

Геол. ан. Балк. полуос. Ann. Geol. Penins. Balk.	62	421–438	Београд, децембар 1998 Belgrade, Decembre 1998
---	----	---------	---

УДК 553.07:553.44/497.2(497.11–15)

Оригинални научни рад

## ГЕОЛОШКИ ФАКТОРИ И ОБЕЛЕЖЈА РУДОНОСНОСТИ КАЛУДРЕ (ЈЗ СРБИЈА)

од

Бошка Стајевића\*

Геолошка средина Калудре припада низу мањих полиметаличних рудних поља у склопу тектонизираних блокова сенонског флиша западног обода Динарида уз меланж Вардарске зоне. Геолошко–металогенетске специфичности рудног поља Калудре проистекле су из терцијарне магмато–тектонске активности. ипјектовањем продуката магматизма и депоновање постмагматског рудоносног. у основи полиметаличног комплекса.

У раду се даје компаративни приказ и анализа локалних контролних геолошких фактора и визуелних индиција рудоносности. Геолошко–минералашке карактеристике се третирају индикатором али и критеријумом рудоносности. Уз добру корелацију са осталим проучаваним релевантним факторима контроле, важан су елеменат за даљу прогнозу потенцијалности ширих површина у оквиру рудног поља.

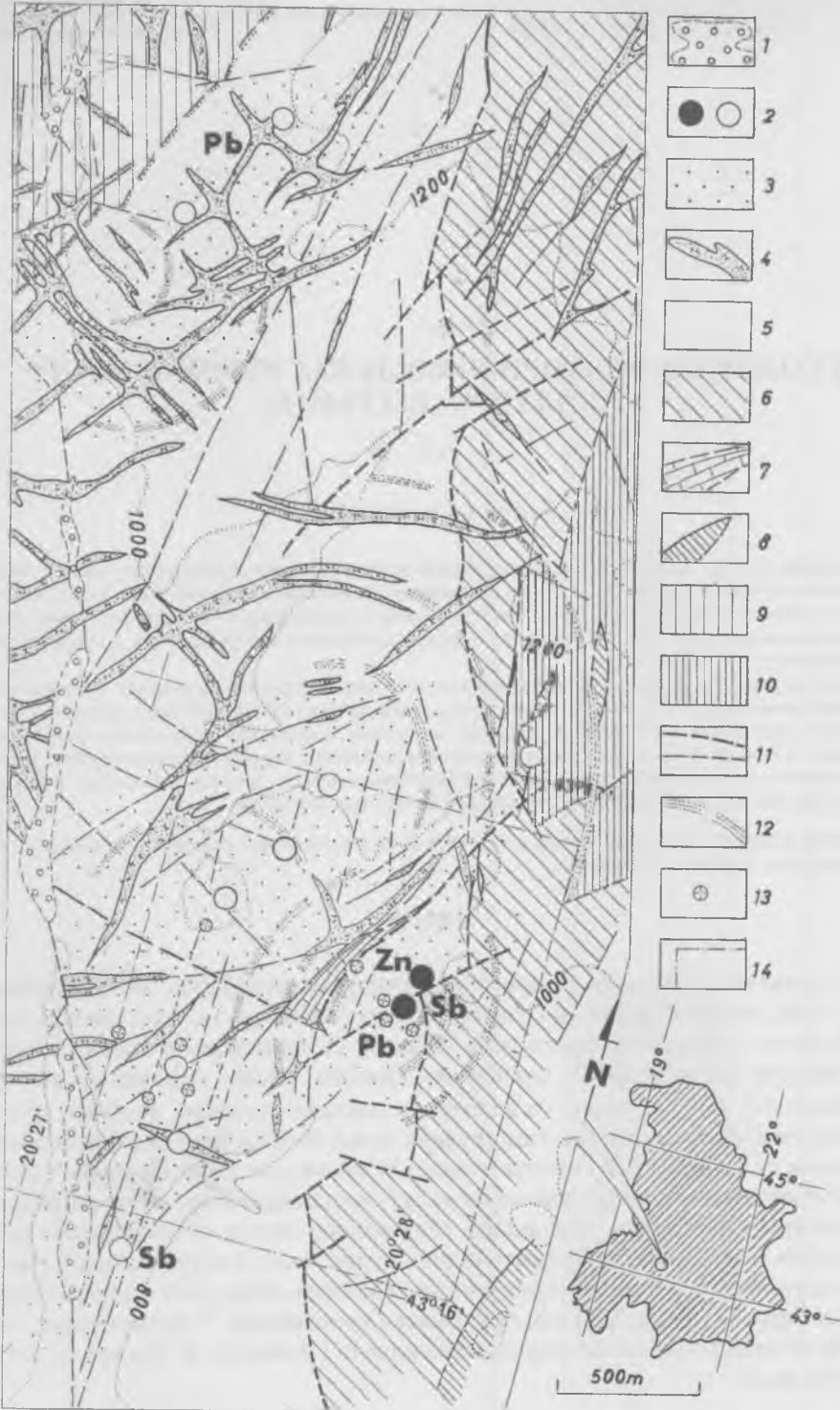
Коришћена је методика синтетизоване компаративне анализе података геолошке проспекције и прогнозне анализе локалних контролних фактора локализације орудњења.

**Кључне речи:** полиметалично рудно поље, контролни фактори, индиције, минерална асоцијација, геолошка прогноза, Калудра, ЈЗ Србија.

### УВОД

Део западне Србије који се иростире западно од реке Ибра захвата планинску област Голије, према садашњим сазнањима, има геолошко–металогенетску предиспозицију према ендегеним лежиштима везаним за терцијарни вулкано–плутонски калко–алкални магматизам. У целини ова средина, раније дефинисана као рудни рејон (Stajevic, 1982), и данас се налази, уз локалне изузетке, на нивоу истражености који омогућава издвајање само рудних поља. Већина досадашњих истраживања базирана су на прогнозно–металогенетској анализи података основне геолошке карте комбинованих са несистематским скаут–проспекцијским, полурегионалним и полудетаљним структурно–геолошким, геохемијско–минералашким, врло ретко и геофизичким изучавањима. Полиметалично рудно поље Калудре спада у уже просторе, код којих је тај степен истражености реалативо већи, због података детаљне геолошке карте 1:5 000, и детаљне геохемијске проспекције. У прикупљању, обради и интерпретацији података је, поред истраживача Геозавода из Београда, учествовао и аутор рада.

\* Рударско–геолошки факултет Универзитета у Београду, Бушина 7, 11 000 Београд.



У раду се презентирају релевантне металогенетско–геолошке, структурне и минералогске карактеристике у контексту анализе локалних проспекцијских критеријума прогнозе и индиција рудоносности специфичних за полиметалично рудно поље Калудре.

