

PRILOG POZNAVANJU MINERALOŠKOG I KEMIJSKOG SASTAVA ŠKRILJACA U SREDNJEBOŠANSKOM RUDOGORJU

S 4 tabele i 2 slike u tekstu

U radu smo prikazali način pojavljivanja, mineraloški i kemijski sastav biotit-klorit-ankeritskog škriljca i albitsko-kloritskog škriljca iz okoline Busovače u srednjobošanskom rudogorju. Kod ispitivanja smo primijenili uobičajene metode mineraloško-petrografske analize. Zasebno smo ispitali pojedine minerale koji su prethodno izolirani iz škriljaca; preračunate su i strukturne formule za biotit i ankerit.

UVOD

Geološke prilike srednjobošanskih škriljastih planina izučavali su mnogi geolozi od početka ovog stoljeća pa sve do najnovijeg vremena. Njihovi radovi odnose se na opisivanje regionalnog rasprostranjenja pojedinih litoloških članova ovog prostranog sedimentno-metamorfnog područja (Kätzer 1926), na prirodu magmatizma i magmatskih stijena (Jurković & Majer 1954; Trubelja & Šibenik-Studen 1965; Šibenik-Studen & Trubelja 1967), na stratigrafiju i paleontologiju (Kätzer 1926; Živanović 1963).

Posebno treba istaći noviji rad o metamorfoziranim porfirit-keratofirima (Tajder i Raffaelli 1967). Prema istraživanju spomenutih autora, »predevonske klastične sedimentne stijene i regionalno metamorfozirani kristalasti škriljci čine zajedno jedan kompleks naslaga. Kristalasti škriljci su metamorfozirani do stupnja grnšist facijesa. Višetermperaturnom nivou grnšist facijesa pripadaju stijene otkrivene u potocima iznad izletišta Tisovca jugozapadno od Busovače, te u okolici Fojnice.«

Naša istraživanja u okolici Busovače se logički nadovezuju na citirane podatke. Biotit-klorit-ankeritski škriljac i albitsko-kloritski škriljac predstavljaju stijene, koje možemo pribrojiti ostalim škriljcima grnšist facijesa.

MAKROSKOPSE KARAKTERISTIKE I NAČIN POJAVLJIVANJA ŠKRILJACA

Uzorke škriljaca za detaljna laboratorijska ispitivanja sakupili smo u gornjem toku potoka Ivanovica, na mjestu, koje je udaljeno oko 2 km uzvodno od izletišta Tisovac.

Biotit-klorit-ankeritski škriljac i albitsko-kloritski škriljac čine relativno usku zonu u škriljavoj seriji stijena. Debljina ove zone varira od nekoliko centimetara do blizu jedan metar. U podini i krovini nalaze se uglavnom zeleni škriljci sa muskovitom, kvarcom, kloritom i zelenim štapičastim amfibolom. Cijela serija škriljavih stijena odlikuje se jasno izraženom folijacijom. Listićavi minerali i štapičasti amfibol leže u ravnini škriljavosti. Leukokratski i melanokratski sastojci se izmjenično redaju u paralelne nakupine, a stijene poprimaju prugastu teksturu. Na pojedinim mjestima zapažaju se mikro-bore.

Pod utjecajem atmosferilija, bijele pruge biotit-klorit-ankeritskog škriljca, koje su inače krcate ankeritom, brzo se oboje žutosmeđom bojom zbog limonitizacije. Limonitizacija potječe od ankerita, a djelomično i od pirita. Boja škriljaca varira od posve tamne, preko tamnozeleno, svjetlozeleno do sive, zavisno od mineralnog sastava. Biotit-klorit-ankeritski škriljac je tamnije boje, a albitsko-kloritski škriljac svjetlije.

U biotit-klorit-ankeritskom škriljcu zapažamo makroskopski listiće biotita, koji mjestimično dosežu veličinu od više kvadratnih milimetara. Boje su crne do tamnozeleno sa plavičastom nijansom. Ankerit se također lako zapaža prostim okom, budući da pojedini kristali dosežu veličinu do nekoliko milimetara u promjeru. Kristali ankerita su romboedrijskog habitusa i jasno izražene kalavosti.

