

VLADIMIR MAJER i LJUDEVIT BARIĆ

KSONOTLIT I PEKTOLIT IZ BAZIČNIH STIJENA PERIDOTIT -GABRO KOMPLEKSA U PLANINI ZLATIBOR, JUGOSLAVIJA

S 2 slike i 3 tabele u tekstu

U radu su dani podaci o pojavljivanju ksonotlita i pektolita u dolini rijeke Lima blizu mjestanca Bistrica kod Priboja. Navode se rezultati optičkih, kemijskih, rendgenskih, termičkih ispitivanja kao i određivanja apsorpcije u IR-području spektra. Razmotrena je geneza spomenutih minerala u ovom nalazištu.

I. UVOD – POJAVLJIVANJE MINERALA

Prilikom jednog obilaska peridotitskog masiva planine Zlatibor u zapadnoj Srbiji primijetili smo, ili bolje reći slučajno smo obratili pažnju na spletove bijelih žilica u hornblenditskim i piroksenitskim stijenama. Kasnijim ispitivanjima ustanovilo se da su bijele žilice izgrađene u potpunosti od rijetkih minerala ksonotlita i pektolita. Dosadašnji podaci o ksonotlitu potječu iz nekoliko nalazišta, ali ni na jednom od njih, koliko se to moglo vidjeti u raspoloživoj literaturi, nisu na istom materijalu ispitana sva svojstva. Sve to bilo nam je poticaj da ovu paragenezu koliko je moguće potpunije ispitamo. Pored toga to je prvi dokazani nalaz zajedničke pojave ksonotlita i pektolita odnosno minerala pektolita u Jugoslaviji.

Sam peridotitski masiv, u kojem se nalazi navedena pojava smješten je u centralnom dijelu Jugoslavije u zapadnoj Srbiji, oko 19°40' istočno od Griniča i oko 43°40' sjeverne geografske širine. Ima površinu od oko 1.000 km² i svojim zapadnim rubom dotiče mjestimice dolinu rijeke Lima u prostoru između mjestanca Bistrica i mjesta Priboj. Tu se, u dolini rijeke Lima, na više mjesta pored peridotitskih i pratećih bazičnih stijena, granatskih hornblendita (odn. amfibolita), hornblendita i piroksenita, javljaju i značajne mase dijabaza i spilita. O petrografskoj građi toga velikog peridotitskoga masiva pisali su L. Marić (1933), S. Pavlović (1936) i F. Trubelja (1960).

Sama pojava ksonotlita s pektolitom nalazi se u jednoj masi granatskog hornblendita i hornblendita i to u graničnom dijelu sa serpentiniziranim seksonitom, neposredno u zasjeku novog puta nizvodno od mjesta Bistrica u

pravcu Priboja. U djelomice izmijenjenoj i raspucaloj stijeni nalazi se splet bijelih žila i žilica, rjeđe slabo pigmentiranih smeđim getitom debljine od najviše 2 cm pa do ispod milimetra. Žilice su dijelom ravne, ali većinom izlomljene i međusobno izukrštene. Katkada se lećasto proširuju ili pak stanjuju. Pri površnom pregledu liče na druge bijele minerale, primjerice na gust kalcit ili magnezit, kalcedon ili prenit i zato im vjerojatno do sada i nije bila poklonjena posebna pažnja. Možda su ranije, prije izgradnje novog puta, bile nepristupačne.

Ksonotlit na području Jugoslavije i to u ljubotenskom serpentinskom masivu u Makedoniji prvi put pod upitnikom spominju K. Grčev i P. Milenković (1962). Na str. 281, autori u poglavlju o rodingitima pišu: ... »Rodingit koji je nastao iz gabra u većini slučajeva ima sledeći mineraloški sastav: hibšit (hidrogrosular), vezuvijan, prenit, diopsid, hlorit i ksonotlit (?)« ... Autori dalje u tom poglavlju pišu: ... »Proces Ca metasomatizma teče u glavnom uz pukotine u gabroidnim i piroksenitskim stijenama iz kojih se razvijaju rodingiti« ... Ne sumnjajući da su rodingiti postali procesima metamorfizma, autori ostavljaju otvorenim problem objašnjenja porijekla Ca u rastvorima koji su omogućili stvaranje kalcijских minerala hibšita, prenita, vezurvijana i ksonotlita (?), odnosno da za tu metamorfozu nije bio dovoljan Ca oslobođen alteracijom plagioklasa i dijaloga.ga.

Ksonotlit je u Jugoslaviji prvi put sigurno utvrđen u okolini Teslića (Bosna) 1965/66 godine pri ispitivanju materijala, koji je 1964. u okviru zadataka, koji su bili u vezi sa njegovim diplomskim radom, sabrao D. Džepina (1971, s. 129). On je tom prigodom odredio optička svojstva minerala; pri rendgenskim istraživanjima minerala ukazao mu je pomoć S. Đurić. Mineral se javlja u rodingitiziranoj metamorfnoj bazičnoj stijeni sa granatom (Džepina 1971, s. 138). O tomu iznova izvješćuju 1967. Đurić i Nikolić (1969) dajući pri tom podatke i za ksonotlit iz novoga nalazišta i to iz rodingita sa zapadnih obronaka Livada kod Brezovice u ljubotenskom serpentinskom masivu (Kosovo, Srbija). Oni su tom prigodom dali i kemijske analize za ksonotlit iz oba nalazišta. Prema Nikoliću za sastav minerala od Brezovice dobiveno je ovo: SiO_2 45,98; TiO_2 0,04; Al_2O_3 1,96; Fe_2O_3 0,80; MgO 0,84; CaO 43,70; H_2O^+ 6,06; H_2O^- 0,48 – suma 99,86. Za ksonotlit od Teslića daje Nikolić sastav ovako: SiO_2 48,65; TiO_2 0,02; Al_2O_3 0,23; FeO 0,42; MgO 0,21; CaO 46,53; Na_2O 0,04; H_2O^+ 3,84; H_2O^- 0,33 – suma 100,27.

