**EPIDOTIZACIJA SANIDINA U KVARCLATITIMA GROTA**

Danica Srećković-Batoćanin1, Suzana Erić1, Nikola Novičić2, Nikola Pašajlić2 & Natalija Batoćanin3

1 - Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Đušina 7, 11000 Beograd

2 - Rudnik olova i cinka „Grot“ doo., Kriva Feja bb, Kriva Feja 17543

3 - Univerzitet u Beogradu, Geografski fakultet, Studentski trg 3, 11000 Beograd

e-mail: [danica.sreckovic@rgf.bg.ac.rs](mailto:danica.sreckovic@rgf.bg.ac.rs)

**Ključne reči: Grot, kvarclatiti, sanidin, epidot, albit, coisit**

Summary:

**EPIDOTIZED SANIDINE IN QUARTZLATITES FROM GROT**

Propylitic alteration is very common in Upper Cretaceous-Tertiary volcanic rocks in Serbia. Quartzlatites in Grot, assessed by one of the exploration boreholes at the depth of about 550 m display holocrystalline porphyritic texture with sanidine phenocrysts up to 1.5 x 2 cm. Elements of sieve, poikilitic and glomeroporphyritic textures were additionally recognized by means of microscope. Phenocrysts include sanidine, plagioclase, quartz, biotite, and amphibole. Secondary minerals are chlorite, epidote, zoisite, Fe-hydroxide, rare calcite and illite. In sanidine phenocrysts appear fan-shaped aggregates of elongated epidote and subordinated zoisite crystals (fig. 1a, b). SEM-EDS analysis revealed 85.8 to 96.1 % of orthoclase component in sanidine, and 3.9 – 14.2 % of albite component (table 1). Plagioclase, appearing in lamellar euhedral crystals, according to results obtained by SEM-EDS analysis is albite with 94.2 to 98.2 % sodium component. Anorthite content in plagioclase is up to 3.5 %, whereas the maximal detected amount of orthoclase component is 3.9 % (table 1). Quartz appears in rounded, embayed phenocrysts revealing the sieve texture and displaying undulatory extinction (fig.1c). Biotite is completely replaced by chlorite. The amphibole is also fully replaced and was identified due to crystallographic contours and the assemblage of secondary minerals: chlorite-epidote-calcite (fig. 1e). Chlorite formed at the expense of amphibole and biotite is considered ripidolite (Hey, 1954). Epidote and zoisite are mostly distributed over K-feldspars, but also occur in veins and irregular aggregates in the groundmass (fig. 1d). Epidote displays uniform composition, low iron, and manganese (table 2). The values XEp (Fe3+/ Fe3+ + Al – 2) between 0.66 and 0.77 assume all Fe is Fe3+ (Pacey et al., 2020). Between epidote grains relics of K-feldspar could be detected (fig. 1f).

According to mineral composition and secondary alterations, the investigated rocks were considered propylitic altered quartz-latites. The assemblage chlorite - epidote is indicative for temperature range 240-300° C, i.e., for the outer/peripheral propylitic zone. Intensive leaching of calcium from plagioclase, due to presence of pure albite, preceded propylitic alteration. Hydrothermal fluids with SiO2 and Na led to albitization of primary plagioclase by the following reaction (Orville, 1962):

CaAl2Si2O8 + 4SiO2 + 2Na+ → 2NaAlSi3O8 + Ca2+ (1)

The released Ca (from plagioclase and to a lesser extent from amphibole) is suggested to be introduced in hydrous fluid and to react with alumina in K-feldspars to produce epidote and zoisite (subordinated) after sanidine. The source of calcium as well as the above-mentioned reaction have been approved by explorations in the porphyry copper deposit Yerington (Nevada), in the copper-gold deposit in the Eastern Mount Isa Block in Australia and granitic rocks in Appalachian Mountains in Newfoundland (Oliver et al., 2004; Dilles & Einaudi, 1992; Magyarosi, 2022). According to Collins (1997) the epidotization of K-feldspar is the indication of Al mobility, opposite a common opinion among petrologists that Al is immobile in most geologic processes. The best example of epidotization of K-feldspar is probably within the contact metasomatic deposit of base and precious metals in Orogrande district, New Mexico (Simmons, & Delventhal, 2021). Finally, the epidotization of K-feldspar is uncommon and rare alteration but has been recorded worldwide, and in Serbia for the first time.