## ОПШТА ГЕОЛОШКА ОБЕЛЕЖЈА

Рудно поље Калудре налази се на југоисточним обронцима плашинског масива Голије у виду субмеридијалне минерализоване зоне ширине до 2 km и дужине око 5 km. У литератури се овај локалитет помиње по Pb–Zn минерализацијама и старим рударским радовима од стране Simića (1955). Изучавања новијег датума датирају, са црекидима, у периоду 1980–1992. У оквиру таксономски шире тектономагматске целине простор Калудре лежи на крајњем југоисточном, тектонски деформисаном ободу Централно–голијског свода, у зони спуштених блокова Унутрашњих Динарида, непосредно уз реверсне дислокације према Вардарској зони (Stajević, 1986, 1990). Припада групи хидротермалних рудних поља рудног рејона Голије везаних за терцијарне калко–алкалне субвулканско–вулканске центре у флишном комплексу горње креде уз линеарне дислокационе руптуре граничног појаса Дринско–ивањичког елемента и меланжа Вардарске зоне. Геолошко–металогенетске и геохемијско–минералогске специфичности ове средине, изграђене у основи од силикатно–карбонатних сенопских пешчарско–алевролитичних, глиновито–лапоровитих седимената и јурско–кредних меланжираних кластита, међутим, последица су присуства терцијарних епигенетских магматогених продуката. Дајкови кварцлатитско–феноандезитског састава са пратећим хидротермалним изменама околних стена и полиметалним минерализацијама Zn, Pb, Sb, Ag неравномерно су дислоцирани уз спрегнуте тектонске и тектонско–магматске структурне елементе (сл. 1). Импрегнационо–жично сулфидно орудњење у алтерисаним гвожђевито–мангановитим карбонатизираним и силификованим стенама је полазни непосредни елемент за дефинисање критеријума и обележја рудоносности у рудном пољу Калудре. Циљ рада је управо приказ и анализа тих локалних обележја рудоносне средине која су

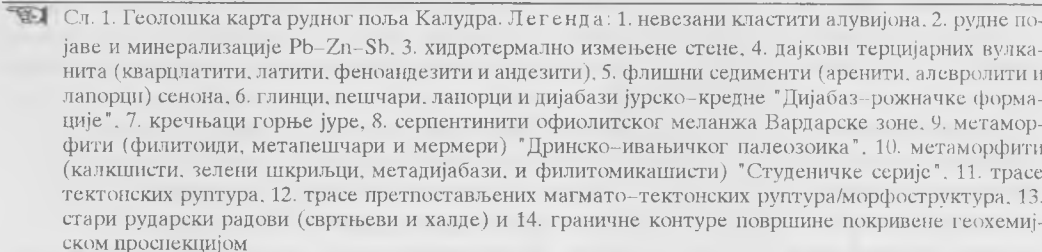
 Сл. 1. Геолошка карта рудног поља Калудра. Легенда: 1. неvezани кластити алувијона. 2. рудне појаве и минерализације Pb–Zn–Sb. 3. хидротермално измењене стене. 4. дајкови терцијарних вулканита (кварцлатити, латити, феноандезити и андезити). 5. флишни седименти (аренити, алевролити и лапорци) сенона. 6. глинци, пешчари, лапорци и дијабази јурско–кредне "Дијабаз–ројначке формације". 7. кречњаци горње јуре, 8. серпентинити офиолитског меланжа Вардарске зоне. 9. метаморфити (филитоиди, метапешчари и мермери) "Дринско–ивањичког палеозоика". 10. метаморфити (калксисти, зелени шкриљци, метадијабази, и филитомикашисти) "Студеничке серије". 11. трасе тектонских руптура. 12. трасе претпостављених магмато–тектонских руптура/морфоструктура. 13. стари рударски радови (свртњеви и халде) и 14. граничне контуре површине покривене геохемијском проспекцијом

Fig. 1. Geological map of the Kaludra ore field. Legend: 1. loose alluvial clastites, 2. Pb–Zn–Sb ore occurrences and mineralization, 3. hydrothermally altered rocks, 4. dykes of Tertiary volcanites (quartzlatites, latites, phenoandesites and marlstones), 5. Senonian flysch sediments (arenites, siltstones and marlstones), 6. claystones, sandstones, marlstones and diabases of the Jurassic–Cretaceous "Diabase–Chert Formation", 7. Upper Jurassic limestones, 8. Serpentinities of the ophiolitic melange in the Vardar zone, 9. metamorphites (phyllitoids, metasandstones and marbles) of "Drina–Ivanjica Paleozoic", 10. metamorphites (calc–schists, green schists, meta–diabases and phyllitonicaschists) of "Studonica series", 11. traces of tectonic ruptures, 12. traces of supposed magmatic–tectonic ruptures and morpho–structures, 13. old mining workings (shalt–pits and dumps), 14. contour lines of surfaces covered by geochemical prospecting.

од значаја за даљу прогнозу, усмеравање проспекцијско–истражних радова и опште оцену економске потенцијалности те врсте сировинског ресурса у овој металогенетској средини. Геохемијске специфичности као критеријум рудоносности у рудном пољу Калудре, а и шире, приказане су у посебним радовима аутора (Стајевић, 1996; Dangić i Stajević, 1994).

## МАГМАТИЗАМ

Рудно поље Калудре се налази у оквиру разломних руптура уз Вардарску зону на југоисточној периферији главног интрузивно–вулканогеног калко–алкалног магматског центра Голије. Док се у том пространом магматогеном центру сучељавају формације и фазије плутонског и субвулканског нивоа консолидације са високотемпературним асоцијацијама рудног комплекса, у његовим периферним сегментима, као што је ова средина, дуж линеарних руптура образовани су еквивалентни субвулканско–вулканских нивоа консолидације у виду дајковских фазија кварцлатит–латитске и дацито–андезитске формације (Stajević, 1987; Dangić i Stajević, 1994). Ослањајући се на новије податке о геолошком саставу и грађи ове средине (детаљна геолошка карта 1:5 000), улога терцијарних магмата у стварању и обликовању рудног поља Калудре је много изражајнија и значајнија у односу на досадашње познавање. На такав закључак указује знатно већи интензитет и екстензитет распрострањења дајкова кварцлатита, фенодацита, латита и андезита. У ширем ареалу рудног поља Калудре уочљив је пораст популације дајкова вулканита ка северозападу односно у правцу главних магматских центара Голије. Удаљеност од магматског извора и разлика у дубини консолидације рефлектовани су и кроз промену структурних особина вулканита, наиме, у северозападним секторима више су присутни зрнасто–порфиرويدни а у јужним порфирски варијетети. Дајкови у основи трасирају доводне канале не само продуката магматизма, већ и хидротерми које су условиле селективне алтерације околних стена и непосредно депоновање минералних једињења рудних метала као што су сулфиди и сулфосоли Pb, Zn, Sb, Ag, As и Fe. Због ових разлога, са знатно већом сигурности се може говорити о парагенетском типу везе и односу између дајкова вулканита, хидротермалних измена у околним стенама и полиметаличног оруђења, што је у сваком случају важан критеријум за даљу прогнозу у смислу сигурнијег дефинисања локалних потенцијално рудоносних средина. Степен истражености геолошке средине не омогућава поузданију анализу нивоа еродованости ендегених продуката, нити разматрање непосредних односа између полиметаличног рудног комплекса, дајкова вулканита и продуката околорудних измена. Анализом општих обележја геолошке средине и терцијарних магматогених продуката, посебно линеарног зоналног размештаја асоцијације рудних минерала и елемената, уз претпоставку да је заступљена вертикална зоналност, могло би се говорити о степену еродованости од неколико стотина метара, при чему је у дубљим нивоима сачуван главни део рудног комплекса.