MIKROSKOPSKO ISPITIVANJE

Pregledom izbrusaka škriljaca pod mikroskopom odredili smo slijedeći mineralni sastav:

1. U biotit-klorit-ankeritskom škriljcu dominiraju (bitni sastojci) biotit, klorit i ankerit, dok su albit, muskovit, kvarc, aktinolit, epidot, magnetit i pirit sporedni mineralni sastojci. Mjestimično dolazi do nakupljanja sporednih sastojaka u većoj količini.

2. Albitsko-kloritski škriljac sadrži pretežno albit i klorit, uz promjenljivo učešće biotita, epidota, pirita, kvarca i magnetita.

Struktura škriljaca je heteroblastična (porfiroblastična). Kao porfiroblasti javljaju se uglavnom biotit i ankerit, dok ostali minerali predstavljaju ekvidimenzionalna zrna.

Opće mikrofiziografske karakteristike bitnih mineralnih sastojaka škriljaca navodimo u nastavku teksta.

Biotit se odlikuje karakterističnom kalavošću smjerom baze i intenzivnim pleohroizmom. Potamni skoro paralelno.

Klorit je sitnolistićav, pleohroitičan, zelene boje u različitim nijansama.

Ankerit se odlikuje karakterističnom romboedrijskom kalavošću i lamelarnom građom. U konvergentnom svjetlu jasno se zapaža interferenciona figura optički jednoosnog negativnog kristala.

Albit je obično ravnomjerno raspoređen u preparatu. Zrna su vrlo sitna i nepodesna za teodolitna mjerenja. Mjestimično je došlo do okupljanja albita u sitne žilice zajedno sa ankeritom i kvarcom, što ukazuje na sekreciono izlučivanje ovih minerala. Posmatranjem Becke-ove linije ustanovili smo, da albit ima manji indeks loma od indeksa loma kanadskog balzama.

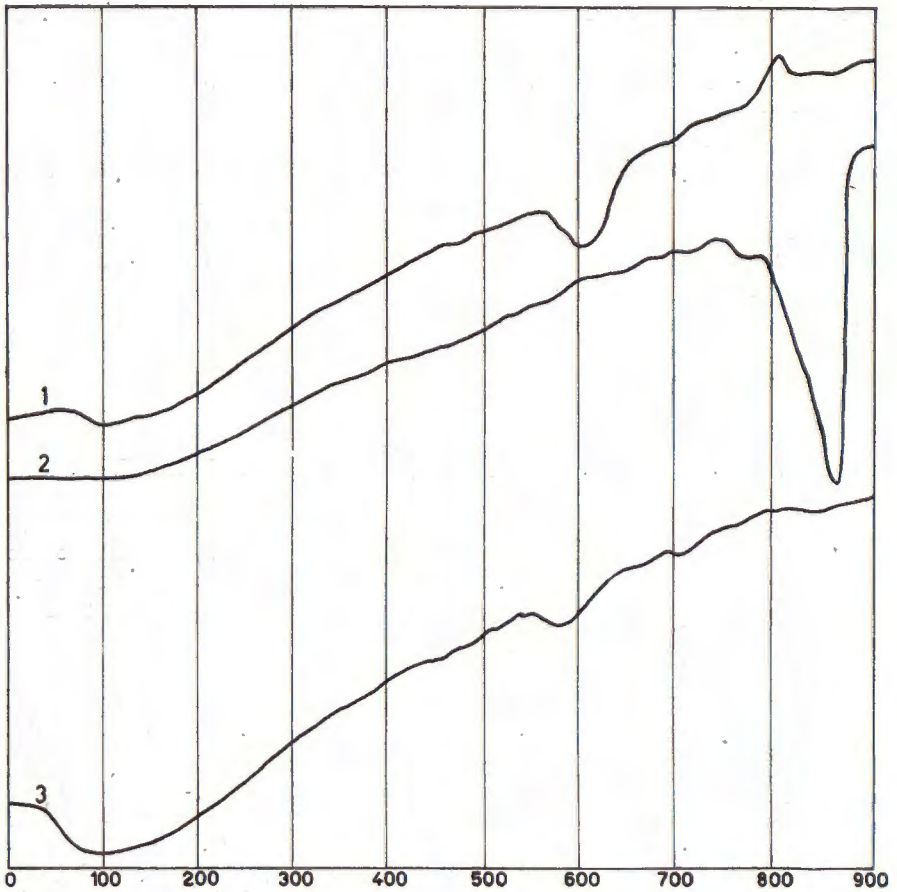
TERMIČKO ISPITIVANJE ŠKRILJACA, KLORITA I ANKERITA