**Uvod**

Rudnik olova i cinka, Grot, poznat i pod imenima Blagodat i Kriva Feja, pripada rudnom ležištu Blagodat, koji je deo istoimenog rudnog polja na jugoistočnom obodu Surduličkog granodioritskog kompleksa površine oko 80 km2. Rudno polje je u kristalinu gornjeg (vlasinskog) kompleksa u kome su pored olova i cinka zapažene brojne pojave, pa i ležišta, Cu, Mo, kvarcita, fosforita, magnetita, Cr i Ti. U geotektonskom pogledu ovaj prostor deo je Srpskomakedonske mase, odnosno Srpsko-makedonske metalogenetske provincije (Janković, 1990; Simić, 2001).

Najveće rudno ležište je Blagodat, u čijem sklopu je rudnik Grot. Ležište je skarnovsko-hidrotermalnog tipa, a obrazovano je u širokom temperaturnom intervalu. Izdvojeno je više faza orudnjenja sa karakterističnim mineralnim asocijacijama: skarnovska, prelazna (visokotemperaturna), mezotermalna (sa glavnim koncentracijama galenita i sfalerita), i faza supergene transformacije.

Geološka gradja šireg prostora prikazana je na listu Trgovište sa Radomirom, osnovne geološke karte, 1 : 100. 000 (Babović i Cvetković, 1976). Teren izgradjuju kristalasti škriljci staropaleozojske, redje proterozojske starosti u koje su intrudovane granitoidne stene ordovicijske (Vlajna, Božica, Jarešnik) i paleogene starosti, i oligocen-miocenski vulkaniti. Najmarkantniji je surdulički pluton granodioritskog sastava, eocenske starosti od 36±1Ma (Antić et al., 2012). Ova diskordantna, duboko erodovana intruzija, otkrivena je na površini od oko 225 km2. Rezultat je konsolidacije mešanih magmi, parcijalnih rastopa iz gornjeg omotača i iz najdubljih delova kontinentalne kore, nastalih u fazi kolizije evroazijske i afričke ploče (npr. Cvetković et al., 2004). Pavlović (1957) smatra da je surdulički masiv intrudovan u dve faze i da je tom prilikom doveo do metamorfnih i metasomatskih promena stena u koje je intrudovan. Na osnovu asocijacije minerala u kontaktno-metamorfnom oreolu surduličkog plutona Vasković (1997) izdvaja četiri zone i osam subzona.

Geologiju samog ležišta i neposredne okoline detaljno je opisao Smejkal (1957) i ukazao da je glavnoj, hidrotermalnoj fazi orudnjenja prethodila inicijalna, pneumatolitska faza.

Kvarclatiti Grota, otkriveni u jednoj od istražnih bušotina na dubini od oko 550 m su stene sivozelene boje, masivne teksture i holokristalaste porfirske strukture sa fenokristalima sanidina dimenzija i do 1,5 x 2 cm. Unutar pojedinih fenokristala sanidina uočena su lepezasta nagomilanja epidota i coisita, neuobičajeni sekundarni minerali u kalijskim feldspatima, što je bio razlog njihovog detaljnijeg ispitivanja. Istom bušotinom je na dubini od 600 m zahvaćeno plutonsko telo (granodioritsko-kvarcmonconitskog sastava), koje je od nekih 800 m intenzivno kataklazirano i po klasifikaciji Fosena (Fossen, 2016) svrstano u protokataklazite.

**Metode ispitivanja**

Ispitivanja mineralnog sastava i sklopa uzoraka kvarclatita vršena su nakon makroskopskih, mikroskopskim ispitivanjima u polarizacionom mikroskopu Leica DMLSP koji je povezan sa kamerom Leica DFC290 HD preko programa LAS V4.1.

U cilju detaljnijih podataka o prisutnim mineralnim fazama, u laboratoriji za skenirajuću elektronsku mikroskopiju urađene su SEM-EDS (Scanning Electron Microscopy with Energy Dispersive Spectroscopy) analize korišćenjem elektronskog mikroskopa tipa JEOL JSM–6610LV koji je povezan sa energo-disperzionim spektrometrom tipa X – Max Large Area Analytical Silicon Drift (Oxford) u uslovima visokog vakuuma. Površine poliranih preparata su prethodno naparene provodničkim slojem ugljenika na naparivaču tipa BALTEC – SCD – 005. Slike uzoraka dobijene su pomoću detektora za povratno-rasute elektrone (BSE), korišćenjem volframskog filamenta kao izvora elektrona. Kvalitativne hemijske analize faza urađene su uz upotrebu spoljašnjih standarda (minerali i čisti metali).

