

UNIVERSITATEA DIN BUCUREȘTI
FACULTATEA DE GEOLOGIE ȘI GEOFIZICĂ
RELAȚIA DINTRE MAGMATISM ȘI METALOGENEZĂ ÎN ARIA
ZĂCĂMINTELOR ROȘIA MONTANĂ ȘI ROȘIA POIENI,
MUNȚII METALIFERI

Teza de doctorat

-Rezumat-



CONDUCATOR ȘTIINTIFIC

Prof. Dr. Gheorghe C. POPESCU

DOCTORAND

Luisa Elena IATAN

-2008-

Cuprins

Introducere:.....	5
II. Cadrul geologic regional	8
II.1. Cadrul geologic al Munților Apuseni de Sud.....	8
II.1.1. Activitatea magmatică în Munții Apuseni de Sud.....	8
II.1.1.2. Magmatismul Terțiar.....	8
II.2. Evoluția tectonică a Munților Apuseni de Sud	10
III. Cadrul geologic-structural al regiunii Roșia Montană-Roșia Poieni	11
III.1. Fundamentul regiunii.....	11
III.2. Învelișul sedimentar Cretacic	12
III.3. Activitatea vulcanică și produsele ei	12
III.3.1. Activitatea vulcanică în bazinul Roșia Montană.....	12
III.3.2. Vârsta activității vulcanice	13
III.3.3. Tipurile petrografice ale Bazinului Roșia Montană	14
III.3.3.1. Formațiunea vulcanogen-sedimentară	14
III.3.3.2. Dacitele de Roșia Montană	15
IV.3.3.3. Structurile de brecii hidrotermale de la Roșia Montană	15
III.3.4. Tipurile petrografice ale structurii Roșia Poieni	16
III.3.4.1. Andezitul (microdioritul) cu amfiboli și piroxeni (tip Fundoaia)	16
III.3.4.2. Andezite amfibolice (tip Arama-Poieni).....	16
III.3.4.3. Andezite amfibolice cu piroxeni (tip Rotunda).....	16
III.3.4.4. Andezite cu piroxeni și amfiboli (tip Poieni și Ruginis).....	17
III.3.4.5. Andezite cu amfiboli și biotit (tip Melciului)	17
III.3.4.6. Andezitele de Vârși.....	17
III.4. Date geochemice	18

III.4.1. Rezultate obținute.....	18
III.4.1.1. Roșia Montană	18
III.4.1.2. Roșia Poieni	18
IV. Activitatea hidrotermală în cadrul nodului metalogenetic Roșia Montană - Roșia Poieni.....	20
IV.1. Câmpul metalogenetic Roșia Montană.....	20
IV.1.1. Tipuri de alterații hidrotermale	20
IV.1.2. Tipuri de mineralizații	21
IV.1.3. Distribuția mineralizației.....	22
IV.2. Câmpul metalogenetic Roșia Poieni.....	23
IV.2.1. Tipuri de alterații hidrotermale	23
IV.2.2. Tipuri de mineralizații.....	23
IV.2.3. Distribuția mineralizației.....	24
IV.3. Date noi privind mineralizațiile de la Roșia Montană și Roșia Poieni.....	25
IV.3.1. Date generale privind metodele de studiu utilizate	25
IV.3.1.1. Studiul cu microsonda și microscopul electronic (SEM/MEB).....	25
IV.3.2. Rezultate obținute	26
IV.3.2.1. Roșia Montană.....	26
IV.3.2.1.1. Studiul microscopic și macroscopic al eșantioanelor.....	26
IV.3.2.1.2. Studiul cu microscopul electronic SEM (MEB).....	28
IV.3.2.1.3. Studiul cu ajutorul microsondei electronice	28
IV.3.2.2. Roșia Poieni.....	29
IV.3.2.2.1. Studiul eșantioanelor	29
IV.3.2.2.1.1. Studiul cu ajutorul SEM (MEB).....	31
IV.3.2.2.1.2. Studiul cu ajutorul microsondei electronice	32
V. Studiul cuarțului de la Roșia Montană și Roșia Poieni	33
V.1. Catodoluminiscența	33

V.1.2. Rezultate obținute.....	33
V.1.2.1. Roșia Montană	33
V.1.2.2. Roșia Poieni	34
V.2. Studiul incluziunilor fluide și de topituri silicatiche.....	34
V.2.1. Incluziunile fluide.....	34
V.2.1.1. Introducere	34
V.2.1.2. Rezultate obtinute	35
V.2.1.2.1. Roșia Montană.....	35
V.2.1.2.1.1. Fenocristalele de cuarț magmatic din dacitele de la Roșia Montană.....	36
V.2.1.2.1.1.1. Incluziunile de topituri magmatice și minerale.....	36
V.2.1.2.1.1.2. Incluziunile fluide	36
V.2.1.2.1.2. Fenocristalele de cuarț hidrotermal	37
V.2.1.2.2. Roșia Poieni.....	37
V.3. Fluorescența de raze X.....	39
V.3.1. Roșia Montană.....	39
V.3.1.1. Cuarțul magmatic.....	39
V.3.1.2. Cuarțul hidrotermal.....	39
V.3.2. Roșia Poieni.....	39
VI. Condiderații metalogenetice	39
VI.1. Evoluția metalogenetică a zăcămintelor Roșia Montană și Roșia Poieni.....	41
Concluzii:	44
Bibliografie:	49

Introducere:

Zăcămintele Roșia Montană (Au-Ag) și Roșia Poieni (porphyry copper) sunt situate în Munții Apuseni de Sud, în partea central estică a Munților Metaliferi, Judetul Alba și fac parte din districtul metalogenetic Roșia-Bucium, din așa numitul „Patrolater aurifer”.

Roșia Montană (în latină Alburnus Maior, în germană Goldbach, în maghiară Verespatak) este localizată în Munții Apuseni de Sud (lat 46⁰18' N și long 23⁰08' E), la o altitudine de 850 de metri deasupra nivelului mării și la o distanță de 135 km de Cluj-Napoca, la 81 km de Alba-Iulia, la 15 km de Câmpeni și respectiv 10 km de Abrud.

Acest zăcământ situat în Valea Roșiei, care este străbătută de râul Roșia, a fost exploatat de peste 2000 de ani, fiind unul din cele mai bogate zăcăminte de aur din lume. Urmele acestor exploatări vechi se cunosc și astăzi prin rețeaua de galerii subterane de peste 140 km și numeroasele lucrări miniere de suprafață.

Roșia Montană a purtat de-a lungul timpului mai multe denumiri, precum Alburnus Maior, Albournon Megale, Roșia Abrudului, Roșia de Munte, Verespatak sau Goldbach (Lecca, O.G., 1937, <http://rosiamontana.wordpress.com>).

Denumirea antică Alburnus Maior ar avea după părerea filologului clasic și epigrafistului I.I.Russu origine dacică, rădăcina “alb” fiind de origine dacică, ei fiindu-i adăugată o terminație latină (Russu, I.I., 1969, în <http://rosiamontana.wordpress.com/about/trecut>).

Prima mențiune a localității antice se găsește în tăblițele cerate descoperite la Roșia, ceea ce determină localizarea toponimului antic. Astfel, numele așezării apare în 5 tăblițe cerate, în limba latină – Alburnus Maior - 4 tăblițe și în limba greacă – Albournon Megale – o tăbliță. Prima atestare documentară referitoare la Roșia Montană, sub numele de Alburnus Maior, provine dintr-o tăbliță cerată de epocă romană, datată 6 februarie 131 p. Chr (<http://rosiamontana.wordpress.com>).

Roșia Poieni reprezintă cel mai mare zăcământ cuprifer al României și al doilea în Europa, deținând peste 1 miliard tone de minereu cu 0,36% Cu și 1,8% S, reprezentând 64,5% din rezerva de cupru a țării.

Geografic, zăcămintul de minereuri cuprifere sărace de la Roșia Poieni, este situat la 23°10' longitudine estică și 46°20' latitudine nordică, în zona Munților Apuseni, în extremitatea sudică a Munților Metaliferi, la cca. 7 km sud de râul Arieș.

Administrativ, aceasta se găsește pe teritoriul comunei Lupșa, județul Alba. Zona înconjurătoare zăcămintului este muntoasă, cu cote cuprinse între 600m și 1250m și este brăzdată de văi adânci, specific regiunilor vulcanice, care sunt în general orientate, dinspre zăcămint spre nord în valea Arieșului și dinspre zăcămint spre sud, oprindu-se în valea Arieșului.

Acesta a fost decoperit prin programe de cercetare geologice, geochimice și geofizice, care au avut loc între anii 1960 și 1970 și este considerat cel mai mare zăcămint porphyry copper din cadrul Munților Apuseni. Zăcămintul Roșia Poieni a fost conturat pe o adâncime de peste 1200 m, între cotele 1046 m și -154 m fiind dezvoltat vertical, sub forma unui corp masiv cu secțiuni aproximativ eliptice, cu dimensiuni crescând de la 660/750m la cota + 956 m, la 840/820m la cota +551 m.

* * *

Primele mențiuni asupra activității miniere din zona cercetată sunt datate 1774 și aparțin lui Ignatz Eden. În 1789 prof. Muller von Reichenstein întocmește primul referat asupra regiunii Roșia Montană. În 1822 Beudant S. realizează o hartă geologică a Munților Metaliferi iar mai târziu, în 1863 apare lucrarea lui Hauer și Stacke intitulată „Geologia Siebenburgens” în care este discutată geologia zonei Roșia Montană. Alte indicații importante de ordin geologic se datorează cercetătorilor Cotta B. (1861), Posepny G.T. Tschermak, Dolter, Primics, Palfy M. (1905, 1912).

Mineralogia celor două zăcămint a fost abordată de Petruțian în 1934, Petruțian și Brana în 1952 și Petruțian et al., în 1978.

În lucrarea de sinteză asupra Munților Metaliferi, Ghițulescu și Socolescu, 1941, fac o descriere succintă asupra geologiei miniere din aria studiată și elaborează prima hartă geologică cu scara 1:75.000.

Începând cu 1955 Stefan R. și Cosma S. întocmesc harta unitară a regiunii Bucium-Roșia Montană-dealul Poieni, la scara 1:5.000, iar între 1957 și 1968 împreună cu Urcan T. întocmesc proiecte de cercetare cu foraje.

Alte studii privind mineralizația au fost efectuate de Brana V. în 1952, Giușcă D. & Pavelescu L. în 1952, 1954, Stefan R. și Cosma S. în 1962, Ștefan R. et al., 1975, Gurău A. și Gridan în 1972-1973, Gurău et al., 1975, Gheorgiu M., Soare C. și Ionescu O. în 1972, Ionescu O. 1974, Ionescu et al. 1975.

Studii recente asupra mineralizației și alterațiilor asociate celor două zăcăminte cercetate au fost efectuate de Milu V. 1999, Milu V. et al. (2004), Marza I. et al. (1990,1992,1997), Tamaș C., (1995, 2002), și de către compania Roșia Montană Gold Corporation, iar studiul incluziunilor fluide a fost efectuat de către Pintea I. (1995, 1999) și Ray & Wallier (2004).

Această teză își propune formarea unei imagini la zi asupra mineralizațiilor auro-argentifere de la Roșia Montană și porphyry copper de la Roșia Poieni și a relației dintre acestea și activitatea magmatică, care a avut loc în aria celor două zăcăminte.

Pentru a realiza aceasta, în prima parte au fost efectuate studii de teren pe parcursul primilor doi ani de doctorat, studii ale rocilor gazdă, a alterațiilor suferite și a mineralizațiilor cantonate în acestea. Studiile mineralogice și petrografice de laborator au fost efectuate în Laboratorul de Metalogenie al Facultății de Geologie și Geofizică din București și în Franța la Laboratorul G2R-Faculté de Science din cadrul Université Henri Poincaré din Nancy, iar la Ecole de Mines din Saint-Étienne au fost efectuate analize XRF.

În cea de-a doua parte au fost efectuate studii ale incluziunilor fluide și de topituri din cadrul cristalelor de cuarț de origine magmatică și hidrotermală, atât de la Roșia Montană cât și de la Roșia Poieni. Au fost făcute analize de microtermometrie și catodoluminescență în cadrul Laboratorului de Mineralogie și Petrografie al Facultății de Geologie și Geofizică din București.

În Franța, în cadrul G2R-Faculté de Science, Université Henri Poincaré din Nancy au fost efectuate analize de tip MEB (SEM) și cu microsonda electronică.

Toate aceste analize au fost posibile datorită câștigării în anul 2006 a unui grant oferit de SE Europe Geoscience Foundation (SEEGF) în cadrul Student Research Grant Award in Earth and Environmental Sciences-Economic Geology și în 2007 a unui grant CNCSIS de tip TD, contract CNCSIS-TD 37/oct/2007 cu titlul "Relația dintre magmatism și metalogeneză în aria zăcămintelor Roșia Montană și Roșia Poieni, Munții Metaliferi".

II. Cadrul geologic regional

II.1. Cadrul geologic al Munților Apuseni de Sud

Ca urmare a evoluției geologice pre-Alpine diferite, Munții Apuseni pot fi divizați în două unități structurale principale: Munții Apuseni de Nord (Munții Highis-Drocea, Codru-Moma, Bihor, Gilău, Pădurea Craiului, Vlădeasa, Plopiș și Meseș) și Munții Apuseni de Sud (Munții Metaliferi și Trascău).

Orogenul Carpatic, din care fac parte și Munții Apuseni, reprezintă un segment al Lantului Tethysyan care unește partea vestică a Alpilor cu sudul Rodopilor. Pentru teritoriul României acest orogen este constituit din resturi deformate ale crustei oceanice aparținând Tethys-ului și din margini continentale puternic deformate (Sandulescu, 1984, 1994). Cele două zone, internă (Carpații Interni) și externă (Carpații Externi), ale orogenului s-au realizat în Cretacic și, respectiv, Miocen.

II.1.1. Activitatea magmatică în Munții Apuseni de Sud

II.1.1.2. Magmatismul Terțiar

Activitatea vulcanică Terțiară, începută în Paleocen și continuată până în Pontian, s-a dezvoltat în bazine intramontane a caror formare a început în Paleocen și care sunt suprapuse unor fracturi regionale cu dezvoltare pe direcția NV-SE, fracturi ce aparțin sistemului Laramic.

În Neogen, reactivarea unor segmente ale acestui sistem de fracturi a produs noi mișcări de subsidență, conducând astfel la depunerea unor depozite de molasă groase și la formarea a numeroase edificii vulcanice, a structurilor subvulcanice și a metalogenezei asociate. Punctele de intersecție a aliniamentelor tectonomagmatice pre-laramice (direcție E-V și NE-SV) cu cele laramice (direcție NV-SE) au constituit zone de maximă activitate vulcanică și metalogenetică.

Vulcanismul neogen s-a dezvoltat în mai multe bazine de sedimentare: Zarand, Brad - Săcărâmb, Almaș - Stănița, Roșia Montană - Bucium, Baia de Arieș și culoarul Mureșului.