## СТРУКТУРЕ

Са становишта приноса и депозиције рудне материје унутар рудног поља Калудре релевантна су два типа прерудних структура: тектоногене и тектоно–магматске. О заступљености и утицају интратрудних и пострудних структурних елемената у рудном пољу, при садашњем степену проучености, тешко је изводити било какве

закључке. У оквиру тектоногенних структура које контролишу путеве приноса магматогених продуката истичу се руптурни системи трасирани дајковима терцијарних вулканита. Иако не припадају структурама највишег ранга, као што је субмеридијални реверсни тектонски шав на додиру флишног комплекса са мелаџом Вардарске зоне, оне су без сумње најзначајнији структурни елеменат рудног поља (сл. 1). Ове структуре, у основи представљају два спрегнута система километарско–декакилометарских руптура, стрмог залегања, са трасама оријентисаним правцима СЗ–ЈИ и ЈЗ–СИ, с тим што је на југу око рудоносног локалитета Калудре, изражајност система са пружањем ЈЗ–СИ веома наглашена. Сматрамо их рудодоводним структурама због уочљиве просторне везе са индицијама рудоносности (алтерације околних стена, рудни изданци, геохемијски ореоли елемената индикатора и др.). Обзиром да се ово рудно поље налази у зони тектонског сужења, у додирном појасу Динарида и Вардарске зоне, при обликовању пренеогеног руптурног склона образован је геотектонски систем субмеридијалних реверсних разлома. Изузимајући непосредну граичну дислокацију ове структуре, систем се унутар флишног комплекса рудног поља само фрагментарно уочава и није довољно проучен. За депозицију рудне материје у оквиру флишног комплекса, поред раседно–пукотинско–прслишских система, кливажно–паборних структура и међузрнске порозности, структурном повољношћу се може сматрати и присуство тзв. структура слојевитости, као што су структуре наслојавања, унутар формационог раслојавања и екранизирања. Ове последње, нарочито када су у питању комбинације силикатно–карбонатних секвенци, су од посебног значаја. Индиције о присуству фрагмената тектопо–магматских (магматогених) инјективних прстенастих структура уочене су на основу морфоструктурне анализе рељефа и детекције аерофотоснимака. Две такве морфоструктуре куполног типа, пречника до 1 km, лоциране су у домену издањака полиметаличних минерализација у јужном (Калудра) и северном (Кучевићи–Главица) делу рудног поља Калудре (сл. 1). Обзиром на ову просторну везу са орудњем, претпостављамо да и овај тип структура има улогу одређеног контролног фактора.

## ЛИТОСТРАТИГРАФСКА СРЕДИНА

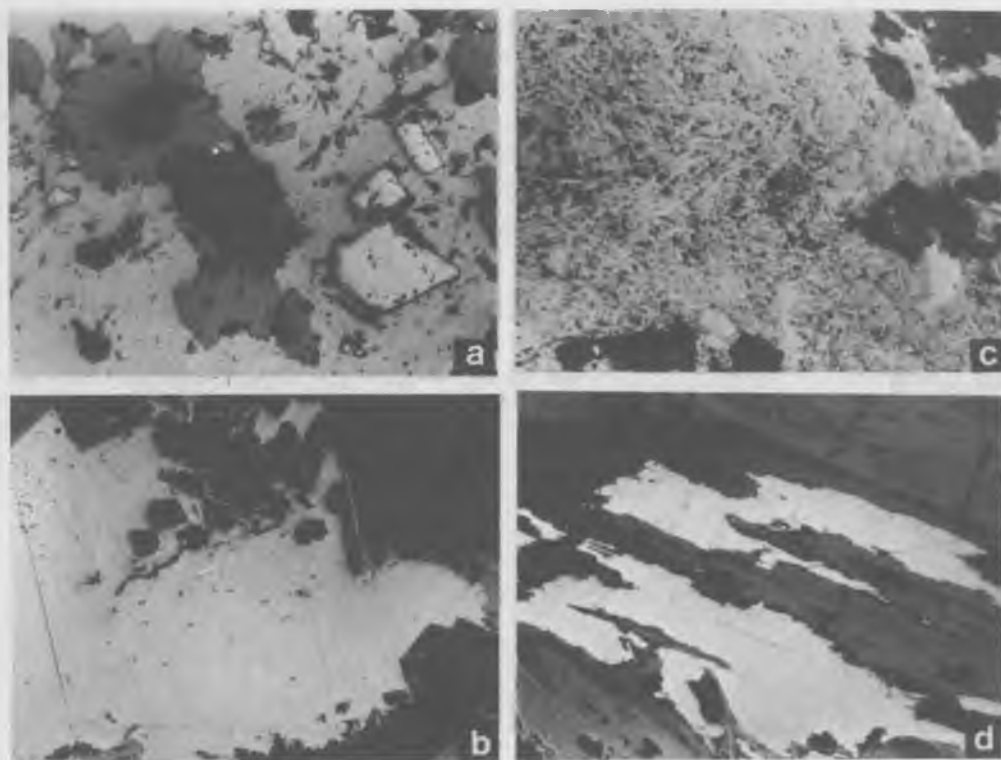
Литолошку смештајну средину терцијарног рудоносног магматогеног комплекса у рудном пољу Калудре у основи изграђују различите литостратиграфске формације стена. Горњокредни флишни комплекс теригено–кластичних силикатно–карбонатних стена је материјално најзаступљенији геолошки члан. Он је средина депозиције познатих полиметаличних орудњења у рудном пољу. Ову врло хетерогену творевину насталу турбидитским таложењем изграђују секвенце аренита, алевролита, глинача и лапораца. Детритус кластита је углавном силикатни (кварц, фелдспати и др.), а матрикс је карбонатни. Иако у флишу нису присутне секвенце чистих карбоната, сматрамо да је ова литолошки диференцирана и врло тектонизирана, формација била повољна средина за епигенетску депозицију полиметаличног орудњења импрегнационо–жичног типа. Критеријуми прогнозе са становишта литологије смештајног простора, били би сигурно много повољнији уколико би се у дубљим нивоима фундамента нашли и преостали карбонатни чланови формационог комплекса горње креде као што су зоогени спрудни кречњаци, кречњачке брече и префлишни кречњаци. Са становишта локалне прогнозе рудодепозиционе средине веома је значајна појава дијаширског блока јурских кречњака унутар форма-