Sva ispitivanja obavljena su na Departmanu za mineralogiju, kristalografiju, petrologiju i geohemiju Rudarsko-geološkog fakulteta Univerziteta u Beogradu.

**Prikaz rezultata ispitivanja**

Kvarclatiti su izgradjeni od sanidina, plagioklasa, kvarca, biotita i amfibola, koji su i fenokristali. Sekundarni minerali su hlorit, epidot, coisit, deo neprovidnih minerala Fe, redak kalcit i ilit. Fenokristali sanidina u kvarclatitu sadrže praškaste inkluzije neprovidnih minerala, nekad su korodovanih ivica, a unutar pojedinih fenokristala zapažaju se „lepeze“ izduženih kristala epidota i coisita tako da je često očuvan samo obod kristala sanidina (sl.1a, b). SEM-EDS analize K-feldspata dale su sadržaje ortoklasne komponente od 85,8 do 96,1 %, odnosno 3,9 - 14,2 % albitske komponente (tabela 1). Oznake minerala u tabelama su po medjunarodno priznatim skraćenicama (Whitney & Evans, 2010). Plagioklas se pojavljuje u idiomorfnim, polisintetički bližnjenim kristalima, dimenzija do 1 x 1.5 mm. Zamućene površine pojedinih kristala plagioklasa ukazuju na rani stadijum argilitizacije. Često formiraju grupe od nekoliko gusto zbijenih kristala, dajući steni elemente glomeroporfirske strukture. Plagioklas prema rezultatima SEM-EDS analize sadrži 94,2 do 98,2 % albitske komponente, do 3,5 % anortitske komponente, i maksimalno 3,9 % ortoklasne komponente (tabela 1). Kvarc je zastupljen sa ovalnim kristalima, skoro redovno nagriženih ivica koje uz kapljičaste inkluzije u kvarcu daju steni elemente sitaste strukture (sl.1c). Pomračuje talasasto. Biotit je potpuno zamenjen hloritom koji pokazuje izražen polihroizam od svetlosmedje do zelene boje, i ljubičaste interferentne boje. Hlorit nastao na račun amfibola i biotita je po, sastavu ripidolit (Hey, 1954). Epidot i coisit se uglavnom javljaju unutar K-feldspata, ali i u žicama i nepravilnim sočivastim nagomilanjima u osnovnoj masi (sl. 1d). Amfiboli su takodje potpuno zamenjeni asocijacijom hlorit – epidot - kalcit. Identifikovani su na osnovu kristalografskih kontura i asocijacije sekundarnih minerala (sl. 1e). Relikti K-feldspata mogu se uočiti i između samih zrna epidota (sl. 1f).

A picture containing map, text

Description automatically generated

*Slika 1. Specifične mineralne vrste u izmenjenom kvarclatitu a) epidot u K-feldspatu, b) „lepeze“ epidota, c) resorbovani fenokristali kvarca, d) žica epidota, e) BSE snimak relikta amfibola sa sekundarnim epidotom i hloritom, f) BSE snimak relikata K-feldspata između zrna epidota*

Epidot je uniformnog sastava, sa niskim sadržajem gvožđa i mangana (tabela 2). Vrednosti XEp (Fe3+/ Fe3+ + Al – 2) od 0.66 do 0.77 ukazuju da je svo Fe prisutno kao Fe3+ (Pacey, et al., 2020).

