مطالعات کانیشناسی و میانبارهای سیال ذخیره طلای اپیترمال شرفآباد، شمال باختر ایران

نوشته: سوسن ابراهیمی *،یوان مینک پن **،سعید علیرضایی * و محمود مهرپرتو ** * گروه زمین شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران ** گروه زمین شناسی، دانشگاه ساسکاچوان، کانادا *** پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنیکشور، تهران، ایران تاریخ دریافت: ۱۳۸۶/۰۶/۳۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۷/۰۳/۱۱

چگيده

سامانه رگهای اپیترمال طلادار شرف آباد در شمال باختر ایران و در زون ماگمایی البرز-آذربایجان واقع است. سنگ میزبان اصلی رگههای طلادار، توف، برش و آندزیت پورفیری ائوسن است. دگرسانی شامل یک زون سیلیسی است که بیشتر به سمت خارج به زون آرژیلیک و پروپیلیتیک منتهی میشود. کانهزایی بهطور عمده به رگهها و رگچههای سیلیسی و سیلیسی-کربناتی محدود بوده و توسط زونهای گسلی کنترل شده است. هجده رگه معدنی تشخیص داده شده که طول و عرض آنها به ترتیب از ۱۰ تا ۱۰۰۰ متر و از ۲۵ تا ۱۵ متر متغیر است. کانی اصلی پیریت همراه با مقادیری کالکوپیریت، اسفالریت و گالن است. طلا به صورت دانههای پراکنده و میکروسکوپی در پیریت و سیلیس و در مرز دانههای کالکوپیریت، اسفالریت و گالن قرار دارد. سیلیس به صورت کوارتز شفاف، اوپال، کالسدونی و مقدار کمی آمتیست است. بر اساس مطالعات کانی شناسی و روابط بافتی، چهار مرحله قابل تشخیص است: پیش از کانهزایی، کانهزایی، پس از کانهزایی و سوپرژن، که طلا و کانیهای سولفیدی فلزهای پایه در مرحله کانهزایی تشکیل شدهاند.

دادههای میانبارهای سیال از اسفالریت و کوارتز خاکستری مربوط به مرحله اصلی کانهزایی، کربنات، و کوارتز شفاف و آمتیست مربوط به مرحله آخر به دست آمده است. میانبارهای سیال در کوارتز خاکستری نشان میدهند که کانهزایی در دامنه دمای ۱۰۷۰ – ۲۷۰ درجه سانتی گراد و شوری ۱– ۸/۷ درصد وزنی معادل NaCl صورت گرفته است. میانبارهای موجود در اسفالریت، معرف دمای همگن شدن ۲۱۵ – ۲۶۵ درجه سانتی گراد و شوری ۸–۱۰/۱ درصد وزنی معادل NaCl هستند. میانبارهای سیال در کربنات، در گستره دمایی ۱۶۰ – ۲۵۰ درجه سانتی گراد و شوری ۸/۱۰ – ۱۵/۳ درصد وزنی معادل NaCl هستند. میانبارهای سیال در کربنات، در گستره دمایی ۱۹۰۰–۲۰۵ درجه سانتی گراد و شوری ۵/۱ – ۲۶۵ درجه سانتی گراد و شوری ۲۰۱۰ – ۲۰/۳ درصد وزنی معادل NaCl هستند. میانبارهای ایجاد شده است که با طلا و فلزهای قیمتی همراه نیست. میانارهای سیال در این آمتیست، معرف دمای همگن شد گی ۱۵ – ۲۰۳ درجه سانتی گراد و شوری ۳/۵ درصد وزنی NaCl شده است که با طلا و فلزهای قیمتی همراه نیست. میان در این آمتیست، معرف دمای همگن شد گی ۳۵۰ – ۲۰ درجه سانتی گراد و شوری ۲۵ درصد وزنی NaCl همان می میانبارهای قیمتی همراه نیست. میانا در این آمتیست، معرف دمای همگن شد گی ۳۵ – ۲۰ درجه سانتی گراد و شوری ۳۵ – ۲/۵ و میست در مرحله آخر به طور محلی درصد وزنی NaCl همای می می از های و غنی از مایع و غنی از بخار در برخی نمونه های کوارتز و اسفالریت نشان می دهد که جوشش رخ داده است. رخداد جو شش توسط شواهد بافتی مانند بر شرهای گرمابی، کلسیت تیغهای و آدولاریا تأید می شود.

