

Геол. ан. Балк. пол. Ann. Géol. Penins. Balk.	59	2	275-297	Београд, децембар 1995 Belgrade, Decembre 1995
--	----	---	---------	---

УДК 55:549:550.4:553.445(497.15-18)

Оригинални научни рад

ЛЕЖИШТЕ ЦЕРУЗИТА ОЛОВО (БОСИЈА): ГЕОЛОШКЕ И МИНЕРАЛОШКО-ГЕОХЕМИЈСКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ

од

Адама Дангића*

Лежиште Олово у СИ Босни чини западни део зоне са лежиштима карбонатних руда олова у тријаским кречњацама, која се протеже кроз западну Србију и источну Босну. Налази се око 3 km јужно од града Олова, у делу карсне површи просеченом кањоном реке Биоштице. Чини га 30-ак рудних тела типичног жичног облика, локализованих у кречњацама горњег и средњег тријаса и сконцентрисаних у зони дужине око 6 km и ширине око 2,5 km. Рудне жице се карактеришу значајним варирајацијама димензија (дужина од $n \times 10m$ до око 2 km, дебљина од $n \times 10$ cm до $n \times m$) а структура им је углавном сложена. Руду изграђују церузит и калцит а локално, у деловима неких рудних жица, појављује се и галенит. Приказани су и дискутовани резултати рендгенских, микроскопских, хемијских и спектрохемијских анализа и проучавања са електронском микросондом различитих типова руде и изотопских проучавања руде и околних стена.

Кључне речи: лежиште церузита; тријас; геологија; минералогја; геохемија; електронска микросонда; Олово; Динариди; Босна.

УВОД

У широј околини града Олова у североисточној Босни, у горњем сливу реке Криваје, налазе се појаве руда олова церузитског типа међу којима је далеко најзначајније лежиште Олово. Ово подручје је у средњем веку било значајан рударски центар и произвођач "меког" олова које је великим делом извожено у Венецију.

Педесетих година овога века вршена су истраживања мањег обима у лежишту Олово (Ramović, 1957), а од седамдесетих пришло се интензивним истраживањима како старих рударских радова тако и дубљих делова лежишта (Tadić i dr., 1978; Veljković i dr, 1985). Како је утврђено да постоје значајне резерве квалитетне руде, пришло се припремама за експлоатацију лежишта. Међутим, у току ових активности слив Криваје је проглашен за ресурс за водоснабдевање низа насеља

* Рударско-геолошки факултет, Катедра за геохемију, Универзитет у Београду, Ђушина 7, 11000 Београд, Југославија.

североисточне Босне те се појавила бојазаи да би експлоатација лежишта могла да изазове иепоустиву контаминацију вода слива оловом. Стога је морало да се зас-тане са припремама за отварање рудника док се не процени да ли постоје услови за откопавање руде без угрожавања вода слива као ресурса водоснабдевања.

У циљу решавања проблема да ли је могућа експлоатација лежишта Олова уз истовремено коришћење слива Криваје као ресурса водоснабдевања урађена је комплексна геохемијско–еколошка студија рудног рејона Олова и слива Криваје (Dangić i dr., 1988). У оквиру те студије изведена су и нова геолошка, минералошка и геохемијска истраживања лежишта Олово. Рад приказује резултате ових истраживања.

МЕТОДИ ИСТРАЖИВАЊА

Изведепа су детаљна тереиска геолошка и рудничко–геолошка и различита лабораторијска истраживања.

У оквиру лабораторијских истраживања изведена су одређена минералошка, хемијска и геохемијска проучавања.

Минералошка проучавања су обухватила анализе рендгенске дифракције пра-ха, микроскопска проучавања и анализе са електронском микросондом. У рендген-ским проучавањима примењен је метод дијаграма рендгенске дифракције праха. Коришћен је дифрактометар Philips тип PW 1710 APD под следећим условима: зрачење $\text{CuK}\alpha=0,154051$ и $\text{CuK}\beta=0,15433$ nm, са закривљеним графитним монохроматором, анодним оптерећењем 40 kV и 32 mA, подручје $2\Theta= 5^\circ$ до 70° и ширина ко-рака/време мерења 0,02/0.8 1sec.

Проучавања са електронском микросондом изведена су на инструменту JEOL SUPERPROB 373, у Лабораторији за геохемију Мађарске академије наука у Будимпешти.

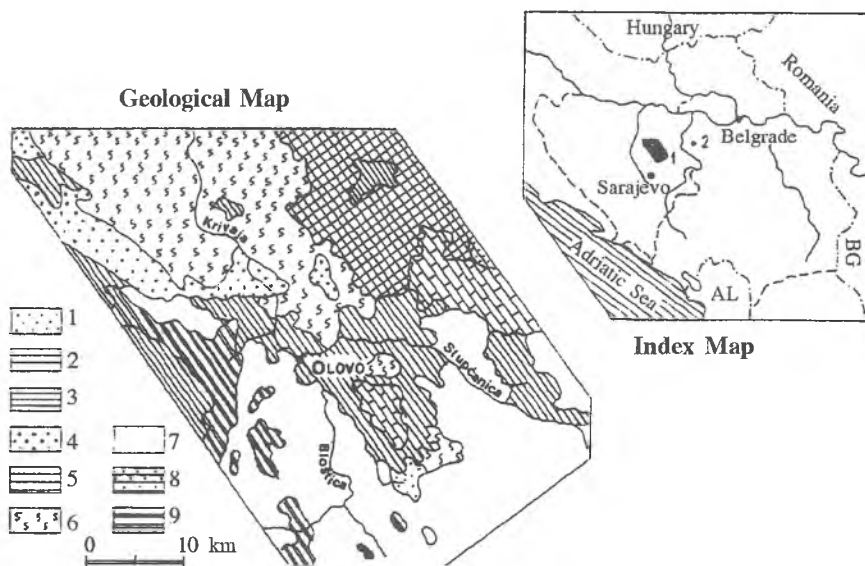
Хемијска и геохемијска проучавања су обухватила хемијске анализе, анализе садржаја микроелемената и изотопске анализе. У хемијским анализама примењени су класични поступци и атомска апсорпциона спектрофотометрија (ААС). За ААС коришћен је инструмент PERKIN–ELMER 373. Садржаји микроелемената су одређени методом емисионе спектрографије. Коришћени су спектрограф са укрштеном дисперзијом STE–1, сагоревање у плазми једносмерног лука и контролисаној атмосфери ($\text{Ar}+\text{O}$) и Ge и Pd као унутрашњи стандарди. Средња прецизност и тачност (контролисана преко референтних геохемијских стандарда) су били $\pm 12\%$. Изотопске анализе су обухватиле одређивање изотопског састава угљеника и кисеоника у минералима и стенама методом масене спектрометрије, а рађене су у институту “Јожеф Штефан” у Љубљани.

ГЕОЛОШКИ И МЕТАЛОГЕНЕТСКИ ПОЛОЖАЈ ЛЕЖИШТА

Лежиште оловне руде Олово се налази у СИ Босни, код града Олово, у делу простране карсне површи (надморских висина 800–850 m) која се протеже од планине Романије ка Сарајеву. Лежиште се налази око 3 km јужно од града Олово, у

горњем сливу реке Криваје, односно њених саставница Биоштице и Ступчанице. Просечено је кањоном реке Биоштице која се низводно, код Олова, спаја са Ступчаницом дајући Кривају.

Шире подручје лежишта Олово има специфичан геотектонски положај: налази се у граничној зони унутрашњих и спољашњих Динарида. Горњи део слива реке Криваје, изнад града Олова, односно сливови Биоштице и Ступчанице, у којима се налазе церузитска орудњења, обухватају делове структуре прачанског и дринског палеозоица са ободом, као и део централне офиолитске зоне Динарида; средњи и доњи делови слива Криваје припадају офиолитској зони (сл. 1.).



Сл. 1. Географска и геолошка карта ширег подручја рудног лежишта Олово.

Географска карта: 1- подручје Олова; 2- рудно лежиште Тисовик.

