštena sva ona listićava mineralna tvar, koju karakteriziraju dobra kalavost, paralelno potamnjenje i žive interferencione boje; ona se, kako zbog sličnosti optičkih osobina, tako i zbog sitnoće čestica nije mogla dalje razdvojiti na talk i muskovit, iako je prisustvo oba minerala utvrđeno rendgenografski.

Coisit se nalazi u pojedinačnim uglavnom ksenomorfnim zrnima veličine do 0,1 mm. Bezbojan je, ima visoki reljef i kalavost (po drugom i prvom pinakoidu). Potamnjuje paralelno i interferira u sivoj boji.

Kalcit je rijedak i nalazi se u pojedinačnim ksenomorfnim zrnima ili je sabran u manje nakupine.

Pirit se nalazi u pojedinačnim idiomorfnim kristalima veličine od 20 do 100 mikrona.

Količina frakcije s česticama ispod 50 mikrona u talk-kloritnom škriljcu varira od 50 do 80%. Optičko istraživanje navedene mineralne frakcije bilo je otežano zbog sitnoće minerala; veći dio minerala bio je manji od 10 mikrona, a debljina listićavih minerala nije prelazila 6 mikrona. Iako su u frakciji ispod 50 mikrona konstatirani isti minerali kao i u talk-kloritnom škriljcu (osim pirita), njihov međusobni odnos je drugačiji: kalcit i coisit su znatno rjeđi, kvarc je nešto rjeđi (ali još uvijek dosta obilan), a povećano je učešće klorita, talka i muskovita.

b) Rendgenografska istraživanja

Jednoznačan odgovor na pitanje o mineralnom sastavu talk-kloritnog škrljca, čija glavna masa otpada na fino disperzni materijal, mogao se očekivati jedino od rendgenografskih istraživanja; to se naročito odnosi na identifikaciju minerala iz skupine filosilikata. Za navedena ispitivanja bio je korišten Philips-ov automatski-stabiliziran generator, bakreno monohromatsko zračenje (Ni filtar), Geiger-ov brojač i elektronski recorder s pisačem. Uvjeti rada bili su slijedeći: u rendgenskoj cijevi napon od 34 kV i struja od 18 mA; kod snopa rtg. zraka izlazna pukotina iznosila je 1° , prednja ulazna pukotina $0,2 \text{ mm}$ i stražnja ulazna pukotina 1° ; brzina rotacije brojača na širokokutnom goniometru bila je $1^{\circ}/\text{min}$ kod kvalitativne analize i $1/8^{\circ}$ u minuti kod kvantitativne analize – analogno tome hod papira je u prvom slučaju iznosio 400 mm/sat , a u drugom slučaju 800 mm/sat ; osjetljivost recordera i vremenska konstanta mijenjane su prema potrebi.

Kvalitativna rendgenska analiza mineralnog sastava obuhvatila je osam uzoraka, i to: talk-kloritni škrljac, frakciju tog istog škrljca sa česticama manjim od 50 mikrona , koncentriranu rudu s I etaže (to jest koncentrat dobiven mokrom separacijom talk-kloritnog škrljca I etaže), koncentriranu rudu s II etaže, četiri veličinske frakcije od koncentrirane rude s prve etaže, koju smo razdvojili metodom vremenski kontrolirane sedimentacije (Stokes-ov zakon). Kvantitativna analiza ograničena je na određivanje talka i kvarca u četiri prva po redu prije navedena uzorka.

Analizom difraktograma prašaka konstatirano je u svim ispitanim uzorcima prisustvo klorita, kvarca, talka i hidrotinjca; uz navedena četiri minerala na difraktogramu od talk-kloritnog škrljca pojavile su se još i linije kalcita i vrlo slabe linije feldspata. Napomenimo, da se detaljnija klasifikacija hidrotinjca, tj. da li se on po strukturi i sastavu približava više muskovitu ili ilitu, nije mogla provesti zbog male koncentracije sa mog minerala i odgovarajuće tome slabo izraženih difrakcijskih maksimuma.

Na svim difraktogramima vidljiv je potpuni dijagram praška klorita (s time da su zbog djelomično preferirane orijentacije naročito dobro izraženi 00l refleksi), koji odgovara čistoj kloritskoj strukturi bez značkovia interstratifikacije. Putem dodatna dva postupka, od kojih se jedan sastojao u 1,5 satnom žarenju uzorka na 600° C , a drugi u obradi uzorka s etilen-glikolom, te ponovnog snimanja tako priređenih uzoraka, odstranjena je sumnja na prisustvo ostalih filosilikata s $d_{(001)} \sim 14 \text{ \AA}$ (npr. vermikulita i montmorilonita), čije glavne linije su maksimumi klorita mogli prekriti.