دادههای میانبارهای سیال نشان میدهد که کانیسازی طلا و فلزهای پایه، در ژرفای میانگین ۴۰۰ متری زیر سطح ایستابی دیرینه تشکیل شده است. چیرگی دگرسانی آرژیلیک حدواسط، همراهی طلا با کانیهای سولفیدی فلزهای پایه و شوری متوسط میانبارهای سیال در شرفآباد، نمایانگر یک سامانه اپیترمال طلا- نقره و غنی از فلزهای پایه از نوع سولفیدی شدن حدواسط است.

كليد واژه ها: اپي ترمال، البرز-آذربايجان، طلا، شرف آباد

1- مقدمه

سنگهای آتشفشانی- نفوذی با ترکیب چیره متوسط تا فلسیک و گرایش کلسیمی- قلیایی گسترش زیادی در زون زمین ساختی البرز- آذربایجان دارند (Riou et al., 1981). این نوع سنگها میزبان اصلی ذخایر فلزهای پایه و گرانبها در بسیاری از نقاط کرهزمین هستند (Sillitoe & Hedenquist, 2003). ذخیره طلای شرف آباد در ۳۰ کیلومتری شمال باختر ورزقان در استان آذربایجان خاوری، در محدوده جغرافیایی"۴۵ '۲۸ °۲۶ و "۳۱ '۰۶ °۶۶ طول خاوری و "۲۷ '۳۶ مجموعه ماگمایی البرز-آذربایجان واقع شده و به طور عمده از سنگهای آتشفشانی کلسیمی-قلیایی ترشیری تشکیل شده است.

کانهزایی طلای اپی ترمال شرف آباد در اواخر دهه ۱۳۷۰ توسط سازمان زمین شناسی ایران کشف شد و به دنبال آن مطالعات نیمه تفصیلی شامل تهیه نقشه زمین شناسی – معدنی، حفر ترانشه، حفاری، نمونه برداری و تعیین عیار صورت گرفت. سنگهای آتشفشانی پلیوسن و گنبدهای نیمه آتشفشانی با ترکیب آندزیت تا تراکی آندزیت، ریوداست، توف و گدازههای آندزیتی، واحدهای آتشفشانی – . رسویی مربوط به ائوسن را پوشانده است. دگرسانی شامل یک زون سیلیسی است WWW.

که اغلب به سمت خارج به زونهای آرژیلیک و پروپیلیتیک منتهی می شود. هدف از این پژوهش، بررسی تکامل محلولهای گرمابی و چگونگی نهشت کانسنگ با استفاده از دادههای میانبارهای سیال و مطالعه کانیها و روابط بافتی آنهاست.

۲- زمینشناسی محلی

منطقه کانیسازی شرف آباد در زون فلززایی ارسباران در شمال باختر کمان ماگمایی البرز – آذربایجان قرار دارد که به دلیل ویژگیهای زمین شناسی – فلززایی آن همواره مورد توجه زمین شناسان بوده است. این زون بخشی از کمان آتشفشانی کلسیمی – قلیایی در شمال ایران است که به طول ۱۸۰۰ کیلومتر از شمال باختر ایران به سمت خاور تا افغانستان کشیده شده است. وسعت زون ارسباران ۲۴۲۰۰ کیلومتر مربع بوده و اهمیت آن به دلیل وجود طلای اپی ترمال، مس و مولیبدن پورفیری و ذخایر جیوه، آرسنیک، آنتیموان، کائولن و برخی مواد دیگر است. به دلیل گسترش فعالیتهای ماگمایی ترشیری و همچنین دگرسانیهای وسیم، پژوهشهای اکتشافی در این محدوده، به عنوان یکی از ۱۰ زون طلادار برتر، در دستور کار سازمان زمین شناسی قرار گرفته است. ذخایر طلای اپی ترمال در زون ارسباران، غالبا" همراه

با سنگهای آذرآواری با ترکیب اسیدی تا حدواسط رخ داده و بهطور عمده در قالب رگەھاي سيليسي با بافت برشي هستند.