Diferencijalno-termičkim ispitivanjima podvrgli smo uzorke biotit-klorit-ankeritskog škrljaca, albitsko-kloritskog škrljaca, te zasebno klorita i ankerita. Klorit i ankerit izolirali smo u čistom stanju iz spomenutih škrljaca. Termogravimetrijsku analizu načinili smo samo od uzorka biotit-klorit-ankeritskog škrljaca.

Termički stabilitet i ponašanje minerala kloritske grupe pri termičkim ispitivanjima izučavali su brojni autori (Brindley & Ali 1950; Brindley & Youell 1953; Caillère & Hénin 1957 i dr.). Na osnovu njihovih izučavanja možemo zaključiti, da kloriti pokazuju na diferencijalno-termičkim krivuljama dvije endotermne reakcije, jednu jaču na oko 600° C, a drugu slabiju na oko 800° C. Ove reakcije predstavljaju dvostepenu dehidrataciju klorita, pri čemu je prvo zahvaćen brucitni, a zatim talkni sloj kloritske strukture. Egzotermni proces je vezan za nastanak nove kristalizirane faze (obično je to olivin) i manifestira se na krivulji u obliku pika na oko 900° C.

Krivulja 1 (sl. 1) ilustrira termičko ponašanje klorita izoliranog iz spomenutih škrljaca. Na krivulji se vide dva endotermna pika, jedan vrlo široki na temperaturi 610° C i drugi mnogo manji na oko 705° C. Isto tako, jasno je uočljiv i treći egzotermni pik kod 812° C.

Diferencijalno-termičke karakteristike ankerita ispitivao je Beck (1950), kao i drugi autori. Na osnovu objavljenih krivulja može se zaključiti na razlike koje postoje između ankerita i željezovitih dolomita. Ankeriti se odlikuju pojavom dodatnog endotermnog pika između dva postojeća dolomitska. Prvi pik ankerita se javlja na 700–730° C i odgovara razgradnji karbonatnih iona vezanih na (Fe, Mg)-položaj. Položaj ovog pika se kreće prema nižim temperaturnim vrijednostima kod uzo-



Sl. 1. Diferencijalno-termičke krivulje: 1 klorit; 2 ankerit; 3 albitsko-kloritski škrljajac.
 Fig. 1. Differential-thermic curves: 1 chlorite; 2 ankerite; 3 albite-chlorite schist

raka koji su bogatiji željezom. Srednji endotermni pik, isključivo ankeritski, raste sa sadržajem željeza i pojavljuje se kod relativno konstantne temperature. Treći endotermni pik je manje ovisan o sadržaju željeza, a odgovara otpuštanju CO_2 koji je vezan za ione kalcija, a javlja se oko 900–940° C.

Ankeritska krivulja 2 (sl. 1), prikazuje dva slabije izražena endotermna pika i jedan vrlo jaki. Prvi je na temperaturi 715° C i odgovarao bi razgradnji $(\text{Mg,Fe})\text{CO}_3$, drugi isključivo ankeritski na 770° C i treći vezan za razgradnju CaCO_3 se javlja na temperaturi od 870° C.

Diferencijalno-termičke krivulje (br. 3, sl. 1; 1 sl. 2) odnose se na albitsko-kloritski škrljac i na biotit-klorit-ankeritski škrljac. Na prvoj krivulji registrirano je prisustvo klorita, a na drugoj, pored klorita, još i ankerit.

Pojava egzotermnog pika kod 500° C na krivulji biotit-klorit-ankeritskog škrljaca (1, sl. 2) može se objasniti oksidacijom Fe^{2+} u Fe^{3+} , budući da uzorak sadrži dosta željeza, a analiza je rađena u atmosferi znaka. Da se stvarno radi o procesu oksidacije, najbolje potvrđuje termogravimetrijska krivulja (2, sl. 2), na kojoj je registriran mali porast težine uzorka nakon 500° C.