*Tabela 1. Reprezentativne hemijske analize plagioklasa i K-feldspata*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Pl | Pl | Pl | Pl | Pl | Kfs | Kfs | Kfs | Kfs |
| SiO2 | 67.01 | 66.50 | 67.81 | 66.99 | 63.91 | 63.08 | 62.85 | 63.52 | 63.35 |
| Al2O3 | 21.32 | 21.75 | 20.86 | 20.93 | 23.44 | 19.32 | 19.24 | 19.48 | 19.66 |
| CaO | 0.28 | 0.70 | 0.23 | 0.25 | 0.31 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Na2O | 10.62 | 10.44 | 10.91 | 10.48 | 8.74 | 0.58 | 0.44 | 0.45 | 1.54 |
| K2O | 0.67 | 0.38 | 0.11 | 0.55 | 2.33 | 16.08 | 16.39 | 15.98 | 14.15 |
| BaO | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.36 | 0.88 | 0.64 | 0.00 |
| Total | 99.90 | 99.77 | 99.92 | 99.20 | 98.73 | 99.42 | 99.80 | 100.07 | 98.70 |
| Preračun na bazi 8 kiseonika | | | | | | | | | |
| Si | 2.942 | 2.927 | 2.976 | 2.966 | 2.859 | 2.930 | 2.920 | 2.941 | 2.945 |
| Al | 1.103 | 1.128 | 1.079 | 1.092 | 1.236 | 1.058 | 1.053 | 1.063 | 1.077 |
| Ca | 0.013 | 0.033 | 0.011 | 0.012 | 0.015 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Na | 0.904 | 0.891 | 0.928 | 0.900 | 0.758 | 0.052 | 0.040 | 0.040 | 0.139 |
| K | 0.038 | 0.021 | 0.006 | 0.031 | 0.133 | 0.953 | 0.971 | 0.944 | 0.839 |
| Ba | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.007 | 0.016 | 0.012 | 0.000 |
|  | | | | | | | | | |
| Ab(%) | 94.7 | 94.2 | 98.2 | 95.4 | 83.7 | 5.2 | 3.9 | 4.1 | 14.2 |
| An(%) | 1.4 | 3.5 | 1.1 | 1.3 | 1.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Or(%) | 3.9 | 2.3 | 0.6 | 3.3 | 14.7 | 94.8 | 96.1 | 95.9 | 85.8 |

Akcesorni apatit, po hemizmu fluoroapatit, se nalazi u osnovnoj masi. Neprovidni minerali su većinom sekundarnog porekla, oslobodjeni u amfibolima i biotitu duž ravni cepljivosti. Retki idiomorfni kristali, najverovatnije pirita, su u sadržajima do 3 % vol.

*Tabela 2. Reprezentativne hemijske analize coisita i epidota*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Zo | Zo | Ep | Ep | Ep | Ep | Ep | Ep | Ep | Ep |
| SiO2 | 38.17 | 36.77 | 38.03 | 37.32 | 37.21 | 36.69 | 37.49 | 37.44 | 36.91 | 37.31 |
| Al2O3 | 23.52 | 21.50 | 23.93 | 25.13 | 25.47 | 25.95 | 24.68 | 22.24 | 24.70 | 25.47 |
| FeO | 0.00 | 3.69 | 11.75 | 11.71 | 12.71 | 11.85 | 11.95 | 13.78 | 12.10 | 11.32 |
| MnO | 0.00 | 0.00 | 0.36 | 0.24 | 0.45 | 0.27 | 0.31 | 0.00 | 0.40 | 0.68 |
| CaO | 36.31 | 36.00 | 23.66 | 23.66 | 22.60 | 23.28 | 23.54 | 24.18 | 23.83 | 23.25 |
| Total | 98.00 | 97.96 | 97.73 | 98.06 | 98.44 | 98.04 | 97.97 | 97.64 | 97.94 | 98.03 |
| Proračun na bazi 12,5 kiseonika | | | | | | | | | | |
| Si | 3.042 | 2.970 | 2.994 | 2.928 | 2.907 | 2.879 | 2.946 | 2.973 | 2.910 | 2.927 |
| Al | 2.209 | 2.047 | 2.221 | 2.324 | 2.345 | 2.400 | 2.285 | 2.082 | 2.295 | 2.355 |
| Fe3+ | 0.000 | 0.249 | 0.774 | 0.768 | 0.830 | 0.778 | 0.785 | 0.915 | 0.798 | 0.743 |
| Mn | 0.000 | 0.000 | 0.024 | 0.016 | 0.030 | 0.018 | 0.021 | 0.000 | 0.027 | 0.045 |
| Ca | 3.101 | 3.116 | 1.996 | 1.989 | 1.892 | 1.957 | 1.982 | 2.058 | 2.013 | 1.954 |

Na osnovu mineralnog sastava i sekundarnih izmena, ispitivane stene su odredjene kao propilitisani kvarclatiti. Asocijacija hlorit + epidot ukazuje na opseg temperatura 240-300° C, odnosno na spoljašnju propilitsku zonu (240°C je minimalna temperatura potrebna za obrazovanje epidota). Propilitizaciji je prethodilo intenzivno izluživanje kalcijuma iz plagioklasa, čemu u prilog govori prisustvo albita. „Izlužena“ kalcija se zadržava u fluidu, dok Na zaostaje i učestvuje u obrazovanju Na-bogatih plagioklasa.

