

**XII КОНГРЕС НА ГЕОЛОЗИ НА ЈУГОСЛАВИЈА**

**„ГЕОЛОШКИТЕ ИСТРАЖУВАЊА НА МИНЕРАЛНИТЕ  
СУРОВИНИ ВО УСЛОВИ НА ПАЗАРНАТА ЕКОНОМИЈА  
И НИВНИОТ ПРИДОНЕС ЗА РАЗВОЈ НА ЗЕМЈАТА“**



**КНИГА III**

**РУДНИ НАОЃАЛИШТА  
ГЕОХЕМИЈА, МЕТАЛОГЕНИЈА  
И ЕКОНОМСКА ГЕОЛОГИЈА**

**Охрид, 1990 година**

НОВ ТИП БИЗМУТОВА МИНЕРАЛИЗАЦИЈА ЗА НАОГАЛИШТЕТО  
"САСА", ИСТОЧНА МАКЕДОНИЈА

М. Александров<sup>1</sup>  
С. Манков<sup>2</sup>  
Т. Серафимовски<sup>3</sup>

В О В Е Д

Рудното наоѓалиште "Саца" представува едно од најголемите сребрено оловно - цинково наоѓалиште во Европа. Од досега спроведените научни проучувања се добиени јасни сознанија поврзани за геолошката градба, минералниот состав и општата квантитативна распределба на главните и придружните елементи во рудите (Bariš, 1961; Пендерковски 1962; Богојевски 1963а, 1963б и 1967; Александров 1975, 1979, 1985; Arsenievic - по Divljan 1975; Denkovski 1975 год.).

Присуството на бизмутот во наоѓалиштето "Саца" за прв пат е регистрирано и опишано од Arsenievic 1975 год. кој ја дава неговата основна приврзаност за галенитот, без да ја разјаснува формата на присуство.

Сpreма податоците хемиските и атомско - апсорционите анализи на експлоатираната руда, содржината на бизмутот варира во многу широки граници од 57 - 85 gr/t во концентратите од 520 gr/t до 815 gr/t (за оловен) и од 350 gr/t до 480 gr/t (за колективен) а во мономинералните проби од галенит, свалерит и халкопирит соодветно од 10 gr/t до 21,6 gr/t, од 10 gr/t до 70 gr/t и од 126 gr/t до 726 gr/t. Тие големи варијации во содржината на бизмут даваат можност да се заклучи дека тој образува сопствени минерали.

При деталното минерално картоирање на централниот дел на "Свиња Река" (хор. 1126ш.) утврдивме макроскопски видлива бизмутова минерализација. Спроведените лабораториски испитувања - рудномикроскопски во одбиена светлина, квантитативни ренгеноспектрални микроанализи, набљудувањата во режим "COMPO", во секундарни електрони и X - зраци и ренгеноструктурните анализи, покажаа дека бизмутовата минерализација е представена од минералите бизмутин, бернит, крупкаит и самороден бизмут.

1. Геолошка служба при рудници "Саца", М.Каменица С.Р.Македонија
2. ВИШ Рударско - геолошки институт, Софија Н.Р.Бугарија
3. Рударско - геолошки факултет Штип, С.Р.Македонија

Сите тие представуваат нови минерали за наоѓалиштето, а крупкаитот и беритот нови минерали за С.Р.Македонија.

#### Парагенетска припадност и распространетост на бизмутовите минерали

Сите докажани бизмутови минерали во наоѓалиштето градат самостална минерална парагенеза, а во која халкопиритот представува главен минерал. Заедно со него идат изначајни количини на пиротин. Врз основа на спроведените испитувања во одбиена светлина под микроскоп и набљудувањата во режим (COMPO) со сканир електронски микроскоп, кој влегува во комплет на микросонда superprobe - 733 JEOL (Јапонија) а установен следниот редослед во одлагањето на минералите во таа парагенеза: кварц - халкопирит - свалерит - пиротин - берит - крупкаит - бизмутин - самороден бизмут - калцит. Истакнатиот минерален редослед покажува дека почетокот на таа парагенеза е поврзана со хидротермални раствори, кои се карактеризираат со висок сулфурен потенцијал со значајни количини на бакар. Тоа доведува до одлагање на халкопиритот како основен минерал. Малку покасно се намалува сулфурниот потенцијал и се одлага пиротинот. Тогаш останатите незначајни количества на бакар, заедно со бизмутот и сулфурот учествуваат во составот на бизмутовите минерали со содржина на бакар од 5,74 до 9,18 % како крупкаит и берит. После тоа растворот постануваат монометалносни со сеуште зголемен сулфурен потенцијал, од кои се одлага бизмутин, а после него хидротермалните раствори се карактеризираат со потполно отсуство на сулфур и од тој момент започнува масовно и активно кородирање на сите одложени минерали до тој момент, што доведува до стварање на самороден бизмут.