U tabeli 1 sabrani su za tri uzorka (talk-kloritski škrljac, koncentrirana ruda I etaže i koncentrirana ruda II etaže) međuplošni razmaci i intenziteti svih refleksa, koji su se pojavili u području Bragg-ovog kuta od 2° do 33° . Dobivene vrijednosti dobro se slažu s literaturnim podacima (Brown, 1961.). Kao mjera intenziteta navedenih u tabeli uzeta je

Tabela 1. Eksperimentalni rendgenografski podaci karakterističnih uzoraka
Table 1. X-ray powder data of characteristic samples

hkl	I		II		III		IV	
	d (Å)	I	d (Å)	I	d (Å)	I	d (Å)	I
001	14,22	52	14,20	315	14,23	94	14,19	22
001 h	10,05	6	10,05	11	9,99	13	10,00	2
002 tl	9,37	18	9,37	27	9,40	17	9,36	5
002	7,10	121	7,10	55	7,11	229	7,09	59
003	4,747	104	4,746	43	4,74	201	4,73	47
	4,266	23	4,265	22	4,26	24	4,25	22
	4,048	9			5,00	9		
004	3,556	146	3,550	58	3,56	255	3,55	65
			3,520	27				
	3,344	100	3,345	100	3,35	100	3,34	100
006 tl	3,120	23	3,120	27	3,125	20	3,121	4
					3,002	5	3,050	16
	2,900	7	2,900	6			2,900	5
005	2,841	40	2,840	23	2,843	78	2,840	16
			2,817	55				
			2,675	7				
202,131	2,587	11			2,590	12	2,586	3
132,201	2,546	17			2,545	22	2,546	6
	2,462	10			2,460	14	2,458	6b
132,203	2,445	16		2,448	18	2,443		
133,202	2,385	8			2,386	14	2,384	2
133,204	2,284	10			2,287	9	2,284	5
	2,262	7			2,262	3	2,259	1
	2,239	4					2,226	2
	2,131	7			2,130	9	2,131	6
					2,068	4		
007	2,028	8			2,030	16	2,027	4
	2,023	7						
135,204	2,005	18			2,006	25	2,004	6
							1,981	4
							1,904	1
135,206	1,885	9			1,886	11b	1,883	2b
136,205	1,820	15			1,821	21	1,819	14
	1,670	5			1,670	7	1,672	4
137,206	1,663	6				1,661	2	
208,137	1,566	16			1,567	22	1,567	4
							1,545	3
331,060	1,541	15		1,540	18	1,538		
331,062	1,506	6					1,503	1b
							1,463	1
							1,453	2
0,0,10	1,420	7			1,419	11	1,418	3
208 +	1,396	14			1,395	20	1,393	4

I. Koncentrirana ruda s prve etaže (Concentrated ore from level one)

II. Koncentrirana ruda s prve etaže žarena 1,5 sati na 600° C (Concentrated ore from level one heated at 600° C for 1.5 hours)

III. Koncentrirana ruda s druge etaže (Concentrated ore from level two)

IV. Talk-kloritni škriljac (Talc-chlorite schists)

d. Međuplošni razmak u Å (Interplanar spacing in Å)

I Intenzitet refleksa (Intensity of reflections)

visina difrakcionih maksimuma, s time da su eksperimentalne vrijednosti visina unutar svakog dijagrama preračunate tako, da visina 1011 refleksa od kvarca bude 100. Millerovi indeksi u prvoj koloni tabele odnose se na kloritske reflekse uz dopunu s indeksom 001 za hidrotinjac (oznaka h) te 002 i 006 za talk (oznaka t).

Strukturne promjene u kloritu, nastale prilikom žarenja uzorka, odrazile su se u intenzitetima refleksa; iz odgovarajućih podataka za rudu s I etaže (tabela 1, kolona 4) vidi se da je 001 refleks višestruko ojačao, a da su ostali 00l refleksi relativno oslabili – tipično ponašanje dobro kristaliziranog klorita.