Pred nedugo vrijeme izvijestio je o ksonotlitu iz rubnoga područja Zlatibora u neposrednoj blizini Višegrada u Bosni F. Trubelja (1971). Prema podacima, koje nam je stavio na raspolaganje, na čemu mu najljepše zahvaljujemo, ksonotlit se tu javlja u prenitiziranom dijabazu u obliku tankih žilica, kojima je građa igličasto vlaknata. Mineral je bijele boje podsjećajući izgledom na kalcedon. Sastav minerala odredio je Trubelja ovako: SiO_2 49,79; CaO 46,37; Na_2O 0,20; H_2O^+ 3,50; H_2O^- 0,27 – suma 100,13.

Ksonotlit je otkrio i dao mu ime C. F. Rammelsberg (1866) (citirano po C. Hintze, 1897) po nalazištu Tetela de Xenotla ili del Oro u državi Puebla u Meksiku. Tamo su to guste, žilave vrlo tvrde mase bijele i plavosive boje, gustoće 2,710 i 2,718, bez kalavosti, iverasta loma. Otapa se u solnoj kiselini uz izlučivanje praškaste SiO_2 . Odredio im je formulu $4 \text{CaSiO}_3 + \text{H}_2\text{O}$. Te iste podatke navodi i C. Doelter (1914). Pektolit je znatno češći iako još uvijek rijedak mineral. Starije podatke iz niza nalazišta o njemu nalazimo u priručnicima C. Hintze-a i C. Doelter-a. Obično dolazi u družama i pukotinama eruptivnih stijena. Analize su varijabilne. Podaci u C. Doelter (1921) za eaklit identični su po kemizmu i ostalim svojstvima ksonotlitu. Identitet eaklita i ksonotlita kasnije je ustanovio E. S. Larsen (1923). Eaklit prema podacima E. S. Larsen-a (1917), koji se u zbirkama muzeja univerziteta u Kaliforniji vodio kao »volastonit od St. Ineza Kalifornija«, ima ova svojstva: tvrdina 6,5, gustoća 2,705 do 2,695, optički pozitivan, mali kut optičkih osi. $N_x = 1,538$, $N_y = 1,538$, $N_z = 1,593$, sve sa točnošću od $\pm 0,001$. Topiv je u kiselinama uz izlučivanje SiO_2 , a formula mu je $5 \text{CaO} \cdot 5 \text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$.

Do sada je poznato dvadesetak nalazišta ksonotlita u svijetu. Do god. 1925. bilo je poznato 6 nalazišta u Meksiku, Sjedinjenim Američkim Državama i Velikoj Britaniji (Škotskoj). Kasnije, naročito poslije 1950. otkriveno ih je više, među njima i nekoliko nalazišta u Sovjetskom Savezu na Kavkazu i u Sibiru. U pojedinim publikacijama navode se različita ispitivanja svojstava ksonotlita i pektolita, koja su, osobito novija, u dobrom skladu sa našim rezultatima. Vršena su ispitivanja i sinteze ksonotlita i njegova stabilneta. I u pogledu geneze ksonotlita i pektolita ne postoje veće diferencije. Ksonotlit, a slično i pektolit, rezultat su transformacije kalcijskih minerala, nastaju hidrotermalno u žilarna, pukotinama i šupljinama uz eruptivne stijene, osobito bazične, zatim kao produkti kalcijskog metasomatizma u rodingitima, a rjeđe su normalni metamorfni minerali. Udruženi su sa ostalim kalcijskim silikatima i drugim kalcijskim mineralima. Poznate su parageneze ksonotlita sa pektolitom, rozenhanitom, datolitom, apofilitom, hibšitom, girolitom, prenitom, mezolitom, tomsonitom, tobermoritom, volastonitom, truskotitom itd.

II. VLASTITA OPAŽANJA I EKSPERIMENTI

1. Opće napomene

U uvodu je navedeno da se spomenuta pojava ksonotlita i pektolita nalazi lokalizirana u jednoj manjoj masi hornblendita i granatskog hornblendita u okviru peridotitskog masiva Zlatibora. U rubnom dijelu prena serpentiniziranom periodititu, u raspucaloj i slabo izmijenjenoj stijeni nalazi se splet žila i žilica debljine do najviše 2 cm, koje su izukrštane, a mjestimi-

ce se stanjuju ili na kratkim odsječcima proširuju. Tu i tamo vidi se u žilicama blijedi smeđast ili zelenkast pigment od getita i serpentina ili klorita.

Sa jednog proširenog dijela žile, debljine oko 3 cm i dužine kojih 12 cm uzet je posve čist materijal za istraživanja.