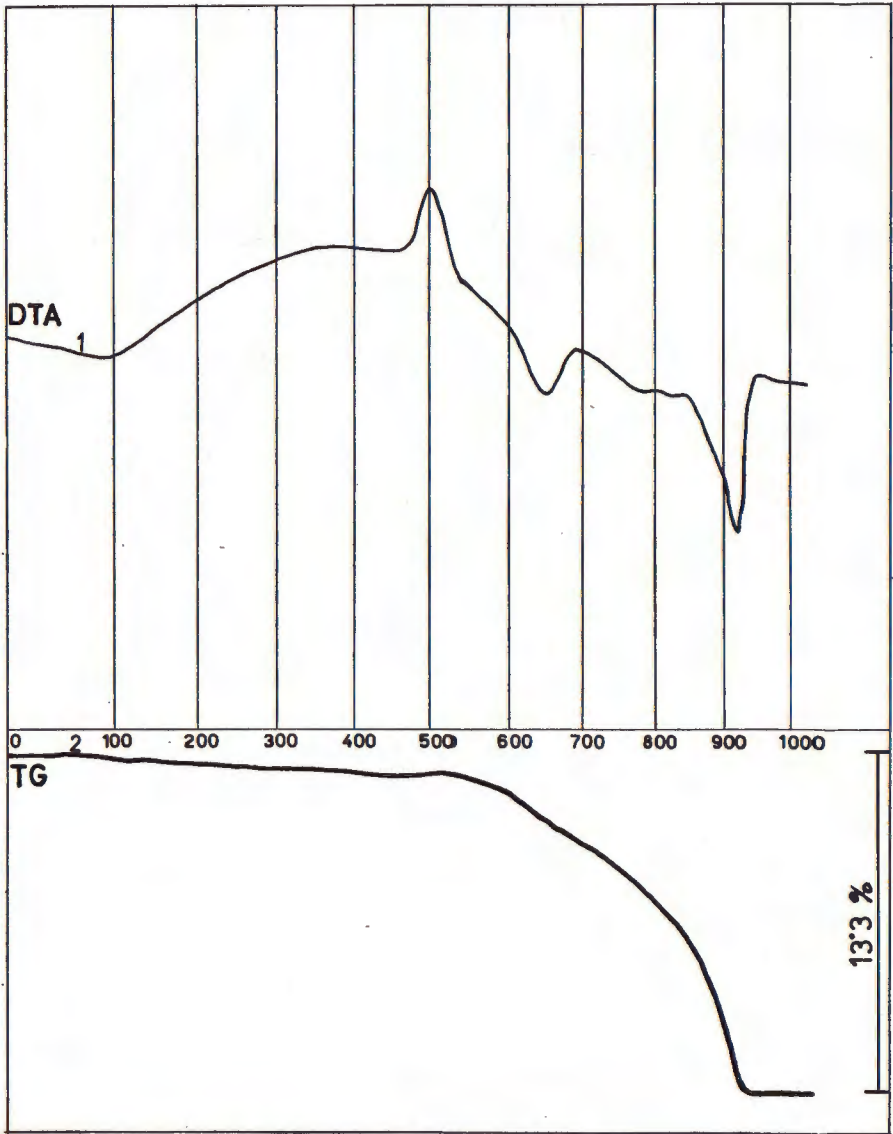
RENDGENOGRAFSKO ISPITIVANJE ŠKRILJACA, BIOTITA, KLORITA, ANKERITA I PIRITA

Uz ostale metode, uzorke smo ispitivali i rendgenografski uz primjenu metode praška. Kod svih uzoraka koristili smo i metodu filma i metodu difraktometra, kako bismo na taj način dobili što pouzdanije rezultate. Za snimanje po metodi filma upotrebljavali smo veliku kameru promjera 114,6 milimetara i $Cu K \alpha$ zračenje filtrirano sa nikalnim filtrom. Kod svih uzoraka ekspozicija je trajala u prosjeku 4 sata. Za snimanje na difraktometru koristili smo isto zračenje, pri čemu je brzina brojača bila $1/2^0$ na minutu, a hod papira 400 milimetara na sat. Dijagrami uzoraka po obje metode dobiveni su na Philipsovom instrumentu.