Na osnovu podataka iz tabele 1, uspoređujući kako intenziteta refleksa pojedinih minerala unutar jednog uzorka međusobno, tako i s dijagramima čistih faza (snimljenih uz iste eksperimentalne uvjete, osim apsorpcije), sa sigurnošću se može zaključiti, da je kod svih ispitanih uzoraka klorit najzastupljeniji i da iza njega po količini slijedi kvarc, a da je koncentracija ostalih prisutnih minerala relativno mala.

Izvršeni interesantni zaključci o variranju odnosa klorita, kvarca i talka od uzorka do uzorka mogu se izvući iz podataka posljednjih dviju kolona tabele 2. Uspoređujući koncentriranu rudu I i II etaže vidimo da je odnos klorita prema kvarcu znatno povoljniji za klorit kod uzorka s II etaže, a odnos talka prema kloritu povoljniji za talk kod uzorka I etaže. U nizu veličinskih frakcija od koncentrirane rude I etaže sadržaj klorita izrazito se povećava idući prema sitnijim česticama, a na račun kvarca; paralelno s kloritom raste i koncentracija talka ali znatno sporije (zbog toga se odgovarajuće vrijednosti u predzadnjoj koloni smanjuju).

Kvantitativna rendgenska analiza provedena je po tzv. »metodi poznatog dodatka«, i to posebno za talk i posebno za kvarc. Dobiveni su slijedeći podaci:

	% talka	% kvarca
Koncentrirana ruda I etaže	3,1	14,4
Koncentrirana ruda II etaže	1,6	11,4
Talk-kloritni škrljac	1,3	25,3
Frakcija < 0,05 mm škrljca	1,7	24,0

Iako su kod kvantitativne analize pripreme uzoraka i mjerenja intenziteta, uzimajući u obzir integralnu refleksiju, izvršeni uz najveću pažnju, dobivene vrijednosti se ne mogu uzeti strogo. Zbog toga što se dodatkom kontroliranih količina bilo talka, bilo kvarca smanjio maseni koeficijent apsorpcije (u poređenju s koeficijentom originalnog uzorka), gornji postotci su svakako niži od stvarnih vrijednosti.

c) Diferencijalno-termička i termo-gravimetrijska istraživanja

DT analize izvršene su na potpuno automatskom Netzch-ovom aparatu (sistem po Linseis-u), a TG analize na instrumentu firme Adamel (Chevenard-ova termovaga). Brzina zagrijavanja uzorka (u zraku) iznosila

Tabela 2. Usporedba uzoraka putem intenziteta najatkih refleksa klorita, talka i kvarca
 Table 2. Comparison of samples by intensities of most prominent reflections of chlorite, talc and quartz

	Refleks Reflections	Klorit (chlorite)				Talk (talc)		Kvarc Quartz	I (006) talka	I (004) klo- rita
		001	002	003	004	002	006	1011	I (004) klo- rita	I (1011) kvarca
Talk-kloritni škriljac Talc-chlorite schist	Srednji uzorak Average sample	26	59	47	65	5	6,5	100	0,100	0,65
	Frakcija manja od 50 μ Fraction < 50 μ	60	142	119	156	7	9	100	0,058	1,56
Koncentrirana ruda s I etaže Concentrated ore of I level	Srednji uzorak Average sample	52	121	104	146	18	23	100	0,158	1,46
	Frakcija veća od 50 μ Fraction > 50 μ	11	32	28	39	14	18	100	0,462	0,39
	Frakcija (fraction) 50-10 μ	56	117	94	124	20	26	100	0,210	1,24
	Frakcija (fraction) 10-5 μ	100	218	178	247	18	23	100	0,093	2,47
	Frakcija manja od 5 μ Fraction < 5 μ	157	354	186	407	29	38	100	0,093	4,07
Koncentrirana ruda s II etaže; srednji uzorak Concetrated ore of II level; average sample		94	229	201	255	17	20	100	0,078	2,55

je 10°/min; gornja granica temperature bila je 1100° C. U tabeli 3 dan je pregled maksimuma na DT krivuljama, s time da su unesene temperature pikova (peak), a ne početka formiranja maksimuma. Opći izgled dijagrama je gotovo jednak za sve uzorke, što se moglo i očekivati nakon rezultata rendgenografskih analiza. Manje razlike u temperaturama pikova nastale su zbog razlika u veličini čestica i u punjenju uzoraka. Dobile su DT krivulje vrlo su slične krivulji čistog klorita, izuzevši slab endotermni maksimum kod c. 825° C, koji je uvjetovan ili sitnoćom kloritnih čestica, ili prisustvom hidrotinca (slika 1).