Геолошка карта (по СГЗ, 1971, упростијено): 1. Квартар; 2. Горња креда: кречњаци, доломити; 3. Јура-креда: кластити и кречњаци; 4. Јура - вулканогено-седиментна (дијабаз-рожначка) формација; 5. Јура, уопште; 6. ултрамафити; 7. Средњи-горњи тријас: доломити, кречњаци, кластити; 8. Средњи тријас, уопште; 9- Верфен, уопште: кречњаци и кластити.

Fig. 1. Index and geological maps of the broader area of the Olovo ore deposit.

Index map: 1- the Olovo area; 2- the ore deposits Tisovik.

Geological map (after SGZ, 1971, simplified): 1. Quaternary; 2. Upper Cretaceous: limestones, dolomites; 3. Jurassic-Cretaceous: clastics and limestones; 4. Jurassic - volcanogenic-sedimentary (diabase-chert) formation; 5. Jurassic, in general; 6. ultramafites; 7. Middle-Upper Triassic: dolomites, limestones, clastics; 8. Middle Triassic, in general; 9. Werfenian, in general: limestones and clastics.

Од палеозојских структура са ободима заступљени су ободи које изграђују углавном карбонатни седименти тријаса и јуре, а на малом простору (горњи део слива Ступчанице) је заступљен и карбон дринског палеозоица. Карбон је представљен серијом пепчара, глинаца и кречњака.

Тријас је представљен серијом углавном карбонатних седимената који представљају део простране зоне динарског пружања, од Вишеграда, на ЈИ, до Вареша, на СЗ. У оквиру тријаса заступљене су формације доњег (T_1) и средњег тријаса (T_2) и нерашчлањена серија средњег–горњег тријаса (T_{23}). Доњи тријас је представљен серијом пешчара и кречњака. Средњи тријас и средњи–горњи тријас су представљени серијом кречњака са прослојцима доломита. Кречњаци средњег и горњег тријаса су карстификовани и у њима су локализована церузитска орудијења.

Доња јура и нерашчлањене доња–средња јура су представљене формацијом кречњака и доломита.

Офиолитски комплекс је представљен ултрамафитским масама и јурском дијабаз–рожном формацијом (глинци, пешчари и рожнаци).

Преко тријаских седимената и офиолитског комплекса појављују се седименти средње–горње јуре и креде. Горња–средња јура је представљена серијом кречњака, доломита и кластита, јура–креда кластитима и кречњацима и горња креда кречњацима и доломитима.

Миоценски седименти (серија кластита, кречњака и угљева) и квартар малог су распрострањења.

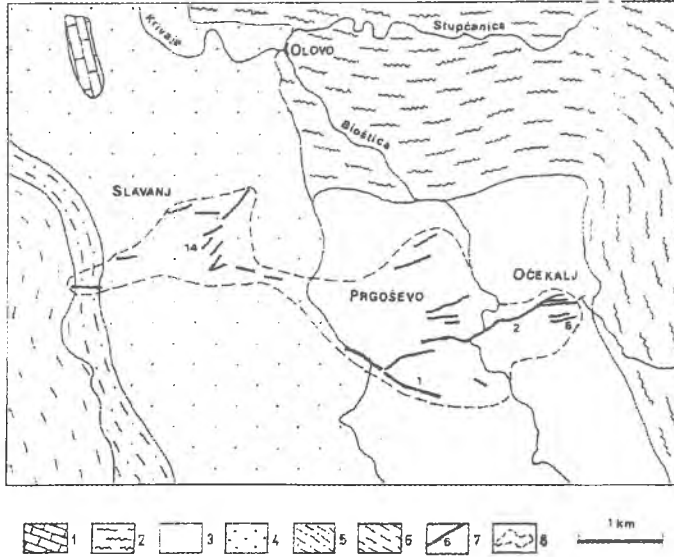
Металогенетски рејон Олово са лежиштем церузита Олово припада Динарској металогенетској провинцији олова и цинка и представља део зоне са лежиштима церузита која се протеже кроз западну Србију и источну Босну. Лежишта у овој зони (у Србији: Тисовик, Постење и Завлака) локализована су у тријаским кречњацима, претежно су монометална, церузит је једини или доминантан минерал, а руда је везана за пукотине и раседе у кречњацима. Заједничка одлика ових лежишта је и одсуство јаснијих генетских карактеристика. Металогенија и генеза ових лежишта нису још увек разјашњени али је вероватна веза између њих и алпских (тријаских) лежишта Pb-Zn руда (Јанковић, 1967).

ГЕОЛОШКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ЛЕЖИШТА

Рудно лежиште церузита Олово се налази у делу простране карсне површи, надморске висине око 800–850 m, који је просечен кањонима река Биоштице и Криваје.

Геолошко-структурне карактеристике лежишта

Лежиште Олово изграђују рудна тела типичног жичног облика која се појављују у зони пружања З–И, дужине око 6 km и ширине до око 2,5 km (сл. 2). Рудна тела су локализована у кречњацима средњег и горњег тријаса. До сада је истражено и/или регистровано 30–ак рудних жила, чије димензије значајно варирају: дужина од $n \times 100$ m до преко 2 km, а дебелина од $n \times dm$ до $n \times m$. Максимално пружање по дубини рудних жица је до око 200 m. Рудне жице су стрмог пада и претежно су пружања правцем СИ–ЈЗ, али су заступљени и правци СЗ–ЈИ (динарски) и З–И (сл. 3). Заступљена су и рачвања и сучелавања рудних жица – неколико рудних жица се у дубљим нивоима спаја са највећом рудном жицом у лежишту (жица No. 2).

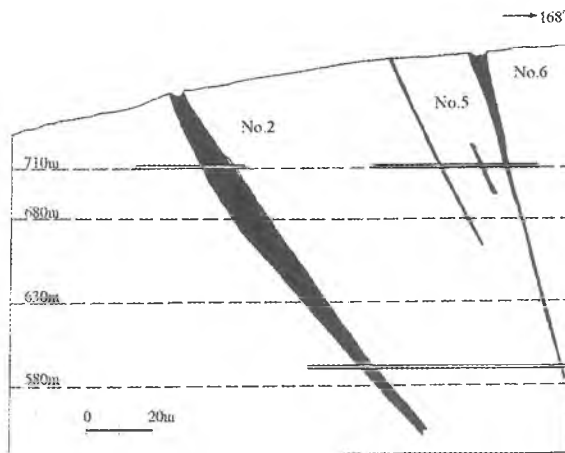


Сл. 2. Геолошка карта рудног лежишта Олово, са положајем рудних ревира и рудних жица.

1. јура-креда: кречњаци и лапорци; 2. догер-малм: лапорци, глинци, грауваке; 3. норичко-ретски кат: кречњаци и доломитични кречњаци; 4. средњи-горњи тријас: спрудни кречњаци, доломитични кречњаци; 5. ладиник: кречњаци са рожнацима; 6. анизик: кречњаци и доломитични кречњаци; 7. рудне жице; 8. граница рудног лежишта.

Fig. 2. Geological map of the Olovo ore deposit, with ore veins and deposit sections.

1. Jurassic-Cretaceous: limestones and marls; 2. Dogger-Malm: marls, shales, grauwackes; 3. Norian-Retian: limestones and dolomitic limestones; 4. Middle-Upper Triassic: reef limestones, dolomitic limestones; 5. Ladinian: limestones with cherts; 6. Anisian: limestones and dolomitic limestones; 7. Ore veins; 8. Ore deposit boundary.



Сл. 3. Конструктивни профил преко рудних жица, источни део лежишта Олово (ревивр Очекаљ).

Fig. 3. Cross section over ore veins, the eastern part of the deposit (the Očekalj revir).

Лежиште у основи представља једну структурну целину. Ипак, издвојена су 3 ревира, који имају двоструке називе, према топоинимима и према положају у оквиру лежишта:

- (а) *Очекаљ или источни ревир.*
- (б) *Пргошево или централни ревир, и*
- (в) *Славањ или западни ревир,*

Очекаљ или источни ревир обухвата најмањи део лежишта, али је у њему сконцентрисан највећи део рудних резерви. Овај ревир је раздвојен од *централног ревира (Пргошева)* кањоном реке Биоштице. Главна и највећа рудна жица у лежишту, жица No. 2, се протеже кроз ова оба ревира те је просечена кањоном Биоштице.