Комплетната бизмутска парагенеза е логично да оиде одбележана како кварц - бизмутин - халкопиритова. Просторно се наоѓа на околу 500 м. југоисточно од големото тело на терциерниот магматизам во Црвена Река

\* Во исто време со крупкаитот од наоѓалиштето "Сага" беше докажан од нас крупкаит и во наоѓалиштето Бучим (види. бизмутска селенска минерализација во наоѓалиштето Бучим) во оваа книга.

Тоа тело може да се разгледа како нек, која се карактеризира со значаен срез. Во и околу него е локализирана прожилкасто - импрегнациона кварц - молибденит - пиритова и кварц - халкопиритова минерализација. Во хоризонтален план утврдената од нас бизмутова минерализација представува надворешна (периферна) кварц - бизмутин - халкопиритова зона, расположена на југоисток од централниот дел на некот. Во таа зона бизмутовите минерали, заедно со халкопиритот, пиритинот и кварцот, изградуваат жици со дебелина од 0,4 м. или жилки со дебелина од 1 м. до 3 - 4 см. измеѓу кои се гледа и импрегнациона минерализација. Некои од жиците и прожилкасто - импрегнационата минерализација се сместени во проследни зони на катаклази и будинирање во кварцграфитичните шкрилци, а другите представуваат стрмни зони со прожилкасто - импрегнациона минерализација, кои сечаат како зелените шкрилци исто така и кварцграфитичните шкрилци.

#### Карактеристика на бизмутовите минерали

Така ќе бидат дадени во лаконска форма, но доволно информативно - дијагностичките податоци за особеностите на хемизмот на минералите, нивните меѓусебни односи, нивните размери, појавите на корозии и ренгеноструктурните податоци.

Берит - тој се појавува во почетокот на супцесивниот ред на бизмутовите минерали. Во количински однос тој е многу послабо застапен од бизмутинот и самородниот бизмут. Забележлив е само под микроскоп. На фонот на парагенетските со него крупкаит и бизмутин тој најчесто не се разликува во одбиена светлина - бел, сличен е со галенитот. На исто така и со бизмутинот. При вклучена анизотропна бленда најчесто тој постанува забележлив - бел со слабо сивкасто - кафеаво до сивкастокафеаво - сивкаста нијанса. Се развива корозиона \* во халкопиритот и пиритинот и образува алотриоморфнозрнасти агрегати со размери 10 - 20 мкм, кои се карактеризираат со добро изразена бифлексија, но послабо од таа на бизмутинот. На секаде тој е кородиран од бизмутинот и самородниот бизмут.

Добиената кристалохемииска формула според податоците на квантитативните ренгеносектрални микрорадиции (табл. 1, ац. 10) е многу блиска до неговата теоретска формула  $\text{Ca}_{10}\text{Pb}_{10}\text{Bi}_8\text{S}_{11}$  (Шилева и др. 1966 год.)

Крупкаит - Тој е докажан како самостоен минерален вид во 1974 год. (по Чвилава и др. 1988 год.). Во одбиена светлина не се разликува од бизмутиот кој е во асоцијација со него. Со помошта на скенер електронски микроскоп во режим "COMPO" (табл. II, сл. 3.) изникнуваат неговите фазни граници помеѓу бизмутиот (бело), бериитот (сиво) и крупкаитот (темносиво).

На слика е видно дека бериит - крупкаитовиот агрегат е корозионо опфатен од бизмутиновиот агрегат, кои се развиваат во пукнатините на халкопиритот. Размерите на крупкаитот се исто така незначителни 10 - 15 до 30  $\mu\text{m}$ . По степенот на распространетоста и тој е многу послабо застапен од парагенетските со него бизмутин и самороден бизмут.

Неговата реална кристалохемиска формула, пресметана врз основа на направената квантитативна рентгеноспектрална микроанализа е дадена во табела I ан. 2.