Makroskopski, na prelomu, vidi se da je žila izgrađena od dva različita minerala iako su veoma slični: u središnjem dijelu nalazi se ksonotlit u vidu kalcedonu ili opalu slične guste do vlaknaste mase, masnostaklaste sjajnosti i poluprozirne. On je s obje strane obuhvaćen mliječnobijelim pektolitom koji se nalazi uz rubove žile. Pektolit je fino vlaknast, vlakanca su kao i kod ksonotlita orijentirana približno paralelno stranama žile. Pektolit je staklasto sedefasta do svilenasta sjaja. Jasno se vidi da je žilna parageneza bila izložena pritisku i savijanju jer su vlakanca mjestimice fleksurno savijena.

Oba minerala, ksonotlit i pektolit, imaju dalekosežno slična fizička svojstva što je izvanredno otežalo odvajanje minerala i pripremanje čistog materijala za kemijska i ostala ispitivanja. Nakon brižljivog pregleda u mikroskopu odvojeni su čisti dijelovi ksonotlita, gotovo čisti dijelovi pektolita sa tragovima ksonotlita te materijal koji je bio sastavljen od oko 70% ksonotlita i oko 30% pektolita. Ovako separirani materijal bio je podvrgnut ispitivanjima i analizama.

Kristalografska ispitivanja nisu se mogla sprovesti jer ksonotlit i pektolit dolaze isključivo u agregatima. Habitusa su igličasta do vlaknasta. Vlakanca su debljine najviše 0,2 do 0,5 mm i tvore agregate u kojima su sraštena paralelno do subparalelno.

2. Optička ispitivanja

a) Ksonotlit

Ksonotlit je bezbojan, poluproziran. U mikroskopskom izbrusku može se utvrditi da je makroskopski kompaktan mineral finovlaknast. Tanki individui su obično tako dalekosežno i potpuno paralelno orijentirani da se u optičkom smislu ponašaju kao jedan homogeni veći individuum. Smjer vlakanca paralelan je stranama žile. Isto je ustanovio C. A. K a y e (1953, s. 861) za ksonotlit iz stijena tunela između Rio Yanco i Rio Loco, nedaleko od grada Yanco na Puerto Ricu.

Mineral je optički jednoosan i pozitivan. Paralelno optičkoj osi duž koje su individui izduženi ima dobru kalavost. Za određivanje glavnih indeksa loma napravljena je okomito na smjer izduženja fino polirana ravna ploha. Mjerenja su izvršena pomoću Klein-ovog totalreflektometra (G r o t h, 1905) u monohromatskom Na-svjetlu. Dobivene su ove vrijednosti:

$$N_z = 1,5913 \pm 0,0004$$

$$N_y = 1,5817 \pm 0,0004$$

Već u izbruscima ustanovljena optička jednoosnoost, potvrdila se ponovno kod totalreflektometrijskih određivanja na taj način da su kod kretanja kristalne ploče sa staklenom polukuglom obje vidljive granične linije u vidnom polju durbina ostale nepomične na svom mjestu.

Iz oba navedena indeksa loma proizlazi maksimalni dvolom:

$$N_z - N_y = 0,0096$$

Radi kontrole određen je dvolom još i po kompenzacionoj metodi. Da se povisi točnost mjerenja, za određivanje je upotrebljen preparat debljine 0,0835 mm; njegova je debljina određena mikrometarokularom sa vijkom i to tako da se preparat pod mikroskopom namjestio okomito na mikroskopski stol. Odgovarajuća razlika u hodujućim mjerena je u monohromatskom Na-svjetlu pomoću Berekovog nagibnog kompenzatora. Tako izvedeno mjerenje dalo je

$$N_z - N_y = 0,0098$$

b) Pektolit

U masi koju izgrađuje pektolit vidljivi su igličasti individui najveće debljine do 0,5 mm i duljine 5 mm. Njihova orijentacija nije nikad tako dalekosežno paralelna kao kod ksonotlita. Kristalići su izduženi paralelno [010] - osi. U mikroskopu se može lako ustanoviti da su u usporedbi sa ksonotlitom indeksi loma i dvolom pektolita viši. Kut koji zatvaraju oba smjera pukotina kalavosti iznosi 87°. Pomoću teodolitnog mikroskopa izmjereni su kod tri individua kutovi optičkih osi $2V = +61,5^\circ, +61,5^\circ$ i $+59^\circ$, uz slabu disperziju $r > v$. Mjerena su izvedena na presjecima na kojima se mogla namjestiti samo jedna optička os.

Za normalu na plovu vrlo dobre kalavosti po (100) očitane su u stereogramu opažanja ove kutne koordinate:

$$85,5^\circ; 17^\circ; 73^\circ$$

Vrijednosti odgovaraju redom glavnim vibracionim smjerovima Z, Y i X. Glavni vibracioni smjer Z je prema tome gotovo paralelan sa (100).

Iz određivanja položaja elemenata indikatriše prema geometrijskim elementima koje navodi M. A. P e a c o c k (1935) za pektolit od Patersona u New Jersey, USA, dadu se za te koordinate izračunati slijedeće vrijednosti:

$$89,75^\circ; 10^\circ; 79,25^\circ$$

Glavni indeksi loma određeni su metodom imerzije u Na-svjetlu. Rezultati su:

$$N_z = 1,634 \quad N_y = 1,605 \quad N_x = 1,597$$

a izračunati maksimalni dvolom $N_z - N_x = 0,037$.