Roșu (2004) propune trei episoade ale activității vulcanice din Munții Apuseni de Sud. Primul episod cuprinde roci acide și intermediare și a început în Badenian cu tufuri dacitice (cca 15 Ma). Al doilea episod constituie cea mai amplă perioadă de manifestare a vulcanismului neogen în care au fost formate principalele edificii vulcanice și corpuri subvulcanice din Munții Apuseni de Sud. Acest episod a început în Kossovian și a durat până în Pontian. În ceea ce privește episodul al doilea, Roșu et al. (1995) consideră că acesta a început cu vulcanoclastite andezitice (andezite cuarțifere cu amfiboli și biotit) interstratificate în marnele cu *Spirialis* (în bazinele Brad-Săcărâmb și Almas-Stănița). Tot atunci par a fi fost generate și riodacitele și dacitele din zona Roșia Montană-Bucium. În bazinul Zarandului însă, formațiunea vulcano-sedimentară de vârstă kossovian este formată din andezite cu amfiboli și piroxeni. Vulcanismul a continuat cu andezite cuarțifere cu amfiboli, biotit ± piroxeni (lave, piroclastite, corpuri înrădăcinate) care apar în toate zonele vulcanice neogene din Munții Apuseni de Sud. Aici sunt incluse, printre altele, andezitele de Barza dar și andezitele de Cetraș. Urmatoarele produse vulcanice incluse în acest episod sunt andezitele megaporfirice cu amfiboli și piroxeni, pentru care s-au obținut vârste radiogene corespunzătoare Sarmatian-Pannonianului (?) ($12,52 \pm 0,62$ Ma) în vestul și centrul Munților Apuseni de Sud, Pannonianului în aria Roșia Montană - Baia de Arieș ($9,3 \pm 0,5$ Ma) (Roșu et al., 1997) (fig.II.7.). În aria Hărțăgani -Săcărâmb ca ultime produse ale acestui episod sunt considerate corpurile andezitice alcaline din Dl. Zambrita și de la Pârâul lui Toader ($10,5 \pm 0,4$ Ma), iar în aria Roșia Montană - Bucium, andezitele bazaltice de la Detunata ($7,4 \pm 0,3$ Ma).

Urmează un episod mult mai slab dezvoltat pentru care se presupune o vârstă Pontian terminal, dacă nu chiar mai recentă (Pliocen). Produsele acestui ciclu apar în aria Roșia Montană - Bucium - Baia de Arieș. Din acest grup fac parte andezitele cuarțifere cu hornblendă și biotit de la Geamăna (7.8 Ma), andezitele cu amfiboli ± piroxeni de la Surligata (7.6 Ma), bazaltele andezitice de la Detunata (7.4 Ma) și trachiandezitele cuaternare de la Uroi (1.6 Ma) (Berbeleac, 2003). Această etapă este lipsită de procese metalogenetice și în general de fenomene hidrometasomatice.

II.2. Evoluția tectonică a Munților Apuseni de Sud

Orogenul Alpino-Carpato-Balcanic s-a format în timpul Cretacicului și Terțiarului prin coliziunea Europei cu fragmentele crustale continentale care aparțineau Gondwanei, urmata de închiderea Tethysului (Linzer et al. 1998, Alderton & Fallick 2000, Ciobanu et al. 2002)

Evoluția în Cretacic superior și în Terțiar a Munților Apuseni este marcată de translația spre est și rotația în sensul acelor de ceasornic cu peste 90° însoțită de extensie și tectonică de tip strike-slip (Panaiotu 1998).

Pentru Munții Apuseni a fost elaborat un model al evoluției geodinamice, bazat pe extensie, în urma formării unui sistem de grabene (Neubauer et al., 2005).

Produsele activității vulcanice Terțiare cât și cele mai importante zăcăminte din cadrul Munților Apuseni, sunt dispuse pe sisteme de falii de tip strike-slip, dextre, orientate ESE, considerate a fi o zonă secundară de falii formate în timpul mișcării spre est a blocului Tisia Dacia (Linzer et al. 1998).

III. Cadrul geologic-structural al regiunii Roșia Montană-Roșia Poieni

Activitatea vulcanică neogenă din Munții Metaliferi a fost controlată de reactivarea sistemelor de fracturi intersectate și de sistemul regional de falii adânci.

În prezent aria Roșia Montană-Roșia Poieni-Bucium este o regiune cu deformații distribuite eterogen de tip compresional, dar și elemente de extensie. Astfel regiunea arata ca un mozaic de blocuri rezultate prin suprapunerea evenimentelor de deformare Mezozoic-Terțiar.

Regiunea poate fi subdivizată în trei blocuri tectonice-structurale: blocul sudic, blocul central și blocul nordic.

Blocul sudic sau blocul Boteș este constituit din intruziuni andezitice Neogene de dimensiuni reduse și formațiuni de fliș Cretacic al unității de Bucium, afectate de trei sisteme de falii orientate est-vest, nordest și nordvest. Localizarea corpurilor de andezite și a mineralizației asociate acestora a fost controlată de aceste falii.

Blocul central sau blocul Bucium este delimitat la nord și la sud de sisteme de falii de decroșare, orientate est-vest de vârstă pre-Miocen: 1. falia de decroșare Gura Roșiei și faliile de încălecare Muntari-Mămăligani, în partea de nord; 2. Falia Buningia-Vâlcoi, în partea de sud. Aceste falii sunt însoțite de falii normale orientate est-vest. Falia Muntari-Mămăligani este intersectată de două falii normale paralele: falia Detunata și falia Negruleasa-Râul Arieș. Aceste falii au fost principalele falii care au dus la deplasările majore din zonă.

Blocul nordic, numit Roșia Montană-Baia de Arieș este alcătuit din șisturi Precambrian-Paleozoice ale pânzei de Baia de Arieș și pânzei Muncel-Lapusna, cuvertura sedimentară a flișului Cretacic superior și formațiunii de wildfliș și din roci vulcanice, în mare parte dacite și andezite, cu o mineralizație auro-argentiferă, polimetalică și porphyry copper asociată (Berbeleac et al. 2007).

III.1. Fundamentul regiunii

Fundamentul Munților Apuseni nu aflorază în aria zăcămintelor Roșia Montană și Roșia Poieni dar poate fi observat la aproape 5 km spre nord, pe Valea Arieșului (raport Minexfor, 1972). Din punct de vedere tectonic este alcătuit din Unitatea de Bihor

și doua complexe de pânze tectonice (Codru și Biharia) (Balintoni, 1994). Acestea au vârste metamorfice Pre-Variscan și Variscan.

III.2. Învelișul sedimentar Cretacic

Flișul este cel mai răspândit tip litologic și este alcătuit din șisturi argiloase, marne și gresii. Acesta aflurează în partea inferioară a Văii Roșia, în Valea Cornei și în câteva aflorimente din jurul carierei Roșia Poieni.

III.3. Activitatea vulcanică și produsele ei

III.3.1. Activitatea vulcanică în bazinul Roșia Montană

În cadrul bazinului Neogen de la Roșia Montană a avut loc o activitate vulcanică cu evoluție recurentă, în care se disting trei etape principale de edificare.

Prima etapă (Badenian) corespunde unei faze preponderent explozive, riolitice, ale cărei produse sunt cuprinse în formațiunea vulcanogen-sedimentară. Această activitate a primei etape a decurs în condiții generale de scufundare a părții de NE a Munților Metaliferi și ale unor prabușiri tectonice locale. Astfel se explica grosimea mare a formațiunii badeniene care la contact cu formațiunile cretacice atinge 200 m.

Elementele riolitice din formațiunea vulcanogen-sedimentară reprezintă unicul martor al acestei activități (Ianovici et. al, 1969). Este posibil ca aparatul inițial de mici dimensiuni să fi fost colmatat sau în cea mai mare parte distrus de procesele premergătoare următoarei faze vulcanice (Ianovici et. al, 1976).

Etapa a doua a fost marcată de efuziuni de dacite care au dat naștere la doi vulcani centrali: Cârnic și Cetate. Lavele acestora s-au revărsat pe suprafețe limitate; ele repauzează pe cuvertura vulcanogen - sedimentară și au o grosime ce atinge uneori 200 m.

Infrastructura arată prezența mai multor canale de abducție. Prezența unor breicii la periferia celor doi stalpi dacitici reflectă efectul eforturilor mecanice de ascensiune a magmei care au dislocat o parte din materialul formațiunii vulcanogen-sedimentare. Aceste două corpuri dacitice sunt îmbracate de o formațiune pelitică cu aspect noroios care include fragmente din fundamentul preterțiar, din formațiunea vulcanogen-sedimentară, cât și din corpurile dacitice în formare. Aceasta pătrunde neuniform pe

fracturi în corpurile breciforme, fiind denumit la Roșia Montană „Glamm”. Glamm-ul reprezintă un material mâlos acumulat pe fundul bazinului, ca o fracțiune fină, nediagenizată, care se infiltrează cu mari cantități de apă, pe sistemul de fisuri și falii formate datorită efectului mișcării magmelor eliberate ulterior pe aceste căi prin largi efuziuni de dacite. Acest material noroios a jucat și rol lubrifiant, alimentând în același timp probabil și activitatea unor „vulcani noroiosi”. Masele de noroi continuă să fie antrenate până spre sfârșitul edificării acestei structuri și în etapa a treia.

Începutul activității fazei dacitice corespunde cu mișcările generale de ridicare ale teritoriului și probabil chiar cu acele ale bazinului, ceea ce a făcut ca doar primele efuziuni de dacite să aibă loc într-un mediu acvatic.

Cea de-a treia etapă este predominant explozivă. Aceasta a dat naștere la diatreme, reprezentând coloane de explozii umplute cu brecii, în care sunt cuprinse fragmente din fundament și fragmente de dacite. Potențialul exploziv al acestei etape a determinat brecifieri și fisurări în întreaga structură. Astfel au luat naștere principalele căi de acces pentru fluidele hidrotermale, ce au generat mineralizațiile Au-Ag și care s-au manifestat în mai multe stadii. Materialul „noroios” continuă să fie antrenat și în timpul metalogenezei. În părțile superioare, acesta este impregnat cu silice, generând roci compacte, slab mineralizate, cunoscute sub numele de „chinga” (Ivanovici et al., 1969).

III.3.2. Vârsta activității vulcanice

În ceea ce privește vârsta vulcanitelor neogene din cadrul ariei studiate, au fost luate în considerație datele oferite de Manske et al., 2004, cu datări ^{40}Ar - ^{39}Ar pe adularul de la Roșia Montană, Roșu et al. 2004, cu datări K-Ar pe rocă și Wallier et al., 2005 cu datări U-Pb pe cristale de zircon, de la Roșia Montană și Roșia Poieni.

Structura Bucium, ocupă partea sudică a sectorului Bucium-Roșia Montană-Baia de Arieș, iar vârstele determinate, arată că această parte este cea mai veche, având următoarele vârste: Bucium S 14,8-14,7 Ma, Citera 14,6 Ma, Bucium-Târnița 14,8-14,6 Ma (Roșu et al. 2004).

Activitatea magmatică în zona Roșia Montană a avut loc între 13,6-13,15 Ma (datare K-Ar a rocii, Roșu et al., 2004 și U-Pb a zirconului magmatic, Kouzmanov et al.,

2005) și a fost urmată de o activitate hidrotermală mineralizatoare între 12,85-12,71 Ma (datare Ar-Ar pe adular, Manske et al., 2004).

Magmatismul asociat structurii Roșia Poieni variază între 9,42-9,23 (datare U-Pb a zirconului magmatic (Kouzmanov et al., 2005) urmat de o mineralizare de tip porphyry copper la 9,16 Ma. Andezitul de Rotunda a aratat o vârstă de 9,3 Ma (datare K-Ar, Roșu et al., 2004), care demonstrează o relație între intruziunea dioritică și andezit.

Activitatea magmatică se încheie cu formarea corpurilor bazaltice de la Detunata, care au vârstă cuprinsă între 7,8-7,4 Ma și a corpului andezitic Geamăna cu vârstă de 7,4 Ma (datare K-Ar, Roșu et al., 2004).

După Berbeleac et al. (2007) care a observat ca vulcanitele din partea de vest sunt mai vechi decât cele din partea de est și din datele de mai sus, se poate concluziona ca vulcanismul s-a manifestat în această parte a Munților Metaliferi, de la vest către est.

III.3.3. Tipurile petrografice ale Bazinului Roșia Montană

III.3.3.1. Formațiunea vulcanogen-sedimentară

Roșia Montană reprezintă un bazin sedimentar miocen, total izolat față de celelalte bazine sedimentare de vârste similare, fapt explicat printr-o puternică afundare după fracturi orientate NE-SW, NV-SE, N-S și E-V (Berbeleac et. al, 2003).

Formațiunea vulcanogen sedimentară aflurează în partea de nord și de sud a Carierei Cetate și Dealului Cârnic fiind de tip polimictic, matrix-supported cu matrice clastică. Aceasta prezintă o culoare cenușie și este slab consolidată.

Din datele de foraj executate de-a lungul vâii Roșia rezultă că această formațiune cu caracter vulcano-sedimentar constituită din alternanța unor secvențe piroclastice și epiclastice cu secvențe sedimentare, ar avea grosimi de 300-400m.

III.3.3.2. Dacitele de Roșia Montană

Structura vulcanică de la Roșia Montană este alcătuită din două corpuri dacitice Cetate și Cârnic, intruziunea subvulcanică Corna și mai multe corpuri dacitice de dimensiuni mai mici. Spre adâncime aceste corpuri par a se uni.

Dacitul de la Roșia Montană are o structură macroporfirică, imprimată de prezența cristalelor bipiramidale de cuarț cu frecvente situații de corodare. Masa de bază este microgranulară (cuarțo-feldspatică); în ea se deosebesc cristale mari de feldspați, hornblendă și biotit (Ianovici et. al, 1976).

IV.3.3.3. Structurile de brezii hidrotermale de la Roșia Montană

Structurile de brezii de la Roșia Montană reprezintă efectul tensiunilor maxime exercitate de stressul principal perpendicular pe direcția de extindere a acestora. Acestea s-au format printr-un proces de deschidere și închidere a cailor de circulație a soluțiilor hidrotermale, după principiul "faliei valvă". (Berbeleac et. al, 2003).

Din punct de vedere litologic, la Roșia Montană au fost descrise mai multe tipuri de brezii:

Brecia monomictică dacitică, aflată la limita externă a corpurilor de dacite. Este o brechie grosieră, monomictică, clast-supported cu matrice hidrotermală. Forma clastelor este de la angular la rotunjit, cu diametru care variază între 10-30 cm.

Brecia polimictică cenușie, numită „brecia de Cetate” de către Tămaș (2002) se află în partea centrală a carierei Cetate fiind o brechie polimictică, matrix-supported, cu matrice clastică. Culoarea brechiei este cenușiu-maronie iar clastele sunt de tipuri litologice diferite: dacite, roci sedimentare Cretacice și roci care aparțin fundamentului cristalin.

Brecia polimictică neagră (Formațiunea Glamm, după Tămaș (2002) se afla în partea estică a carierei Cetate fiind o brechie polimictică, matrix-supported cu matrice clastică. Aceasta prezintă o culoare închisă iar clastele sunt de tipuri litologice diferite: dacite, roci sedimentare Cretacice și roci care aparțin fundamentului cristalin.

III.3.4. Tipurile petrografice ale structurii Roșia Poieni

III.3.4.1. Andezitul (microdioritul) cu amfiboli și piroxeni (tip Fundoaia)

Andezitele de Fundoaia reprezintă rocile cu cea mai largă răspândire în zona cercetată aparținând unui corp subvulcanic, dezvoltat în partea central-nordică a aparatului craterial Poieni (Raport din arhiva MINEXFOR, 1972)

Corpul subvulcanic de Fundoaia este constituit dintr-o rocă magmatică de tip andezit-microdiorit. Acesta a fost pus în loc în partea centrală a corpului de Poieni, prezintă o textură masivă și o structură porfirică cu tendință de trecere spre microdiorit porfirică în porțiunea internă și în profunzime, trecând însă spre periferie la o structură microgranular la microcristalin porfirică. Deoarece din punct de vedere compozițional este asemănător cu andezitul de Poieni, face dificilă deosebirea sa de acesta (Raport din arhiva MINEXFOR, 1981). Culoarea rocii este de la cenușiu-cenușiu închis, cenușiu-verzuie sau cenușiu-albicioasă, în funcție de procesul de alterație care a afectat roca.