ције флиша око орудњења на Калудри. Источни гранични појас рудног поља изграђен је од хетерогених меланжираних јурско–кредних стена дијабаз–ројничке формације (глинци, пепчари, лапорци, кречњаци, дијабази, делом и серпентинити) и метаморфита "Студеничке серије" (калкшисти, зелени шкриљци, филомикашисти и метадијабази). Иако се ова, тектонски врло дислоцирана средина, по саставу неких својих литолошких чланова, може сматрати селективно погодном за инфилтрационо–дифузну метасоматозу (кречњаци, калкшисти и серпентинити) и магматско–хидротермално запуњавање, непосредних индикација још увек нема. Изузимајући североисточни део терена са дајковима вулканита, део аномалног геохемијског поља рудног локалитета Калудре и ужу зону тектонског контакта флиша са формацијама Вардарске зоне, литолошки комплекс источног сегмента рудног поља, при садашњем степену истражености, генерално се може сматрати инертним према терцијарном рудоносном магматогеном комплексу. Мини фрагмент метаморфита "Дринско–ивањичког палеозоика" у северозападном сектору рудног поља (сл. 1), по својим геолошко–структурним, литолошким и металогенетским карактеристикама, парагенетски се не уклапа у структурно–металогенетску целину полиметалног рудног поља Калудре.

## РУДНИ КОМПЛЕКС, МИНЕРАЛИ ИНДИКАТОРИ И АЛТЕРАЦИЈЕ СТЕНА

Синтетизованом анализом, за ову металогенетску средину битних контролних фактора: магматског, структурног и литостратиграфског, индиција типа рудних изданака и одломака, утврђене су најрелевантније геолошко–минералолошке и парагенетско–генетске специфичности рудног комплекса Калудре. На индиције типа рудних изданака и одломака упућују бројни трагови средњовековних рударских радова у Калудри, Кули и Кучевићима, на које је први указивао Simić (1955). Полиметална орудњење рудног поља Калудре типогенетски припадају хидротермалним средње температурним до ниско температурним орудњењима у оквиру ширег неогеног рудног комплекса Голије (Stajević, 1982). Орудњење испољава просторну и парагенетску везу са кварцлатит–латитском формацијом дајковског субвулканско–вулканског типа. Орудњење прожилно–импрегнационог и жичног типа локализовано је у флишној теригеној средини повишене пукотинско–међузрнске порозности уз периферне раседно–пукотинске зоне. Ове зоне, често обележене дајковима вулканита спрегнуте су са руптурама вишег ранга. За такве типове полиметалних орудњења типоморфна су "слојно–тракаста", жична, стубаста и комбинована рудна тела променљивих димензија. У оквиру примарних макротекстура орудњења изражени су варијетети неједнородних текстура: импрегнационе, гнездасте, упрскане, мрљасте, млазевито–гнездасте, жиличasto–прожилне, каткад, бречоидне и прслинско–бречасте, док се код макротекстура истичу жиличaste, цементационе, дифузно–прашкaste, катакластичне, корозивне, реликтне, рубно–реакционе, емулзионе и др. Међу микроструктурама заступљене су метагранасте, корозивне, цементне, катакластичне структуре и локално, структуре распада чврстих раствора. Анализом минералног састава и односа компоненти у рудној маси утврђено је да је у оквиру етапно–стадијне депозиције минералне материје из хидротерми образован низ променљивих концентрација сулфидних минерала Fe, Zn, Pb, Sb, As индивидуалисаних кроз пирит, локално као маркасит, гелпирит и пиротин, сфалерит, галенит, буланжерит, цемсонит, бурнонит, антимоит и арсенопирит. Од пратећих минерала запажено је присуство халкопирита, као емулзиона издвајања и

срастања са сфалеритом, тетраедрит–тенантита, Ag–сулфида (?), као и дифузно–прашкастих расејања електрума и самородног злата димензија од 5 до 25  $\mu\text{m}$  (сл. 2). У оквиру овакве парагенетске асоцијације, међу пратећим микрокомпонентима може да се очекују и повишене концентрације Cd, Se и Te. Међу минералним врстама великог екстензитета, због чега се могу третирати и видом прерудних алтерација, је појава Mn–Fe оксида и хироксида у цементу катаклаза орудњених флишних алевролита. Са друге стране, у завршним етапама образоване су сидеритично–анкеритичне и калцитске крустификације и запуњавања са кварцним прожилцима. Просторна диференцираност минералних асоцијација рудног комплекса

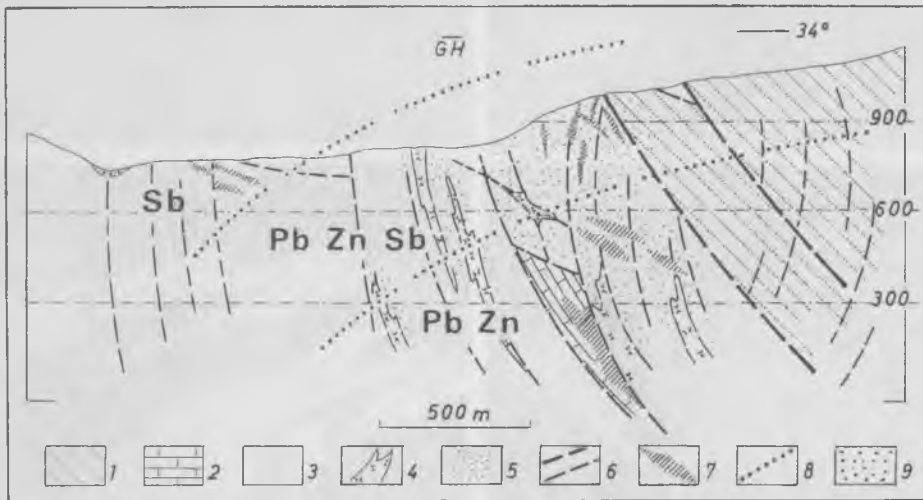


Сл. 2. Минерали рудне парагенезе Калудре. а) фрагменти идиоморфног арсенопирита (бело) и сфалерита (тамно сиво) у основи од буланжерита (светло сиво). II N. 16.5 $\times$ ; б) галенит (бело), сфалерит (сиво) и игличасти џемсонит (уз галенит) у карбонатној основи са кварцним прожилцима. II N. 16.5 $\times$ ; в) агрегат игличастиг џемсонита. II N. 16.5 $\times$ ; д) реликти антимионита у секундарним антимионским оксидима, II N. 16.5 $\times$ .

Fig. 2. Minerals of Kaludra ore paragenesis. A) fragments of euhedral arsenopyrite (white) and sphalerite (dark gray) in boulangerite groundmass (light gray), parallel nicols (16.5 $\times$ ); b) galena (white), sphalerite (gray) and acicular jamesonite (with galena) in carbonate groundmass with quartz, parallel nicols (16.5 $\times$ ); c) aggregate of acicular jamesonite, parallel nicols (16.5 $\times$ ); d) antimonite relics in secondary antimony oxides, parallel nicols (16.5 $\times$ ).