Tabela 3. Temperature diferencijalno-termičkih pikova (od 150° C do 1100° C)

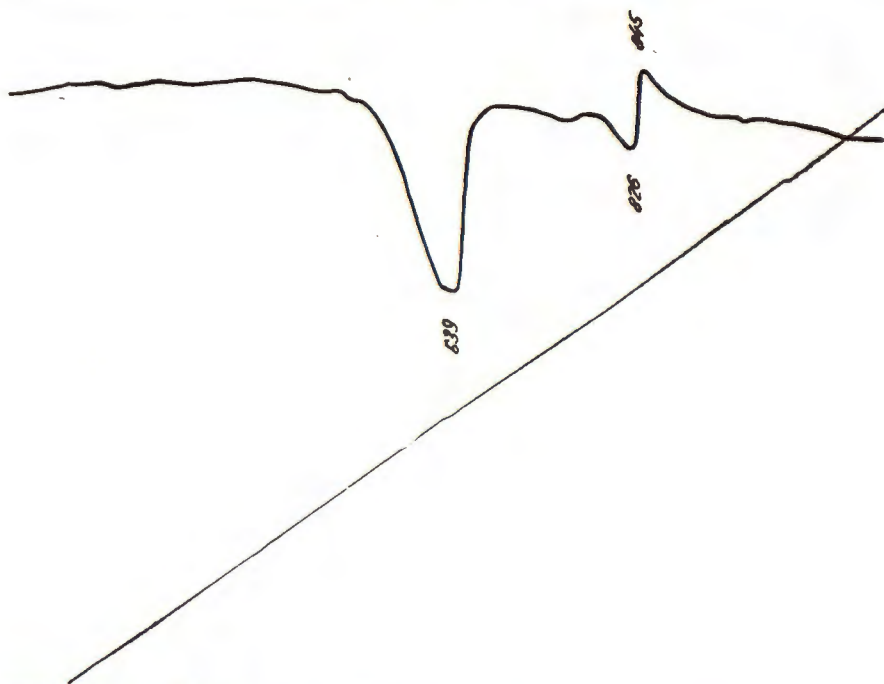
Table 3. Temperatures of peaks (from 150° C to 1100° C) on differential thermal curves

Uzorak Sample	Endotermni maksimumi Endothermic maxima	Egzotermni maksimum Exothermic maximum
Koncentrirana ruda I etaže (Concentrated ore of I level)	639° C, 826° C	845° C
Koncentrirana ruda II etaže (Concentrated ore of II level)	631° C, 820° C	837° C
Talk-kloritni škrljac (Talc-chlorite schist)	664° C, 836° C, 871° C	862° C
Talk-kloritni škrljac; frakcija < 50μ (Talc-chlorite schist, fraction < 50μ)	659° C, 824° C	845° C
Klorit, var. pseudoturingit (Chlorite, var. pseudoturingite)	647° C	845° C

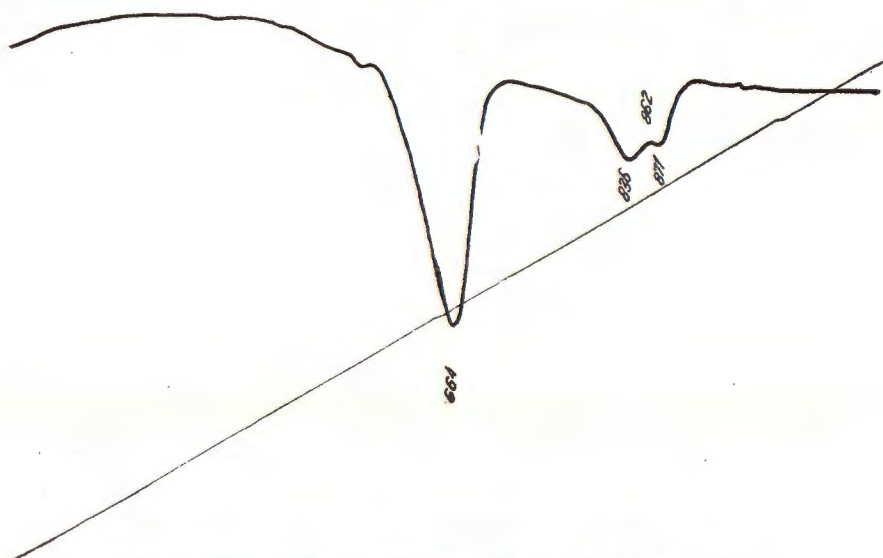
Dijagram od talk-kloritnog škrljca nešto je izmijenjen u području od 800 do 900° C – i to zbog prisustva kalcita – naime, egzotermni maksimum klorita skoro je sasvim potisnut od endoternog maksimuma kalcita i nešto pomaknut prema višoj temperaturi (slika 2).