Na jednom 0,0653 mm debelom presjeku paralelnom ZX određen je maksimalni dvolom kompenzacionom metodom i on iznosi:

$$N_z - N_x = 0,0356$$

Debljina navedenog presjeka pektolita određena je pomoću zrna ksonotlita koje se nalazilo u neposrednoj blizini mjerene pektolita tako, što se izračunala debljina zrna ksonotlita iz mjerene razlike u hodu i poznatoga maksimalnoga dvoloma za ksonotlit.

Poredbe radi prikazana su u tabeli 1 optička svojstva ksonotlita i pektolita iz nekih nalazišta:

Tabela 1

Ksonotlit					
Autor	N_z	N_y	$N_z - N_y$		
Larsen, 1917.	1,593	1,583	0,010		
Larsen, 1923.	1,595	1,583	0,012		
Shannon, 1925.	1,592	1,580	0,012		
	1,595	1,583	0,012		
Kaye, 1953.	1,591	1,581	0,010		
Dent & Taylor, 1956.	1,592	1,583	0,009		
Protodjakonova, 1957.	1,587	1,577	0,010		
Bilgrami & Howie, 1960.	1,592	1,582	0,010		
Dežepina 1966.	1,593	1,584	0,009		
Đurić & Nikolić, 1967.	1,594	1,583	0,011		
Majer & Barić, 1971.	1,5913	1,5817	0,0096		
Barić u: Trubelja, 1971.	1,589	1,579	0,010		

Pektolit					
	N_z	N_y	N_x	$N_z - N_x$	$2 V_z$
Schaller, 1955	1,633	1,605	1,595	0,038	63°
Coleman, 1961	1,623	1,606	1,598	0,026	35°
Deer, Howie, & Zussman, 1963, vol. 2	1,632— 1,645	1,605— 1,615	1,595— 1,610	0,030— 0,038	50°—63°
Tröger, 1959	1,633— 1,642	1,604— 1,614	1,595— 1,610	0,038— 0,039	50°—60°
Majer & Barić, 1971	1,634	1,605	1,597	0,0356	59°—61,5°

3. Kemijska ispitivanja

Za kemijska ispitivanja, kako je već opisano, brižljivim provjeravanjem i odabiranjem odvojen je čist ksonotlit (analiza 1), gotovo posve čist pektolit (analiza 2) i materijal koji je bio mješavina oko 70% ksonotlita i oko 30% pektolita (analiza 3 i 4). Rezultati kvantitativnih kemijskih analiza prikazani su u tabeli 2. Analitičar je V. M a j e r.

Tabela 2.

	1	2	3	4	5	6
SiO ₂	50,25	53,03	50,27	50,17	50,41	54,23
Al ₂ O ₃	0,14	0,16	0,10	tr		
Fe ₂ O ₃	0,16	0,08	0,26	0,24		
MgO	0,19	0,24	0,27	0,24		
CaO	46,03	34,32	42,63	42,57	47,07	33,72
Na ₂ O	0,20	8,84	2,54	2,54		9,34
K ₂ O	tr	tr	tr	tr		
H ₂ O ⁺	2,84	3,06	3,70	3,70	2,57	2,71
H ₂ O ⁻	0,09	0,04	0,14	0,14		
	99,90	99,77	99,81	99,56	100,00	100,00

1. Ksonotlit, Bistrica. — Raščinjavanje sa HCl
2. Pektolit, Bistrica. — Raščinjavanje s HCl.
3. Mješavina ksonotlita i pektolita, Bistrica. — Raščinjavanje s Na₂CO₃
4. Ista mješavina ksonotlita i pektolita kao 3, Bistrica. — Raščinjavanje s HCl.
5. Teoretski sastav ksonotlita formule Ca₆Si₆O₁₇(OH)₂.
6. Teoretski sastav pektolita formule Ca₄Na₂Si₆O₁₆(OH)₂.

Iz kemijskih analiza izračunate su ove formule:



Analize su računane pod pretpostavkom da Al₂O₃ i Fe₂O₃ čine primjese koje ne ulaze u sastav minerala.

Spektralnom analizom miješanog materijala koji je upotrebljen za analize 3 i 4 utvrđeni su ovi mikroelementi: Al, Fe, Mg, Ba, Sr, Ti, Mn. Za spektralna određivanja zahvalni smo mr. ing. D. Š i f t a r u.

4. Rendgenska ispitivanja

U svrhu identifikacije, a i radi toga jer su raspoloživi minerali bili vrlo čisti, izvršena su rendgenska ispitivanja i to čistog ksonotlita, čistog pektolita i mješavine ksonotlita i pektolita, onih istih koji su služili za kemijske analize, zatim termička ispitivanja i ispitivanja apsorpcije infracrvenog spektra. Rendgensko snimanje je izvršio M. Šiljak iz Instituta za građevinarstvo Hrvatske (IGH) u Zagrebu, za što mu najljepše zahvaljujemo. Snimanje je izvršeno na aparaturi Enraf-Delft iz Holandije. Uvjeti snimanja: metoda praška Debye-Scherrer, 35 kV, 9 mA, CoK α -zračenje, filter Fe, regularni položaj filna, kamera promjera 114,6 mm, upotrijebljena Lindemannaova kapilara promjera 0,3 mm, vrijeme ekspozicije 8 h. Kalibriranje izvršeno pomoću NaCl.