У ревиру *Пргошево* налази се, дакле, западни део жице No. 2 као и већи број других рудних жица. Неке од жица допиру до кањона Биоштице.

Западни ревир (Славањ) је најмање истражен и садржи мањи број рудних жица и мали део рудних резерви. *Западни и централни ревир* су међусобно раздвојени саобраћајницом Олово–Сарајево.

У ревиру *Очекаљ* и источном делу ревира *Пргошево* рудне жице су локализоване у горњетријаским банковитим и масивним сивим детритичним кречњацима (са мегалодоима и пиволутинама). У западном делу ревира *Пргошево* и у ревиру *Славањ* рудне жице се налазе у макрокристалистим детритичним кречњацима (са дази-кладацејама и другим фосилима) нерапчлањеног средњег и горњег тријаса. У ревиру *Славањ* изгледа да се једна рудна жица налази делом у средњетријаским плочастим кречњацима са муглама рожаца.

Структура рудних тела

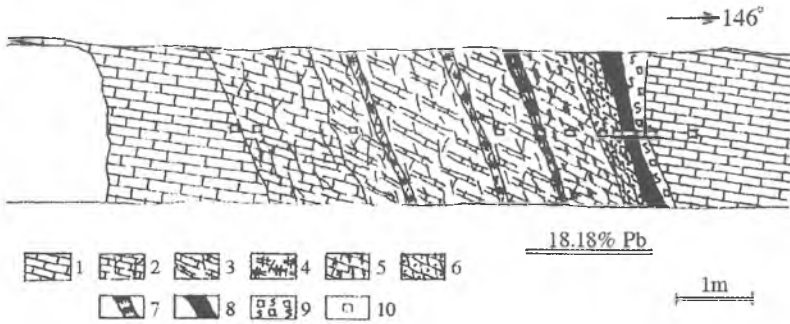
Рудна тела лежишта Олово су типичне жице које се карактеришу не само значајним варијацијама димензија већ и одређеним варијацијама облика и структура као и одпоса према околним стенама.

Генерално узев, могу да се издвоје следећи структурни типови рудних жица односно делова рудних жица:

- (а) компактне жице, са високим садржајем метала (олова),
- (б) "разбијене" жице, са ниским укупним садржајем метала али са значајним концентрацијама богате руде у одређеним деловима профила.
- (в) "импрегнациони" делови жица, са ниским укупним садржајем метала и са изразитијим концентрацијама метала у неком делу профила.

Рудне жице су често сложене структуре и на њиховим профилима могу да се издвоје делови (сектори) са различитим типовима руде: јако богата, компактна, руда, јако богата мање компактна руда, богата руда, сиромашна руда, "импрегнациони" тип руде, затим жични калцит, глина и дробина цемеитована глином. У деловима неких рудних жица близу површине, уз салбаиде, појављују се мркожуте глине.

На сл. 4 и 5 приказани су неки структурни типови рудних тела на примеру профила рудних жица No. 2 (профил у ревиру *Очекаљ*) и No. 14 (ревир *Славањ*).

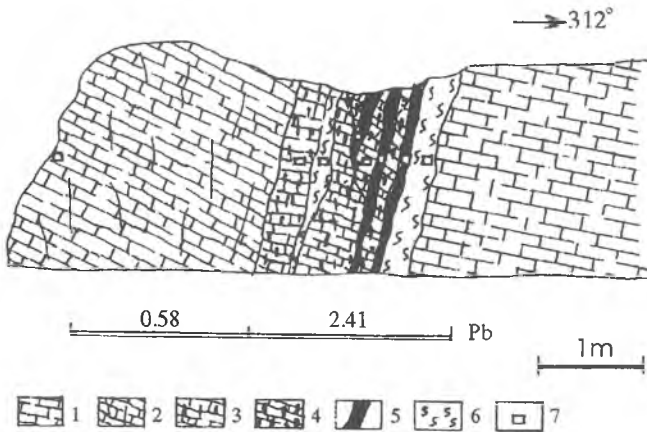


Сл. 4. Детаљни геолошки профил рудне жице No. 2, хоризонт 680 m.

1. кречњак, 2. кречњак, изломљен, 3. исто, са калцитским жицама, 4. комади кречњака цементовани калцитом; 5. кречњак са штокверкном минерализацијом, 6. карбонатна трошна маса, слабије минерализована, 7. рудна маса, са дељим жицама церузита 8. руда, богатија, компактна, тамносива, 9. мрко-жута глина са кречњачком дробином, 10. положај узорака.

Fig. 4. The detail geological cross section of ore vein No. 2, level 680 m.

1. limestone, 2. limestone, fissured, 3. limestone, fissured, with calcite veins, 4. limestone debris cemented with calcite, 5. limestone with stockwork mineralization, 6. carbonate disintegrated mass, slightly mineralized, 7. ore mass, with thicker cerusite veins, 8. ore, rich, compact, dark gray, 9. brown yellowish clay with pieces of limestone, 10. sample position.



Сл. 5. Детаљни геолошки профил рудне жице No. 14, хоризонт 730 m.

1. кречњак, испуцао; 2. кречњак, изломљен, са калцитским жицама; 3. исто, делом трошан, слабије минерализован; 4. штокверкна руда, 5: рудна маса са жичицама сивог до тамносивог церузита, 6. мркожута глина са комадима кречњака и калцита, 7. положај узорака.

Fig. 5. The detail geological cross section of ore vein No. 14, level 730 m.

1. limestone, fissured; 2. limestone, fissured, with calcite veins; 3. the same, partly disintegrated, slightly mineralized; 4. stockwork mineralization; 5. ore: mass with veins of gray to dark gray cerusite, 6. brown yellowish clay with pieces of limestone and calcite, 7. sample position.

МИНЕРАЛОШКО-ГЕОХЕМИЈСКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ

Проучене су минералашке карактеристике, хемијски састав и садржај микроелемената у руди и изотопски састав руде и пратећих стена.