Polimorfna promjena kvarca kod 573° C registrirala se na svim DT krivuljama, ali je efekt vrlo slab, jer se $\alpha \leftrightarrow \beta$ prelaz kod kvarca vrši uz malu izmjenu energije kristalne rešetke. Jednako se zbog male koncentracije talka jedva zamjećuje svijanje krivulja kod c. 940° C.

TG krivulje su u potpunom skladu s DT krivuljama. Osjetno gubljenje težine (dehidratacija klorita) počinje kod c. 560° C i traje, uz kraći prekid unutar intervala od 720 do 780° C i daljnji sporiji tempo, sve do 880° C.



Slika 1. Diferencijalno-termička krivulja za koncentriranu rudu s I etaže.
Figure 1. Differential thermal curve for concentrated ore from level 0 ne.



Slika 2. Diferencijalno-termička krivulja za talk-kloritni škrljac.
Figure 2. Differential thermal curve for talc-chlorite schists.

d) Kemijsko-analitička istraživanja

Za dozvolu objavljivanja podataka kemijskih analiza koncentrirane rude I etaže, talk-kloritnog škriljca, frakcije < 0,05 mm talk-kloritnog škriljca i albit-muskovit-epidot-aktinolitnog škriljca (izrađenih za potrebe Geološkoga instituta u Zagrebu), koji su sabrani u tabeli 4, toplo se zahvaljujemo analitiku prof. dr. M. T a j d e r u.

Tabela 4. Analitičko-kemijski podaci (težinski %/o)
Table 4. Weight-percent data from chemical analyses

	I	II	III	IV
SiO ₂	52,54	46,57	49,94	44,80
TiO ₂	0,65	0,98	1,42	0,85
Al ₂ O ₃	11,76	16,05	17,68	16,17
Fe ₂ O ₃	1,24	1,68	4,08	1,51
FeO	2,46	2,86	3,81	3,74
MnO	0,03	tr.	tr.	0,03
MgO	15,27	19,51	6,15	21,01
CaO	4,14	1,23	8,56	0,61
Na ₂ O	0,56	0,03	2,26	—
K ₂ O	0,53	0,54	3,46	0,56
H ₂ O ⁺ , C-O ₂	10,35	9,54	2,33	10,25
H ₂ O ⁻	0,75	1,04	0,07	0,85
	100,23	100,08	99,81	100,38

I. Talk-kloritni škriljac (Talc-chlorite schist)

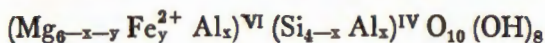
II. Talk-kloritni škriljac; frakcija < 50 μ (Talc-chlorite schist; fraction < 50 μ).

III. Albit-muskovit-epidot-aktinolitni škriljac (Albite-muscovite-epidote-actinolite schist).

IV. Koncentrirana ruda s I etaže (Concentrated ore from level one)

Analiza koncentrirane rude I etaže iskorištena je za izračunavanje približnog mineralnog sastava uzorka i strukturne formule klorita. Kod toga je, uz redovitu shemu proračuna težinskih postotaka u molekule oksida i ionske brojeve postupak bio slijedeći: prvo su iskorištene adekvatne količine MgO, SiO₂ i H₂O za formiranje 3,1% talka (podatak iz kvantitativne rtg. analize) s formulom Mg₃Si₄O₁₀(OH)₂; zatim je ukupnom CaO pribrojena ekvivalentna količina CO₂ za tvorbu kalcita, koja