III.3.4.2. Andezite amfibolice (tip Arama-Poieni)

Andezitele de Poieni reprezintă prima manifestare vulcanică din regiune, care a dus la formarea edificiului vulcanic propriu-zis, urmată de punerea în loc a celorlalte andezite (Raport din arhiva MINEXFOR 1972)

Andezitul de Poieni apare ca un corp intrusiv cu poziție centrală, ocupând o arie extinsă. În majoritatea cazurilor este alterat, cu grade diferite de alterație, de la propilitizare, trecând prin alterație de tip potasic, filic și mergând până la alterație argilică, silicifiere intensă ± sulfatare.

III.3.4.3. Andezite amfibolice cu piroxeni (tip Rotunda)

Andezitele de tip Rotunda au fost descrise ca reprezentând începutul activității eruptive pliocene-cuaternare și ca aparținând unui tip de magme bazaltic (Raport din arhiva MINEXFOR, 1981).

Acest tip de andezit află în afara perimetrului Roșia Poieni. Apare predominant sub formă de lave brecioase și piroclastite dar și ca mici corpuri intrusivă. (Roșu et al., 1992, în Milu, 1999)

Culoarea rocii este cenușie și cenușiu-cărămizie. Fenocristalele de plagioclazi sunt maclate și zonate; piroxenul apare în proporții reduse în masa rocii. Ca minerale accesorii se întâlnesc apatitul și zirconul. Masa fundamentală a rocii este vitroasă și conține microlite de feldspat plagioclaz sau cripto- și microcrislatină cu microlite de amfiboli.

III.3.4.4. Andezite cu piroxeni și amfiboli (tip Poieni și Ruginis)

Andezitele de Ruginiș ocupă poziții periferice, constituind corpurile din panta estică a Dealului Ruginiș, Dealul Melciului, panta nord-estică a Dealului Vârși și Piatra Înaltă.

Acestea prezintă caractere asemanătoare cu andezitul de Fundoaia, dar este mai închis la culoare, are o granulație mai fină și este mai puțin afectat de procesele de alterație. Feldspatul are o compoziție ușor bazaltică. Masa fundamentală este alcătuită din microlite de feldspat, hornblendă, cuarț și magnetit. Ceea ce îl deosebeste de andezitul de Fundoaia este prezența sporadică a hiperstenului (Ștefan R. et al., 1973).

III.3.4.5. Andezite cu amfiboli și biotit (tip Melciului)

Acest tip de andezite este întâlnit la 200 m NV de cariera de la Roșia Poieni, în partea de nord a Dealului Melciului fiind afectat de o alterație slabă de tip propilitic. Acesta are o culoare cenușie și prezintă o structură porfirică, cu textură masivă, orientată.

III.3.4.6. Andezitele de Vârși

Andezitele de Vârși ocupă o poziție periferică, formând corpurile din Vârful Vârșii Mici, Citera-Vârși-Tichileu și în Paducei-Vârful Jghiaburi.

Structura rocilor este porfirică iar masa fundamentală prezintă o slabă argilizare. Amfibolii sunt frecvent înlocuiți de clorit, calcit și uneori epidot (Raport din arhiva MINEXFOR, 1981).

III.4. Date geochimice

Analizele XRF au fost efectuate la Saint Etienne cu ajutorul unui aparat de tip SRS 3400 Bruker AXS, prin metoda fuziunii.

Din datele XRF rezultate din analiza eșantioanelor colectate de la Roșia Montană și Roșia Poieni cât și din datele colectate din rapoarte geologice aflate în arhiva MINEXFOR s-a încercat o analiză comparativă între cele două zăcămintele.

III.4.1. Rezultate obținute

III.4.1.1. Roșia Montană

Din punct de vedere chimic, la Roșia Montană, rocile prezintă conținuturi neobișnuit de ridicate de K_2O (fapt justificat prin prezența adularului și a sericitului).

Procesul intens de adularizare este reflectat și în conținuturi mari de Ba (348-400 ppm), iar silicifierea este remarcată prin conținuturi mari de SiO_2 (71,11-72,81%). Mai pot fi observate valori mari ale conținutului de Al_2O_3 dar și lipsa MnO, TiO_2 și P_2O_5 .

Au mai putut fi remarcate conținuturi ridicate pentru Cr (202,04-268,43 ppm), Rb (334,89-457,68 ppm), Cu (40.62 -121.44 ppm) și Zr (71.72 -93.49 ppm).

III.4.1.2. Roșia Poieni

La Roșia Poieni analizele indică o variație a SiO_2 între 52,35-58,03%. Poate fi remarcat un conținut ridicat de Al_2O_3 , care variază între 14,86-24,75% și de CaO (4,39-8,7%). Între acestea două poate fi observată o ușoră corelație inversă, un conținut mai ridicat de Al_2O_3 corespunzând unei valori mai scăzute în CaO.

În proba „RP-06-A1” pot fi remarcate conținuturi ridicate de Cu care ajung până la 1710,77 ppm și Sr (818,56ppm). Deasemenea Ba are valori foarte ridicate în probele „RP-06-A1” (1145.49ppm) și „RP-06-A2” (1241.25).

Mai pot fi observate valori mai mari ale V (121.97-165.9 ppm), Cr (104.35-404.42 ppm), Zn (68.38-455.87 ppm), Rb (35.01-411.8ppm), Zr (79.43-127.37 ppm). De remarcat este variația Th (0-132.64 ppm).

IV. Activitatea hidrotermală în cadrul nodului metalogenetic Roșia Montană - Roșia Poieni

Unitatea metalogenetică neogenă din Munții Apuseni de sud individualizează o unitate de tip alpin-carpatic, care prezintă pe de-o parte caractere specifice și pe de altă parte caractere comune cu celelalte unități carpatice de pe teritoriul românesc.

Câmpurile metalogenetice Roșia Montană și Roșia Poieni fac parte din nodul metalogenetic Roșia Montană-Roșia Poieni, districtul Roșia-Bucium, din cadrul subprovinciei metalogenetice asociate vulcanismului neogen (Popescu, 1986).

IV.1. Câmpul metalogenetic Roșia Montană

IV.1.1. Tipuri de alterații hidrotermale

Procesele de transformare a rocilor se reflectă prin adularizare, argilizare, sericitizare, carbonatare și silicifiere a masei de bază și în special a fenocristalelor femice și a plagioclazilor .

Dacitele sunt intens transformate hidrotermal (argilizate, adularizate, sericitizate). Acestea au o culoare gălbuie, în masa fundamentală deosebindu-se cristale mari de cuarț bipiramidal cu muchii corodate sau fragmente din aceste cristale și uneori lamele de biotit baueritizat. În rocile mai puțin alterate se observă cristale de plagioclaz, hornblendă și biotit (Ivanovici et. al, 1976).

Alterarea propilitică afectează intruziunea dacitică la partea externă a acesteia și poate reprezenta limita sistemului hidrotermal (Ray & Wallier, 2004). Roca prezintă o culoare cenușie și păstrează textura magmatică. În secțiunile subțiri pot fi observate următoarele minerale de alterație: calcit, clorit și cantități mici de sericit. Calcitul este predominant și înlocuiește o mare parte din cristalele de plagioclaz și amfibol. Acesta mai poate fi găsit pe fisurile din cristalele de cuarț.

Alterarea de tip adular-sericit este foarte răspândită în dacitul de la Roșia Montană atât în Dealul Cârnic cât și în cariera Cetate. Plagioclazul magmatic este înlocuit complet de adular care apare frecvent însoțit de sericit și pirită diseminată. Acest tip de alterație conferă dacitului o culoare maroniu-gălbuie.

Silicifierea este deasemenea răspândită la Roșia Montană, atât în cadrul dacitelor cât și a diferitelor tipuri de breccii. Cuarțul și pirită sunt mineralele cel mai frecvent întâlnite în cadrul dacitului. Amfibolul este complet înlocuit de cuarț și pirită.

Alterarea argilică nu este foarte bine dezvoltată în cariera Cetate. Aceasta apare în partea de N și SE a carierei și este suprapusă peste alterarea de tip adular sericit. Aceasta este caracterizată de prezența caolinitului. Alte minerale care apar sunt: cuarțul, caolinitul și mineralele argiloase.

V.1.2. Tipuri de mineralizații

Zăcămintul de la Roșia Montană se află în formațiunile unui bazin de afundare și în erupțiunile asociate acestuia. Mineralizația este răspândită neuniform în cadrul bazinului, existând doar anumite sectoare care prezintă un grad mare de concentrare (Ghițulescu & Socolescu, 1941).

În cadrul câmpului metalogenetic se delimitează 4 grupuri filoniene și de breccii: D. Cetate, D. Cârnic, Țarina și Igre-Văidoaia. În sectoarele D. Cetate și D. Cârnic mineralizația se dezvoltă preponderent ca volburi, în special și filoane în brecciile tabular-lenticulare. În sectoarele Țarina și Igre-Văidoaia mineralizația este întâlnită ca filoane scurte în depozite sedimentare cretacee. Este posibil ca în adâncime, mai sigur în sectorul Igre-Văidoaia, mineralizația să se asociază unor corpuri subvulcanice.

Tipurile de alterații și mineralizații din această zonă sunt tipice sistemului epitermal „intermediate sulfidation”. Mineralizațiile sunt auro-argentifere, subordonat aurifere polimetalice și îmbracă o mare varietate de forme: diseminări, corpuri de breccii hidrotermale (breccii dacitice, breccii freatomagmatice, breccii polimictice), cuiburi, brecifieri încadrate la tipul stockwork-uri (volburi) și filoane. În această zonă există mai multe tipuri de filoane aurifere: cu chingă, cu silice de culoare neagră, cu cuarț și pirită, cu cuarț, carbonați și sulfuri (pirită, calcopită, blendă, galenă), minerale argiloase etc, toate cu aur nativ și invizibil, din care unele bogate în sulfosăruri de argint descrise încă din 1934 de către Petruțian (proustit, pearceit, polibazit, argentit).

Mineralizația cantonată în corpurile dacitice prezintă zone largi de diseminare în special cu pirită. Filoanele sunt, în general, discontinui, cu grosimi modeste (cm <1m), dar deosebit de bogate în aur și argint.

Breciile au în general o litologie mixtă, iar mineralizația apare în cadrul acestora în zonele care prezintă o alterație de tip silicifiere avansată și conține o cantitate moderată de sulfuri fin diseminate, atât în cuprinsul matricei cât și a clastelor. Mineralizația cantonată în „vent breccia” este fin diseminată și se caracterizează prin prezența în cantități însemnate a aurului, argintului și piritei (Leary et. al., 2004).

În filoanele de argint se citează prezența tetraedritului. Caracteristice sunt asociațiile aur liber ± argentit adesea cu structuri grafice; aur-calcit-rodocrozit-cuarț în concreșteri lamelare, aur-calcit și cuarț-aur-marcasită (Ivanovici et. al, 1976).

IV.1.3. Distribuția mineralizației

Din datele existente în arhiva MINEXFOR (Raport 6/435) s-au efectuat diagrame cu distribuția mineralizației auro-argentifere, în adâncime, pe cele două mari corpuri dacitice de la Roșia Montană, Cetate și Cârnic.

Din aceste date au rezultat următoarele:

- în cadrul brecciei de Cetate, atât conținutul de aur cât și argint, scad cu adâncimea. Conținutul de aur variază între 2,08g/t la nivelul +889m și 0,35g/t la nivelul +846m; conținutul de argint variază între 18,67g/t la nivelul +910m și 5,22 g/t la nivelul +795m (fig. IV.7).

- în cadrul dacitului din Dealul Cetate atât conținutul de aur cât și cel de argint variază larg, putând fi remarcată o zonă de îmbogățire, în intervalul de adâncime +881m și 846m. La nivelul +862m avem cea mai mare concentrație de aur și argint. Aici aurul ajunge la 2,94g/t iar argintul până la 34,61g/t. La nivelul +899m se află zona cu conținutul cel mai scăzut, atât de aur cât și de argint. Aici aurul are o valoare de doar 0,28 g/t iar argintul de 1,84g/t.

- în cadrul volburei Napoleon din Dealul Cârnic se remarcă conținuturi ridicate de argint. La nivelul + 1018m sunt cele mai scăzute concentrații atât de aur cât și de argint, acestea fiind de 0,78g/t și respectiv 8,51g/t. La nivelul +972m sunt cele mai ridicate concentrații de aur și argint, acestea fiind de 1,29 g/t și respectiv 15,78g/t.

-în cadrul volburei Corhuri concentrația de aur variază între 0,85 g/t și 1,93 g/t iar cea de argint între 8,87g/t și 12,97g/t. De la nivelul +957 se remarcă o ușoară scădere a conținuturilor, cu adâncimea.

- în cadrul volburei Cantaliste se remarcă valori minime ale conținutului de aur și argint la nivelul +912m, de 0,47 g/t, respectiv 8,03 g/t și o zona de îmbogățire la nivelul +883m de 1,58g/t aur și 19,92g/t argint.

IV.2. Câmpul metalogenetic Roșia Poieni

IV.2.1. Tipuri de alterații hidrotermale

În perimetrul zăcămintului Roșia Poieni majoritatea rocilor sunt afectate de procese de alterație cu intensități variabile. Aceste tipuri de alterații, alături de modul de prezentare a mineralizației, constituie caracteristicile principale ale zăcămintelor de tip porphyry. Procesele hidrotermale care au avut loc în aria structurii de tip porphyry copper de la Roșia Poieni au condus la alterația rocilor.

Zăcămintul Roșia Poieni este amplasat în corpul andezitic (microdioritic) de Fundoaia, ce face parte dintr-o succesiune de magmatite (neogene) cu dispunere concentrică: andezitele de Poieni, Ruginiș și Vârși, faciesul de Fundoaia fiind coloana axială a acestora. Roca intens hidrotermalizată este marcată de o zonalitate a alterărilor în următorul sens; zona potasică la partea centrală, zona filica și argilitică, care afectează și andezitul de Poieni, și zona propilitică la periferie.

IV.2.2. Tipuri de mineralizații

Mineralizația cupriferă de la Roșia Poieni a fost pusă în evidență și conturată, la începutul anilor '70, prin lucrări de prospecțiune și explorare geologică, geochemică și geofizică de către Minexfor Deva. Studiul mineralizației a condus la încadrarea zăcămintului "în categoria zăcămintelor de cupru de tip diseminat ..., respectiv în grupul zăcămintelor de cupru de tip porfiric" (Ionescu, 1974).

A fost astfel delimitat un zăcămint de cupru al cărui contur în plan vertical este neregulat, iar în plan orizontal are o formă aproximativ eliptică cu o extindere maximă de 875 m în jurul cotei + 500 m (Ionescu, 1974) .