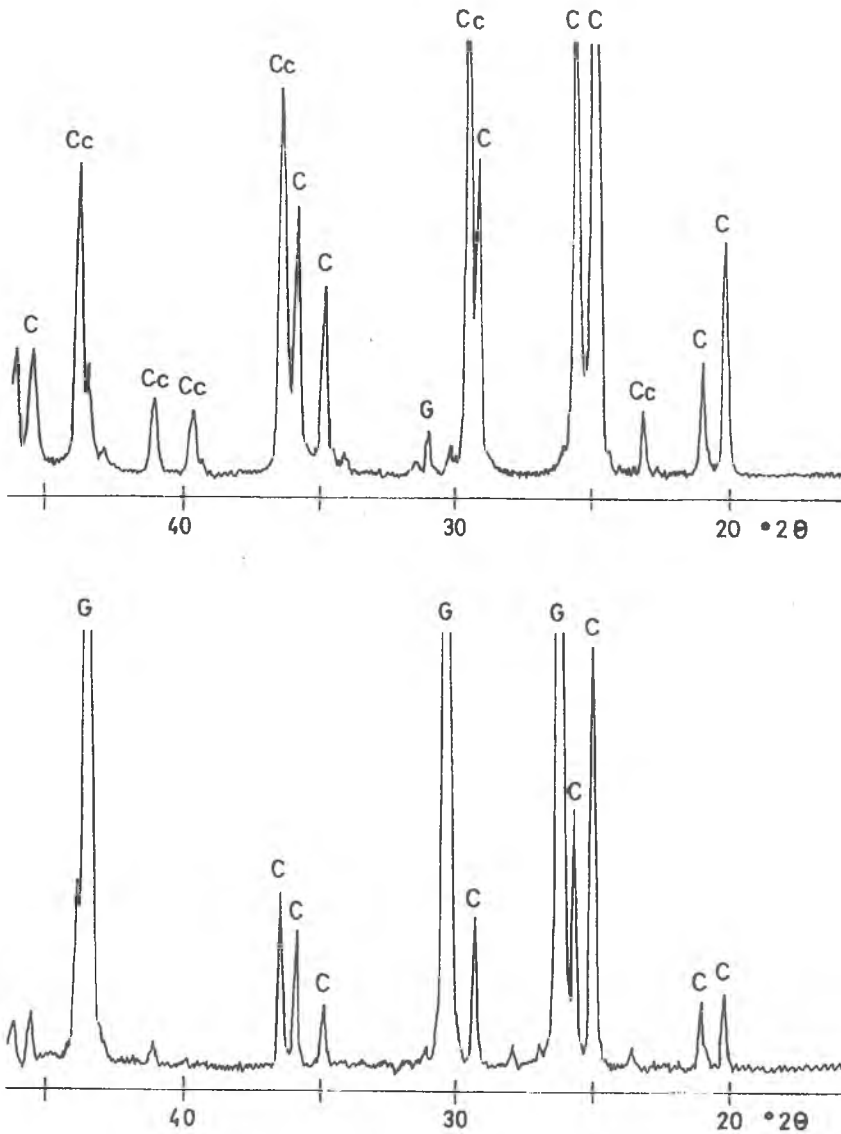
Минералогија

Подаци о минералашком саставу орудњења у подручју Олова појављују се у радовима Ramovića (1957), Tadića i dr. (1978) и Veljkovića i dr. (1985). По Ramoviću (1957) руда Олова је церузитског састава, са иешто смитсонита. По Tadiću i dr. (1978) руду изграђују калцит и церузит, местимично је заступљен и галенит, нешто мало самородних Ag и Au и лимонит (по прслинама); галенит се појављује у центру церузитских зрна и величине је до највише 50 μm .

У оквиру паших минералашких истраживања изведена су микроскопска проучавања, у одбијеној и пропуштеној светлости, рендгенско-дифракционе анализе и проучавања са електронском микроскопом. У раду се приказују само главнији резултати ових истраживања.

Микроскопским проучавањима узорака који репрезентују различите типове руде и различите рудне жице идентификовани су: церузит, галенит и калцит. Церузит и калцит се појављују у различитим пропорцијама у свим типовима руде у зависности од типа руде. Галенит се појављује само у одређеним типовима руде и значајније само у неким рудним жицама или деловима жица. Углавном се налази у центру церузитских зрна која изграђују основну масу руде. Значајније концентрације галенита се појављују у тамносивим компактним деловима богате руде у неким рудним жицама.

Рендгенски су анализирани узорци различитих типова руде, из свих ревира и различитих рудних жица. Утврђено је да се уз церузит у руди редовно појављује и калцит и да је местимично, у одређеном типу руде, заступљен и галенит. У сивобеличастој трошној руди од минерала олова заступљен је само церузит. Галенит се појављује у сивоцрној компактној руди спорадично и углавном у траговима (сл. 6, горе); значајније је обогаћен у компактнијим деловима једне рудне жице (No. 6) у ревиру Очекаљ (сл. 6, доле). Истраживања са електронском микроскопом су омогућила потпуније дефинисање минералног састава односно карактеристика минерала у руди. Проучени су узорци различитих типова руде и из различитих рудних жица и рудних ревира. На основу одговарајућих електроинских слика и карактеристичних рендгенских зрачења (олова, сумпора, калцијума, цинка и других метала) утврђено је да узорке руде изграђују церузит и калцит, а делом и галенит; ни у једном узорку нису детектоване концентрације односно минерали цинка (чак ни у узорку руде где је хемијском анализом нађено неколико процената ZnO) и сребра. Галенит се појављује у неким типовима руде и то у виду реликтних зрна различитих облика и димензија. Најчешће су галенитска зрна неправилног облика и малих димензија, од <1 до 20 μm . Међутим, зрна галенита могу да буду делом и правилних (кристалних) облика или заобљена. Такође, локално могу да буду и већих димензија, и до око 50 μm , а сасвим ретко и до око 200 μm . Обично се појављују у центру



Сл. 6. Рендгенски дијаграми праха узорака церузитске рудне жице No. 2 и No. 6 (резивр Очекаљ). Горе: рудна жица No. 2, хоризонт 680 m (узорак 3 у табели 1). Доле: рудна жица No. 6, хоризонт 710 m (узорак 6 у табели 1). Ц= церузит, Г= галенит, Цц= калцит.

Fig. 6. X-ray powder diffraction pattern of cerusite ore samples, ore veins No. 2 and No. 6 (Očekalj). Upper: Ore vein No. 2, the level 680 m (sample 3, in the Table 1). Lower: Ore vein No. 6, the level 710 m (sample 6, in the Table 1). C= cerusite; G= galena; Cc= calcite.

церузитских зрна али и као цементовани церузитском масом. Калцит се појављује у пукотинама, прслинама и шупљинама образујући нагомилања неправилног облика.

На основу микроскопских испитивања, рендгенских анализа, проучавања са електронском микросондом и хемијских анализа прорачунат је квантитативни минералoшки састав узорака руде. У табели 1 приказан је састав узорака који репрезентују различите типове руде и различите рудне жице из сва три рудна ревира.

Табела 1. Минералoшки састав узорака руде (у %).

Table. 1. Mineralogical composition of ore samples (in %).

	1	2	3	4	5	6	7
Церузит (Cerussite)	94.28	94.81	54.56	90.32	88.31	27.72	6.34
Галенит (Galena)	3.52	0.97	0.82	7.61	0.60	71.47	0.90
ZnCO ₃ *	0.10	0.46	0.42	0.13	6.31	0.10	0.21
Калцит (Calcite)	1.94	3.49	43.54	1.84	3.38	0.68	92.19
Остало (Others)	0.16	0.27	0.66	0.10	1.40	0.03	0.35
Укупно (Total)	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

1– Рудна жица No. 1 (Пргошево), хоризонт: 777 m.

Ore vein No. 1 (Prgoševo), level: 777 m.

2–4 – Рудна жица No. 2 (Очекаљ), хоризонти 710 m (2), 680 m (3), 580 m (4).

Ore vein No. 2 (Očekalj), levels: 710 m (2), 680 m (3), 580 m (4).

5–6 – Рудна жица No. 6 (Очекаљ), хоризонт 710 m.

Ore vein No. 6 (Očekalj), level: 710 m.

7– Рудна жица No. 14 (Славањ), хоризонт.

Ore vein No. 14 (Slavanj), level: 730 m.

*– Целокупан Zn из хемијске анализе изражен као ZnCO₃.

All of Zn from the chemical analysis expressed as ZnCO₃.

Хемијски састав

У значајнијим рудним жицама које су детаљно истражене рударским радовима садржај олова у руди је систематски одређиван за потребе прорачуна рудних резерви (Veljković i dr., 1985). Постоје значајније разлике у садржају олова не само између рудних жица већ и у оквиру исте рудне жице. Тако, у рудној жици No. 2, у ревиру Очекаљ, просечан садржај олова у руди је на хоризонту 710 m 8,9% (просечна дебљина жице 5,8 m), на хоризонту 680 m 7,4% (просечна дебљина 2,8 m) и на хоризонту 580 m 5,1% (просечна дебљина 6,0 m). У рудној жици No. 6, која је значајније развијена у вишим нивоима лежишта, просечан садржај олова у зони издака је око 6% (просечна дебљина жице 5 m), а на хоризонту 710 m 8,7% (просечна дебљина 2,3 m). У рудној жици No. 1, у ревиру Пргошево, на хоризонтима 810 m, 777 m и 765 m просечни садржаји олова у руди су у опсегу 2,9–3,8 % (просечне дебљине жице су у опсегу 3,1–4,4 m). У рудној жици No. 14, у ревиру Славањ, па хори-

зонту 730 m просечан садржај олова у руди је око 2% (просечна дебљина рудне жице је око 3 m).

У нашим истраживањима проучеп је хемијски састав узорака који репрезентују различите типове руде и различите рудне жице. За разлику од претходних резултата који представљају садржај олова у бразди кроз цео профил рудне жице, у нашим истраживањима су анализирани углавном делови рудних жица са изразитијом концентрацијом корисних компоненти (богата руда). Утврђено је да у састав руде поред олова улазе и променљиве количине калцијума, карбоиата (CO_2) и сумпора а појављују се у траговима и цинк, алуминијум и гвожђе (Табела 2).