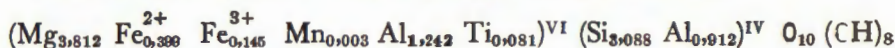
je oduzeta od H_2O^+ ; za sav K_2O vezane su odgovarajuće količine Al_2O_3 , SiO_2 i H_2O^+ u skladu s formulom muskovita $KAl_2(Si_3Al)O_{10}(OH)_2$; svi preostali kationi i molekule H_2O^+ sabrani su u klorit; količina »klorit-skog« silicija određena je na bazi količine H_2O^+ , a u skladu s općom strukturnom formulom klorita, koja se može napisati kao



gdje rimski brojevi označavaju koordinaciju. Feri-željezo, mangan i titan uvršteni su u oktaedrijske položaje. Na taj način bi mineralni sastav uzorka s prve etaže, izražen u težinskim postocima bio:

klorit	73,56%
kvarc	16,55%
hidrotinjac	4,85%
talk	3,10%
kalцит	1,09%
vлага	0,85%

Sastav prisutnog klorita mogao bi se prikazati formulom:



Izračunavši na temelju te formule parametre, koje Hey (1954) navodi kao mjerodavne za klasifikaciju minerala kloritske grupe,

$$\frac{Fe \text{ (ukupno)}}{Fe + Mg} = 0,125 \text{ i } \frac{Al}{2} = 1,077,$$

izlazi da navedeni klorit pripada vrsti klinoklor.

Slična preračunavanja analize talk-kloritnog škrljca i analize frakcije < 0,05 mm talk-kloritnog škrljca (s time da talk nije odvajam od klorita, a natrij u drugom slučaju pribrojen kaliju za formiranje muskovita) dala su slijedeći mineralni sastav:

Talk-kloritni škrljac:

	srednji uzorak	frakcija < 0,05 mm
klorit + talk	53,91%	66,03%
kvarc	23,73%	25,18%
muskovit	4,48%	5,55%
kalцит	7,40%	2,20%
albit	4,73%	—
vлага	0,75%	1,04%

Iz poređenja mineralnog sastava tzv. rude s I etaže (tj. finoizrnatog koncentrata) sa sastavom talk-kloritnog škrljca vidi se, da postupak separacije (koji se primjenjuje na rudniku) dovodi do povećanja koncentracije filosilikata, što se pozitivno odražava na kvalitet produkta i mogućnost njegove primjene.

IV. GENEZA TALK-KLORITNIH ŠKRILJACA

Kod rješavanja geneze treba talk-kloritne škrljce promatrati zajedno sa stijenama u kojima se oni nalaze. Radi upoznavanja sastava okolnih stijena mikroskopski je ispitan niz preparata, a izrađena je i kemijska analiza (analitik M. T a j d e r, tabela 4) albit-muskovit-epidot-aktinolitnog škrljca, jedne za tu okolinu tipične stijene. Navedeni uzorak je uzet s druge etaže u podini talk-kloritnog škrljca, neposredno uz kontakt. Uz bitne minerale, koji su stavljeni u naziv, u tom škrljcu su kao sporedni minerali prisutni kvarc i klorit, a kao akcesorni titanit, coisit, pirit i apatit.

Proračunom kemijskih analiza (tabela 4) dobivene su slijedeće Niggli-eve vrijednosti i kationski procenti (tabela 5):

Tabela 5

Table 5

	Niggli-eve vrijednosti (Niggli-values)			Kationski % (Cationic %)	
	I	II		I	II
si	127,0	198,0	Si	47,3	53,1
al	26,6	18,2	Ti	1,0	0,5
fm	39,1	67,9	Al	20,0	13,9
c	23,6	11,7	Fe ³⁺	2,9	1,0
alk	11,1	2,2	Fe ²⁺	3,0	2,1
k	0,5	0,4	Mg	8,8	23,1
mg	0,6	0,9	Ca	8,7	4,5
al-alk	15,5	16,0	Na	4,1	1,1
ti	2,7	1,2	K	4,2	0,7

I Albit-muskovit-epidot-aktinolitni škrljac
II Talk-kloritni škrljac

Niggli-eve vrijednosti za albit-muskovit-epidot-aktinolitni škrljac pokazuju da stijena pripada u IV grupu, tj. u vapneno-alumosilikatne stijene; osim toga one se gotovo u potpunosti poklapaju s vrijednostima, koje navodi Niggli (1954) za dolomitni lapor s omjerom glina : dolomit = 3 : 1. Ta činjenica ukazuje na mogućnost postanka albit-muskovit-epidot-aktinolitnog škrljca metamorfozom iz dolomitičnog lapora (dolomitične gline), a bez značajnije migracije elemenata za vrijeme metamorfoze.