**DISKUSIJA**

Propilitska alteracija je veoma česta u gornjokredno-tercijarnim vulkanitima Srbije. Karakteristična mineralna asocijacija: *kvarc + hlorit + epidot + kalcit ± albit ± Kf ± pirit*, indikativna je za tzv. perifernu, nižetemperaturnu zonu (280-300ºC), dok je asocijacija unutrašnje propilitske zone na višim temperaturama (300-400ºC): *aktinolit* + *epidot* + *biotit* + *magnetit* (Thompson & Thompson, 1996). Pomenuti minerali javljaju se kao pseudomorfoze po plagioklasima (kalcit + epidot ± sericit), biotitu (hlorit) i amfibolu (kalcit + hlorit + epidot, odnosno aktinolit). Najvažniju ulogu u procesima propilitizacije imaju rastvori bogati sa CO2 i H2S.

Propilitizaciji kvarclatita Grota prethodilo je intenzivno izluživanje kalcijuma iz plagioklasa, ali i amfibola, delovanjem kiselih magmatskih fluida sa sadržajem SiO2 i Na prema reakciji 1:

CaAl2Si2O8 + 4SiO2 + 2Na+ → 2NaAlSi3O8 + Ca2+ (1)

Oslobodjena kalcija ostaje rastvorena u fluidu i najčešće se transportuje kao CaCl2 (Richardson & Holland, 1979), dok Na zaostaje i omogućava obrazovanje Na-bogatih plagioklasa (Orville, 1962). Izluživanje Ca, ali i drugih elemenata (Fe, K, Ba, Sr, Co, Pb, idr.) i njihovo ugradjivanje u fluide koji nastavljaju da cirkulišu kroz sistem potvrdila su i proučavanja u porfirskom ležištu bakra (Yerington, Nevada) i Eastern Mount Isa Block (Oliver et al., 2004; Dilles & Einaudi, 1992). Ovi autori smatraju da ovakvu alteraciju ne mogu proizvesti fluidi magmatskog porekla jer imaju manje NaCl nego što je potrebno za formiranje albita na račun drugih minerala, u odnosu na KCl ili HCl, i da su najverovatnije meteorskog porekla. Medjutim, Hemley i Jones (1964) su utvrdili da odnos NaCl/HCl u ostatku rastopa čija se zapremina povećava, raste sa padom temperature, odnosno sa napredovanjem kristalizacije. Ovi rano izdvojeni rastvori su najčešće visokog saliniteta (zbog smanjene kompatibilnosti Cl u rastopu), niskih pH vrednosti (pH<3), kakvi su potrebni za alteracija amfibola i albitizaciju (Richardson and Holland, 1979). Da su primarni Ca- feldspati i amfiboli izvor Ca za obrazovanje minerala poput fluorita, kalcita i epidota, potvrdila su proučavanja granita u Avalon zoni Apalačkih planina u Njufaundlendu (Magyarosi, 2022).

Epidotje najčešće produkt hidratacije Ca- i Al-minerala, kakvi su plagioklasi i hornblenda. Medjutim, u stenama u kojima su primarni Ca minerali transformisani (kakav je slučaj sa amfibolima i plagioklasima u ispitivanim kvarclatitima), sekundarni epidot obrazuje se kroz reakciju Ca iz fluida i Al iz minerala. Epidotizacija K-feldspata je primer takve reakcije, a potvrdjena je od strane Kolinsa (Collins, 1997), koji je demantovao široko prihvaćeno gledište da je Al relativno imobilan u većini geoloških procesa. Epidotizacija K-feldspata je dokazana i u kontaktno-metasomatskom ležištu obojenih i plemenitih metala (Simmons, & Delventhal, 2021) u rejonu Orogrande, Novi Meksiko.

**ZAKLJUČAK**

Propilitska alteracija je veoma česta u gornjokredno-tercijarnim vulkanitima Srbije. Na osnovu mineralnog sastava i sekundarnih izmena ispitivane stene su odredjene kao propilitisani kvarclatiti. Asocijacija hlorit - epidot ukazuje na opseg temperatura 240-300° C, odnosno na spoljašnju propilitsku zonu. Propilitizaciji je prethodilo intenzivno izluživanje kalcijuma iz plagioklasa, nakon čega je usledila epidotizacija K-feldspata. Epidotizacija K-feldspata jeste neuobičajena i retka, ali je zabeležena. Ovog puta i u Srbiji.