Табела 2. Хемијски састав узорака руде (у %)¹.

Table. 2. Chemical composition of ore samples (in %)¹.

	1	2	3	4	5	6	7
Al_2O_3	0.15	0.18	0.60	0.12	0.80	0.03	0.20
Fe_2O_3	0.02	0.09	0.06	0.16	0.60	0.00	0.06
MgO	0.03	0.05	0.14	0.00	0.15	0.00	0.98
CaO	1.05	1.90	24.25	1.30	1.71	0.38	50.39
ZnO	0.06	0.30	0.27	0.21	4.07	0.06	0.14
PbO	78.56	79.34	45.61	76.85	73.35	23.06	5.29
Pb, sulfid.	3.04	0.84	0.71	4.52	0.52	61.64	0.78
S	0.47	0.13	0.11	0.70	0.08	9.54	0.12
CO_2	16.37	17.36	28.32	16.05	18.16	4.89	41.74
H_2O	0.05	0.04	0.16	0.04	0.28	0.00	0.21
	99.80	100.23	100.23	99.95	99.72	99.60	99.91

1- Опис узорака као у табели 1 (Sample description as in the Table 1.)

Садржај микроелемената

Садржај микроелемената је анализиран у већем броју узорака који репрезентују различите типове руде и различите рудне жице.

У табели 3 приказани су резултати за узорке богатије руде за које су анализирани и минералошки и хемијски састав. У свим узорцима поред олова, као главног елемента, детектовани су и баријум, хром, бакар, строцијум и цинк а само у неким од узорака и сребро, камијум, кобалт, манган, никал, и вапацијум. Сем ових елемената анализирани су и As, В, Ве, Bi, Ga, La, Nb, Mo, Sc, Sn, Ti, Y, W, Zr али су били у свим узорцима испод границе детекције методе.

Сребро је детектовано у 3 узорка, у опсегу садржаја 2–14 g/kg(ppm). У узорцима са изразито високим садржајем галенита сребро није детектовано.

Цинк је заступљен у садржајима од 560–>3200 ppm. Притом, не постоји корелација између садржаја цинка и садржаја сумпора односно галенита у руди. Кадмијум је детектован у 3 узорка, у садржају 100–400 ppm, и то углавном у узорцима са вишим садржајем цинка.

Табела 3. Садржај микроелемената у узорцима руде (у ppm=g/kg)1.
Table. 3. Trace element content in ore samples (in ppm=g/kg)1.

	1	2	3	4	5	6	7
Ag	3	14	2	-2	-	-	-
Ba	170	300	64	100	110	11	28
Cd	-	100	440	-	110	-	-
Co	-	6	-	-	8	-	-
Cr	20	60	53	27	44	6	22
Cu	32	210	65	30	66	37	30
Mn	3	76	1600	33	860	-	2150
Ni	-	37	42	-	7	-	31
Pb	>1000	>1000	>1000	>1000	>1000	>1000	>1000
Sr	>1500	>1500	370	440	215	52	580
V	-	-	30	-	86	-	35
Zn	560	>3200	>3200	>3200	>3200	1600	1580

1- Опис узорака као у табели 1 (Sample description as in the Table 1.)

2- Испод границе детекције; у свим узорцима испод границе детекције (Below detection limit; below detection limits in all samples: As, B, Be, Bi, Ga, La, Nb, Mo, Sc, Sn, Ti, Y, W, Zr.)

Бакар се појављује у опсегу садржаја 30–210 ppm. Хром је заступљен у опсегу од 6–60 ppm, а никал је детектован у 4 узорка са садржајима 7–42 ppm.

Садржај мангана је у једном узорку испод границе детекције, у осталима је у опсегу 3–2150 ppm. Ванاديјум је детектован само у 3 узорка, у садржајима 30–86 ppm, и то у узорцима са највишим садржајима мангана.

Стронцијум се карактерише опсегом садржаја 52–>1500 ppm а садржај баријума је у опсегу 11–300 ppm. Заступљена је извесна корелација садржаја Sr и Ba.

Интересантно је да се у једном узорку (узорак 2, Табела 3) појављују највиши садржаји сребра, бабра, хрома и баријума и високи садржаји кадмијума, кобалта, никла и стронцијума.

Изотопски састав кисеоника и угљеника

Анализиран је изотопски састав угљеника и кисеоника у узорцима церузитске руде, кристаласог калцита (уз руду), околних кречњака и сталактита у кавернама у кречњацима. Анализирано је 9 узорака церузитске руде, 2 узорка кристаласог калцита, 1 сталактит и 6 узорака кречњака.

Код церузита, изотопски састав кисеоника се карактерише опсегом вредности $\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ од (-17,38) до (-12,42) ‰, а изотопски састав угљеника вредностима $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ у опсегу (-10,75)–(+1,00) ‰. Код жичног калцита, вредности $\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ се налазе у

средини опсега вредности церузита, а $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ одговарају граничној највишој (позитивној) вредности код церузита.

Код кречњака, вредности $\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ су негативне и појављују се у широком опсегу, од (-10,29) до (-1,01) ‰, али су изван опсега церузитских вредности – мање су негативне. Вредности $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ се преклапају са церузитским, али су у ужем опсегу, од (-6,23)–(+0,91) ‰.

Код сталактита–калцита вредност $\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ је (-12,73) ‰ и пази се између вредности добијених за церузите и кречњаке. Сталактитско $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ (-5,14 ‰) је у опсезима вредности и за церузите и за кречњаке.

ДИСКУСИЈА И ЗАКЉУЧАК

Лежиште оловне руде Олово се налази у западном делу зоне са лежиштима и појавама карбонатних руда олова у тријаским кречњацима која се протеже кроз СИ Босну и западну Србију.

Лежиште Олово је локализовано у делу велике карсне површи, а у његовој близини се налазе и различите геолошке формације палеозојске, јурске, кредне и терцијарне старости. Лежиште чини тридесетак рудних тела типичног жичног облика са монометалном и скоро мономинералном рудом. Рудне жице су груписане у зони дужине око 6 km и ширине до око 2,5 km, различитих су димензија и секу структуре горњетријаских и средњетријаских кречњака. Заступљени су различити типови структура рудних жица и руде, од импрегнација до компактне и богате руде.

Минералогски састав руде је једноставан: доминантни минерали су церузит и калцит, а спорадично је заступљен и галенит. Нешто веће концентрације галенита појављују се у деловима појединих рудних жица, и то у компактнијим деловима руде. Појављивање галенита у центру церузитских зрна као и у заобљеним зрнима која леже у церузитској основи указују на секундарно порекло церузита, односно образовање церузита на рачун галенита и на слојеније супергене процесе.

Руда се, генералио узев, одликује изразито ниским садржајем цинка, практично одсуством гвожђа и ниским садржајима низа микроелемената. Ипак, у неким деловима једне рудне жице (р. ж. No. 6) садржај цинка је >1 %. У неким од узорака са високим садржајем цинка појављује се и нешто кадмијума. Геохемију кадмијума у примарним геохемијским срединама карактерише асоцирање са цинком и појављивање у минералима цинка (заменаје га у кристалној решетци) (Дангић, 1983). Одсуство кадмијума у неким од узорака са високим садржајем цинка указује или на значајније варијације садржаја кадмијума у примарним минералима цинка или на варијације геохемијских услова у супергеиним процесима. На исти начин може да се тумачи и одсуство изразитије корелације између садржаја Ag и неких других микроелемената и садржаја олова односно галенита у руди.

Одсуство гвожђа у руди указује да су примарни рудни системи вероватно били сиромашни гвожђем. Процеси оксидације сулфида одвијали су се у доста специфичним геохемијским условима, различитим од оних код руда са значајним учешћем Fe–сулфида (Дангић, 1984; Dangić & Dangić, 1983; 1989). Ови процеси су се, с друге стране, и у другачијим геохемијским условима у односу на процесе обра-

зовања и трансформација боксита у тријаским кречњацима у седној области Власенице (Danđić, 1985; 1988). Мркожуте глине које се појављују у површинским деловима неких рудних жица, у салбандним деловима, нису у генетској вези са образовањем церузитске руде већ представљају материјале из карских депресија.