на нивоу рудног поља Калудре указује на два типа орудњења: полиметалични–тип Калудре и монометалични–тип Лозне. Односи између минералних компоненти у

парагенетској асоцијацији рудног комплекса Калудре указују да су у почетном стадијуму депоновани сулфиди гвожђа и арсена (идиоморфни пирит и арсенопирит), да би потом уследила депозиција главног комплекса полиметаличних сулфида (сфалерита, галенита, булапжерита, цемсонита и др.), док завршном процесу хидротермалне депозиције припадају дифузно–прашкасте дисиминације пирита, гелпирита, маркасиита, сидеритично–анкеритични карбонати и силиција. Треба напоменути да је у проучаваним парагенезама сулфида веома паглашено учешће Pb, Sb, Fe сулфосоли. Монометалични тип орудњења се односи на појаве антимонитских концентрација у југозападном сектору рудног поља, везане за селективно силификоване и карбонатизирани секвенце флишних аренита. Продукти супергенних трансформација сулфида, заступљени су пре свега преко лимонит–гетитских реликата и Sb–оксида (валентинит, сенармонтит, кермезит). Од хидротермалних промена у околним стенама, у домену рудно минерализованих површина рудног поља Калудре, поред анкерит–олигонитске (Fe–Mn карбонатне, секундарне хидроксидно–оксидне) карбонатизације и силификације лапоровитих пешчара и алевролита флиша, у дајковима интермедијарних терцијарних вулканита интензивне су промене типа хидротермалне аргилитизације (каолинизација) и пропилитизације.



Сл. 3. Зоналност и прогноза рудних минерализација у рудном пољу Калудре. Легенда: 1. глинци, пешчари, лапорци и дијабази "дијабаз–рожњачке формације", 2. кречњаци горње јуре, 3. флишни седименти горње креде, 4. дајкови терцијарних калко–алкалних вулканита, 5. хидротермално промењене стене, 6. трасе руптура, 7. орудњење – рудне минерализације (утврђено/прогнозно), 8. граничне контуре распрострањења рудне асоцијације и 9. неvezани кластити алувијона.

Fig. 3. Zonality and prognosis of mineralization in Kaludra ore field. Legend: 1. claystones, sandstones, marlstones and diabases of "Diabase-Chert Formation", 2. Upper Jurassic limestones, 3. Upper Cretaceous Pysch sediments, 4. dykes of Tertiary calc-alkalic volcanites, 5. hydrothermally altered rocks, 6. traces of ruptures, 7. mineralization (established/predicted), 8. contour lines of distributed ore association, 9. loose alluvial clastites.

Подаци о просторном положају сулфидне рудне минерализације и односима у оквиру парагенетске асоцијације, грубо указују на процесе хидротермалних активности у мезотермалним (на периферији и нискотемпературним) условима субвулканских депозиционих нивоа. Оријентационо се може претпоставити да су сулфиди



Fe, Zn, Pb, Sb, As и др. настали из комплексних сулфидних хидротерми на температурама до 200°–250°C. Промене парагенетских односа кроз просторно смењивање средњотемпературне полиметаличне Fe, Pb, Zn, Sb (As, Ag) асоцијације са нижетемпературном Sb минерализацијом, могла би се схватити као последица просторне зоналности у оквиру рудног поља Калудре.

Према критеријуму прогнозе, а у складу са обележјима латералне и вертикалне зоналности, условно је претпостављено постојање у дубљим нивоима и чисто Pb–Zn сулфидног потенцијално економски најзначајнијег типа орудњења. Највишим ерозионим нивоима, сачуваним на периферним структурама, одговарала би минерализација Sb–зоне типа Лозне. Дубљим нивоима припадала би, на Калудри откривена, полиметалична Zn, Pb и Sb рудна минерализација, док би најдубљим деловима у домену локалних тектоно–магматских структура у нивоу субвулканита, одговарало вишетемпературно Pb–Zn орудњење типа Pb–Zn рудних поља Остатије или Изубре у североисточном делу рудног рејона Голије.

Према морфогенетским карактеристикама, минералној парагенези, интензитету у размерама ареала рудних изданака и алтерација околних стена, рудна минерализација као таква не би имала већи практични значај. Уколико она представља, међутим, апикалне делове ерозијом не откривеног главног Pb–Zn орудњења, узимајући у обзир и литоструктурне повољности флишне средине, како је то шематски приказано на прогнозном профилу, њен економски значај би био далеко већи (сл. 3).

## ТРАГОВИ РУДАРСКО–ТОПИОНИЧАРСКЕ АКТИВНОСТИ И ТОПОНИМИ

Крајем XVI века калуђери Дамјан и Павле у писму папи Клименту VIII између осталог пишу: "Преко Сенице је Рас и Нови Пазар, и ту имају мнози мајдани, где се сребро вади". Ово је историјски податак који се свакако односи на Калудранско рудиште, тврди врсни познавалац историје нашег рударства Simić (1955). На старију рударску активност у рудном пољу Калудре, упућују бројни остаци средњовековног рударства, топионичарске делатности и локални топоними. Ту врсту посредних индиција рудоносности уочио је, такође, Simić (1955), приликом геолошке проспекције ширих простора Голије, помињући "око стотину окана већих или мањих" само на Калудри. По њему, размештај, величина и начин израде тих радова указује на "саски стил рударског рада" као на "Новобрдској Глами". Као и на многим другим геолошки сличним локалитетима средњовековне Србије, циљ тадашње рударске активности је био добијање племенитих метала Ag и Au. На такав закључак наводи и чињеница да се у рудним препаратима троске са Калудре може наћи дифузно–капличasto елементарно злато и електрум димензија од 5 до 25  $\mu\text{m}$ . Бројне пинге са јаловинским ископима видљиве су на Калудранској узвишици изнад Паресијског потока, затим на Кули и њеној јужној коси. Мноштво фрагмената топионичарске згуре налази се у алувијонима Паресијског потока и нарочито Дежевске реке где је постојала већа топионица. Од топонима чија етимологија, такође, указује на присуство историјских обележја некадашњег рударства треба поменути следеће називе: Цео, Паресије, Паресијско брдо, Ровиште, Ђурина рупа, Сасе и Саско брдо. У сваком случају, негеолошке индиције видљиве у рудном пољу Калудре нису запемарљив проспекцијски путоказ за лоцирање и усмеравање радова за проналажење орудњења.

## ЗАКЉУЧАК

Рудно поље Калудре је једно у низу мањих полиметаличних рудних поља западног дела Копаоничке рудне области уз гранични појас Динарида према Вардарској зони. Оформљено је терцијарном калко–алкалном магматогеном активношћу у оквиру тектонизираниог комплекса стена сенонског флиша, мањим делом и меланжа дијабаз–рожначке формације. Рудни комплекс, парагенетски везан за пробоје дајкова вулканита чини асоцијација Pb, Zn, Sb, Ag (As, Cd) типоморфна за хидротермалне процесе. Анализом контролних фактора локалне металогенетске прогнозе дефинисан је однос и веза орудњења према субвулканско–вулканској фацији дајкова магмата, структурама и литофацијалној депозиционој средини. Кроз приказ и локалну прогнозу структурно–геолошких, структурно–морфолошких и минералошко–геохемијских карактеристика орудњења, анализирају се и нека општа проспекцијска обележја рудоносности, типа рудних изданака, околорудних измена и трагова старе рударско–топионичарске активности као класичних индикатива рудоносности.