Mineralizația de cupru se distribuie în cadrul corpului subvulcanic de Fundoaia și pe o mică distanță în rocile gazdă ale acestuia (în special în andezitul de Poieni și cu extindere extrem de redusă în rocile sedimentare cretace). Odată cu trecerea în andezitul de Poieni, conținuturile în Cu scad treptat până la valori cu totul

ne semnificative economic. La partea superioară a structurii, conturul zăcământului se oprește practic la cota + 1030m.

Mineralizația este concentrată și se asociază cu două tipuri principale de alterații: potasică în interiorul corpului de Fundoaia și filică la limitele acestuia. De asemenea se constată ca mai mult de 90% din mineralizația cuprifera este cantonată în corpul subvulcanic de Fundoaia.

Mineralizația apare sub formă de diseminații în rocă și ca depuneri pe fisuri care se întretaie și care dau naștere la o structură de tip stockwork. În cupola subvulcanului de Fundoaia ca și în andezitul de Poieni în care primul este intrus, există o zonă de intensă fracturare și breșiere care cantonează mineralizația cuprifera. Limita superioară de mineralizare, trasată pe baza analizelor chimice, se plasează chiar în această zonă de contact.

Filonașele mineralizate au grosimi de la submilimetrice la centimetrice (în general sub 10 cm). Densitatea acestor filonașe mineralizate diferă de la un loc la altul, fiind în stransă legatură cu gradul de fisurație a rocii. De asemenea intensitatea de diseminare cu minerale metalice (oxizi și sulfuri) nu este uniformă, constatându-se variații locale mari chiar dacă per ansamblu zona respectivă este bogat mineralizată. De altfel, ambele forme de apariție a mineralizațiilor sunt strans legate de gradul de fisurare al rocii care a permis circulația fluidelor din care s-au depus aceste minerale. Granulația mineralelor metalice este fină: 0,01 -1,0 mm și destul de rar se ajunge până la 3,0-3,5 mm.

Mineralele metalice sunt reprezentate prin: magnetit, hematit, pirită, calcopirită, tetraedrit, tennantit, bornit, enargit, molibdenit, sfalerit, galenă, covelină, calcozină, pirotină.

IV.2.3. Distribuția mineralizației

Conținutul de cupru în zăcământul de la Roșia Poieni este scăzut și relativ uniform. Având în vedere geneza și controlul structural al mineralizației cuprifere se schitează posibilitatea separării unor zone cu conținut mai ridicat de 0,40%, fie cu conținut mai scăzut sau sterile (Raport MINEXFOR 5.2/47).

Caracterul difuz al mineralizației și trecerea gradată de la conținuturi $>0,30\%$ la roca sterilă, nu permit delimitarea zăcămintului pe criterii geologic-structurale, aceasta putând fi făcută doar pe baza conținutului de Cu din rocă.

Din lucrarile executate rezultă că zăcămintul cuprifer ale cărui conținuturi sunt cuprinse între 0,3 și 1,4 % Cu, are forma neregulată și dimensiuni apreciabile, dezvoltându-se de la suprafață pe adâncimi variabile de câteva sute de metrii. Pe verticală, zona de zăcămint se îngustează și se afundă treptat de la vest către est. În plus, zăcămintul are forma eliptică (700/500 m) orientată NNW-SSE la nivelele superioare; conturul zăcămintului apare schimbat la diferite adâncimi, cea mai mare extindere înregistrându-se în jurul cotei de +500m (Raport din arhiva MINEXFOR, tema 5,2/46, 1972).

În cadrul zăcămintului s-a putut urmări o zonalitate în distribuția verticală a unor minerale metalice și de gangă (Ionescu, 1974, Ionescu et al., 1975):

- pirita este mai frecventă în zona superioară și inferioară a zăcămintului;
- anhidritul este mai abundent în partea mediană a zăcămintului;
- zeoliti apar exclusiv în zonele profunde.

După cum se poate observa din harta de distribuție a mineralizației în cadrul zăcămintului de la Roșia Poieni, mineralizația se concentrează în cadrul microdioritului-andezitului de Fundoia, fiind asociată alterației de tip potasic.

La nivelul +770 concentrația mai mare de 0.40 % Cu se afla în partea central estică a corpului subvulcanic, fiind înconjurată de o zonă cu o concentrație de la $>0.31\%$ la roca sterilă.

IV.3. Date noi privind mineralizațiile de la Roșia Montană și Roșia Poieni

IV.3.1. Date generale privind metodele de studiu utilizate

IV.3.1.1. Studiul cu microsonda și microscopul electronic (SEM/MEB)

Analizele SEM (MEB) și de microsondă electronică au fost efectuate în cadrul Laboratorului G2R la Faculté de Science, Université Henri Poincaré din Nancy, cu ajutorul unui aparat Hitachi S4800 dotat cu un spectrometru EDS și thermo NORAN,

respectiv o microsondă de tip CAMECA SX50 dotată cu un sistem de observație în lumină transmisă și polarizantă.

IV.3.2. Rezultate obținute

IV.3.2.1. Roșia Montană

IV.3.2.1.1. Studiul microscopic și macroscopic al eșantioanelor

Prin studiul microscopic și macroscopic al eșantioanelor colectate, la Roșia Montană au fost identificate următoarele minerale metalice:

Aurul și Argintul (electrum)

Aceste două metale prețioase au fost determinate cu ajutorul analizelor de tip SEM și microsondă electronică, fiind găsite sub formă de electrum.

Aurul și argintul au fost identificate sub forma de electrum, în diferite concentrații: Au>Ag și Ag>Au. Eșantioanele în care au fost determinate aceste două elemente, sunt colectate atât din partea de nord a zăcămintului Roșia Montană, din galeria Orlea, de la nivelul +755, cât și din partea de sud, din galeria Racoși din Dealul Cetate și din Cariera Cetate.

În eșantioanele colectate din galeria Orlea, electrumul a fost depus pe filonașe cu carbonați, fiind în asociație cu calcopirita și blenda.

În eșantioanele colectate din Dealul Cetate, de la suprafața și din subteran, electrumul apare în asociație cu pirita, calcopirita și blenda.

Sulfurile metalice

Calcopirita apare sub formă de cristale mici, pe filoane în asociație cu pirita, galena și aurul. Aceasta se află în cantitate mai mare în rodocrozit și foarte rar în masa dacitului. Calcopirita a mai fost observată sub formă de incluziuni fine în blendă.

Pirita este cel mai răspândit mineral; apare diseminată în masa dacitului sub formă de cristale idiomorfe sau sub formă de filonașe sau aglomerări. Este cimentată sau înlocuită parțial de galenă, apare asociată cu calcopirita și tetraedritul sau depusă

orientat pe planele de clivaj ale blendei. De regulă este idiomorfă (dodecaedric-pentagonala, cubică etc.). Aceasta este asociată cu aurul, galena, calcopirita și blenda.

Marcasita apare în mase compacte și se asociază cu pirita. Aceasta prezintă cristale de dimensiuni de până la 5 mm și au aspect radiar.

Galena apare sub formă de cuiburi și este asociată cu pirita, calcopirita și blenda.

Blenda apare în plaje compacte și cristale de dimensiuni mici și este asociată cu calcopirita și aurul.

Tetraedritul nu este foarte abundent și apare în asociație cu calcopirita și pirita.

Mineralele de gangă:

În secțiuni au fost observate următoarele minerale de gangă:

Rodocrozitul și rodonitul sunt foarte răspândite în cadrul zăcămintului și apar în formă de filonașe compacte și mai rar sub formă de cristale. Acestea sunt asociate în mare parte cu cuarțul.

Cuarțul este prezent sub formă de cristale de dimensiuni variabile, care pot atinge și 10 cm, în cadrul filoanelor și geodelor. În galeria Racoși apare pe filoane sub formă criptocristalină.

Calcitul este prezent atât în formă de cristale cât și compact pe filonașe. Acesta a fost remarcat în Galeria Racoși din Dealul Cetate în cadrul Volburei Cetate.

Minerale secundare:

Pe pereții galeriei de la nivelul +958 din Cârnic a fost descoperită o eflorescență de sulfat secundar de culoare albă, care uneori apare sub formă de cristale transparente de culoare albastru-verzui. Acest mineral a fost identificat ca fiind melanterit ($\text{Fe}^{2+}\text{SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) (prof. dr. Șeclăman Marin, comun. verb.) Acesta a mai fost observat și pe pereții galeriei Racoși din Dealul Cetate, pe galeria principală.

Într-o galerie medievală din Dealul Cetate au fost descoperite eflorescențe de culoare albă, neidentificate, care cel mai probabil reprezintă zeoliți.

IV.3.2.1.2. Studiul cu microscopul electronic SEM (MEB)

Eșantioanele analizate cu ajutorul SEM au fost colectate din galeria Orlea de la nivelul +755 fiind reprezentate de breccii polimictice brăzdate cu filoane de carbonați cu sulfuri și electrum.

La Roșia Montană a fost pusă în evidență existența electrumului cu concentrații diferite de Au și Ag. Electrumul a fost găsit asociat cu sulfurile (blenda și calcopirita).

În urma acestor analize au rezultat următoarele:

- electrumul asociat cu blenda are un conținut mai mare de aur cu raportul Au : Ag =67,18:30,38;
- electrumul asociat cu calcopirita prezintă două variații de compoziție, una cu un conținut mai mare de aur, cu raportul Au:Ag=73,69:26,61, iar a doua cu un conținut mai mare de argint, cu raportul Au:Ag=40:60; aceasta a doua variație apare la microscop mai deschis la culoare, datorită conținutului mai mare în argint.

IV.3.2.1.3. Studiul cu ajutorul microsondei electronice

Analizele de microsondă electronică au fost efectuate în cadrul Laboratorului G2R la Faculté de Science, Université Henri Poincaré din Nancy. Au fost analizate cristale de pirită, blendă, calcopirita și electrum.

Asociația Au-Ag

Analizele de microsondă electronică au confirmat prezența electrumului, care a fost determinat și cu ajutorul analizelor SEM.

Analizele au fost efectuate după cum urmează:

- analiza no.1 a fost efectuată pe granulul de electrum asociat cu blenda;
- analizele no. 2 și 3 au fost efectuate pe granule de electrum asociate cu calcopirita
- analiza no. 34 a fost efectuată pe un granul de aur asociat cu pirită

- analiza 19 prezintă o noutate pentru zăcămintul de la Roșia Montană, rezultatul fiind o sulfură de argint și aur, probabil Uyttenbogaardtit (Ag_3AuS_2) (?).

În urma acestor analize nu a fost pusă în evidență existența telurului.

Pirita

În ceea ce privește pirita, cu ajutorul analizelor de microsondă electronică, au fost remarcate conținuturi de Fe care variază între 46,85 și 47,29 % și conținuturi de S care variază între 51,95 % și 53,07%. Conținutul de Au este foarte scăzut, sub 0,1 %, doar în proba no 35 poate fi remarcată o concentrație de Au de 1,2 %.

Blenda

Cu ajutorul microsondei au fost analizate și granule de blendă, care prezintă variații ale conținuturilor de S de la 33,29% la 35,52 % și de Zn de la 63,93% la 65,31%. În cadrul blendelor a fost remarcată și existența în cantități reduse a Fe și Cd, acestea variind între 0,03-1,96% și respectiv 0,02-0,06%.

IV.3.2.2. Roșia Poieni

IV.3.2.2.1. Studiul eșantioanelor

Prin studiul macroscopic și microscopic al eșantioanelor s-a determinat existența a două tipuri de mineralizații asociate corpului subvulcanic Roșia Poieni:

1. Primul tip de mineralizație este reprezentat de asociația calcopirită – bornit – covelină – magnetit – hematit – pirită - digenit. Acest tip de mineralizație este întâlnit sub formă de diseminăție în masa corpului de Fundoaia și în cadrul primei generații de cuarț (cuarț violet; vezi capitolul dedicat incluziunilor fluide), reprezentând mineralizația de tip porphyry copper.

2. Al doilea tip de mineralizație este reprezentat de asociația calcopirită – galenă – blendă – pirită – tetraedrit – tennantit - hessit* - goldfieldit* - telurobismutit* - enargit - vivianit (*minerale citate pentru prima dată la Roșia Poieni; vezi capitolele dedicate

analizelor SEM și microsondă electronică). Acest tip de mineralizație este întâlnit pe filoane, asociat cu cuarțul hidrotermal de generație ulterioară (cuarț incolor; vezi capitolul dedicat incluziunilor fluide) reprezentând o mineralizație de tip epitermal.

Magnetitul apare atât ca mineral de diseminație în rocă cât și ca mineral de depunere pe fisuri. Ca mineral de diseminație se asociază în general cu calcopirita. Pe fisuri magnetitul se asociază frecvent cu calcopirita și, ca minerale de gangă, cu cuarțul, feldspatul alcalin, biotitul, anhidritul. Contururile cristalelor sunt idiomorfe până la hipidiomorfe, exceptând situațiile în care magnetitul este corodat de calcopirită și/sau de pirită.

Hematitul apare sub formă de cristale în formă de baghetă. Predomină net hematitul format pe baza magnetitului (martitizare). Acesta se asociază în special cu calcopirita și cu pirita.

Pirita este omniprezentă în cadrul zăcământului Roșia Poieni. A fost întâlnită de la suprafață până la cota cea mai coborâtă de explorare a structurii. Acest mineral se asociază tuturor produselor de alterație hipogenă. Cu o prezență ceva mai scăzută în rocile afectate de tipul potasic de alterație (în care calcopirita > pirita), pirita este mineralul metalic predominant în celelalte tipuri de alterație (filic, argilic avansat și propilitic). De asemenea, în zonele de brezii, ea apare atât în matricea cât și în elementele acestora. Pirita apare ca mineral de diseminare și de depunere pe fisuri și se dezvoltă predominant sub formă de plaje și de cristale cu contururi predominant idiomorfe. La partea superioară a structurii Roșia Poieni, pirita este aproape singura sulfura, cu totul local mai apărând calcopirita, tetraedritul, enargitul și molibdenitul.

Calcopirita constituie principalul mineral de interes economic al zăcământului Roșia Poieni. A fost întâlnit atât sub formă diseminată cât și ca depuneri pe fisuri. Cel mai adesea apare sub forma de plaje; cristale cu contururi idiomorfe sunt foarte rare și au granulația foarte fină. Ca incluziuni în calcopirită a fost observată galena, care aici probabil reprezintă un produs de exoluție. Tot ca incluziune, cu ajutorul analizelor SEM a fost pus în evidență mackinawitul $(\text{Fe,Ni})_9\text{S}_8$, a cărui prezență se datorează excesului de sulfură de fier existent în timpul răcirii calcopiritei. Aceasta se mai asociază cu pirita, bornitul, covelina și digenitul.

Bornitul este un mineral cu pondere redusă în cadrul zăcământului dar care a fost întâlnit de la partea superioară a structurii Roșia Poieni până în zona de adâncime maximă de investigare (Ionescu et al., 1974). Acesta apare diseminat în masa rocii sau

ca lamele de exoluție în calcopirită și este însoțit de covelină și digenit. Apare asociat cu magnetitul și hematitul.

Enargitul apare sporadic în cadrul zăcământului. Acesta a fost citat ca incluziuni în pirită (Ionescu, 1974) dar și pe fisurile din rocă. Analizele au arătat că acesta nu este omogen, în zonele periferice cristalelor exista un mineral mai deschis la culoare cu un conținut ridicat de Zn, care reprezintă polimorul de temperatură scăzută a enargitului-luzonitul. Prezența enargitului confirmă existența unui mediu acid în momentul depunerii lui. Acesta apare asociat cu calcopirită, tetraedritul, hematitul și magnetitul. În 2006, Neacsu et al. au efectuat analize chimice pentru enargit, acestea punand în evidența Cu, As și S ca fiind constituenții principali ai mineralului și Sb și Bi în cantități minore.