Изотопски састави кисеоника и угљеника указују да су церузит, жични калцит и сталактити у подземном карсту кречњака образовани у сличним геохемијским системима. Изотопско–геохемијски системи у кречњацима у којима долази до различитих фазних трансформација могу да буду доста комплексни (Pinskney & Ray, 1972) те су за неке поузданије закључке неопходна даља истраживања.

Услед специфичности геохемијских система у којима је образовано и сада егзистира лежиште Олово, геохемијска дисперзија олова из руде у околине хидрогеолошке системе је веома ниска (Дангић и др., 1992).

Геол. ан. Балк. пол. Ann. Géol. Penins. Balk.	59	2	275-297	Београд, децембар 1995 Belgrade, Decembre 1995
--	----	---	---------	---

UDC 55:549:550.4:553.445(497.15-18)

Original scientific paper

THE CERUSSITE DEPOSIT OLOVO, BOSNIA: GEOLOGICAL AND MINEROLOGICAL-GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS

by

Adam Dangić*

Olovo deposit in NE Bosnia is in the western part of the zone of carbonate lead ore deposits in Triassic limestones, extending through western Serbia and eastern Bosnia. The deposit is situated 3 km south of Olovo town, in a karst plateau traversed by the Bioštica River canyon. There are more than thirty typical vein ore bodies localized in Upper and Middle Triassic limestones and concentrated in the zone about 6 km long and about 2.5 km wide. Ore veins much vary in size (lengths from $n \times 10$ m to about 2 km, thicknesses from $n \times 10$ cm to $n \times m$) and are complex in structure. The ore is composed of cerussite and calcite but locally, in parts of some veins, appears also galena. Results of X-ray, microscopic, chemical, and spectrochemical analyses, electron microprobe studies of various ore types, as well as isotope studies of ores and surrounding rocks are presented and discussed in the paper.

Key words: cerussite deposit, Triassic, geology, mineralogy, geochemistry, electron microprobe, Olovo, Dinarides, Bosnia.

INTRODUCTION

In the broader area of the town Olovo, in the north-eastern Bosnia, in the upper Krivaja River watershed, appear a few occurrences of lead ores of cerussite type and the most important among them is the deposit Olovo. The area was a significant mining centre in the Middle Age, where "soft" lead was mined and mostly exported to Venice.

Olovo deposit was explored (Ramović, 1957) on a small scale in the fifties of this century. More detailed investigations were made both in the old works and deeper parts of the deposit since the seventies (Tadić et al., 1978; Veljković et al., 1985). Significant reserve of grade ore was proved and preparations were undertaken for mining. However, during the preparation of the deposit for mining, the Krivaja watershed was

* University of Belgrade, Faculty of Mining and Geology, Geochemical Laboratory, Džušina 7, 11000 Belgrade, Yugoslavia.

declared to a water supply resource for the region of the northeastern Bosnia, and it was feared that mining could cause unpermissible lead contamination of waters in the watershed. Due to that, the preparations for mining activities were stopped until an assessment has been made of the possible mining impact to the water quality.

To be solved the problem if possible to mine the Olovo deposit and at the same time use waters from the Krivaja watershed for water supply, a complex geochemical–environmental study of the Olovo ore region and the Krivaja basin was made (Dangić et al., 1988). In the frame of that study, new geological, mineralogical and geochemical investigations of the deposit Olovo were carried out.

METHODS OF INVESTIGATION

Detailed field geological, mine–geological and laboratory assays were carried out.

Laboratory examinations included certain mineralogical, chemical and geochemical studies.

The mineralogical studies included X–ray powder diffraction analysis, microscopic examinations and electron microprobe analyses. The method used for the X–ray study was X–ray powder diffraction patterns in diffractometer Philips PW 1710 APD under the following conditions: X–ray emission of $\text{CuK}\alpha=0.154051$ and $\text{CuK}\beta=0.15433$ nm, with curved graphite monochromator, anodic load of 40 kV and 32 mA, field $2\Theta=5^\circ$ to 70° , and step width/measurement time 0.02/0.81 sec.

For electron microprobe studies, instrument JEOL SUPERPROB 373 was used in the Geochemical Laboratory of the Hungarian Academy of Sciences, Budapest.

Chemical and geochemical studies included chemical analyses, of trace elements analyses and isotope analyses. In chemical analyses, classical and atomic absorption spectrophotometry (AAS) methods of analyses were applied. In AAS, a PERKIN ELMER 373 instrument was used. Trace element concentrations, were determined by the emission spectrography method. A spectrograph with cross dispersion STE–1, burning in one–direction plasma arc and controlled atmosphere (Ar+O), and Ge and Pd as internal standards were used. The mean precision and accuracy (controlled by referent geochemical standards) were $\pm 12\%$. The isotope analyses included determination of carbon and oxygen isotope compositions in minerals and rocks by the method of mass spectrometry, performed in the Institute "Jožef Štefan" Ljubljana.

GEOLOGICAL AND METALLOGENETIC POSITION OF THE DEPOSIT

The lead ore deposit of Olovo is located near the town of Olovo, NE Bosnia, in a large karst plateau (altitude 800–850 m) extending from Mount Romanija towards Sarajevo. The deposit lies some 3 km south of the town, in the upper watershed of the Krivaja River and its two confluents, Bioštica and Stupčanica. It is cut through by the Bioštica canyon which joins the Stupčanica downstream at the town of Olovo forming the Krivaja River.

The broader area of the Olovo deposit has a specific geotectonic position: it is in the boundary zone between the Inner and the Outer Dinarides. Upper watershed of the Krivaja, upstream of Olovo, i.e. catchment areas of the Bioštica and the Stupčanica, where cerussite ore deposit is located, include parts of the Prača and the Drina Paleozoic and its marginal structures, and a part of the central ophiolite zone of the Dinarides; middle and lower parts of the Krivaja watershed are parts of the ophiolite zone (Fig. 1).

The Paleozoic and its marginal structures include margins dominantly of Triassic and Jurassic carbonate sediments and in a small area (Stupčanica upper catchment) of Drina Paleozoic Carboniferous rocks. The Carboniferous time-stratigraphic unit is represented by a series of sandstone, shale, and limestone.

Triassic unit is represented by a series of prevailingly carbonate sediments which form a part of an ample zone of Dinaric trend, from Višegrad, in SE, to Vareš, in NW. The Triassic unit includes Lower (T_1) and Middle (T_2) Triassic formations and an undivided Middle/Upper Triassic ($T_{2,3}$) series. The Lower Triassic is represented by a series of sandstone and limestone. Middle Triassic and Middle/Upper Triassic deposits are represented by a series of limestone interbedded with dolomite. Limestones of the Middle and Upper Triassic are karstified and bear localized cerussite mineral emplacements.

The Lower and undivided Lower/Middle Jurassic units are represented by a limestone and dolomite formation.

The ophiolite complex is represented by ultramafite masses and a Jurassic diabase-chert formation (shale, sandstone, and chert).

Triassic sediments and the ophiolite complex are overlain with Middle/Upper Jurassic and Cretaceous deposits. The Upper/Middle unit consists of a series of limestone, dolomite, and clastics, Jurassic/Cretaceous of clastics and limestone, and Upper Cretaceous of limestone and dolomite.

Miocene sediments (clastics, limestone, and coal series) and Quaternary have a small distribution.

The metallogenic region of Olovo with the Olovo cerussite deposit is a part of the Dinaric metallogenic province of lead and zinc and forms a part of the cerussite deposits zone which is extending across western Serbia and eastern Bosnia. Deposits in this zone (in Serbia: Tisovik, Postanje, Zavlaka) are localized in Triassic limestones, are mainly monometal; cerussite is either only or dominant mineral, and the ore is associated with fractures and faults in limestones. A common characteristic of all deposits is the absence of distinctly genetic types. The metallogeny and the genesis of the deposits have not been explained, only their likely relation with the Alpine (Triassic) deposits of Pb-Zn ore is hypotethized (Janković, 1967).