Геол. ан. Балк. полуос. Ann. Geol. Penins. Balk.	62	421-438	Београд, децембар 1998 Belgrade, Decembre 1998
---	----	---------	---

UDC 553.07:553.44/497.2(497.11-15) Original scientific paper

## FACTORS AND FEATURES OF METALLIZATION IN THE KALUDRA (SW SERBIA)

by

Boško Stajević\*

The Kaludra area is geologically restricted to a suit of smaller base-metals ore field inside the tectonized blocks of Senonian flysch in the western Dinarides margin adjoined by the melange of Vardar zone (SW Serbia). Geologic-metallogenic specificities of the Kaludra ore field is attributed to the Tertiary magmatic-tectonic activity, accompanied by penetration of magmatism products and by deposition of postmagmatic metallized, in essence base-metals complex.

In the paper has been presented the comparative outline and analysis of local controlling geological factors and evidences of metallization. Besides, by its much more widespread distribution, followed by well-expressed correlation with other relevant controlling factors, these are an important element for further prognosis of potential of larger areas in the framework of the ore field.

In the work has been used methodology of the synthetized comparative analysis of records of geological prospecting and prognostic analyses of local controlling factors of the mineralization indentification.

**Key words:** base-metals ore field, controlling factors, evidences, mineral association, geological prognosis, Kaludra, SW Serbia

### INTRODUCTION

Part of western Serbia trending westerly of the Ibar river, covering the Golija mountainous area, according to the present-day knowledges, shows affinity to endogene deposits related to the Tertiary volcanic-plutonic calc-alkalic magmatism. This environment as a whole, formerly being defined as an ore district (Stajević, 1982) is actually also, with some local exceptions, in the level of research workings which provide opportunity only ore fields to be distinguished. Most of to date researching have been based on the prognostic-metallogenic analysis of date deriving from the Basic Geologic Map, combined with the "scout" (general) prospecting, semi-regional and semi-detailed structural-geological, geochemical-mineralogical, and very seldom geophysical investigations. The Kaludra base-metals ore field is included in the limited tracts of land, with a relati-

---

\* University of Belgrade, Faculty of Mining and Geology, Djusina 7, 11000 Belgrade.

vely higher level of research workings, thanks – first of all – to records of the detailed geochemical prospecting and the detailed 1:5000 scale map, which were collected, elaborated and interpreted, beside explorers from Geozavod, Belgrade, also by the author of this work.

In the paper the relevant metallogenic–geologic features have been presented, concerning local prospective criteria of prognosis and evidences of metallizations specific for the Kaludra base–metals ore field.

## GENERAL GEOLOGIC FEATURES

The Kaludra ore field is at southeastern hillsides of the Golija massif occurring as a submeridional mineralized zone up to 2 km in width and about 5 km long. Simic (1955) has mentioned this locality of the Pb–Zn mineralizations with old mining workings. The newer studies were done, with interruptions, during a period from 1980 to 1992. Considering taxonomically broader tectono–magmatic entirety, the Kaludra area occupies the southeasternmost, tectonically deformed margin of the central Golija arch, in the zone of downthrown blocks of Internal Dinarides, directly contacting the reverse ruptures along the Vardar zone (Stajevic, 1986; 1990). It is included to the group of hydrothermal ore fields of the Golija ore district, related to Tertiary calc–alcalic subvolcanic–volcanic centers in the Upper Cretaceous flysch complex along linear displacement ruptures of both bordering belt of the Drina–Ivanjica block–element and melange of the Vardar zone. The geologic–metallogenic and geochemical–mineralogical specificity of this environment, built up in essence of Senonian silicate–carbonate sandy–silty, argillaceous sediments of Tertiary epigenetic magmatism. The quarzlatitic–phenoandesitic dykes, accompanied by both hydrothermal alteration of country rocks and Pb, Zn, Sb, Ag mineralization are irregularly dispersed along with coupled tectonic and tectonic–magmatic structural elements (Fig. 1). The impregnation–vein type sulphide mineralization in the altered ferruginous–manganiferous carbonatized and silicified rocks is the direct initial element for definition of mineralizing criteria and features in the Kaludra ore field. The aim of this paper is exactly the exemplification and analysis of these local features of the ore–bearing environment, important for future prognosis and directing of the prospecting–exploratory workings and for a general estimation of economical potential of such a kind of resources of mineral raw materials in this metallogenical surroundings.

## MAGMATISM

The Kaludra ore field is situated in framework of ruptures adjoining the Vardar zone at the southeastern periphery of the chief intrusive–volcanic calc–alcalic magmatic centre of Golija. In this voluminous magmatic center, where formations and facies of the plutonic and subvolcanic consolidation levels are faced with high–temperature associations of the ore complex in its marginal segments, such as this environment, but from other side, along the linear ruptures were formed equivalents of subvolcanic–volcanic consolidation levels represented by dyke facies of quarzlatitic and dacitic–andesitic formation (Stajevic, 1987; Dangic & Stajevic, 1994). In light of never date on

geologic composition and fabric of this environment (detailed 1:5000 geologic map) the role of Tertiary magmatites in creation and forming of the Kaludra ore field becomes much more expressive and important, relative to the former knowledges. Such a conclusion is focussed on much more intensive and extensive distribution of quartzlatitic, pheno-dacitic, latitic and andesitic dykes. In the larger area of the Kaludra ore field the augmented population of dykes of volcanic rocks is remarkable to the northwest, tending to the chief magmatic centers of the Golija respectively. Distance from magmatic source and difference in consolidation depth are reflected in change of structural features of volcanics, namely, in the northeastern sectors the granular-porphyrific varieties and in the southern ones the porphyritic varieties are more present. Dykes in essence traced the conduits not only of igneous products, but also of hydrothermal solutions producing selective alterations of country rocks and direct deposition of ore metalliferous minerals, such as Pb, Zn, Sb, Ag, As and Fe sulfides and sulfosalts. From that reason, with much more certitude may be discussed the paragenetic types of links and relations of dykes of volcanites, hydrothermal alterations in the country rocks and mineralizations of nonferrous metals, being in any case an important criterion for further prognosis, in sense of more distinctive determination of the potential ore-bearing environments. The level of researches of geological environment is neither sufficient for more reliable analysis of erosion level of endogenous products nor for consideration of direct relations of the base-metals ore complex, dykes of volcanites and alteration products in wallrocks. By analysis of general features of geologic environments and Tertiary magmatic products, particularly of linear zonal distribution of ore minerals and elements association, supposing existence of vertical zonality, the erosion rate of several hundred meters could be assumed, preserving in deeper levels the principal part of the ore-bearing complex.