Odgovarajući podaci za međuplošne razmake i intenzitete refleksa navedeni su u priloženim tabelama, posebno za škrljce (tabela I i tabela II), a posebno za izdvojene minerale (tabela III).

KEMIJSKI SASTAV ŠKRILJACA, BIOTITA I ANKERITA

Za kemijsku analizu odabrali smo »srednje probe« škrljaca i gotovo čiste uzorke ankerita i biotita, čiji sastav smo prikazali na tabeli IV. Kemijska analiza albitsko-kloritskog škrljaca (kolona 1) pokazuje povišeni silicij, aluminij i natrij, što je u skladu sa prisustvom znatne količine albita. Preostali dio silicija i aluminijska koja nije vezana za albit, te ostale komponente, ulaze u sastav klorita. U analizi biotit-klorit-ankeritskog škrljaca (kolona 2) upada u oči relativno nizak sadržaj silicija i aluminijska, a količina željeza, magnezija, kalcija, kalija i CO_2 je povišena. I ova analiza je u dobrom skladu sa mineralnim sastavom. Uzorci analiziranih škrljaca uzeti su na terenu skoro jedan pored drugog, što pokazuje, da se mineralni sastav stijena, a s tim u vezi i njihov kemijski sastav znatno mijenja unutar prostorno ograničene sredine. U koloni 3 naveden je sastav potpuno čistog biotita, koji smo relativno



Sl. 2. Biotit-klorit-ankeritski škriljac: 1 diferencijalno-termička krivulja;
2 termogravimetrijska krivulja

Fig. 2. Biotite-chlorite-ankerite schist: 1 differential-thermic curve;
2 thermobalance curve

Tabela I. Podaci iz Debye-grama za za biotit-klorit-ankeritski škrljac

Table I. X-ray powder data for biotite-chlorite-ankerite schist

<u>I</u>	<u>d</u>	<u>I</u>	<u>d</u>
w	13,897	mw	1,718
w	10,094	w	1,670
m	7,036	ju	1,569
w	6,362	ms	1,546
w	4,642	w	1,505
m	4,250	w	1,470
s	4,036	ju	1,424
ms	3,665	m	1,395
w	3,517	m	1,375
vs	3,338	ju	1,352
vvs	3,193	ju	1,330
ju	2,974		
vs	2,895		
vw	2,748	Mineralni sastav:	
ju	2,629	biotit	
m	2,556	klorit	
m	2,438	ankerit	
mm	2,408	kvarc	
ju	2,325	albit	
w	2,277		
m	2,195	s = jak (strong)	
mm	2,127	w = slab (weak)	
vw	2,079	m = srednji (middle)	
m	2,019	v = vrlo (very)	
ju	1,979	ju = jedva vidljiv (hardly visible)	
mm	1,896		
vw	1,850		
ms	1,820		
m	1,794		
ju	1,749		

Tabela II. Podaci iz Debye-grama za albitsko-kloritski škrljajac
 Table II. X-ray powder data for albite-chlorite schist

<u>I</u>	<u>d</u>	<u>I</u>	<u>d</u>
mm	14,441	ju	1,853
m	10,094	m	1,829
s	6,820	mm	1,784
mm	6,413	ju	1,751
ju	5,929	m	1,722
ju	5,552	ju	1,683
w _d	4,734	ju	1,624
w _d	4,443	vw	1,572
vvvs	4,040	m	1,552
w	3,880	m	1,509
m	3,741		
vs	3,671		
ms	3,552		
ms	3,365		
vvvs	3,197		
s	2,955		
mw	2,857		
mw	2,743		
mm	2,632		
s	2,550		
ms	2,423		
m	2,365		
w	2,322		
ju	2,273		
w	2,196		
mw	2,126		
vw	2,081		
m	2,011		
m	1,896		

<p>Mineralni sastav:</p> <p>albit</p> <p>klorit</p> <p>biotit</p> <p>epidot</p> <p>pirit</p> <p>d = raširen, difuzan (diffuse)</p>
--