U priloženoj tabeli 3 navedeni su podaci rendgenskih ispitivanja ksonotlita i pektolita. Oni su u odličnom skladu sa podacima koje za ksonotlit navode Miheev (1957) i Taylor (1964), a za pektolit Schaller (1955), Miheev & Saldaj (1965), Hildebrand (1953) i ASTM-kartoteka 2-0759.

5. Ispitivanje infracrvenim zrakama

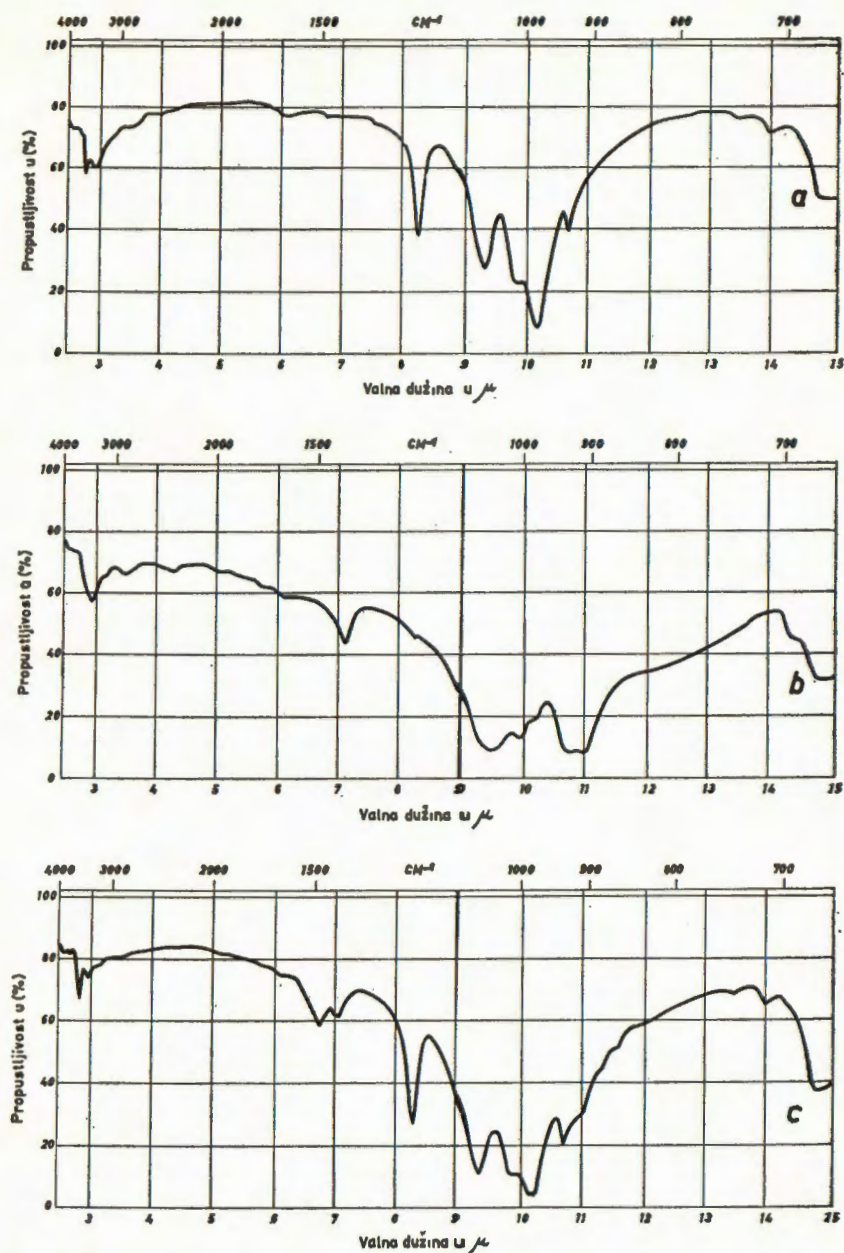
Ispitivanja apsorpcije u infracrvenom spektralnom području vršena su na Perkin-Elmer M-221 spektrometru s prizmom od natriumklorida koji se nalazi u Institutu »Ruđer Bošković« u Zagrebu. Sprašena supstanca pripremljena je za ispitivanja u KBr pastili. Ispitivanje je vršeno u spektralnom području sa valnom dužinom od 2,5 do 15 mikrona.

Infracrveni apsorpcijski spektri prikazani su u sl. 1. Oba minerala, ksonotlit i pektolit, kao i njihova smjesa, daju karakteristične apsorpcijske spektre. Ti spektri zavise, kako je poznato, naročito od strukturnih karakteristika, odnosa i asocijacija odnosno veza Si-O i OH jedinica i kompleksa.

Ksonotlit pokazuje pikove nešto slabijih apsorpcija kod 2,8 mikrona (3500 cm^{-1}) i 14,9 mikrona (670 cm^{-1}), te polje jake i široke apsorpcije između 8 i 11 mikrona sa tri maksimuma apsorpcije kod 8,25 mikrona (1200 cm^{-1}), 9,3 mikrona (1070 cm^{-1}) i 10,2 mikrona (980 cm^{-1}).

Pektolit pokazuje pikove tri slabije apsorpcije kod 2,9 mikrona (3400 cm^{-1}), 7,15 mikrona (1400 cm^{-1}) i 14,8 mikrona (670 cm^{-1}) te polje jake i široke, ali nešto slabije izražene apsorpcije između 9 i 11,5 mikrona sa dva široka maksimuma kod 9,5 mikrona (1050 cm^{-1}) i 10,9 mikrona (920 cm^{-1}). Svojim oblikom dijagram apsorpcije pektolita jasno se razlikuje od dijagrama apsorpcije ksonotlita.