## STRUCTURES

Considering yield and deposition of ore material inside the Kaludra ore field, two types of pre-ore structures are relevant: tectonic and tectono-magmatic ones. It is difficult to draw any conclusion about presence and influence of internal and post-ore structural elements in the ore field, on the occasion of actual level of researches. Among tectonic structures controlling conduits of magmatic yield, the fracturing systems marked by dykes of Tertiary volcanites are prominent. Although they are not structures of the highest order, such as submeridional reverse tectonic suture at contact of the flysch complex and melange of the Vardar zone, these are doubtless the most important structural element of the ore field (Fig. 1). These structures are in essence two coupled systems of kilometric-dekakilometric high-angle dipping, NW-SE trending ruptures; the SW-NE system in the south, near the Kaludra ore-bearing locality, is very expressed. We consider these structures as channel-ways for mineralizing solutions, being in spatial relations with evidences of metallization (such as alterations of country rocks, ore outcrops, geochemical haloes of pathfinder elements and others). Since this ore field occurs in a zone of tectonic narrowness, in the contact belt of Dinarides with Vardar zone, during formation of the pre-Neogene rupture setting, the geotectonic system of submeridional reverse fractures was created. Excluding the direct adjoining displacement of this structure, the

system inside the flysch complex of the ore field is only partially observable, being not sufficiently studied as well. For deposition of ore material inside the flysch complex, beside the fault–fracture–fissure systems and cleavage–folding structures, as well as interzonal porosity, as structural suitability, the presence of so–called bedding structures such as structures of layering, inside the formational bedding–plane slip and screening, could be considered. These last structures, especially when the combined silicate–carbonate sequences are present, are of particular importance. Evidences of sections of tectono–magmatic (magmatogenic) injected ring structures are observable on the basis of morpho–structural analysis of relief and remote sensing by aerial photographs. Such two morpho–structures of the cupola type, up to 1 km in diameter, have been localized in the domain of the nonferrous (base)–metals type mineralizations in the southern (Kaludra) and northern (Kucevici–Glavica) part of the Kaludra ore field (Fig. 1). In view of this spatial relation with mineralization it is supposed that this type has also the role of controlling factor.

### LITHOSTRATIGRAPHICAL ENVIRONMENT

The lithological depositional environment of the Tertiary ore–bearing magmatogenic complex in the Kaludra ore field is practically composed of various lithostratigraphical rock formations. The Upper Cretaceous flysch complex of terrigenous–clastic silicate–carbonate rocks is the most widespread geologic unit. It is the environment of deposition of the known nonferrous–metals mineralization in the ore field. This very heterogeneous depositional product, formed by turbidity sedimentation, is built up of sequence of arenites, siltstones and marlstones. The clastic detritus is mostly siliceous (quartz, feldspars etc.), and matrix is calcareous. Although in flysch the pure carbonate sequences are not present, we consider this lithologically differentiated and highly tectonized formation to be very favorable environment for epigenetic deposition of the base–metals impregnation–vein type mineralization. Criteria for prognosis of lithological depositional room, would be evidently much more favorable if in deeper levels of the basement would be present the remained calcareous members of the Upper Cretaceous formation complex, such as zoogenic reef limestones, calcareous breccias and fore–flysch limestones. From the standpoint of local prognosis of the ore–depositional environment, it is of primordial importance the appearance of a diapiric block of Jurassic limestones inside the flysch formation nearby the Kaludra mineralization. The eastern adjoining belt of the ore field is composed of heterogeneous "melangenized" Jurassic–Cretaceous rocks of Diabase–Chert Formation (argillites, sandstones, marlstones, diabases and partly serpentinites) and metamorphites of the "Studnica series" (calcschists, green schists, phyllitic schists and metadiabases). Although this tectonically highly displaced environment, could be considered, according to composition at some lithological members, as selectively favorable for both infiltration–diffuse replacement (limestones, calcschists and serpentinites) and magmatic–hydrothermal filling, direct indications are absent. Excluding the northeastern part of the land with dykes of volcanites, then a part of the anomalous geochemical field of the Kaludra ore locality and the closer zone of tectonic contact of flysch with formations of the Vardar zone, the lithological complex of eastern segment of the ore field, at the

present-day level of the research workings, it could generally be considered as inert, compared with the Tertiary ore-bearing magmatic complex. The mini-segment of metamorphites of the "Drina-Ivanjica Paleozoic" in the northwestern sector of the ore field (Fig. 1), according to its geological-structural, lithological and metallogenical entirety of the Kaludra base-metals ore field.

### ORE COMPLEX, PATHFINDER MINERALS AND ROCK ALTERATION

For this metallogenic environment, characterized by several controlling factors, such as magmatic, structural and litho-stratigraphical, including evidences of types of ore exposure and fragments, the most relevant geological-mineralogical and paragenetic-genetic specifics of the Kaludra ore complex, have been determined by a synthesized analysis. The types of ore exposures and fragments are evidenced by numerous medieval remnants of mining workings in Kaludra, Kula and Kučevići, firstly indicated by Simić (1955). Mineralization of nonferrous metals in the Kaludra ore field are hypogenetically confined to the hydrothermal medium to low temperature mineralizations inside the larger Neogene ore complex of Golija (Stajević, 1982). Mineralization is spatially and paragenetically related to the quartzlatitic formation of the dyke-like subvolcanic type. The veinlet-impregnation and vein-type mineralization is localized in a flysch-terrigenous environment with increased fissure-intergranular porosity along the peripheral fractured-fault zones. These zones, commonly marked by dykes of volcanites, are coupled with the high-order ruptures. Such types of the nonferrous-metals mineralization morpho-types are "layered-banded", vein-like, columnar and combined ore bodies of variable sizes. Among primary macro-structures of mineralization, the following varieties of inhomogeneous structures are expressed: impregnation, nestle-like, sprinkled, spotty, hair-nestle-like, veinlet-type, occasionally brecciated and fissured-brecciated; among microstructures the veinlets, cementation, diffuse-powdered, cataclastic, corrosion, relic, edge-reactive, emulsive and other ones are prominent. Among microtextures metagranular, corrosive, cemented, cataclastic ones and locally textures of desintegrations of solid solutions are present. Analysis of mineral composition and relation of constituents in the ore indicated that during depositional phases of mineral material from hydrothermal solutions was formed a sequence of variable concentrations of the Fe, Zn, Pb, As minerals, manifested as pyrite, locally as marcasite, gel-pyrite and pyrrhotite, then as sphalerite, galena, boulangerite, jamesonite, bourmonite, antimonite and arsenopyrite. Among trace elements chalcopyrite as emulsive exsolutions in sphalerite, then in tetrahedrite-tennantite, an Ag-sulfide (?), as well as diffuse-powdered disseminations of electrum and native gold of micrometric sizes, from 5 to 25  $\mu\text{m}$  (Fig. 2), are observable. In the framework of such a paragenetic associations, among trace micro-constituents the increased Cd, Se and Te concentrations could be expected. Occurrence of Mn-Fe oxides and hydroxides as mineral species of highextensity in the cements of cataclazed mineralized flysch siltstones, could be considered as pre-ore alteration. From the other side, in final stages the sideritic-ankeritic and calcitic crustifications and fillings with quartz veinlets were formed. Spatial differentiation of mineral associations of the ore complex at level of the Kaludra ore field points out two mineralization types: the Kaludra base-metals and Lozna