Добиената содржина на железо од 0,42 % го сврзуваме со можноста за негово изоморфно вклучување во неговата кристална решетка на местото на бакарот, со кој образува 1,06 формулни единици. Таквиот изоморфизам овозможува заменување до 1 % и е допуштено од многу други автори.

Бизмутин - Тој се јавува како еден од главните бизмутови минерали во "Свиња Река" (хор. 1126) на наоѓалиштето "Сава" и е основен носител на бизмутот. Тој образува макроскопски видливи жилки со дебелина од 1 mm. до 0,5 cm. после кои се гледаат и зрца од самороден бизмут со големина од 0,5 mm. до 1mm. Тие ги сечаат пиротин - халкопиритовите агрегати (табл. I, сл. 3). Во одбиена светлина е сличен со галенитот со силна бурефлексија. Често се развива во интензивно изменети зелени шкрилци заедно со самородниот бизмут (сл. 1.). Во такви случаи тој има вид на мегакристали, абљудувани во режим "COMPO" голем дел од таквите хомогени во секундарни електрони, агрегатите се покажуваат хетерогени по состав. На табл. I, сл. 2. е представен таков агрегат од самороден бизмут (бело) и бизмутин (сиво).

Дефинитивната дијагностика е извршена врз основа на 5 бр. квантитативни рентгеноструктурни микроанализи и по методот на Дебај Шерер (табл. I, II). Содржината на бизмутот во анализираните зрна варира од 76,70 % до 81,16 % кое е сврзано со присуство на бакар од 0,36 % до 0,61 % и на олово и железо, докажаните во две од анализираните зрна (табл. I, ан. 6 и 7) - соодветно 2,98 % до 3,30 % (за олово) и од 0,48 % до 0,53 % (за железо).

На тој начин, отчитувајќи ги појавите на изоморфизам во катјониот дел по податоците на табл. 1. (ан. 3, 4, 5, 6, 7) се добиени соодветните реални кристалохемиски формули.

Самороден бизмут - Заедно со бизмутот самородниот бизмут е еден од главните бизмутови минерали во наоѓалиштето. Тој се одлага последен во кварц - бизмутин - халкопиритовата парагенеза. Макроскопски се забележува. На полираните кварц - пиротин - халкопиритовите агрегати се гледа, дека тој образува заедно со бизмутот жилки и инпрегнации после нив. Често самородниот бизмут се развива како венци (макроскопски бели) околу бизмутин (виви). Дебелината на таквите венци е од 0,5 мм. до 1мм. Во одбиена светлина тој е со многу висока рефлексија, јасна бифлексија со бела до жолто - бела боја. Образува многу разнобразни корозиони структури со пиротинот, халкопиритот и бизмутинот. Во некои случаи со пиротинот тие имаат мirmekитов изглед.

Према ренгеноспектралните анализи се гледа дека тој е многу чист - 99,33 % бизмут со незначално присуство на бакар 0,49 % и железо - 0,18 %.

Дефинитивната дијагностика е извршена по методот на Дебај - Шерер (табл. II).

#### Дискусија

Докажаната бизмутова минерализација е одложена во почетокот на хидротермалното рудообразување во Осогово. Према податоците на Мнков (1985 год.) на Бугарскиот дел од Руенското рудно поле е докажана слична парагенеза, но без берит, ги сечаат скарновско - магнетитовите рудни тела, што е согласно со докажаната од нас просторна положба на кварц - бизмутин - халкопиритовата парагенеза околу терциерното магматско тело во делот на Црвена Река и со тоа дека таа е пресечена со свалерит - галенитовата минерализација.

Бискоко температурниот карактер на кварц - бизмутин - халкопиритовата парагенеза се потврдува и со присуството на самородниот бизмут како краен минерал. Тоа е доказ дека таа е формирана од бизмутоосни хидротерми со температури не помали од 174 °C (Glaug, 1978 год.).

Зголемената содржина на бизмутот во југоисточниот дел на големото терциерно магматско тело во Црвена Река и до сега познатите во и околу него минерализации длаваат основа да се очекува нов тип руднување со злато - бизмут - бакарно - молибден карактер.

Во морфолошки однос тоа ќе бидат штокверкни до жилни минерализации со особено економско значење.

Квалитативни ренгеноструктурни микроанализи (во %) на берит (1), крупкаит (2), бизмутин (3, 4, 5, 6, 7) и самороден ббизмут (8) од наоѓалиштето "САСА" - Свина река, хоризонт 1126 м.