Digenitul apare în cantități foarte reduse în asociație cu calcopirita sau bornitul.

Tennantiul - tetraedritul apar destul de rar în cadrul mineralizației de tip filonian, analizele arătând ponderea mai mare a tennantitului. Acesta este asociat cu calcopirita, pirită, blenda și vivianitul.

Galena apare sporadic fiind întâlnită în cadrul filoanelor în asociere cu calcopirita, pirită și blenda.

Blenda apare asociată cu calcopirita, pirită și galena, în cadrul mineralizației de tip filonian.

Vivianitul apare sporadic reprezentând ultima depunere pe filoanele mineralizate cu sulfuri metalice. Acesta a fost descris pentru prima dată în galeria Mușca de către Giusca și Pavelescu (1954), iar în cariera a fost descris în 2008 de către Popescu et al.. Analizele chimice EDS au pus în evidența Fe, F și O ca fiind componentii principali ai mineralului.

La partea superioară a zăcământului, procesul de oxidare supergenă a dat naștere la minerale secundare de cupru.

IV.3.2.2.1.1. Studiul cu ajutorul SEM (MEB)

La Roșia Poieni, cu ajutorul SEM au fost analizate granulele de tennantit-tetraedrit, fiind remarcată abundența tennantitului, tetraedritul apărând sporadic.

Pentru prima dată la Roșia Poieni, cu ajutorul analizelor SEM, a fost descoperit telurobismutitul, fiind asociat cu mineralizația de tip filonian.

Ca incluziune în calcopirită, a fost pus în evidență mackinawitul $(\text{Fe,Ni})_9\text{S}_8$, a cărui prezență se datorează excesului de sulfură de fier existent în timpul răcirii calcopiritei.

IV.3.2.2.1.2. Studiul cu ajutorul microsondei electronice

Minerale cu telur

Cu ajutorul microsondei electronice, în premieră pentru zăcămintul de la Roșia Poieni au fost descoperite minerale cu telur. În urma analizelor, au fost calculate formulele stoechiometrice din care au rezultat prezenta goldfielditului și a hessitului. Acestea sunt minerale asociate mineralizației de tip filonian. Goldfielditul este asociat cu pirita și cu cuarțul iar hessitul este inclus în calcopirită.

Pirita

Cu ajutorul microsondei au fost analizate și granule de pirită, care prezintă variații ale conținuturilor de S și Fe între 52,96 - 53,18% și respectiv între 46,78% - 47,02%.

În cadrul piritei au fost remarcate conținuturi scăzute de aur care variază între 0,03-0,04 %.

Calcopirita

În ceea ce privește calcopirita, S variază între 34,37-35,73%, Fe variază între 29,52-30,94% iar Cu între 33,29-35,10%. Au fost remarcate și cantități scăzute de aur ce variază între 0,02 și 0,04.

V. Studiul cuarțului de la Roșia Montană și Roșia Poieni

V.1. Catodoluminiscenta

V.1.2. Rezultate obținute

Pentru studiul cristalelor de cuarț cu ajutorul catodoluminiscentei au fost utilizate secțiuni dublu lustruite cu grosime de 150-200 μ m. Au fost selecționate eșantioane de cuarț magmatic și hidrotermal de la Roșia Montană și cuarț hidrotermal de la Roșia Poieni.

Analizele s-au efectuat cu un dispozitiv de catodoluminiscentă CL 8200 MK3 (CITL) conectat la un microscop Nikon E 400.

V.1.2.1. Roșia Montană

Cu ajutorul catodoluminiscentei, la Roșia Montană au fost puse în evidență trei generații de cuarț hidrotermal:

- a. prima generație de cuarț, care este euhedral și nu prezintă variații interne de luminiscentă;
- b. a doua generație de cuarț euhedral, zonat intern, în luminiscentă de la cenușiu deschis la negru și
- c. ultima generație de cuarț, care este anhedral, slab luminiscent în nuanțe de cenușiu închis și negru.

Ca o ultimă depunere pe filon, au fost identificați carbonații, care apar fie sub formă de filonașe, cu luminiscentă de culoare roșie, fie sub formă rubanată cu variații de luminiscentă de la cenușiu deschis la cenușiu închis.

În cadrul cristalelor bipiramidale de cuarț magmatic a fost pusă în evidență o zonare neregulată a luminiscentei, aceasta fiind neuniform distribuită în cadrul cristalului. Culorile variază de la cenușiu închis la negru. Această zonare neregulată poate fi explicată ca fiind rezultatul unei degazeificări periodice în timpul răcirii topiturilor.

Incluziunile de topituri apar zonate concentric în cadrul cristalului în luminiscentă de culoare galbenă. Acestea apar dispuse pe zonele de creștere ale cristalului de cuarț, fiind prinse în timpul cristalizării acestuia. Unele dintre aceste incluziuni de topitură magmatică prezintă o zonare internă în culori de galben deschis și galben cenușiu.

Pe fisuri a fost pusă în evidență o generație de cuarț hidrotermal care prezintă luminiscentă de la cenușiu deschis la cenușiu închis, care este asociat cu carbonați cu luminiscentă de culoare roșie.

V.1.2.2. Roșia Poieni

Cuarțul de la Roșia Poieni apare în luminiscentă de la cenușiu închis la negru, fiind mai deschis la culoare de-o parte și de alta a fisurilor și în jurul incluziunilor fluide. Incluziunile fluide apar în luminiscentă de culoare cenușiu deschis. Incluziunile fluide monofazice (gazoase) prezintă o luminiscentă cenușiu deschis la exterior iar spre interior trec către cenușiu închis.

Raspunsul la catodoluminiscentă poate fi dat de schimbările care apar în ceea ce privește compoziția fluidelor care dau naștere cristalului de cuarț (schimbări de pH sau de temperatură, variația conținutului în elemente urmă) în timpul formării mineralului.

V.2. Studiul incluziunilor fluide și de topituri silicatic

V.2.1. Incluziunile fluide

V.2.1.1. Introducere

În România studiul incluziunilor fluide este introdus de Acad. Prof. Mircea Savul la Catedra de Geochimie a Universității „Al.I.Cuza” din Iași.

Primul dispozitiv microtermometric este realizat tot la Iași de Dr. Vasile Pomârleanu (1958) care permite studiul incluziunilor fluide între +20 și +250°C. Primele date criometrice sunt obținute în 1987 cu ajutorul unui dispozitiv original ce permite răcirii până la -100°C (Pintea, 1995).

V.2.1.2. Rezultate obtinute

Pentru determinarea temperaturii de omogenizare a incluziunilor fluide a fost folosită o masuță de încălzire/răcire pentru micro-termometrie Linkam THMSG600 cu control automat al temperaturii conectată la un microscop Nikon E 400. Această termocameră are un interval de temperatură de la -196°C și 600°C și o acuratețe de măsurare de $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$.

Pentru determinarea Th au fost folosite secțiuni dublu lustruite din cristale de cuarț magmatic și hidrotermal și calcit, colectate de la Roșia Montană și cuarț hidrotermal de la Roșia Poieni. Au fost efectuate analize pe un număr de 20 de eșantioane colectate atât de la Roșia Montană cât și de la Roșia Poieni.

Studiul incluziunilor fluide a cuprins mai multe etape:

- Colectarea eșantioanelor din zone reprezentative pentru cele două zăcăminte;
- Pregătirea probelor și confecționarea de secțiuni subțiri dublu lustruite;
- Studiul în lumină transmisă și efectuarea petrografiei incluziunilor fluide cu ajutorul unui microscop Nikon E 400, pentru determinarea diferitelor grupe de incluziuni și efectuarea unei hărți cu dispunerea acestora în cadrul cristalelor;
- Efectuarea analizelor de microtermometrie cu ajutorul unei microtermocamere Linkam THM SG600 conectată la un microscop Nikon E 400.

V.2.1.2.1. Roșia Montană

La Roșia Montană au fost identificate două tipuri de cuarț:

- a. un tip de cuarț magmatic care se găsește sub forma de cristale bipiramidale în corpurile de dacite;
- b. un tip de cuarț hidrotermal care captusește peretii spațiilor libere și fisurilor din cadrul dacitelor și diferitelor tipuri de breccii.

Pentru analiza au fost selectate:

- a. 5 probe de cuarț magmatic din dacite;

b. 4 probe de fenocristale de cuarț hidrotermal colectate din geodele formate în cadrul brecciilor dacitice;

c. 2 eșantioane cu filonașe de cuarț asociat cu carbonați din cadrul brecciei negre.

Cuarțul magmatic atinge dimensiuni de până la 2 cm iar cel hidrotermal ajunge la dimensiuni decimetrice.

V.2.1.2.1.1. Fenocristalele de cuarț magmatic din dacitele de la Roșia Montană

Cuarțul magmatic din dacitul de la Roșia Montană apare sub formă de cristale bipiramidale de cuarț β . Acestea ating dimensiuni de până la 2 cm și au conturul rotunjit, fapt care indică o soluție magmatică. Fisurile formate ulterior au fost umplute cu sulfuri, carbonați și sericit.

Fenocristalele bipiramidale de cuarț conțin incluziuni de cristale, fluide și topituri.

V.2.1.2.1.1.1. Incluziunile de topituri magmatice și minerale

În cadrul cristalelor de cuarț magmatic din dacitele de la Roșia Montană, pe zonele de creștere au fost puse în evidență incluziuni solide și de topituri magmatice. În timpul cristalizării din magmă a cuarțului, acestea au prins cristale de zircon, apatit dar și cristale baghetă neidentificate.

Toate incluziunile de topituri sunt dispuse în lungul suprafețelor de creștere a cristalelor de cuarț și au $T_h > 600^\circ\text{C}$.

V.2.1.2.1.1.2. Incluziunile fluide

Prin studiul petrografic al incluziunilor fluide, în funcție de proporția fazelor, au fost determinate trei tipuri de incluziuni fluide (Iatan, 2008 a, b):

a. Tipul I, incluziuni fluide bifazice, $L < V$, care omogenizează prin dispariția fazei gazoase, cu proporția fazei gazoase de 60 % din volumul incluziunii

b. Tipul II, incluziuni fluide bifazice, $L < V$, care omogenizează prin dispariția fazei lichide cu proporția fazei gazoase de 80 % din volumul incluziunii

c. Tipul III, incluziuni fluide gazoase cu $V=95-100\%$

Datele microtermometrice asupra incluziunilor fluide din cuarțurile magmatice au arătat o distribuție bimodală, bine definite, a valorilor T_h care variază între 458°C - 493°C și 532°C - 549°C .

V.2.1.2.1.2. Fenocristalele de cuarț hidrotermal

Pe baza proporției fazelor și la temperatura camerei și a comportamentului la omogenizare, au fost identificate trei tipuri de incluziuni fluide, după cum urmează (Iatan, 2008 a, b):

a. Tipul I de incluziuni fluide, la care proporția fazelor este $L>V$, în care faza gazoasă reprezintă 20% din volumul incluziunii, iar omogenizarea are loc prin dispariția fazei de vapori. Temperatura de omogenizare măsurată variază larg între 234°C - 379°C ;

b. Tipul II de incluziuni fluide la care proporția fazelor este $L<V$, în care faza gazoasă reprezintă 80% din volumul incluziunii, care deasemenea omogenizează prin dispariția fazei de vapori în două populații distincte: prima între 259°C și 277°C și a doua între 401°C - 443°C .

c. Tipul III de incluziuni fluide cu proporția fazelor $L<V$ iar proporția fazei gazoase este de 95% din volumul incluziunii, care omogenizează prin expansiunea fazei vapor la temperaturi care variază între 523°C - 535°C .

V.2.1.2.2. Roșia Poieni

La Roșia Poieni au fost analizate probe selecționate din cele două tipuri (generații) de cuarț hidrotermal identificate:

a. Cuarț hidrotermal cenușiu-violet (4 eșantioane), asociat mineralizației de tip porphyry copper, colectat din zona de alterație potasică;

b. Cuarț hidrotermal transparent (3 eșantioane) asociat mineralizației epitermale, colectat de la partea superioară a zăcămintului, din zona cu alterație potasică;

În cadrul primei generații de cuarț, reprezentat de cuarțul violet asociat mineralizației de tip porphyry copper, în funcție de numărul și raportul fazelor la temperatura camerei, au fost determinate patru tipuri de incluziuni fluide:

- incluziuni fluide monofazice, gazoase. Acestea prezintă forme de cristal negativ și sunt constituite din vapori de apă sau CO₂. Ocazional pot conține și minerale opace sau transparente.

- incluziuni fluide bifazice (L+V) care au în componență o fază lichidă și una gazoasă. Acestea au de regulă formă neregulată, se întâlnesc destul de rar iar proporția fazei gazoase este în general de 60-70%.

- incluziuni fluide trifazice (L+V+S), în care avem o fază lichidă, o fază gazoasă și o fază solidă. Faza solidă este reprezentată de halit sau de hematit. Proporția dintre cele trei faze este variată, gazul ocupând cam 40% din volumul incluziunii fluide.

- incluziuni fluide polifazice (L+V+S₁+S₂+...+S_n) în care sunt prezente o fază lichidă, o fază gazoasă și o multitudine de faze solide (cristale daughter) fiind reprezentate de halit, silvină, hematit, sulfuri (pirită, calcopirită?) etc. Halitul poate fi recunoscut prin habitusul cubic și transparență; silvina însoțește halitul și are formă rotunjită sau octaedrică; hematitul apare sub formă de cristale hexagonale sau neregulate brun-roșcate; celelalte sulfuri (pirita, calcopirita) apar în forme neregulate și sunt de culoare neagră. Acestea au forme neregulate și sunt cel mai abundente incluziuni fluide din cadrul cristalului de cuarț.

În cuarțul transparent asociat mineralizației epitermale au fost determinate următoarele tipuri de incluziuni fluide:

- incluziuni fluide monofazice, gazoase; acestea au forme de cristal negativ și sunt de tip pseudosecundar, fiind dispuse pe fisuri cicatrizate.

- incluziuni fluide bifazice (L+V) în care sunt prezente o fază lichidă și una gazoasă, proporția fazei gazoase fiind în general în jur de 40% din volumul incluziunii fluide.

- incluziuni fluide polifazice (L+V+S₁+S₂+...+S_n) în care sunt prezente o fază lichidă, o fază gazoasă și mai multe faze solide. Acestea sunt reprezentate de halit, silvină, jarrosit, minerale opace și alte minerale transparente neidentificate.

O diferență notabilă între cele două tipuri de cuarț determinate este aceea că în incluziunile fluide polifazice din cuarțurile de prima generație este prezent hematitul, pe

când incluziunile fluide din cadrul generației secunde nu conțin hematit. În schimb, în cadrul acestora a putut fi observat un mineral de culoare galbenă care nu a putut fi determinat prin metoda de spectrometrie Raman.

V.3. Fluorescența de raze X

V.3.1. Roșia Montană

V.3.1.1. Cuarțul magmatic

În urma analizelor XRF asupra cuarțurilor magmatice din dacitele de la Roșia Montană s-au constatat concentrații ridicate de Cr, Rb, Zr și Th.

V.3.1.2. Cuarțul hidrotermal

În cuarțul hidrotermal de la Roșia Montană, în urma analizelor XRF au fost stabilite concentrații ridicate de Cr și mai puțin ridicate de Rb, Ba și Th.