**Reference**

1. Antić, M., et al. (2012): Protholithic age and geochemistry of magmatic rocks from the Serbo-macedonian massif (south Serbia, southwest Bulgaria and Macedonia). EGU General Assembly Conference Abstracts, 5638.
2. Babović, M., & Cvetković, D., (1976): OGK SFRJ 1:100,000, list Trgovište sa Radomirom, Savezni geološki zavod, Beograd.
3. Cvetković, V., et al. (2004): Origin and geodynamic significance of Tertiary postcollisional basaltic magmatism in Serbia (central Balkan Peninsula). Lithos 73, 161 – 186, Elsevier.
4. Collins, L.G., 1997. The mobility of iron, calcium, magnesim, and aluminium during K- and Si-metasomatism, In Myrmekite and metasomatic granite (ISSN: 1526-5757), Chapter 17.
5. Dilles, J.H. and Einaudi, M.T. (1992) Wall-Rock Alteration and Hydrothermal Flow Paths about the Ann-Mason Porphyry Copper Deposit, Nevada-a 6-km Vertical Reconstruction. Economic Geology, 87, 1963-2001.
6. Fossen, H., (2016): Structural Geology. 2nd edition. Cambridge University Press, Cambridge.
7. Hemley, J.J., Jones, W.R., (1964): Chemical aspects of hydrothermal alteration with emphasis on hydrogen metasomatism. Econ Geol 59:538–569.
8. Hey, M.H., (1954): A new review of the chlorites: Mineralogical Magazine, v. 30, p. 277‐292.
9. Janković, S., (1990): Rudna ležišta Srbije. Regionalni metalogenetski položaj, sredine stvaranja i tipovi ležišta. Republički društveni fond za geološka istraživanja, Katedra ekonomske geologije, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd, 760 str.
10. Magyarosi, Z., (2022): Late-magmatic processes in the St. Lawrence Granite: Implications for fluorite mineralization Journal of Geochemical Exploration 239 (2022) 107014.
11. Oliver, N.H.S., et al., (2004): Modeling the Role of Sodic Alteration in the Genesis of Iron Oxide-Copper-Gold Deposits, Eastern Mount Isa Block, Australia, [Economic Geology](https://www.researchgate.net/journal/Economic-Geology-0361-0128) 99(6):1145-1176.
12. Orville, P. M., (1962): Alkali metasomatism and feldspars: Norsk Geologisk Tiddskrift, v. 42, p. 283-316.
13. Pacey, A., et al., (2020): Chlorite and epidote mineral chemistry in porphyry ore systems: a case study of the Northparkes district, NSW Australia. *Economic Geology,* 115/4: 701-727. doi. https://doi.org/10.5382/econgeo.4700
14. Pavlović, S., (1957): Petrološko-mineraloška studija terena Surdulice. Fond Grota, Vranje, 179 str.
15. Richardson, C.K., & Holland, H.D. (1979): Fluorite Deposition in Hydrothermal Systems. Geochimica et Cosmochimica Acta, 43, 1327-1335.
16. Simić, M., (2001): Metalogenija zone Mačkatica-Blagodet-Karamanica. Posebna izdanja Geoinstituta, knjiga 28, Beograd, 335 str.
17. Simmons, P., & Delventhal, E., (2021): Rediscovery of Epidote Pseudomorphs after Orthoclase from the Orogrande District, Otero County, New Mexico, Rocks & Minerals, 96:6, 502-511.
18. Smejkal, S., (1957): Olovno-cinkano ležište Blagodat, Vesnik Zavoda za geološka i geofizička istraživanja NRS, XIV, Beograd, 51-67.
19. Thompson, A.J.B. & Thompson, J.F.H., (Editors) (1996): Atlas of Alteration, A Field and Petrographic Guide to Hydrothermal Alteration Minerals, Geological Association of Kanada, Mineral Deposits Division, p 119.
20. Vasković, N., (1997): Petrologija kontaktno metamorfnih stena oko granitoidnog masiva Surdulice. Doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd, 458-485.
21. Whitney, L.D., & Evans, W.B., (2010): Abbreviations for names of rock-forming minerals. American Mineralogist, Volume 95, pages 185–187.