Oba dijagrama dokazuju da potječu od vrlo čistih supstanci ksonotlita i pektolita sa eventualno neznatnim primjesama. Smjesa od oko 70% ksonotlita i oko 30% pektolita daje dijagram apsorpcije koji u osnovi liči na ksonotlitov.



Sl. 1. Infracrveni apsorpcioni spektar a) ksonotlit, b) pektolit, c) smjesa od cca 70% ksonotlita i 30% pektolita

Fig. 1. Infrared absorption spectre: a) xonotlite, b) pectolite, c) mixture of cca. 70% xonotlite and 30% pectolite

Tabela 3.

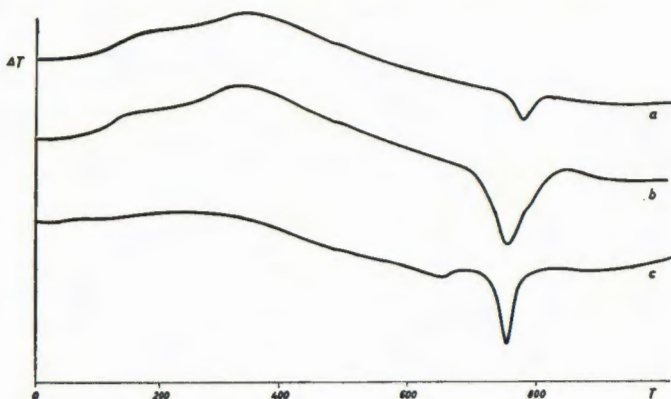
Ksonotlit				Pektolit			
I	d	I	d	I	d	I	d
2	8,51	1	1,779	4	7,73	4	1,993
2	7,71	5	1,755	5	6,96	3	1,946
6	7,04	6	1,715	5	5,43	3	1,919
6	4,26	4,	1,686	3	4,27	4	1,880
2	3,98	4	1,648	2	4,03	4	1,827
2	3,87	4	1,640	6	3,88	3	1,779
7	3,63	3	1,603	4	3,63	5	1,759
3	3,50	5	1,580	6	3,49	5	1,747
3	3,42	5	1,523	4	3,41	6	1,710
8	3,24	5	1,430	7	3,31	2	1,671
9	3,09	6	1,393	6	3,26	4	1,654
3	2,91	2	1,387	5	3,15	4	1,601
7	2,83	2	1,356	9	3,07	3	1,568
7	2,69	3	1,336	10	2,90	5	1,549
4	2,64	3	1,324	6	2,72	3	1,521
6	2,51	4	1,309	6	2,58	5	1,487
5	2,336			5	2,422	5	1,471
5	2,258			5	2,330	5	1,460
2	2,156			7	2,292	3	1,390
7	2,040			2	2,225	4	1,374
7	1,949			5	2,182	4	1,355
2	1,864			5	2,163	2	1,310
6	1,844			2	2,086	3	1,296
5	1,827			2	2,017	2	1,267

Rezultati su u punoj saglasnosti sa dosadašnjim podacima o apsorpciji infracrvenih zraka kod prirodnih ili umjetnih ksonotlita i pektolita, kako to navode npr. Kalousek & Roy (1957), Plosnina (1967) i Lazarev (1968).

6. Termička ispitivanja

S obzirom na to da ksonotlit i pektolit sadrže konstitucijsku vodu podvrgnuti su termičkim ispitivanjima dehidracije. U tu svrhu izvršene su diferencijalnotermičke (DTA), termogravimetrijske (TG) i diferencijalno

termogravimetrijske (DTG) analize. Upotrebljena je automatska aparatura »Derivatograph« tip OD-102 firme MOM iz Budimpešte po sistemu J. Paulic, F. Paulic, L. Erdey. Mjerenja su vršena uz uobičajenu osjetljivost i brzinu zagrijavanja od $10^{\circ}\text{C}/1$ min do temperature od 1050°C .



Sl. 2. DTA-krivulje: a) ksonotlit, b) pektolit, c) smjesa od ksonotlita i pektolita
Fig. 2. DTA Curves: a) xonotlite, b) pectolite, c) mixture of xonotlite and pectolite

Oba minerala, ksonotlit i pektolit, daju slabije izražene krivulje. Na sl. 2 prikazane su diferencijalnotermičke krivulje. Ksonotlit ima jedan endotermni maksimum kod oko 780°C , a pektolit jedan endotermni maksimum kod oko 740°C .

III. Geneza – Diskusija i zaključak

Iako nisu vršena detaljnija petrografska i mineraloška ispitivanja okolnih stijena, kao i matične stijene u kojoj dolaze žile sa ksonotlitom i pektolitom, makroskopskim i mikroskopskim pregledima moglo se vidjeti da su sve stijene, kako matična, tako i okolne stijene manje ili više zahvaćene pretvorbama koje su poznate i karakteristične za bazične stijene.