V.3.2. Roșia Poieni

În cuarțul hidrotermal de la Roșia Poieni au fost puse în evidență concentrații mari de Cr, Ba și Th.

VI. Condiții metalogenetice

Pentru a explica o posibilă relație între activitatea vulcanică și metalogeneză și dintre zăcămintele Au-Ag și cele porphyry copper, s-au propus o serie de modele.

Henley (1985), Hedenquist și Lowenstern (1994) propun un model pentru formarea zăcămintelor de tip porphyry copper și a celor de tip epitermal. Termenul de epitermal a fost propus de Lindgreen pentru a descrie zăcămintele asociate activității vulcanice. Acesta considera că depozitele epitermale sunt formate la adâncimi mici (0-2km), la temperaturi scăzute (100-200°C). Acest termen a fost păstrat până astăzi și descrie zăcămintele formate prin circulația fluidelor hidrotermale la adâncimi mici (0-2km) și temperaturi medii (200-400°C), cu un conținut mare de aur și argint care prezintă o relație spațială și temporală cu activitatea vulcanică.

Pentru Munții Apuseni de Sud au fost propuse două modele: modelul epitermal terțiar pentru Munții Apuseni de Sud - Roșia Montană și Roșia Poieni propus de Borcoș și Vlad (1997) ; și modelul plutonului central descris de Borcoș (1994).

Toate aceste modele admit existența unei intruziuni magmatice la o adâncime de 1- 1.5 Km (Borcoș, 1994) care reprezintă sursa de caldură. Borcoș și Vlad (1997) admit existența unui pluton al cărui apofiză s-ar situa la o adâncime de 2.5-3.5 km din care mai târziu s-au format intruziunile purtătoare de mineralizații, idee de altfel susținută mai demult de către Ghițulescu & Socolescu. Aici își au originea fluidele magmatice încărcate cu metale care vor fi depuse ulterior.

Existența paleocalderelor în Munții Metaliferi a fost recent recunoscută în districtul Roșia Montană-Bucium și în alte zone de către O'Connor et al., 2004 și Popescu & Neacșu, 2007b, 2008.

Disponerea inelară a mineralizațiilor auro-argentifere în jurul nucleelor cuprifere de tip porphyry, este consecința modului specific în care metalogeneza din Munții Metaliferi se asociază cu vulcanitele, mai precis cu structuri vulcanice de tip caldereean de tip resurgent. După prabușire, activitatea vulcanică în interiorul și în jurul calderii se concretizează uneori prin coșuri vulcanice distribuite circular în lungul marginilor calderelor (Popescu et al., 2007).

În 2008, Popescu & Neacșu propun un model pentru aria Roșia Montană-Roșia Poieni, bazat pe existența unei caldere de tip „trapdoor”. Această calderă evoluează în

trei episoade: a. partea superioară a camerei magmatice se dilată și iar magma începe să curgă în partea de SW; magma din părțile adânci ale camerei magmatice începe să curgă, iar rocile din partea superioară a camerei magmatice se fisurează și cad în camera magmatică golită; acest episod este urmat de o metalogeneză auro-argentiferă; b. camera magmatică este sărăcită în gaze și are loc o activitate vulcanică și subvulcanică minoră, însoțită de o activitate metalogenetică de tip porphyry copper; c. magma continuă să fie din ce în ce mai bazică; corpurile vulcanice mai erup doar în partea de NE a calderii (Popescu & Neacșu, 2008).

În ceea ce privește o posibilă relație genetică între cele două zăcăminte cercetate, din datele publicate de Kouzmanov et al., 2004, rezultă o corelație pozitivă între Cu/Te și Cu/Au pentru incluziunile fluide din pirita de la Roșia Poieni, un trend asemănător fiind observat de Wallier și Ray (2004), pentru incluziunile fluide de salinitate scăzută de la Roșia Montană, acest lucru sugerând o posibilă relație genetică între cele două zăcăminte învecinate. Aceste date susțin ipoteza unei origini comune a fluidelor mineralizatoare care au dat naștere la cele două zăcăminte. În 2005, din datele publicate de Kouzmanov et al. rezultă că dacitele de la Roșia Montană sunt sarace în LREE, în comparație cu andezitele de la Roșia Poieni și prezintă o anomalie pronunțată a Eu, care lipsește la Roșia Poieni. În urma analizelor pe cristale de zircon, la Roșia Montană s-a putut observa o anomalie pozitivă a Ce și o anomalie semnificativă a Eu, acestea fiind tipice zircoanelor de origine magmatică. Zircoanele de la Roșia Poieni nu prezintă o anomalie semnificativă a Eu iar corelația Nb/Ta este pozitivă, acest lucru fiind tipic magmelor derivate din manta. Astfel, rezultă o evoluție distinctă în timp a compoziției magmelor care au dat naștere la corpurile de dacite și andezite de la Roșia Montană și Roșia Poieni.

VI.1. Evoluția metalogenetică a zăcămintelor Roșia Montană și Roșia Poieni

Pentru a răspunde la principalul obiectiv al tezei care derivă din titlul acesteia, din datele geologice existente și din contribuția personală la studiul celor două zăcăminte s-a încercat elaborarea unor modele de evoluție atât a vulcanismului din aria studiată cât și a metalogenezei asociate.

Zăcământul epitermal auro-argentifer de tip intermediate sulfidation de la Roșia Montană s-a format la o adâncime de 1-2 km la o temperatură >200°C. Fluidul care a contribuit la formarea zăcământului și la transformările hidrotermale este în mare parte de tip meteoric (White & Hedenquist, 1995).

Formarea zăcămintului a început prin punerea în loc a intruziunilor de dacite care aflorează în mare parte în cele două dealuri Cetate și Cârnic. Procesul hidrotermal a început probabil imediat după apariția corpurilor dacitice în cadrul sedimentelor cretace, intruziunile reprezentând sursa de caldură și flide necesar sistemului hidrotermal. În urma unui proces freatic și freato-magmatic datorat venirii în contact a fluidelor magmatice cu cele meteorice, au luat naștere corpurile de breicii dacitice și polimictice în care a fost cantonată mineralizația de tip auro-argentifer. Formarea fisurilor și fracturilor au dus la circulația fluidelor mineralizatoare prin acestea, metalele fiind depuse o dată cu răcirea acestora. Odată cu deschiderea fisurilor a fost permisă injectarea unui material de culoare neagră, numit „chingă”. Procesul de mineralizare a fost acompaniat de un proces intens de transformări hidrotermale, la Roșia Montană neexistând roci proaspete.

Mineralele depuse în cadrul brecciilor, asociate cu „chinga” și cuarțul hidrotermal sunt: pirita, blenda, galena, calcopirita, aurul nativ, argintul. În cadrul carbonaților au fost depuse sulfuri și sulfosaruri (galena, blenda, calcopirita, ± alabandina, pirita și marcasita, tetraedrit) și telururi (hessit, altait, sylvanit, argyrodit) și electrum.

Procesul hidrotermal s-a încheiat cu formarea corpului de brechie neagră, aflat între cele două corpuri dacitice și a filoanelor cu carbonați, cuarț și sulfuri.

Zăcămintul porphyry copper de la Roșia Poieni este de tip high sulfidation, datele izotopice arătând o contribuție însemnată a vaporilor magmatici.

Evoluția sistemului a început o dată cu formarea centrului vulcanic care va da naștere corpului subvulcanic de Fundoaia. Microdioritul de Fundoaia a fost pus în loc în partea centrală a andezitului de Poieni. Cristalizarea magmei a început de la periferie spre interior și a dus la formarea unei cupole solide, formată datorită racirii rapide. Datorită presiunii enorme acumulate, cupola a fost fisurată și fracturată, ducând la formarea căilor de acces a fluidelor mineralizatoare, de origine magmatică. Ca urmare a căldurii și a circulației fluidelor, s-au format asociații de minerale dispuse zonat care caracterizează anumite tipuri de transformări hidrotermale. Astfel, în cadrul microdioritului au luat naștere zona potasică la partea centrală, urmată de o zonă filică și argilitică care afectează și andezitul de Poieni și zona porfilitică la periferie.

Răcirea continuă a magmei a dus la cristalizarea mineralelor, formarea de fracturi care au permis circulația ascensională a fluidelor spre zone cu temperaturi scăzute, fapt care a dus la precipitarea mineralizației de tip porphyry copper. Mineralele

metalice depuse au fost: magnetit, pirită, enargit, hematit, calcopirită, bornit, digenit, molibdenit. Stadiul hidrotermal se încheie cu precipitarea generației secunde de cuarț (cuarț transparent) și a mineralizației polimetalice. Mineralele metalice și de gangă depuse au fost: pirita, calcopirita, blenda, galena, tennantit-tetraedrit, minerale cu telur și vivianit.

Datele oferite de Manske et al., 2004, cu datari ^{40}Ar - ^{39}Ar pe adularul de la Roșia Montană, Roșu et al. 2004, cu datări K-Ar pe rocile din districtul Bucium-Roșia Montană-Roșia Poieni și Wallier et al., 2005 cu datări U-Pb pe cristale de zircon, de la Roșia Montană și Roșia Poieni, coroborate cu datele petrografice și tectonice existente, au permis elaborarea unui model al evoluției activității magmatice din aria studiată. Astfel, rezultă că activitatea magmatică a evoluat de la sud spre nord și continuând spre est, aceste manifestări fiind controlate de sistemul de fisuri și fracturi.

Activitatea magmatică a început în partea de sud a districtului, în zona Bucium Sud cu formarea de corpuri andezitice cu o vârstă de 14,8-14,7 Ma. Procesul a continuat spre nord cu formarea corpurilor andezitice de la Citera și Bucium-Tarnița, care au vârste cuprinse între 14,8-14,6 Ma.

La intersecția unor sisteme de fracturi orientate NV-SE, NE-SV și N-S au luat naștere corpurile dacitice de la Roșia Montană care au o vârstă de 13,6-13,15 Ma. Acestea au fost urmate de un proces de mineralizare de tip auro-argentifer datat 12,88-12,71 Ma. Activitatea magmatică a continuat spre est, cu formarea corpului andezitic Rotunda (9,3 Ma) și andezitului-microdioritului de Fundoaia care are o vârstă de 9,42-9,23 Ma. În cadrul microdioritului de Fundoaia a avut loc o activitate metalogenetică de tip porphyry copper, de vârstă 9,16 Ma.

Activitatea magmatică s-a încheiat cu formarea corpurilor bazaltice de la Detunata, care au o vârstă cuprinsă între 7,8-7,4 Ma.

Concluzii

Zăcămintele Roșia Montană (Au-Ag) și Roșia Poieni (porphyry copper) sunt situate în Munții Apuseni de Sud, în partea central estică a Munților Metaliferi, Județul Alba și fac parte din districtul Roșia-Bucium, din așa numitul „Patrulater aurifer”.

Roșia Montană este un zăcământ de tip intermediate-sulfidation, mineralizația de tip auro-argentifer fiind cantonată în cadrul dacitelor și a breiciilor mono- și polimictice din dealurile Cârnic și Cetate, cât și în rocile sedimentare din partea de nord a zăcământului (Orlea, Văidoaia).

Se menționează apariția elementelor native (aur), sulfuri comune (pirită, galenă, blendă, calcopirită, marcasită, arsenopirită și alabandină), și sulfosăruri (proustit, pearceit, polibasit și tetraedrit). Mineralele de gangă de la Roșia Montană sunt comune zăcămintelor cu metale prețioase tip intermediate sulfidation. Cuarțul, adularul și rodocrozitul sunt foarte răspândite și sunt asociate cu gips, calcit, rodonit și minerale argiloase, care se găsesc în proporție mai mică. Din analizele cu microsonda și microscopul electronic efectuate în cadrul Laboratorului G2R la Faculté de Science, Université Henri Poincaré din Nancy, a fost pus în evidență prezența electrumului cu concentrații diferite de Au și Ag. Acesta apare în doua varietăți, una de îmbogățită în aur iar alta îmbogățită în argint. În urma analizelor cu microsonda electronică s-a pus în evidență și prezența uytenbogaardtitului.

Produsele de alterație sunt comune zăcămintelor de tip intermediate- sulfidation. La Roșia Montană se pot separa alterația potasică, alterația filică, silicifierea, subordonat argilică și avansat argilică.

Zăcământul Roșia Poieni este amplasat în corpul andezitic (microdioritic) de Fundoaia, ce face parte dintr-o succesiune de magmatite (neogene) cu dispunere concentrică: andezitele de Poieni, Ruginiș și Vârși, faciesul de Fundoaia fiind coloana axială a acestora. Roca intens hidrotermalizată este marcată de o zonalitate a alterărilor în urmatorul sens; zona potasică la partea centrală, zona filica și argilitică, care afectează și andezitul de Poieni, și zona propilitică la periferie.

La Roșia Poieni au fost puse în evidență existența a două tipuri de mineralizații: una de tip porphyry copper cantonată în cadrul microdioritului de Fundoaia și alta mai puțin exstinsă, de tip filonian. Mineralele metalice descrise sunt: calcopirita, rareori

bornit, dispuse pe fisuri milimetrice-submilimetrice în ganga de cuarț; magnetit parțial martitizat (vinișoare), pirita (diseminată, pe fisuri, în cuiburi, concentrată la periferia zăcămintului); molibdenit cu o oarecare concentrație în adâncime; hematit asociat de regulă cu ganga de cuarț; tetraedrit, blendă, galenă, pirită, minerale cu telur prezente pe fisuri, uneori în filoane de grosimi centimetrice; sulfuri de cupru (enargit, luzonit, stibio-luzonit).

Cu ajutorul analizelor cu microsonda și microscopul electronic au putut fi descrise pentru prima dată la Roșia Poieni minerale cu telur: telurbismutitul, hessitul și goldfielditul.

În urma studiului cristalelor de cuarț cu ajutorul catodoluminescenței s-au putut observa următoarele:

-în cadrul filoanelor de cuarț hidrotermal de la Roșia Montană s-a pus în evidență existența a trei generații de cuarț: prima generație de cuarț, care este euhedral și nu prezintă variații interne de luminescență; a doua generație de cuarț euhedral, zonat intern, în luminescență de la cenușiu deschis la negru și ultima generație de cuarț, care este anhedral, slab luminescent în nuanțe de cenușiu închis și negru;

- în cadrul cristalelor de cuarț magmatic de la Roșia Montană incluziunile de topituri silicatică apar zonate concentric în cadrul cristalului, în luminescență de culoare galbenă. Acestea sunt dispuse pe zonele de creștere ale cristalului de cuarț, fiind prinse în timpul cristalizării acestuia. Unele dintre aceste incluziuni de topitură magmatică prezintă o zonare internă în culori de galben deschis și galben cenușiu;

- pe fisuri a fost pusă în evidență existența carbonaților, atât în cuarțul magmatic cât și în cel hidrotermal de la Roșia Montană

- cuarțul de la Roșia Poieni apare în luminescență de la cenușiu închis la negru, fiind mai deschis la culoare de-o parte și de alta a fisurilor și în jurul incluziunilor fluide. Incluziunile fluide apar în luminescență de culoare cenușiu deschis. Incluziunile fluide monofazice (gazoase) prezintă o luminescență cenușiu deschis la exterior iar către interior trec către cenușiu închis.