Prema mineralnom sastavu metamorfnih stijena opisanog područja možemo zaključiti, da su i one nastale metamorfozom sedimentnih stijena, u kojima su čas prevladavali lapori s različitim odnosom gline i dolomita (odnosno kalcita), čas pjeskoviti lapori. Relativno nagle promjene sastava izvornih (sedimentnih) stijena u vertikalnom pravcu odrazile su se u mineralnom sastavu metamorfnih stijena, koji često varira, naročito u pravcu normalnom na folijaciju.

Talk-kloritni škrljaj prema Niggli-evim vrijednostima pripada V grupi, tj. femsko-silikatnim stijinama. Međutim, visoka vrijednost fm gotovo je isključivo uvjetovana visokim sadržajem magnezija u stijeni, jer je sadržaj željeza relativno nizak; također je nizak i sadržaj kalcija.

Iz svega dosad rečenog o kemijskom i mineralnom sastavu talk-kloritnog škrljaja, kao i o sastavu izvornih sedimentnih stijena tog područja slijedi, da je talk-kloritni škrljaj nastao procesom metasomatoze. Pri tome je došlo do značajnog odnošenja alkalija, djelomičnog odnošenja kalcija te obogaćenja magnezijem i H_2O^+ . Takvu izmjenu kemizma u relativno tankom sloju, koji se nalazi u seriji stijena koje su pri metamorfozi ostale uglavnom kemijski neizmijenjene, mogle su izvršiti jedino hidrotermalne otopine koje su prodirale duž samog sloja.

Da bi s jedne strane bio preferiran prolaz hidrotermalnih otopina duž nekog sloja, a s druge strane vršena njegova intenzivna metasomatoza, navedeni sloj se po svojim fizičkim osobinama i po sastavu donekle morao razlikovati od okolnih sedimentata. Mogućnost odvijanja obaju procesa postaje lako prihvatljiva uz pretpostavku da se radilo o dolomitičnom laporu s sadržajem dolomita većim od onog u okolnim stijinama. Kemizam metasomatoze bio bi jednostavan, ako se pođe od stijene s približnim sastavom glina: dolomit = 1 : 1. Hidrotermalne otopine, kisele u svom prvom stadiju (Koržinskij, 1959), izluživale su lako pokretljiva alkalija i kalcij iz stijene kroz koju su prolazile; na taj način stijena se relativno obogaćivala magnezijem, silicijem i aluminijem, a pH otopina uporedo rastao. Uz novo nastali odnos elemenata u tekućoj i čvrstim fazama došlo je do prerupacije iona u pretežno kloritsku strukturu, kao najstabilniju u danim uvjetima pH i temperature. Spomenimo da je Koržinskij (1955) na sličan način objasnio obogaćenje stijena magnezijem za vrijeme metasomatoze.

Polazeći od dolomitičnog lapora s odnosom glina : dolomit 3 : 1, kao izvorne stijene, i od hidrotermalnih otopina koje nose magnezij (kao klorid ili hidrokarbonat) potreban za intenzivnu kloritizaciju, teško bi bilo objasniti niži sadržaj aluminija u talk-kloritnom škrljaju od onog u okolnim stijinama; zna se, naime, da je aluminij kod metasomatoze gotovo nepokretljiv, a njegova relativna koncentracija se pri metasomatozi putem kiselih hidrotermi povećava zbog izluživanja lako pokretljivih komponenata.

S obzirom na porijeklo hidrotermalnih otopina moguće su dvije pretpostavke.

a) Opisana kloritizacija izvršena je za vrijeme metamorfoze masiva Pšunja, a hidrotermalne otopine su potekle iz dubljih partija masiva, iz kojih se voda u toku metamorfizma oslobađala. Toj pretpostavci govore u prilog činjenice, da je pojava kloritizacije razvijena na relativno prostiranom području, da je kloritizacija vezana uglavnom za određene slojeve, a tek manjim dijelom za rasjede, i da se u talk-kloritnim škrljajima jasno zapaža postgenetska tektonika. Pored toga talk-kloritni škrljaji imaju škrljavu teksturu paralelnu općoj orijentaciji folijacije užeg pod-

ručja, što upućuje na zaključak da je stijena za vrijeme metasomatizma bila podvrgnuta onim istim pritiscima koji su uzrokovali škrljjavost okolnih stijena.

b) Metasomatoza je izvršena nakon metamorfoze masiva Psunja »u tektonski poremećenim zelenim škrljcima djelovanjem hidrotermalnih ili pseudohidrotermalnih otopina, koje su ascendirale duž poremećenih zona« (Jurković, 1962).