U bazičnim stijenama iz primarnih minerala, Ca-, Mg-, i Fe-silikata i alumosilikata nastaje cijeli niz sekundarnih minerala. Pri tim procesima nastaje dobrim dijelom i razdvajanje, potpuno ili djelomično, elementa kalcija od elementa magnezija sa željezom, tj. nastaje s jedne strane niz magnezijskih i magnezijsko-željeznih minerala silikata i nesilikata, a s druge strane niz kalcijjskih i kalcijjsko-aluminijskih minerala silikata i nesilikata. U ultrabazičnim stijenama javljaju se tako hrizotil, lizardit, serpofit, talk, klorit, brucit, magnezit i drugi, a u bazičnim stijenama klorit, uralit, epidot, coisit, prenit, hibšit, vezuvijan i drugi, te samo manjim dijelom kalcijjsko-magnezijski silikati. Nema sumnje da je kalcij pri ovim promjenama, dije-

lom autometamorfozama i dijelom metasomatozama i drugim izmjenama, najmigrativniji elemenat, izuzev natrija. Otuda i pojava da se mjestimice vrši i veoma intenzivno obogaćivanje kalcijem i transformiranje u stijene bogate kalcijem, kao što su primjerice rodingiti, ili se stvaraju žilne parageneze sa jednim ili više kalcijevih minerala, izgrađene od prenita, hibšita, coisita, vezuvijana, diopsida, ksonotlita, pektolita i drugih. Očito je dakle da kalcij zajedno sa silicijem potječe iz okolnih stijena, odakle je kao višak pri transformaciji primarnih minerala oslobođen i odveden.

Ove su se promjene odvijale nesumnjivo u hidrotermalnim uvjetima, vjerojatno u mezo- do katahidrotermalnim, iako u našem konkretnom slučaju nemamo termičkog indikatora za temperaturu stvaranja. Prema podacima iz literature Christophe-Michel-Lévy (1956) i Frederickson & Cox (1954), zatim Bckner, Roy & Roy (1960), Pistorius (1963) i Plosnina (1967) stabilitet ksonotlita je ograničen na najviše 430°C i 27 kbara.

Stvaranje žilne parageneze ksonotlita i pektolita u našem slučaju dogodilo se vjerojatno iz zasićenih otopina, pa je materijal izlučen najprije u formi gela, a zatim kristalizirao postepeno u formi vlaknaca orijentiranih paralelno stranama žile. Kod izlučivanja iz gela uvijek se može dogoditi da se izluči višak neke komponente odnosno elementa, uključivši i vodu, a idealni se stehiometrijski odnosi spoja realiziraju tek kasnije postepeno i kod potpune kristalizacije. Time možemo tumačiti prisutna mala odstupanja od idealnih formula ksonotlita i pektolita u našoj žilnoj paragenezi.

Rukopis primljen 2. 4. 1972.

Adrese autora:

1. Prof. dr ing. Vladimir Majer
Zavod za mineralogiju, petrologiju i ekonomsku geologiju
Rudarsko-geološko-naftni fakultet
Sveučilište
Zagreb, Jugoslavija, Pierottijeva ul. 6
2. Prof. dr Ljudevit Barić
Mineraloško-petrografski muzej
Sveučilišta Zagreb, Jugoslavija,
Demetrova ul. 1

LITERATURA

- Bilgrami S. A. & Howie R. A. (1960): The mineralogy and petrology of a rodingite dike, Hindubagh, Pakistan. — Amer. Min., 45, 791-801.
- Bucker D. A., Roy D. M. & Roy R. (1960): Studies in the system CaO-Al₂O₃-SiO₂-H₂O, II. The system CaSiO₃-H₂O. — Amer. J. Sci., 258, 132-147
- Christophe-Michel-Lévy M. (1956): Reproduction artificielle des grenats calciques: grossulaire et andradite. — Bull. Soc. franc. Min. Crist. 79, 124-128.
- Coleman R. G. (1961): Jadeite deposits of the Clear Creek Area, New Idria District, San Benito County, California. — J. Petr., 2/2, 209-247.