În urma descrierii petrografice și a analizelor de microtermometrie a incluziunilor din cuarțurile magmatice de la Roșia Montană au rezultat următoarele:

- pe zonele de creștere a cristalelor au fost puse în evidență incluziuni solide și de topituri magmatice;
- incluziunile solide sunt reprezentate de cristale de zircon, apatit și cristale baghetă neidentificate;
- toate incluziunile de topituri sunt dispuse în lungul suprafețelor de creștere a cristalelor de cuarț și au $T_h > 600^\circ\text{C}$;
- incluziunile fluide sunt bifazice și prezintă variații diferite a proporției fazei gazoase;
- datele microtermometrice asupra incluziunilor fluide au arătat o distribuție bimodală, bine definită, a valorilor T_h care variază între $458^\circ\text{C} - 493^\circ\text{C}$ și $532^\circ\text{C} - 549^\circ\text{C}$.

În cadrul cuarțurilor hidrotermale de la Roșia Montană, pe baza proporției fazelor și la temperatura camerei și a comportamentului la omogenizare, au fost identificate trei tipuri de incluziuni fluide:

- tipul I de incluziuni fluide, la care proporția fazelor este $L > V$ iar omogenizarea are loc prin dispariția fazei de vapori; temperatura de omogenizare măsurată variază larg între $234^\circ\text{C} - 379^\circ\text{C}$;
- tipul II de incluziuni fluide la care proporția fazelor este $L < V$, care de asemenea omogenizează prin dispariția fazei de vapori, în două populații distincte: prima între 259°C și 277°C și a doua între $401^\circ\text{C} - 443^\circ\text{C}$.
- tipul III de incluziuni fluide cu proporția fazelor $L < V$, care omogenizează prin expansiunea fazei vapor la temperaturi care variază între $523^\circ\text{C} - 535^\circ\text{C}$.

La Roșia Poieni a fost pusă în evidență existența a două generații de cuarț, unul de culoare violetă, asociat mineralizației de tip porphyry copper, iar altul transparent asociat mineralizației de tip filonian. În cadrul primei generații de cuarț, în funcție de numărul și raportul fazelor la temperatura camerei, au fost determinate patru tipuri de incluziuni fluide: a. incluziuni fluide monofazice, gazoase; b. incluziuni fluide bifazice (L+V); c. incluziuni fluide trifazice (L+V+S); d. incluziuni fluide polifazice.

În cadrul generației secundare de cuarț, asociat mineralizației filoniene au fost determinate următoarele tipuri de incluziuni fluide: a. incluziuni fluide monofazice, gazoase; b. incluziuni fluide bifazice (L+V); c. incluziuni fluide polifazice (L+V+S₁+S₂+...+S_n).

O diferență notabilă între cele două tipuri de cuarț determinate este aceea că incluziunile fluide polifazice din cuarțurile de prima generație conțin hematit, pe când, în incluziunile fluide din cuarțul de generația a doua, hematitul a fost înlocuit de un mineral de culoare galbenă care nu a putut fi determinat prin metoda de spectrometrie Raman.

Din datele existente privind vârstele rocilor coroborate cu datele petrografice și tectonice, s-a încercat elaborarea un model al evoluției activității magmatice și metalogenetice din aria studiată.

Activitatea magmatică a început în partea de sud a districtului, în zona Bucium Sud cu formarea de corpuri andezitice cu o vârstă de 14,8-14,7 Ma. Procesul a continuat spre nord cu formarea corpurilor andezitice de la Citera și Bucium-Târnița, care au vârste cuprinse între 14,8-14,6 Ma.

La intersecția unor sisteme de fracturi orientate NV-SE, NE-SV și N-S au luat naștere corpurile dacitice de la Roșia Montană care au o vârstă de 13,6-13,15 Ma, urmate de un proces de mineralizare de tip auro-argentifer datat 12,88-12,71 Ma. Activitatea magmatică a continuat spre est, cu formarea corpului andezitic Rotunda (9,3 Ma) și andezitului-microdioritului de Fundoaia care are o vârstă de 9,42-9,23 Ma, urmată de o activitate metalogenetică de tip porphyry copper (9,16 Ma). Activitatea magmatică s-a încheiat cu formarea corpurilor bazaltice de la Detunata, care au o vârstă cuprinsă între 7,8-7,4 Ma.

Formarea zăcămintului epitermal auro-argentifer de la Roșia Montană a început prin punerea în loc a intruziunilor de dacite care aflorează în mare parte în cele două dealuri Cetate și Cârnic. În urma unui proces freatic și freato-magmatic datorat venirii în contact a fluidelor magmatice cu cele meteorice, au luat naștere corpurile de breccii dacitice și polimictice în care a fost cantonată mineralizația de tip auro-argentifer. Formarea fisurilor și fracturilor au dus la facilitarea circulației fluidelor mineralizatoare, metalele fiind depuse o dată ce fluidele încep să se răcească. Procesul de mineralizare a fost acompaniat de un proces intens de transformări hidrotermale. Mineralele depuse în cadrul brecciilor, asociate cu „chinga” și cuarțul hidrotermal sunt: pirita, blenda, galena, calcopirita, aurul nativ, argintul. În cadrul carbonaților au fost depuse sulfuri și sulfosăruri (galena, blenda, calcopirita, ± alabandina, pirita și marcasita, tetraedit), telururi (hessit, alait, sylvanit, argyrodit) și electrum. Procesul hidrotermal s-a încheiat cu formarea corpului de breccie neagră, aflat între cele două corpuri dacitice și a filoanelor cu carbonați, cuarț și sulfuri.

Zăcămintul porphyry copper de la Roșia Poieni a luat naștere o dată cu formarea centrului vulcanic care va da naștere corpului subvulcanic de Fundoaia. Microdioritul de Fundoaia a fost pus în loc în partea centrală a andetivului de Poieni. Cristalizarea magmei a început de la periferie spre interior a dus la formarea unei cupole solide, formată datorită răcirii rapide. Datorită presiunii enorme acumulate, cupola a fost fisurată și fracturată, ducând la formarea căilor de acces a fluidelor mineralizatoare, de origine magmatică. Aceste fluide au dus la transformări în cadrul microdioritului luând naștere zona potasică la partea centrală, urmată de o zona filică și argilitică, care afectează și andezitul de Poieni și zona propilitică la periferie. Răcirea continuă a magmei a dus la formarea de fracturi care au permis circulația ascensională a fluidelor spre zone cu temperaturi scăzute, fapt care a dus la precipitarea mineralizației de tip porphyry copper. Mineralele metalice depuse au fost: magnetit, pirită, enargit, hematit, calcopirită, bornit, digenit, molibdenit. Stadiul hidrotermal se încheie cu precipitarea generației secunde de cuarț (cuarț transparent) și a mineralizației polimetalice. Mineralele metalice și de gangă depuse au fost: pirită, calcopirita, blenda, galena, tennantit-tetraedrit, minerale cu telur și vivianit.

Bibliografie:

Alderton, D.H.M., and Fallick, A.E., 2000. The nature and genesis of gold-silver-tellurium mineralization în the Metaliferi Mountains of western Romania: Economic Geology, v. 95, p. 495-515.

Balintoni, I., 1994. Structure of Apuseni Mountains. Alcapa II, Romanian J. of Tectonics and Regional Geology, 75, 2, p. 51-58, Bucharest.

Balintoni, I., 1997. Geotectonica terenurilor metamorfice din România, Ed. Carpatica, 176, Cluj Napoca.

Balintoni, I., Vlad S., 1998. Tertiary magmatism în the Apuseni mountains and related tectonic setting. Studia Univ. Babeș-Boya, Geologie, IX, p. 1-11, Cluj.

Berbeleac, I., 1975. Studiul petrografic și metalogenetic al regiunii Vălișoara (Porcurea), Munții Metaliferi. An. IGG, XLIV, p. 1-189, Teză de doctorat, Bucuresti.

Berbeleac, I., 1985. Zăcăminte de aur. Ed. Tehnică, Bucuresti, 336 p.

Berbeleac, I., 2003a. Time-space geodynamic evolution of Terțiar magmatic and metallogenic activity în South Apuseni Mountains, Romania, Studii și cercetări de Geofizică, 41.

Berbeleac, I., Asimopolus, L., Rădulescu, V., Visan, M., 2003b. Proiect: Studii complexe geologice-geofizice privind geodinamica, metalogeneza și structura adâncă a Munților Apuseni de Sud. Studiul structural metalogenetic al Munților Apuseni de Sud. Studii de caz: Regiunea Corna – Roșia Montană și Voia, Munții Metaliferi – IGSSAR, lucrare nepublicată, Bucuresti.

Berbeleac, I., Chitea, Fl., Nutu, L.M., Iatan, L.E., 2006. Harta Geologică a regiunii Roșia Montană –Roșia Poieni după IGR, Foaia Abrud, Sc. 1:50.000, cu modificări. Localizarea structurală a mineralizațiilor hidrotermale asociate structurilor vulcanice neogene din Munții Metaliferi. Implicații economice. MENER 478/2004, raport de etapă, lucrare nepublicată.

Berbeleac, I., Nutu, M.L., 2007. Regional structures related to neogene mineral deposits in NE part of Metaliferi Mountains (Bucium-Roșia Montană-Roșia Poieni area), Romania, National symposium of Geology and Geophysics, GEO 2007, Bucharest.

Berza, T., Iancu, V., Seghedi, I., Nicolae, I., Balintoni I., Ciulavu, D., Bertotti, G., 1994. Excursion to the South Carpathians, Apuseni Mountains and Transilvanian Basin: Description on Stops. Alcapa II, Romanian J. of Tectonics and Regional Geology, 75, 2, p.105-149, Bucharest.

Bleahu, M., Lupu, M., Patrulius, S., Bordea, S., Stefan, A., Panin, S., 1981. The structure of the Apuseni Mountains. Carp. Balk. Geol. Assoc., XII Congr., Guide to Excursion B3, Inst. Geol. Geophys., Bucharest.

Borcoș, M., 1967. Etude génétique des roches éruptives néogène et des produits hydrothermaux associés de Roșia Montană (Monts Métallifères). Assoc. Géol. Carpatobalcanique, VIII-ème Congrès, Belgrade, 39-47.

Borcoș, M., Popescu, Gh., Roșu, E., 1986. Nouvelles données sur la stratigraphie et l'évolution du volcanisme Tertiaire des Monts Metaliferes. D. S., Bucuresti.

Borcoș, M., Vlad, S., Udubașa, G., Găbudeanu, B., 1998. Qualitative and quantitative metallogenetic analysis of the ore genetic units in Romania, Rom. Journal of Min. Dep., Bucuresti.

Ciobanu, C.L., Cook, N.J., Stein, H., 2002. Regional setting and geochronology of the Late Cretaceous Banatitic Magmatic and Metallogenetic Belt: Mineralium Deposita, v. 37, p. 541-567.

Cioflica, Gr., Lupu, M., Nicolae, I., Vlad, S., 1980. Alpine ophiolites of Romania: tectonic setting, magmatism and metallogenesis. An. Inst. Geol. Geofiz., LVI, p. 79-96, Bucuresti

Cioflica, Gr., Nicolae, I., 1981. The origin, evolution, tectonic setting, of the Alpine Ophiolites from the South Apuseni Mountains. Rev. Roum. Geol. Geophys. Geogr., Geol., 25, p.19-29, Bucuresti

Cioflica, Gr., Berbeleac, I., Lazar, C., Stefan, A., Vlad S., 1982. Metallogeny related to Iaramian magmatism in the Bihor Mountains (North Apuseni Mountains). An. Univ. Bucuresti XXXI, p. 2-12, Bucuresti.

Cook, J.N., Ciobanu, L., 2004. Neogene ore deposits and metallogeny of the golden Quadrilateral, South Apuseni Mts., Romania, Gold-Silver-Telluride Deposits of the Golden Quadrilateral, South Apuseni Mts., Romania, IAGOD Guidebook Series 12, pp. 25-88, Alba Iulia.

Damian, Gh., 2003. Tehnici de analiză, Ed. Universității de nord, Baia Mare, p.220.

Damman, A., Kars, S., Touret, L.R., Rieffe, C., Kramer, A.L.M., Vis, R.D., Pinteș, I., 1999. Eur. J. Mineral. 8, p. 1081-1096

Drew, L., 2005, Tectonic model for spatial occurrences of porphyry copper and polymetallic vein deposits în central Europe, USGS Report 2005-5272

Emmons, W.H., 1937. Gold deposits of the world, first edition, NY, London.

Feier, N., Groza, N., Tamas, C.G., 2004. Breccia and vein structures in Cărnic Massif, Roșia Montană ore deposit, Apuseni Mts. Romania, Rom. Jour. of Min. Dep., Vol.81, p.88-90, IGR, București.

Ghițulescu, T.P., Socolescu, M., 1941. Etude geologique et miniere des Monts Metaliferes (Quadrilater aurifere et regions environnantes), București.

Goldstein, R.H., Reynolds, T.,J., (1994), Systematics of fluid inclusions in diagenetic minerals. SEMP Short course 31, 199 p.

Ianovici, V., Giusca, D., Ghițulescu, T.P., Borcoș, M., Lupu, M., Bleahu, M., Savu, H., 1969. Evoluția geologică a Munților Metaliferi, Ed. Academiei Romane, București.

Ianovici, V., Borcoș, M., Bleahu, M., Patrulius, D., Lupu, M., Dumitrescu, R., Savu, H., 1976, Geologia Munților Apuseni, Ed. Academiei Romane, București

Ionescu, Olga, 1974. Mineralizația cuprifera de tip diseminat de la Roșia Poieni (jud. Alba), St.cerc. geol. geof. geogr. (s. geol), 19, p. 77-84, București.

Ionescu, O., Soare, C., Gheroghiu, M., 1975. Contributions to the study of Roșia Poieni ore deposit (Metaliferi Mountains). Hypogene alterations (Romania). Stud Cerc Geol Geophys Geogr Ser Geol 20(2):159–170.

Iatan, E., L., 2008 a. Cathodoluminescence petrography and fluid inclusions study of some quartz samples from Roșia Montană epithermal Au-Ag deposit, Metaliferi

Mountains, Romania, Geophysical Research Abstracts, Vol. 10, EGU General Assembly, Vienna, 2008.

Iatan, E., L., 2008b. New data concerning fluid inclusions and cathodoluminescence petrography of some quartz samples from Roșia Montană epithermal deposit, Metaliferi Mountains, Romania Rom. Jour. Min. Dep., vol. 83, p. 66-69.

Justin, A., Calota, C., 1975. Etude geophysique des corps andezitiques de Rosia Poieni et de Bucium Tarnita (Monts Metalliferes) a l'aide de modelage des sources des champs potentiels, Rev. Roum. Geol. Geophys. Et Geogr. – Geophysique, 19, 113-133, Bucarest.

Kouzmanov, K., Heinrich, C., Pettke, T., Wallier, S., Rey, R., Ivascanu, P., 2004. The porphyry-epithermal continuum: A case study from the porphyry Cu-Au deposits of Rosia Poieni and Valea Morii (Apuseni Mts, Romania), IAGOD Guidebook Series 12, IGCP project 486, Alba Iulia

Kuzmanov, K., Albrecht, von Quadt, Peytcheva, I., Caroline, H., Heinrich, Ch., Roșu, E., O'Connor, G., 2005. Roșia Poieni porphyry Cu-Au and Roșia Montană epithermal Au-Ag deposits, Apuseni Mts., Romania: Timing of magmatism and related mineralisation, IGCP Project 486, 2005 Field Workshop, Kiten, Bulgaria, 14-19 sept 2005

Lazar, C., Berbeleac, I. Volanschi, E., 1982. Caracterile geochimice ale piritelor și zonalitatea geochimică a mineralizațiilor asociate magmatismului laramic din partea central-estică a Munților Bihor. D.S. LXVI, p. 233-270. Bucuresti

Leary, S., O'Connor, G., Minut, A., Tămas, C., Manske, S., Howie, K., 2004. The Roșia Montană ore deposit. The session of Romanian Ec. Geology Symposium, p.1-10

Lecca, O.G., 1937. Dicționar istoric, arheologic și geografic al României, Ed. Universul, București.