GEOLOGIC CHARACTERISTICS OF THE DEPOSIT

The cerussite ore deposit of Olovo is located in a part of the ample karst plateau, at altitudes from 800 m to 850 m, incised by canyons of the Bioštica and Krivaja Rivers.

Geological-Structural Characteristics of the Deposit

Olovo deposit is composed of typical vein ore bodies in a zone extending W–E, about 6 km long and up to 2.5 km wide (Fig. 2). Ore bodies are emplaced in Middle and Upper Triassic limestones. Some thirty ore veins, varying in size: lengths from $n \times 100$ m to over 2 km and thicknesses from n dm to n m, have been explored and/or registered. Ore veins reach a maximum depth of about 200 m. All the veins dip at high angles and prevailing strike NE–SW, or NW–SE (Dinaric trend) or W–E (Fig. 3). Forking or confluence in deep levels of several ore veins with the main vein of the deposit (vein No. 2) are also present.

Essentially the deposit is structurally wholesome. Nevertheless, three fields are distinguished, each double-named, on the toponymy and the position in the deposit:

- (a) **Očekalj** or **Eastern Field**;
- (b) **Prgoševo** or **Central Field**; and
- (c) **Slavanj** or **Western Field**.

Očekalj or **Eastern Field** covers the smallest portion of the deposit, but it has the highest ore reserve concentration. It is separated from the **Central Field (Prgoševo)** by the Bioštica river canyon. The main and the largest ore vein in the deposit, vein No. 2, is extending through both fields and is cut by the Bioštica canyon.

Prgoševo Field includes western half of vein No. 2 and many other ore veins. Some of the veins reach the Bioštica canyon.

Western Field (Slavanj) is least explored and includes a smaller number of ore veins and a small part of the ore reserve. The **Western** and **Central Fields** are separated by the Olovo–Sarajevo road.

Ore veins in Očekalj and eastern part of Prgoševo Fields are located in Upper Triassic thick-bedded or massive gray detrital limestones (containing megalodons and involutinae). Ore veins in western part of Prgoševo and Slavanj Fields are emplaced in megacrystalline detrital limestones (bearing dasyclads and other faunal remains) of undivided Middle and Upper Triassic time–stratigraphic unit. An ore vein in Slavanj Field seems to be partly in Middle Triassic flaggy limestones with chert nodules.

Structure of Ore Bodies

Ore bodies of the Olovo deposit are typical veins characterized not only by significant variation in size but also in shape and structure and in relation to the surrounding rocks.

Generally, structural types of ore veins or parts thereof are the following:

- (a) compact veins, high in metal (lead) concentration;
- (b) broken up veins, low in total metal concentration but containing significant metal–high ore concentrations in certain parts of the profile,
- (c) impregnated portions of veins, low in total metal concentration and notable metal concentrations in some part of the profile.

Ore veins are often complex in structure and in their profiles sectors can be divided of different ore types: very rich, compact, ore; very rich less compact ore; rich ore; poor ore; impregnated ore; then, vein calcite, clay, and detritus in clay cement. Brown–yellow clay, in addition to saltband, occur in parts of some subsurface veins.

Figures 4 and 5 show some structural types of ore bodies in case examples of ore vein profiles 2 (in Očekalj Field) and 14 (Slavanj Field).

MINERALOGICAL-GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS

Mineralogical characteristics, chemical compositions, and concentrations of microelements in ore, and isotope compositions of ore and associated rocks were studied.

Mineralogy

Information about mineral composition of mineralization in Olovo area is published in contributions by Ramović (1957), Tadić et al. (1978), and Veljković et al. (1985). Ramović (1957) reports Olovo ore as cerussite, with some smithsonite. This ore is described by Tadić et al. (1978) as composed of calcite and cerussite, locally also galena, and some native Ag and Au and limonite (on cracks); galena is occurring centrally in cerussite grains and reaches size of 50 μm at the most.

Our mineralogical study includes microscopy, in reflected and transmitted lights, X–ray diffraction analysis, and electron microprobe examinations. Only major study results are presented in this paper.

Microscopic study of samples representing various ore types and ore veins identified: cerussite, galena, and calcite. Cerussite and calcite occur in various proportions in all types of the ore depending on the ore type. Galena occurs only in certain ore types and is significant only in some ore veins or their parts, mainly in centres of cerussite grains which form the groundmass of the ore. Significant galena concentrations occur in dark gray compact portions of rich ore in some of the veins.

Samples of various types of ore, from each field and different ore veins, were X–ray examined. Cerussite and calcite were identified in all ore samples, and galena locally in a certain ore type. Gray–whitish friable ore of lead mineral contains only cerussite. Galena occurs in gray–black more compact ore sporadically, mainly in traces (Fig. 6, upon); it is significantly higher in compact parts of an ore vein (No. 6) in Očekalj Field (Fig. 6, down).

Examinations with electron microprobe allowed a better definition of the mineral composition or mineral properties in the ore. Samples were studied of a variety of ore types from different ore veins and mine fields. Respective electron images and characteristic X–ray emissions (lead, sulphur, calcium, zinc, and other metals) showed that ore samples consisted of cerussite and calcite and partly galena; no concentration of zinc minerals (even the ore sample in which few percents of ZnO were found by chemical analysis) or silver were detected in any sample. Galena occurs in some ore types in the

form of relict grains varying in shape and size. The commonest galena grains are irregular in shape and small in size, from <1 to 20 μm . However, some galena grains may be of regular (crystal) form or rounded as well. Also, they may be locally larger, up to about 50 μm , or rarely to 200 μm . These grains usually occur in centre of cerussite grains, or cemented in cerussite mass. Calcite occurs in fissures, cracks, and cavities in assemblages of irregular shape.

Microscopic examinations, X-ray analyses, electron microprobe studies, and chemical analyses were used to calculate the quantitative mineral compositions of ore samples. The compositions of samples representing various ore types and different ore veins from all three fields are summarized in Table 1.

Chemical Composition

In significant ore veins explored in detail from mine workings, lead concentrations in ore were consistently determined for an estimate of the ore reserve (Veljković et al., 1985). Lead concentrations varied both between ore veins and within the same vein. Thus, in ore vein No. 2, Očekalj Field, average lead concentration in ore at level 710 m was 8.9% (average vein thickness 5.8 m), at level 680 m 7.4% (average thickness 2.8 m), and at level 580 m 5.1% (average thickness 6.0 m). In ore vein No. 6, which is well developed in upper deposit levels, the average lead content in the zone of outcrops was 6% (average vein thickness 5 m), and at level 710 m 8.7% (average thickness 2.3 m). Ore vein No. 1, Prgoševo Field, contained lead between 2.9% and 3.8% on average at levels 810 m, 777 m, and 765 m (average vein thicknesses within range 3.1–4.4 m). Average lead content in ore vein No. 14, Slavanj Field, at level 730 m was about 2% (average vein thickness about 3 m).

In the reported investigation, chemical composition was studied on samples which represented different ore types and ore veins. In contrast with earlier results, which gave lead concentrations in a furrow through the ore vein profile, we analysed principally parts of ore veins with higher valuable component concentrations (rich ore). It has been found that ore composition includes, besides lead, variable amounts of calcium, carbonate (CO_2), and sulphur, and zinc, aluminium, and iron in traces (Tab. 2).

Microelements

A large number of samples representing various ore types and different ore veins were analysed on microelement concentrations.

Table 3 gives the analytical results for rich ores analysed for mineralogical and chemical compositions. Besides lead as the essential element, also baryum, chromium, copper, strontium, and zinc were detected in all samples, and silver, cobalt, manganese, nickel, and vanadium in some of them. In addition to these elements, As, B, Be, Bi, Ga, La, Nb, Mo, Sc, Sn, Ti, Y, W, Zr also were analysed, but they were below the method's detection limit in all samples.

Silver was detected in three samples within the concentration range 2–14 ppm. It was not detected in samples with notably high galena.

Zinc was contained between 560 ppm and 3200 ppm or more. Zinc and sulphur or galena concentrations in ore were not correlative. Cadmium was detected in three samples, between 100 ppm and 400 ppm, mainly in samples with increased zinc.