Tabela III. Podaci iz Debye-grama za klorit, ankerit, biotit i pirit

Table III. X-ray powder data for chlorite, ankerite, biotite and pyrite

klorit		ankerit		biotit		pirit	
I	d	I	d	I	d	I	d
m	14,329	w _d	9,571	ju	14,343	ju	3,338
vvs	7,140	ju	4,040	vvs	10,100	ju	3,209
m _d	4,750	s	3,695	rnm	7,115	m	3,121
m	4,040	m	3,348	m _d	4,493	ju	2,904
ju	3,910	w	3,204	rnm	4,051	vs	2,791
ju	3,785	ju	3,007	rnm	3,689	s	2,424
mm	3,677	vvs	2,899	m	3,545	s	2,264
vvs	3,558	mv	2,684	vs	3,363	s	1,917
ju	3,386	w	2,546	m _d	3,139	vvs	1,635
vs _d	3,215	s	2,409	ju	3,056	m	1,564
vw	2,966	vs	2,200	mw	2,947	ms	1,504
w	2,803	w	2,072	vs	2,639	s	1,449
w	2,761	s	2,022	ms	2,534	mm	1,246
ju	2,648	m	1,855	vs	2,454	mm	1,206
ms	2,615	vs	1,814	ju	2,392	m	1,186
ms	2,565	vs	1,793	ju	2,322	ju	1,155
ms	2,472	mw	1,570	m	2,291		
ms	2,403	s	1,550	s	2,190		
ju	2,337	ms	1,471	s _d	2,009		
mm	2,284	w	1,450	s	1,682		
ju	2,206	ju	1,445	vs	1,546		
ju	2,127	w	1,439	mm _d	1,372		
ju	2,086	ms	1,393	mm _d	1,333		
ms	2,016	m	1,343				
m	1,909	mw	1,301				
mm	1,837	mw	1,268				
ju	1,763	mm	1,243				
w	1,733	w	1,207				
ju	1,680	w	1,175				
mm	1,627	vw	1,148				
ms	1,565	w	1,130				
mm	1,518	m	1,115				
ju	1,474						
ju	1,422						
mm	1,400						

Tabela IV. Kemijski sastav škrljaca, biotita i ankerita

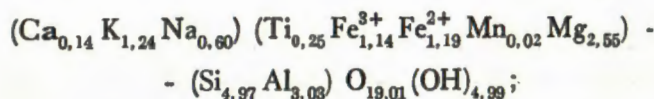
Table IV. Chemical composition of schists, biotite and ankerite

	1	2	3	4
SiO ₂	47,44	39,10	33,66	4,89
TiO ₂	2,57	1,41	2,28	0,79
Al ₂ O ₃	19,37	12,13	17,40	0,93
Fe ₂ O ₃	8,21	5,35	9,51	0,30
FeO	4,89	4,11	9,63	10,00
MnO	0,16	0,29	0,19	0,91
MgO	5,60	10,11	11,61	14,08
CaO	1,16	9,42	0,93	28,40
Na ₂ O	7,27	1,08	2,10	0,70
K ₂ O	1,21	4,36	6,60	0,09
H ₂ O ⁺	2,63	1,71	5,06	—
H ₂ O ⁻	0,17	0,12	0,69	0,17
CO ₂	—	11,21	—	39,36
P ₂ O ₅	0,02	0,17	0,18	0,01
Suma	100,70	100,57	99,84	100,63
<p>1 Albitsko-kloritski škrljac Albite-chlorite schist</p> <p>2 Biotit-klorit-ankeritski škrljac Biotite-chlorite-ankerite schist</p> <p>3 Biotit Biotite</p> <p>4 Ankerit Ankerite</p>				

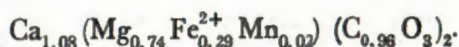
lako izolirali iz škrljaca. Nasuprot biotitu, iz kemijske analize ankerita (kolona 4) se vidi prisustvo određenih nečistoća, koje nismo mogli mi-moići prilikom izdvajanja ankerita iz stijene.