табела I

Елементи	Bi	Cu	Pb	Fe	S	Σ
1	51.91	9.18	21.10	-	17.71	99.81
2	57.16	5.74	18.83	0.42	18.04	100.19
3	79.36	0.36	-	1.32	18.62	100.18
4	79.51	0.41	-	-	19.69	99.61
5	81.16	0.42	-	-	18.96	100.54
6	76.70	0.60	3.30	0.53	18.87	100.00
7	77.20	0.61	2.98	0.48	18.82	100.09
8	99.33	0.49	-	0.18	-	100.00

## КРИСТАЛОХЕМИСКИ ФОРМУЛИ

- $Cu_{2.90} Pb_{2.04} Bi_{4.95} S_{11.05}$
- $Cu_{0.98} Pb_{0.98} Bi_{2.98} Fe_{1.08} S_{5.06}$
- $(Bi_{1.84} Cu_{0.03} Fe_{0.12}) S_{2.09} S_{2.98}$
- $(Bi_{1.80} Cu_{0.03}) S_{1.83} S_{3.08}$
- $(Bi_{1.87} Cu_{0.03}) S_{2.00} S_{3.00}$
- $(Bi_{1.83} Cu_{0.03} Pb_{0.08} Fe_{2.03}) S_{2.97}$
- $(Bi_{1.88} Cu_{0.03} Pb_{0.07} Fe_{0.04}) S_{2.02} S_{2.90}$
- $(Bi_{0.98} Cu_{0.01} Fe_{0.01}) S_1$



Во морфолошки однос тоа ќе бидат штокверкни до жилни минерализации со особено економско значење.

Квалитативни ренгеноструктурни микроанализи (во %) на берит (1), крупкаит (2), бизмутин (3, 4, 5, 6, 7) и самороден бизмут (8) од наоѓалиштето "САСА" - Свина река, хоризонт 1126 м.

табела I

Елементи	Bi	Cu	Pb	Fe	S	Σ
1	51.91	9.18	21.10	-	17.71	99.81
2	57.16	5.74	18.83	0.42	18.04	100.19
3	79.36	0.36	-	1.32	18.62	100.18
4	79.51	0.41	-	-	19.69	99.61
5	81.16	0.42	-	-	18.96	100.54
6	76.70	0.60	3.30	0.53	18.87	100.00
7	77.20	0.61	2.98	0.48	18.82	100.09
8	99.33	0.49	-	0.18	-	100.00

## КРИСТАЛОХЕМИСКИ ФОРМУЛИ

1.  $Cu_{2.90} Pb_{2.04} Bi_{4.98} S_{11.05}$
2.  $Cu_{0.98} Pb_{0.98} Bi_{2.96} Fe_{1.06} S_{8.08}$
3.  $(Bi_{1.94} Cu_{0.03} Fe_{0.12} S_{2.09} S_{2.96})$
4.  $(Bi_{1.90} Cu_{0.03} S_{1.93} S_{3.06})$
5.  $(Bi_{1.97} Cu_{0.03} S_{2.00} S_{3.00})$
6.  $(Bi_{1.85} Cu_{0.05} Pb_{0.06} S_{2.03} S_{2.97})$
7.  $(Bi_{1.88} Cu_{0.05} Pb_{0.07} Fe_{0.04} S_{2.02} S_{2.90})$
8.  $(Bi_{0.98} Cu_{0.01} Fe_{0.01} S_1)$



Међуплосни растојанија на бизмутин (1) и самороден бизмут (2) од наоѓалиштето "Сага" дел "Свиња Река" хор. 1126 м.

Табела 2

1		2	
1	dA	1	dA
1	6.3	10	3.28
1	5.69	8	3.11
6	5.04	1	2.97
1	4.36	7	2.36
2	3.97	9	2.27
1	3.77	3	1.870
6	3.56	2	1.486
2	2.83		
1	2.73		
1	2.51		
1	2.12		
1	2.04		
1	1.566		
4	1.445		
1	1.390		
1	1.331		
1	1.312		
2	1.139		

Услови на снимање:

Апарат TUR - Н 60; Камера RKP - 58,3 мм, Сп-Ni. Време 1/8<sup>h</sup>.

New type of bismut mineralization for are  
finding place, Jeastern Macedonia

Are fining place Sasa is one of the biggest silver - lead - zinc finding places in Europe.