Linzer, H.G., Frisch, W., Zweigel, P., Girbacea, R., Hann, H.P., and Moser, F., 1998. Kinematic evolution of the Romanian Carpathians: Tectonophysics, v. 297, p. 133-156.

Manske, S., Ullrich, T., Reynolds, J., O'Connor, G.V., 2004. Vein sets and hydrothermal alteration in the Cetate - Cărnic Area, Roșia Montană district, Romania. Romanian Journal of Mineral Deposits, 81, 122-125.

Marcoux, E., 1995. Gold and volcanoes: epithermal gold deposits, a review. C.R.Acad. Sci. Paris, t.321, serie II a, p.723-735.

Marshall, D.J., 1988. Cathodoluminescence of geological materials. Allen & Unwin Inc., Winchester/Mass., 146 pp.

Mârza, I., Ghergari L., Nicolescu S., Avram, R., 1990. Studiul petrografic – mineralogic al zăcămintului auro-argentifer de la Roșia Montană (Masivul Cetate), jud. Alba, 42 p., (unpublished).

Mârza, I., Ghergari, L., 1992. L'adularisation des volcanites de Roșia Montană (Massif Cetate – Carpates Occidentales), Rev. Roum. Geol., 36, p. 15-23, București.

Mârza, I, Tămaș, C., Ghergari, L., 1997. Low sulphidation epithermal gold deposits from Rosia Montana, Metaliferi Mountains, Romania, St. Cerc. Geol., 42, p. 3-12.

Milu, V., 1999. Hydrothermal alteration associated Bolcana and Roșia Poieni porphyry-copper deposits (Southern Apuseni Mountains) (in Romanian). PhD Thesis, Bucharest University, 250 pp.

Milu, V., Milesi, J.P., Leroy, J. L., 2004. Roșia Poieni copper deposit, Apuseni Mountains, Romania: advanced argillic overprint of a porphyry system, Mineralium Deposita (2004) 39, p. 173–188.

Minuț, A., Leary, S., Szentesy, C., O'Connor, G., 2004. A new stile of mineralisation identified at Roșia Montană, Romanian Journal of mineral deposits, Fourth National Symposium on Economic Geology „Gold în Metaliferi Mountains”, p. 147-148, Alba Iulia.

Müller, A., 2000. Cathodoluminescence and characterisation of defect structures in quartz with applications to the study of granitic rocks, Dissertation, Göttingen, p. 229.

Neacsu, A., Ilinca G., Topa, D., Popescu, Gh., Bilal, E., 2006. Mineralogical features of enargite – Cu₃AsS₄-from Rosia Poieni, Rom. Jour. of Min. Dep., vol 82, p. 217-220

Neubauer, F., Lips, A., Kouzmanov, K., Lexa, I., Ivascanu, P., 2005. Subduction, slab detachment and mineralisation: The Neogene în the Apuseni Mountains and Carpathians, Ore Geology Reviews 27, p 13-44.

Nicolae, I., 1983. Consideratii pe marginea interpretării cadrului tectonic al ofiolitelor din Munții Apuseni de Sud. St. cerc. geol. Geofz. Geogr. Seria Geologie, 28, p. 35-45, Bucuresti.

Nicolae, I., 1985. Ophiolites of the Trascău Mountains (South Apuseni Mountains). An. Inst. Geol. Geofiz., LXV, p. 143-205, Bucuresti.

Nicolae, I., Soroiu, M., Bonhomme, G. M., 1992. Tectonic setting of the ophiolites of the South Apuseni Mountains: Magmatic Arc and Maginal Basin. Rom. J. Tect. & Reg. Geol., 68, Bucuresti.

Oncescu, N., 1965. Geologia României, Ediția a III-a, București.

Panaiotu, C., 1998. Paleomagnetic constraints on the geodynamic history of Romania, in Sledzinski, J., ed., Monograph of Southern Carpathians, p. 49-71.

Panaiotu, C.E., 2001. Utilizarea incluziunilor fluide în studiul diagenesei rocilor sedimentare. Ed. Ars Docendi, Bucuresti, p. 32.

Pécskay, Z., Edelstein, O., Seghedi, I., Szakács, A., Kovacs, M., Crihan, M. and Bernad, A. 1995a. K–Ar datings of the Neogene–Quaternary calc-alkaline volcanic rocks in Romania. Acta Vulcanologica 7/2, 53–63.

Pecskay Z., Lexa J., Szakacs A., Balogh Kad., Seghedi I., Konecny V., Kovacs M., Marton E., Kaliciak M., Szeky-Fux V., Poka T., Gyarmati P., Edelstein O., Roșu E. & Zec, B., 2005. Space and time distribution of Neogene-Quaternary volcanism in the Carpatho-Pannonian Region, Acta Vulcanologica, Vol. 7 (2), p 15-28.

Petrulian, N., 1934. Etude chalcographique du gisement aurifere de Roșia Montană (Transylvanie, Roumanie), An. Inst. Geol. Rom, vol. XVI, 1931, p. 43.

Petrulian N., 1973. Zacaminte de minerale utile, Ed. Tehnica, Bucuresti, p. 503

Petrulian, N., Brana, V., 1952. Asupra mineralizației cuprifere de la Musca (Patrulaterul Aurifer), Comunicarile Academiei R.P.R, T. II, nr.11-12, p. 725-730.

Petrulian, N., Steclaci, L., Jude, R., Popescu R., Cioran, A., 1978. Contributii la studiul mineralogic și geochemic al mineralizației cuprifere de la Roșia–Poieni (Munții Metaliferi), St. Cerc. Geol., Geof., Geogr., Geologie, T.23, Nr.1, p.3-17, Bucuresti.

Pintea, I., 1995. Studiul incluziunilor fluide, cu privire specială asupra imiscibilității fazelor fluide asociate genezei zacămintelor porphyry copper din Muntii Metaliferi, teză de doctorat, p. 172, Bucuresti.

Pintea, I., 1999. New microthermometric data on fluid inclusions from Rosia Montana quartz crystals, *Analele Univ. Bucuresti, geol., Bucuresti*.

Popescu, Gh., 1981. *Metalogenie aplicată și prognoza geologică, partea I; Bucuresti*.

Popescu, Gh., 1986. *Metalogenie aplicată și prognoza geologică, partea a II-a; Bucuresti*.

Popescu, Gh., 2003. *Relatia dintre zăcămintele metalifere și poluarea în Mtii Apuseni; De la mineral la provincie metalogenetică, Ed. Focus, Bucuresti*.

Popescu, Gh., Neacsu, Antonela, 2007a. Relationship between gold and copper metalogenesis în the Metaliferi Mountains, *Anal. St. Univ. „Al. I. Cuza”, Iasi (in press)*.

Popescu, Gh., Tămas-Bădescu, S., Tamas-Bădescu, Gabriela, Bogatu, L., Neacsu, Antonela, 2007b. *Geologia economică a aurului, Ed. Aeternitas, Alba Iulia*.

Popescu, Gh., Ilinca, Gh, Neacsu, Antonela, 2008. Mineralogy of vivianite from Roșia Poieni; metallogenetic significance, *Rom. Jour. Min. Dep., vol. 83, p. 119-122*.

Remus, S., Cosma, S., Cristescu, T., 1973. Structura Poieni-Roșia Montană. Caracterizarea petrografica, structurala și metalogenetica, *Dari de seama ale sedintelor, vol. LX (1972-1973), p. 89-105*.

Rey, R., and Wallier, S., 2004. Roșia Poieni and Roșia Montană: Neighboring porphyry Cu-Au and ephitermal Au-Ag deposits in the South Apuseni Mountains, Romania; diploma thesis.

Roedder, E., 1962. Ancient fluids in crystals. *Scientific American, 207, No. 4, 38-47*.

Roedder, E., 1979. Origin and significance of magmatic inclusions (in English with French and English abstracts). *Bulletin de Mineralogie, 102, 467-510*.

Roedder, E., 1984. Fluid inclusions. *Mineralogical Society of America, Reviews in mineralogy, v.12, 644p*.

Roedder, E., 1990. Fluid inclusion analysis – Prologue and epilogue. *Geochimica et Cosmochimica Acta, v. 54, 495-507*.

Roedder, E., 1992. Optical microscopy identification of the phases in fluid inclusions in minerals. *Microscope, v. 40, 59-79*.

Roșu, E., Zek, B., 1995b. Space and time distribution of Neogene-Quaternary volcanism in the Carpatho-Pannonian Region. *Acta Vulcnologica*, 7 (2), p. 15-28.

Roșu, E., Stefan, A., Pecskay, Z. & Popescu, G., 1995. New data concerning the evolution of Neogene volcanism in the Apuseni Mountains. Abstracts Xth RCMNS Congress, *Rom. J. Stratigraphy*, 76, Suppl. 7, 2, 47-48.

Roșu, E., Pécskay, Z., Ștefan, A., Popescu, G., Panaiotu, C., Panaiotu, C.E. 1997. The evolution of the Neogene Volcanism in the Apuseni Mountains (Romania): constraints from new K–Ar data. *Geologica Carpathica* 48/6, 353–359.

Roșu, E., 2001. Neogene magmatism in the Apuseni Mountains, Romania. Evolution and geochemical features. *Rom. J. Mineral Deposits* 72, 2, p.19-22, Bucuresti.

Roșu, E., Seghedi, I., Downes, H., Alderton, D., Szakacs, A., Pecskay, Z., Panaiotu, C., Nedelcu, L., 2004. Extension-related Miocene calcalkaline magmatism in the Apuseni Mountains, Romania: Origin of magmas. *Schweiz. Mineral. Petrograph. Mitt.*, 84, 153-172.

Roșu, E., Udubasa, G., Pecskay, Z., Panaiotu, C., Panaiotu, C.E., 2004. Timing of Miocene-Quaternary magmatism and metallogeny in the South Apuseni Mountains, Romania, *Romanian Journal of mineral deposits*, Fourth National Symposium on Economic Geology „Gold în Metaliferi Mountains”, p. 33-38, Alba Iulia.

Savu, H., 1983. Geotectonic and Magmatic Evolution of the Mures Zone (Apuseni Mountains)-Romania. *An. Inst. Geol. Geofiz.*, LXI, p. 253-262, Bucuresti.

Savu, H., Udrescu, C., Neacsu, V., 1986. Bimodal Volcanism în the westren Island Arc of the Mures Zone D. S. *Inst. Geol. Geofiz.*, 70-71/1 (1983, 1984), p 153-170. Bucuresti.

Savu, H., 1996. Genesis and structure of the Mures Zone. *An.Inst.Geol.*, 69, 1, 179-180. Bucuresti.

Sandulescu, M., 1984. *Geotectonica Romaniei* (in Romanian), 366 p.

Sandulescu, M., 1994. Overview of Romanian Geology. ALCAPA II, *Romanian J. of Tectonics and Regional Geology*, 75, 2, p 1-16, Bucharest.

Manske, S.L., Hedenquist, J.W., O'Connor, G., Tamas, C., Beatrice, Cauuet, Leary, S., Adrian, M., 2006. Roșia Montană, Romania: Europe's Largest Gold Deposit, *SEG Newsletter*, No 64, January 2006.

Seghedi, I., Downes, H., Szakacs, A., Mason, P., Thirlwall, M., Roșu, E., Pecskey, Z., Marton, E., and Panaiotu, C., 2004. Neogene-Quaternary magmatism and geodynamics in the Carpathian-Pannonian region: a synthesis: *Lithos*, v. 72, p. 117-146.

Stefan, A., Lazar, C., Berbeleac, I., Udubasa, G., 1985. Uppre Cretaceous Paleocene magmatites (Banatites) in the Apuseni Mountains (Romania). *Proce. reports*, p. 126-129. The XIII-th Congr. KBGA, Cracow. *An. Inst. Geol. Geofiz.*, LVI, p. 79-96, Bucuresti.

Stefan, A., 1986. Eocretaceous granitoides from South Apuseni Mountains. *D. S. Inst. Geol. Geofiz.*, 70-71/1 (1983, 1984), p229-241, Bucuresti

Tamas, C.G., Bailly, L., 1999. Rosia Montana low sulfidation ore deposit-evidence from fluid inclusion study: *Studia Universitatis Babes-Bolyai, Geologia*, v. 44, p. 49–56.

Tamas, C.G., 2002. Breccia pipe structures related to some hydrothermal ore deposits în Romania, lucrare nepublicata, Cluj Napoca. Ph. D. unpublished.

Udubasa, Gh., Rosu, E., Seghedi, I., Ivascnu, P., 2001. The „Golden Quadrangle” in the Metaliferi Mts., Romania: What does this really mean?, *Rom. Jour. Min. Dep.*, 79, p.24-34.

Wallier, S., Rey, R., Kouzmanov, K., Pettke, T., Heinrich, C.A., Leary, S., O'Connor, G., Tamas, C., Vennemann, T., Ullrich, T., 2005. Magmatic fluids în the breccia-hosted epithermal Au-Ag deposit of Roșia Montană (Romania). *Economic Geology*.

Wallier, S., Rey, R., Kouzmanov, K., Pettke T., Heinrich, C., Leary, S., O'Connor, G., Tamas, C., Vennemann, T., Ullrich, T., 2006. *Economic Geology*, v 101, p. 923-954.

Arhiva MINEXFOR:

Bostinescu, S., Vlad, Catrinel, Serbanescu, Ana, 1981. Raport din arhiva MINEXFOR “Sinteza datelor referitoare la mineralizațiile cuprifere disperse din Munții Metaliferi, inclusive reevaluarea prognozei”, partea I, tema 37.1, Bucuresti.

Gheorghiu, Maria, Soare, Cecilia, Ionescu, Olga, 1972. Raport din arhiva MINEXFOR “Raport privind documentarea mineralogica-petrografica a lucrarilor de explorare din santierul Rosia-Poieni, Jud Alba”, tema 5,2/46.

Stefan, R., et al., 1967. Raport din arhiva MINEXFOR, “Raport privind regiunea Bucium-Roșia Montană-Baia de Arieș”, tema 6/69, problema II/4b.

Raport din arhiva MINEXFOR 5.2/47 – Raport de etapa geologic-minier cu lucrarile geologice executate în anii 1969-1972 în zăcământul cuprifera de la Roșia Poieni, Jud. Alba, Vol II.

Raport din arhiva MINEXFOR 6/435 – Documentatie geologică cuprinzand rezultatele lucrarilor de cercetare pentru minereuri Au-Ag în zăcământul Roșia Montană, perimetrul Cârnicel (Jud. Alba) – Vol. I, Egry Eugen, Fenesan Adrian, Fenesan Lizica.

Internet:

<http://www.datametallogenica.com/pages/minidisc/html/rosiamontana-mapsect/RosiaMontana05.jpg>

<http://rosiamontana.wordpress.com/about/trecut>

http://www.cimec.ro/Resurse/RosiaMontana/album/06_Harti/imagepages/image3.htm

<http://www.geo.edu.ro/Geoscience/Microscopie>