Primljeno 15. 7. 1963.

Mineraloško-petrografski zavod
Prirodoslovno-matematičkog fakulteta,
Zagreb, Demetrova 1

Institut za geološka istraživanja,
Zagreb, Kupška 2

LITERATURA

- Brown, G. (1961): The X-ray identification and crystal structures of clay minerals. - London: Mineralogical Society.
- Hey, M. H. (1954): New review of the chlorites. - *Min. Mag.* 30, 277-292.
- Jurković, I. (1962): Rezultati naučnih istraživanja rudnih ležišta u NR Hrvatskoj - *Geološki vjesnik* 15/1, 249-294.
- Kišpačić, M. (1891): Kloritoidni škrljavac iz Psunja. - *Rad J. A. Z. U.* 104, 100-105.
- Kišpačić, M. (1892): Prilog geološkom poznavanju Psunja. - *Rad J. A. Z. U.* 109, 124-181.
- Koch, F. (1899): Grafit od Hambarišta kod Roglja u Psunju. - *Glasnik hrv. prirod. društva* 10, 231-234.
- Koch, F. (1919): Dva priloška geologiji Slavonije. - *Glasnik hrv. prirod. društva* 31, 67-74.
- Koržinskij, D. S. (1955): Očerak metasomatičkih processov. - *Osnovnye problemy v učenii o magmatogennyh rudnyh mestoroždenijah.* Moskva: Akademija Nauk SSSR.
- Koržinskij, D. S. (1959): The advancing wave of acidic components in ascending solutions and hydrothermal acid-base differentiation. - *Geochim. et Cosmochim. Acta* 17, 17-20.
- Mackenzie, R. C. (1957): The differential thermal investigation of clays. London: Mineralogical Society.
- Niggli, P. (1954): Rocks and mineral deposits. San Francisco: W. H. Freeman and Company.
- Stur, D. (1861): Erste Mitteilung über die geologische Übersichtsaufnahme von West-Slavonien. - *Verhandl. Jahrb. k. k. geol. Reichsanst.* 12, 115-118.
- Stur, D. (1862): Zweite Mitteilung über die geologische Übersichtsaufnahme von West-Slavonien. - *Verhandl. Jahrb. k. k. geol. Reichsanst.* 12, 200-205.

S. ŠĆAVNIČAR and B. ŠINKOVEC

TALC-CHLORITE-SCHISTS FROM THE EAST SLOPES OF THE PSUNJ MOUNTAIN

The occurrences of talc-chlorite-schists from the east slopes of the Psunj Mountain Slavonija region, extend within the zone seven kilometres long and one to one-and-a-half kilometres wide.

The beds and lenticular beds of talc-chlorite-schists are mostly in a complete conformity with surrounding rocks which belong to greenschist facies; this follows from the contact relations, as well as from the close similarity of the directions of strike (SW-NE to W-E) and dip (steep to NW or SE) of foliation. Actinolite-epidote-schists, actinolite-schists, albite-epidote-actinolite-schists and tremolite-calcite-schists are the most frequent rocks in this area.

Talc-chlorite-schists from the Orasi Brook (2,5 km distant from the village of Koprivna), representing one of the biggest bodies, was subjected to a detailed mineralogical and petrological investigation. It follows from the optical, X-ray, differential-thermal, thermo-gravimetric and chemical analyses that the talc-chlorite-schist is composed of chlorite, quartz, talc, hydromica, calcite, zoisite and pyrite; the first two minerals participate with some 83% (chlorite with c. 54% and quartz with c. 29%) in the composition of the rock, while the contribution of all other minerals is subordinate. In the classification of the chlorite on the basis of its chemical composition the Hey (1954) scheme was adopted, and in this way the clinochlore variety was obtained, which is in accordance with the optical properties of the mineral.

From the mineralogy and chemical composition of talc-chlorite-schists and the surrounding schists (Table 4) as well as from the analysis of their Niggli values the dolomitic marl was supposed to be a parent rock for a whole series of metamorphic rocks in the area. Chloritization was performed through the action of hydrothermal solutions which, being liberated in the metamorphism of the deeper masses, penetrated the preferred beds of parent rock, concentrated magnesium in it by carrying away mobile components, and stimulated the crystallization of chlorite.

Received August 15th, 1968.

*Mineralogical-petrological Institute,
Faculty of Sciences,
Zagreb, Demetrova 1*

*Institute of geological explorations,
Zagreb, Kupaska 2*