Copper occurred within the range 30–210 ppm. Chromium was contained within 6–60 ppm, and nickel was detected in four samples by 7–42 ppm.

Manganese content in a sample was below the detection limit, and in others within the range 3–2150 ppm. Vanadium was detected only in three samples, contained within 30–86 ppm, in samples with the highest manganese.

Strontium varied between 52 ppm and 1500 ppm or more, and baryum between 11 ppm and 300 ppm. Concentrations of Sr and Ba were correlative to some extent.

It is interesting to note that a sample (No. 2, Table 3) had the highest amounts of silver, copper, chromium, and baryum and high cadmium, cobalt, nickel, and strontium.

Isotope Compositions of Oxygen and Carbon

The isotope compositions of oxygen and carbon were analysed in samples of cerussite ore, crystalline calcite (associated with ore), surrounding limestones and stalactite in limestone cavern. The analysed number of samples were: 9 of cerussite ore, 2 of crystalline calcite, 1 stalactite, and 6 of limestone.

In cerussite, the isotopes of oxygen and carbon were contained within the ranges $\delta^{18}\text{O}_{\text{pdb}}$ from (–17.38) ‰, and $\delta^{13}\text{C}_{\text{pdb}}$ from –10.75 to (+1.00) ‰, respectively. In vein calcite, $\delta^{18}\text{O}_{\text{pdb}}$ values were in the middle of cerussite range, and those of $\delta^{13}\text{C}_{\text{pdb}}$ equivalent to the highest (positive) value in cerussite.

In limestones, $\delta^{18}\text{O}_{\text{pdb}}$ values were negative and varied within a wide range, from (–10.29) to (–1.01) ‰, but were beyond the range of cerussite values – they were less negative. Values of $\delta^{13}\text{C}_{\text{pdb}}$ overlapped with those of cerussite, but varied within a narrow range, from (–6.23) to (+0.91) ‰.

The $\delta^{18}\text{O}_{\text{pdb}}$ value for stalactite–calcite was (–12.73) ‰, between the values obtained for cerussite and limestone. Stalactite $\delta^{13}\text{C}_{\text{pdb}}$ (–5.14 ‰) was within the ranges for both cerussite and limestone.

DISCUSSION AND CONCLUSION

The lead ore deposit of Olovo is located in the western part of a zone of carbonate lead ore deposits and occurrences in Triassic limestones which is extending through NE Bosnia and western Serbia.

Olovo deposit lies in a part of a large karst plateau, surrounded by various geological formations of Paleozoic, Jurassic, Cretaceous, or Tertiary age. The deposit consists of some thirty ore bodies, typical veins, with monometal and almost monomineral ore.

The veins are grouped in a zone of about 6 km in length and about 2.5 km in width, vary in size and traverse Upper Triassic and Middle Triassic limestone structures. The ore veins and ore vary in structural type from impregnations to compact rich ore.

The mineralogical composition of ore is simple: cerussite and calcite are dominant minerals, and galena is sporadic. Slightly higher galena concentrations occur in compact parts of individual veins. Galena occurrence in centres of cerussite grains and in rounded grains which lie in cerussite mass indicate the secondary derivation of cerussite, or its formation at the account of galena, and the more complex supergene processes.

Generally, the ore is characterized by very low zinc, virtual absence of iron, and low contents of many microelements. Still, in some parts of a vein (o.v. No. 6) zinc is contained by >1%. Some samples with high zinc contain low cadmium. Cadmium geochemistry in primary geochemical media is characterized by its association with zinc and occurrence in zinc minerals (replacing it in the crystal lattice) (Dangić, 1983). The absence of cadmium in some of samples with high zinc indicates either a significant cadmium variation in primary zinc minerals or variation in geochemical conditions of supergene processes. Similar explanation will apply to the absence of good correlation between the concentrations of Ag and some other microelements and lead or galena in the ore.

The absence of iron in the ore indicates the likely poverty in iron of the primary ore systems. Sulphide oxidation processes operated under quite specific geochemical conditions, different from those in ores with the appreciable portion of Fe-sulphides (Dangić, 1984; Dangić & Dangić, 1983; 1989). These processes also operated under different geochemical conditions in relation to the processes of bauxite formation and transformation in Triassic limestones of the neighbouring Vlasenica region (Dangić, 1985; 1988). Brown-yellow clays that occur in surficial parts of some ore veins, in saltbands, are not genetically related with cerussite ore formation, but are a material from karst depressions.

The isotope compositions of oxygen and carbon indicate similar geochemical systems of derivation for cerussite, vein calcite, and stalactite in subsurface limestone karst. The isotope-geochemical systems in limestones which involve various phase transformations can be quite complex (Pinckney & Ray, 1972), and for more reliable conclusions further investigations will be required.

Because geochemical systems are specific in which Olovo deposit was formed and has existed, geochemical dispersion of lead from the ore into the neighbouring hydrogeological systems is very low (Dangić et al., 1992).

ЛИТЕРАТУРА - REFERENCES

- Дангић А. (=Dangić), 1983: Геохемија. У: А. Дангић и И. Крстановић (ур.) Геолошка терминологија и номенклатура III: геохемија, кристалографија и минералологија.- Завод за РГП РГФ, 1-88, Београд.

- Дангић А. (=Dangić), 1984: Синтеза јарозита, ферихидрита, гетита и других фери-оксидних минерала из раствора феросулфата.– Записници СГД за 1983. годину, 107-113, Београд.
- Dangić A., 1985: Kaolinization of bauxite: a study in the Vlasenica bauxite area, Yugoslavia. I. Alteration of oolites. – *Clays and Clay Minerals*, 33, 517–524.
- Dangić A., 1988: Kaolinization of bauxite: a study in the Vlasenica bauxite area, Yugoslavia. II. Alteration of Matrix. – *Ibid.*, 36, 439–447.
- Dangić A. and Dangić J., 1983: Mineral–water interactions in the Srebrenica area, Yugoslavia, involving oxidation of sulfide ores and deposition of iron hydroxides and sulphate.– *Int. Colloquium CNRS Petrology of weathering and soils*, Paris, Abstracts, 105–106, Paris.
- Дангић А. и Дангић Ј. (=Dangić and Dangić), 1983: Геохемијски процеси и генеза минералне воде Црни Губер код Сребренице.– *Геол. ан. Балк. пол.*, 53, 445–458, Београд.
- Dangić A. Dangić J. i Ršumović M., 1992: *Ležište i rudnik ceruzita Olovo*, Bosna: геохемијски процеси и еколошки проблеми.– *Istraživanje mineralnih sirovina i zaštita životne sredine*, 2, SIT RGM, 67–81, Београд.
- Dangić A., Terzić S., Dangić J., Ršumović M. i Mojićević M., 1988: *Geološke, геохемијске и гидрогеохемијске карактеристике металогенетског рејона "Olovo"*.– *Studija* (nepublikovana), Rudarsko–geološki fakultet Београд, 244 str, Београд.
- JCDS, 1974: *Selected Powder Diffraction Data for Minerals. Data Book.*– Joint Committee on Diffraction standards, Park Lane, Pa.
- Pinckney D. M. and Ray R. O., 1972: Variation of 18O/16O, 13C/12C, texture and mineralogy in altered limestone in the Hill mine, Cave-in-Rock district, Illinois.– *Econ. Geol.*, Vol. 67.
- Ramović M., 1957: *Pregled nalazišta minerala olova i cinka u Bosni i Hercegovini.*– *Geol. Glasnik*, 2, Сарајево.
- SGZ, 1971: *Geološka karta SFRJ 1:500.000*, Savezni geološki zavod, Београд.
- Tadić J., Čobić T. i Bublik P., 1978: *Ležišta i pojave ceruzitne rude u okolini Olova.*– IX Kongres geologa Jugoslavije, Zbornik radova, Сарајево.
- Veljković D., Todorović M., Bublik P., 1985: *Elaborat o rudnim rezervama rudnika olova u Olovu sa stanjem 31.12. 1984. godine.*– FSD Energoinvest–Sарајево RO u osnivanju Rudnik olova Olova. (nepublikovano)