- Deer W. A., Howie R. A. & Zussman J. (1963): *Rock-forming minerals*, Vol. 2. London: Longmans
- Dent L. S. & Taylor H. F. W. (1956): The dehydration of xonotlite. — *Acta cryst.*, 9, 100–104.
- Doelter C. (1914) — *Handbuch der Mineralchemie*. Band II/1. — Dresden und Leipzig: Steinkopff.
- Doelter C. (1921) — *Handbuch der Mineralchemie*. Band II/3. — Dresden und Leipzig: Steinkopff.
- Džepina D. (1971): Rezultati mineraloško-petroloških ispitivanja regionalno-metamorfisanih bazičnih stena južnog dela planine Borje u Bosni. — *Glasnik Prirodnačkog muzeja*, ser. A, knj. 25 (za 1970), 129–144. Beograd
- Đurić S. & Nikolić D. (1969): Ksonotlit iz nekih naših lokalnosti. (Zbor 10. XI 1967). — *Zapisnici srp. geol. društva za 1964., 1965., 1966. i 1967. godinu*, str. 811–813 i 855. Beograd
- Frederickson A. F. & Cox J. E. (1954): The decomposition products of anorthite attacked by pure water at elevated temperature and pressure. — *Proc. 2nd Conf. Clays and Clay Mins.*, Nat. Acad. Sci., Nat. Res. Council, Publ. 327, p. 111 — Citirano prema Deer W. A., Howie R. A. & Zussman J., *Rock-forming minerals*, 4, S. 128 i 157, London 1963: Longmans.
- Grčev K. & Milenković P. (1962): Razviće krovinskog dela ljubotenskog serpentinskog masiva. — *Referati V. sav. geol. Jugosl.*, deo II, 275–283. Beograd.
- Groth P., (1905): *Physikalische Krystallographie*. Vierte Aufl. Leipzig: Engelmann.
- Hildebrand F. A. (1953): Minimizing the effects of preferred orientation in x-ray powder diffraction patterns. — *Amer. Min.*, 38, 1051–1056.
- Hintze C. (1897): *Handbuch der Mineralogie*. Bd. II — Leipzig: Veit & Comp.
- Kalousek G. L. & Roy R. (1957): Crystal chemistry of hydrous calcium silicates. II. Characterization of interlayer water. — *J. Amer. Ceram. Soc.*, 40, 236–239.
- Kaye C. A. (1953): A xonotlite occurrence in Puerto Rico. — *Amer. Min.*, 38, 860–862.
- Larsen, E. S. (1917): Eakleit, ein neues Mineral aus Kalifornien. — *Amer. J. Sci.* (4) 43, 464–465. Citirano prema referatu W. Eitelau N. *Jb. Min, Geol., Paläontol.*, Jahrg. 1921, I, 270–271.
- Larsen E. S. (1923): The identity of eakleite and xonotlite. — *Amer. Min.*, 8, 181–182.
- Lazarev A. N. (1968): Kolebatelnije spektri i stroenie silikatov. — Leningrad: Nauka
- Majer V. & Barić Lj. (1971): Xonotlit und Pektolith aus basischen Gesteinen des Peridotitgabbrokomplexes im Zlatibor-Gebirge, Jugoslawien. — *Tschermaks Min. Petrogr. Mitt.* 15, 43–55.
- Marić L. (1933): Geološko proučavanje Stare Raške. Prilog petrografiji Stare Raške. — *Glas SAN* 158 (78), 143–187. Beograd.
- Miheev V. I. (1957): Rengenometričeskij opredelitel mineralov. — Moskva: Gosud. naučno-tehničeskoe izdat. literaturi po geol. i ohrane nedr.
- Miheev V. I. & Saldaj E. P. (1965): Rengenometričeskij opredelitel mineralov. Tom II. — Leningrad: Nedra
- Pavlović S. (1936): Les roches éruptives basiques de Zlatibor (Yougoslavie). — Thèse. Paris.
- Peacock M. A. (1935): On pectolite. — *Zeitschr. Krist.* 90, 97–111.
- Pistorius C. W. F. T. (1963): Thermal decomposition of portlandite and xonotlite to high pressures and temperatures. — *Amer. J. Sci.*, 261, 79–87.

- Plošnina I. I. (1967): Infrakrasnie spektri silikatov. – Moskva: izd. Moskovskogo univ.
- Protodjakonova S. M. (1957): Xonotlit-Fund im Gebirge Okurtan. – Trudy srednoas. politechn. Inst., 4, 116–122 – Ref. žurn. geol. 1958, Nr. 8310.
- Rammelsberg C. F. (1866): Xonotlit und Bustamit. – Z. deutsch. geol. Ges. 18, 17–18.
- Schaller W. T. (1950): Miserite from Arkansas; a renaming of natroxonotlite. – Amer. Min. 35, 911–921.
- Schaller W. T. (1955): The pectolite – serandite series. – Amer. Min. 40, 1022–1031.
- Shannon E. V. (1925): An occurrence of xonotlite at Leesburg, Virginia. – Amer. Min. 10, 12–13.
- Taylor H. F. W. (1964): The chemistry of cement. Vol. 2. – London and New York: Academic Press
- Tröger W. E. (1959/67): Optische Bestimmung der gesteinsbildenden Minerale. Teil. I: Bestimmungstabellen, 3. Auf. Teil. II: Textband. – Stuttgart: Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung.
- Trubelja F. (1960): Petrografija i petrogeniza magmatskih stijena okolice Višegrada u Istočnoj Bosni. – Acta geol. 2 JAZU, (Prir. istr. 29), 5–69, Zagreb
- Trubelja F., (1971): Ksonotlit – rijedak mineral iz okolice Višegrada u Bosni. – VI konferencija Jugoslavenskog centra za kristalografiju. Zenica, 4. i 5. novembra 1971.
ASTM-Special technical publication 48 J. X-ray powder data file. Sets 1–5 (revised). 1960.

V. MAJER and LJ. BARIĆ

XONOTLITE AND PECTOLITE FROM PERIDOTITE-GABBRO COMPLEX IN ZLATIBOR-MOUNTAIN, YUGOSLAVIA

In the Lim valley, at the western slope of Mount Zlatibor, Yugoslavia, near the village of Bistrica there are minor pyroxenite and hornblendite masses surrounded by serpentized periodite. The border zone of a hornblendite mass contains milk-white veins composed of the rare minerals: xonotlite and pectolite. Xonotlite is in its outer appearance similar to chalcedony; it occupies the central parts of the veins. Pectolite is white and fibrous. It is confined to the outer parts of the veins.

The results of detailed optical, quantitative chemical, thermic, and x-ray examinations, and of infrared spectral analyses, agree with the hitherto known data on both minerals.

The origin of these minerals may be explained by the alteration of the basic rocks containing primary calcium minerals. Different secondary minerals can be formed from calcium minerals by such processes. The excess calcium and silica precipitate in the form of simple vein associations under meso- to katathermal conditions.