The bismut mineralization is presented of minerals beriit, krupkait, bismutin and native bismut, which together with quartz, halcopirit and pirotin make one quartz - bismutin - halcopirit paragenesis. The minerals appear with next successive order: quartz → (halcopirit + svalerit) → pirotin → berit → krupkait → birmutin → native bismut → calcit.

The diagnosis is made bu Debai - Sherer's method and with quantitative X - raus spektral mikroanalysis. Their real cristalchemical formulas are calculated. They are identical with the theoretical ones for the beriit and krupcait.

There are appearances of isomorphisms proved in the chemism of bismutin in the cation part in this line  $\text{Bi}^{3+} \rightarrow (\text{Cu}^{1+} + \text{Fe}^{2+} + \text{Pb}^{2+})$ , The native bismute is very clear with a insignificant presence of Cu and Fe. Quartz - bismutin - halcopirit paragenesis was happened in the begining of the trence's oreforming, befor lead - zinc mineralization, of hydrothermal dekompositions with temperature not lower than 274 °C.

## Л И Т Е Р А Т У Р А

Александров М. 1986 год. Пресметка на геолошките рудни резерви на олово - цинковото лежиште "Саса" со состојба 31.12.1985 год. - стручен фонд при Рудниците "Саса" - СР Македонија.

Александров М. 1989 год. Геолошки карактеристики во: 35 години "Саса" НИПРО "Нова Македонија", Скопје.

Богоевски К. 1962 год. Геологија на олово - цинковото лежиште "Саса" Тр. на геолошки завод на НР Македонија, Скопје.

Богоевски К. Металогенијата врзана за терциарниот магматизам на областа согово-Бесна Кобила. Реф. VI советување, дел III, Скопје

Денковски Г. 1976 год. Извештај за минералоски и петрографски испитувања на јадрото од бушотина 15 во локалноста "Голема Река" Рудник "Саса" стручен фонд при Геолошки завод, Скопје.

Минков С. 1987 год. Телуро - бизмутов тип минерализација на југозападната част на Руенското рудно поле и насоки за проведување нови тресетни работи. Национална конференција, геологија, металогенија и насоки за геологопроучувателните работи во Осоговскиот руден реон Кустендил.

Минков С. 1988 год. Руенско рудно поле. - Б: "Олово - цинкови наоѓалишта в България", изд. Техника, Софија.

Пендџеревски Ј. 1962 год. Краток преглед на геолошката градба на областа Саса - Тораница (Македонија). - Тр. на Геолошки завод на СР Македонија, Кн.9, Скопје.

Чвилева, Т.Н. М.М. Безсмъртница, М. Спиридонов и др. 1988 год. Справочник - определител рудно поле и минералов в отраженном свете "Недра", Москва.

Текст кон фотографиите на трудот "Нов тип бизмутова минерализација.." од авторите М.Александров, С.М. Миков, Т.Серафимовски.

Табела I

Сл.1. Самороден бизмут (бело) развиен на границата пиротин (темно сиво - долниот дел) - кварц (црно - горниот дел). Секундарни електрони. Зголемен 100x. Наоѓалиште Саса, дел "Свиња Река", хор. 1126 м.

Сл.2. Бизмутин (сиво) и самороден бизмут (бело) во средина на силно изменети зелени шкрилци (темно). Режим "COMPO", згол. 1000x.

Сл.3. Бизмутин (бело) се развива по пукнатините во халкопирит (темносиво). Секундарни елементи. Зголемен 401x.

Сл.4. Рамнинска распределба на  $Cu_{k\alpha}$  - линија во сл. 3.

Сл.5. Рамнинска распределба на  $Bi_{k\alpha}$  линија во сл. 3.

Табела II

Сл.1. Алотроморфнозрнесто развиен бизмут (бело) во средина на силно изменети хидротермално изменети зелени шкрилци (серичит - холоритова стена). Секундарни електрони. Зголемено 270x. Наоѓалиште Саса, дел "Свиња Река" хор. 1126 м.

Сл.2. Бизмутин - крупкаитов - бизмутов агрегат по пукнатините во халкопирит. Секундарни електрони (целиот агрегат изгледа хомоген по боја бел). Зголемен. 401x наоѓалиште Саса, дел "Свиња Река", хор 1126 м.