Iz rezultata kemijske analize preračunali smo brojeve iona, posebno za biotit i posebno za ankerit. Ove vrijednosti su ušle u citirane krista-lokemijske formule. Preračunavanje za biotit vršeno je na bazi 24 (O, OH), a za ankerit na bazi 6 (O). Formule su slijedeće:

Za biotit



Za ankerit



Preračunati ionski brojevi i navedene strukturne formule minerala su u dobrom skladu sa literaturnim podacima (Deer, Howie & Zussman 1962).

*Katedra za geologiju
Prirodno-matematičkog fakulteta
Sarajevo, Titova 114*

Primljeno 13. XI 1969.

LITERATURA

- Beck, C. W. (1950): Differential thermal analysis curves of carbonate minerals. — Am. Min. 35, p. 985.
- Brindley, G. W. & Ali, S. Z. (1950): X-ray study of thermal transformations in some magnesian chlorite minerals. — Acta Cryst. 3, 25–30.
- Brindley, G. W. & Youell, R. F. (1953): Ferrous chamosite and ferric chamosite. — Min. Mag. 30, 57–70.
- Caillière, S. & Hénin, S. (1957): The chlorite and serpentine minerals u »The differential thermal investigation of clays«. Min. Soc. London.
- Deer, W. A., Howie, A. R. & Zussman, J. (1962): Rock-forming minerals. Vol. 3 i 4. Longmans, Green and Co LTD. London.
- Jurković, I. & Majer, V. (1954): Riolit (kremeni porfir) Vranice planine i albitiski riolit Sinjakova u srednjobosanskom rudogorju. — Vesn. Zav. geol. i geof. istraž. 11, 207–233. Beograd.
- Katzer, F. (1926): Geologija Bosne i Hercegovine. Sv. 1, Sarajevo.
- Sibenik-Studen, M. & Trubelja, F. (1967): Novi prilog poznavanju magmatizma doline rijeke Vrbasa. — Glasnik Zem. muzeja 6, 5–13, Nova serija. Sarajevo.
- Tajder, M. & Raffaelli, P. (1967): Metamorfozirani porfirit-keratofiri u srednjobosanskom škrljavom gorju. — Geol. vjesnik 20, 153–170. Zagreb.

Trubelja, F. & Šibenik-Studen, M. (1965): Efuzivne stijene iz doline rijeke Vrbasa i graniti Komara. - Glasnik Zem. muzeja 3/4, 99-103, Nova serija. Sarajevo.

Zivanović, M. (1963): Prilog stratigrafiji srednjobosanskih škriljastih planina. - Geol. glasnik 7, 195-198. Sarajevo.

F. TRUBELJA and G. SIJARIĆ

A CONTRIBUTION TO THE KNOWLEDGE OF THE MINERALOGICAL AND CHEMICAL COMPOSITION OF SCHISTS IN THE CENTRAL BOSNIAN ORE-MOUNTAINS

In the vicinity of Busovača, near the tourist resort of Tisovac, in the Central Bosnian Schist Mountains, besides the schists of low-grade metamorphism, there have been found biotite-chlorite-ankerite and albite-chlorite schists.

The mentioned rocks represent a relatively narrow zone within the series of green-schists. The thickness of the zone varies from a few centimeters to almost a meter. The whole series of the schist-rocks is characterized by a clearly visible foliation.

The mineral composition of the schists has been determined by the application of optic, chemical, thermic and X-ray methods.

In the biotite-chlorite-ankerite schists, the following minerals have been determined: biotite, chlorite, ankerite, albite, muscovite, quartz, actinolite, epidote, magnetite and pyrite. The albite-chlorite schist contains albite and chlorite predominantly, while biotite, epidote, pyrite, quartz, and magnetite are present to a lesser extent.

The thermic characteristics of the schists and individual minerals are presented by thermic curves (Fig. 1 and Fig. 2).

The results of the X-ray investigations are presented in the tables (Tab. I, II, III).

The chemical composition of the schists, as well as of biotite and ankerite, has been presented in Tab. IV. Biotite and ankerite have been isolated from the schists in a relatively pure state.

From the results of the chemical analysis, we have obtained ionic numbers on the basis of which the crystallo-chemical formulae for biotite and ankerite have been determined.

*Chair of Geology
Faculty of Science,
Sarajevo, Titova 114*

Received 13th November 1969.