mono-metallic types. According to relations among mineral constituents in the paragenetic association of the Kaludra ore complex, it is evident that in the initial stage were deposited iron and arsenic sulfides (euhedral pyrite and arsenopyrite), followed by deposition of principal complex of nonferrous-metals sulfides (sphalerite, galena, boulangerite, jamesonite and others); in the final process of hydrothermal activity disseminated diffuse-powdered pyrite, gel-pyrite, marcasite, then siderite-ankerite carbonates and silica were deposited. Remarkable presence of Pb, Sb, Fe sulfosalts in the studied paragenesis should be mentioned. The monometallic mineralization type is confined to occurrences of antimonite concentrations in the southwestern sector of the ore field, related to the selective silicified and carbonatized sequences of flysch arenites. As products of sulfide supergene transformations, first of all, the limonite-goethite relics and Sb-oxides (valentinite, senarmontite, kermesite) are present. Hydrothermal alterations in wallrock in the domain of mineralized portions of the Kaludra ore field, beside ankeritic-oligonitic (Fe-Mn carbonates and secondary oxides or hydroxides) carbonatization and silification of marly sandstones and flysch siltstones, in dykes of Tertiary intermediate volcanites, the intensive hydrothermal argillic alteration (kaolinization) and propylization is present.

Data on spatial position of sulfide mineralizations and relations inside paragenetical association have roughly evidenced the processes of hydrothermal activity in mesothermal (also low-temperature at periphery) ranges of subvolcanic depositional levels. It could formally be supposed that the Fe, Zn, Pb, Sb, As and other sulfides originated from the complex sulfide hydrothermal solutions at temperatures 200°C - 250°C. Changes of paragenetic relations expressed through alternations of medium-temperature Fe, Pb, Zn, Sb (As, Ag) association and low-temperature mineralization in space, could be considered as a consequence of spatial zonality in the framework of the Kaludra ore field.

According to prognosis criteria, in accordance with features of lateral and vertical zonality, presence of a pure Pb-Zn sulfide mineralization, as potential economically the most important type of deposit, is supposed in deeper levels. The Lozna mineralization type in the Sb-zone would correspond to the highest erosional levels. To deeper levels would be confined the Kaludra nonferrous Zn, Pb and Sb mineralization, and the deepest parts in the domain of local tectono-magmatic structures in level of subvolcanites would be occupied by a Pb-Zn mineralization of the Ostatije or Izubre Pb-Zn ore field in the northeastern part of the Golija ore district (Fig. 3).

According to morphogenetic characteristics, mineral paragenesis, intensity and sizes of ore outcrops and alteration of wallrock, the mineralization itself would be not of a greater practical importance. If it represents, however, apical parts of the chief Pb-Zn mineralization, not affected by erosion, taking into consideration litho-structural favorability of the flysch medium, as it has been schematically presented on the prognostic section, its economical importance would be much greater.

### TRACES OF MINING-SMELTER ACTIVITY AND TOPONYMS

At the end of 16th century two monks - Demian and Paul in a letter to pope Clement the 8th, writting - among others - that "across Senica is Ras and Novi Pazar, there are numerous mines where silver is excavated". This is a historical record certainly rela-



ted to the Kaludra deposit, as it has been ascertained by Simić (1955), an excellent historian of mining in this country. Numerous remnants of medieval mining and smelter activity and local toponyms testify for mining in the Kaludra ore field. This kind of indirect evidences of metallization has been noticed by Simić (1955), during geological prospecting of the larger Golija area, mentioning "about a hundred larger or smaller shafts" only at Kaludra. After this author, distribution, size and way of manufacture of these workings, point out the "Saxon style of mining workings" the same as at "Novo Brdo Glama". The main goal of that activity was, as it was the case at other numerous geologically similar localities of medieval Serbia, excavation for noble metals – silver and gold. Such a conclusion has been substantiated by findings of minute drops of native gold and electrum 5 – 25  $\mu\text{m}$  in size in the polished sections of slags from the Kaludra locality. Numerous old pits and other mining excavations are visible at the Kaludra hill above Paresija stream, then at Kula and its southern slope. Numerous fragments of smelter slags are found in alluvial deposits of the Paresija stream, especially of the Dezeva river, where existed a considerable smelter. Among the toponyms whose etymology also reminds to historical marks of former mining, the following are to be mentioned: Ceo, Paresija, Paresije Hill, Rovište (excavation), Djurina Rupa (hole), Sase (Saxon), Sasko Brdo (Saxon Hill). At any case, non-geologic evidences, visible in the Kaludra ore field would not be neglected as prospective sign for localization and directing of workings for discovery of mineralization.

### CONCLUSION

The Kaludra ore field is one in the suite of smaller base-metals ore field in the western part of the Kopaonik ore district along the adjoining Dinarides belt with the Vardar zone. It originated during Tertiary calc-alkaline magmatic activity inside the tectonized rock complex of Senonian flysch, less commonly of melange of the Diabase-Chert Formation. The ore complex, paragenetically related to intruded dykes of volcanites constitutes the Pb, Zn, Sb, Ag (As, Cd) association as a morpho-type for hydrothermal processes. The analysis of controlling factors of local metallogenic prognosis has defined relation and link of mineralization with subvolcanic-volcanic facies of magmatite dykes, structures and lithofacial depositional environment. Along with outline and prognosis of structural-geological, structural-morphological features of mineralization, particularly the prospecting features of metallization have been analyzed ore outcrops, through wallrock alterations and traces of old mining-smelter activity in the base-metals ore field Kaludra.

*Translated by A. Antonovic*

### ЛИТЕРАТУРА – REFERENCES

- Dangić A. i Stajević B., 1994: Geohemija magmatskih stena tercijarne starosti područja Golije - Zbornik radova RGF, 32/33, 33-42, Beograd.
- Simić V., 1955: Kratak osvrt na metalizaciju planina Golije i Radočela sa pregledom rudnih pojava - Tehnika, 5, 689-693, Beograd.

- Stajevic B., 1982: Metalogenetske karakteristike Golije.– X Kongres geologa Jugoslavije, II, 359–373, Budva.
- Stajevic B., 1986: Tercijame tektonomagnatske strukture Golije i njihov metalogenetski značaj.– XI Kongres geologa Jugoslavije, knj. 4, Mineral. sirov., 1–14, Tara.
- Stajevic B., 1987: Magmatizam Golije i njegov metalogenetski značaj.– Zbornik radova RGF, 26, 7–16, Beograd.
- Stajevic B., 1990: Rudna polja Golije.– XII Kongres geologa Jugoslavije, Referati, III, 838–853, Ohrid.
- Стајевич Б. (=Stajevic), 1996: Геохемијско поље Калудре.– Геол. ан. Балк. полуос., 60/1, 305–318, Београд.