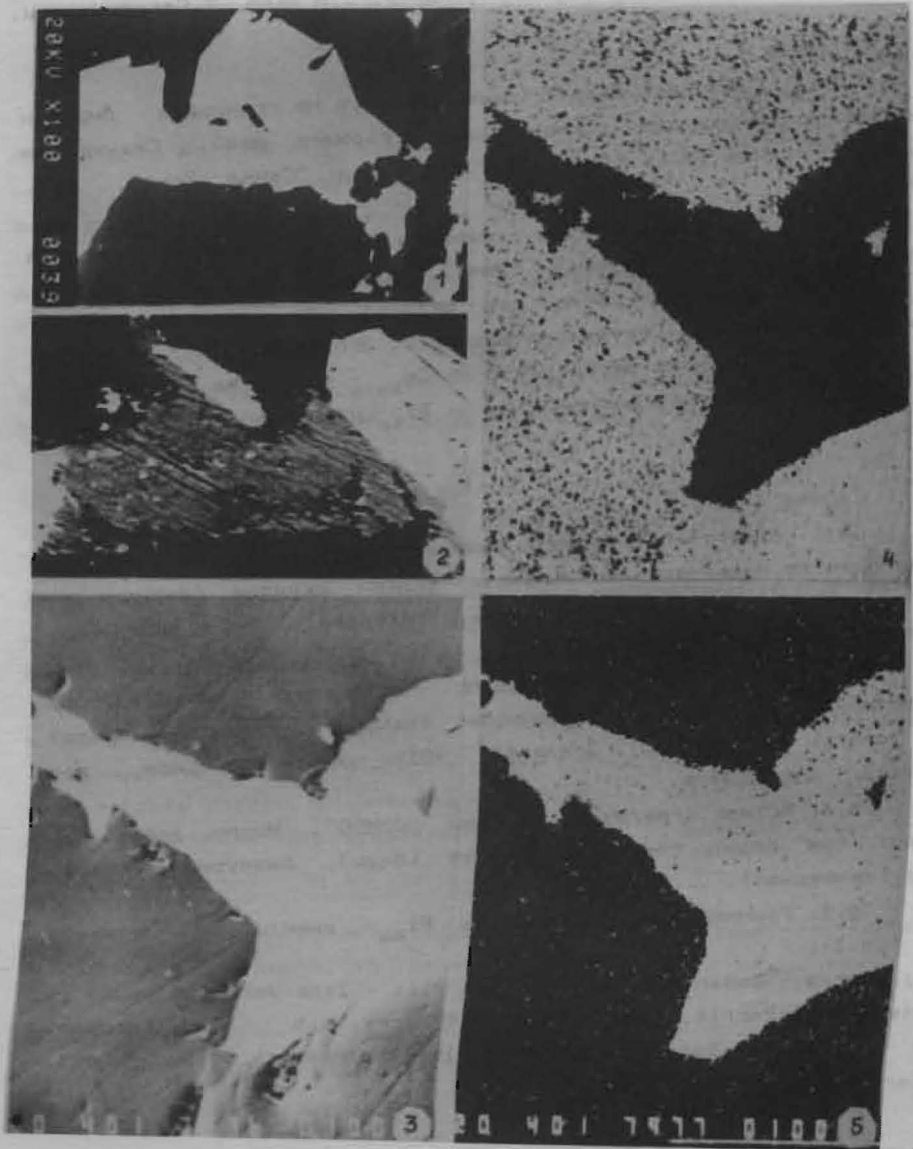
Сл.3. Истиот агрегат во режим "COMPO". Многу добро се издвојуваат три фази: самороден бизмут (бело), бизмутин (сиво), крупкаит (темносиво).

Сл.4. Рамнинска распределба на  $Bi_{k\alpha}$  - линија во истиот агрегат (сл.3).

Bari Lj. Ferro - Johansenit und aus dem Bili - Zink Vorkomen Sasa in Mazedonien. - Fertschit. Miner. Stuttgart Berry, L.b R.M.Thompson. 1962. x - ray Powder Data for ore minerals. The Peacock Atlas, - Geol. oc. Amer. Met., V. 85.

Богојевски К. 1962 год. Осврт на некои структурни проблеми на рудиштето Саса и минерогенезата на истото. - Стручни фонд геолошки завод Скопје.

ТАБЕЛА I Сл. 1, 2, 3, 4, 5  
Биамутова минерализација



ТАБЕЛА II Сл. 1, 2, 3, 4  
Визмутова минерализација