محدوده شرفآباد، یکی از مهمترین رخدادهای طلا در زون ارسباران به شمار می آید. سنگ میزبان به طور عمده شامل گدازههای آندزیتی و توفهای ائوسن و بیشتر با دگرسانی های سیلیسی، آرژیلیک و پروپیلیتیک همراه است (شکل ۱). کانهزایی به طور عموم در قالب رگهها و رگچههای سیلیسی و سیلیسی-کربناتی رخ داده و توسط زونهای گسلی کنترل شده است. هجده رگه معدنی شناسایی شده است که طول و عرض آنها به ترتیب از ۱۰ تا ۱۰۰۰ متر و از ۰/۵ تا ۱۵ متر متغیر است. فعالیتهای اکتشافی انجام شده شامل صدها متر ترانشه و ۱۴ گمانه با حداکثر ژرفای ۱۱۱ متر است. محل و موقعیت رگهها در نقشه (شکل ۱) مشخص شده است. تجزیه شیمیایی نمونههای معرف از رگهها مقادیر ۵ ppm ۱۵–۱۰ طلا، ۴۰۰–۱۰ مس، ۱ ppm – ۱۰ نقره، ۲۰/۰–۳/۴ سرب و ۲۰/۰–۵/۶ روی را نشان میدهد (پورنیک، ۱۳۸۵).

3- دگرسانی

دگرسانی در منطقه شرفآباد، از گسترش وسیعی دارد و به منطقه رخنمون رگهها محدود نیست. توفها و گدازههای ائوسن بالایی تحت تأثیر محلولهای گرمابی قرار گرفته و تغییرات شیمیایی و کانیشناسی وسیعی در آنها ایجاد شده است. دگرسانی پروپیلیتیک به طور گسترده نواحی شمال و باختر منطقه را فراگرفته است و با رنگ سبز تيره تا روشن مشخص مي شود. مطالعات سنگ شناسي نشان مي دهد كه اغلب اين سنگ ها به مجموعهای از کلریت، کربنات، سریسیت، اپیدوت و کانی های رسی تبدیل شدهاند. دگرسانی آرژیلیک به رنگ سفیـد تا قهوهای روشن در نواحی شمال، خاور و جنوب روستای هیزهجان گسترش دارد و با مجموعه کانی های کائولینیت، هماتیت، کلسیت و مقادیر کمتری جاروسیت، ژیپس، گوتیت، آلونیت و پیریت مشخص می شود. د گرسانی سیلیسی به رنگ خاکستری و به صورت پراکنده در بخش شمالی روستای هیزهجان گسترش دارد و بهطور عمده شامل کوارتز ریزبلور، اوپال و اکسیدهای آهن است.

۴- دگرسانی گرمابی پیرامون رگههای طلادار

دگرسانی گرمابی، در اطراف رگههای طلادار بهخوبی گسترش یافته است. این دگرسانی از بیرون به درون شامل دگرسانی پروپیلیتیک، آرژیلیک و سیلیسی است. دگرسانی پروپیلیتیک با رنگ سبز روشن خودنمایی میکند. در این دگرسانی، کانی های تیره سنگ میزبان (آمفیبول و پیروکسن) به کانی های ترمولیت، کلریت، اکتینولیت و مقادیر کمتری اپیدوت، کربنات، آلبیت، سریسیت، پیریت و اکسیدهای آهن تبدیل شدهاند. پیریت بهصورت رگچهای در امتداد درزهها و همین طور به صورت پراکنده دیده میشود. پلاژیو کلازها تا حد زیادی توسط کربنات، کانیهای رسی و گاه کلریت جانشین شدهاند. به سمت داخل، دگرسانی آرژیلیک حد واسط دیده میشود که شدت آن به سمت رگه افزایش مییابد و با رنگ سفید تا زرد مشخص میشود. بلورهای فلدسپار به طور کامل به سریسیت، کلریت، کلسیت، کوارتز و کانیهای رسی تبدیل شدهاند و در بعضی قسمتها قالبهایی از کانیهای تیره قابل تشخیص است. مطالعات XRD نشان میدهد که سنگ میزبان به کانیهای كوارتز، دولوميت، پيريت، ايليت، كائولينيت، كلريت، كريستوباليت، مونتموريلونيت، کلسیت و آلونیت تجزیه شده است. محصول عمده این دگرسانی، ایلیت و کائولینیت است (پورنیک، ۱۳۸۵). دگرسانی آرژیلیک به تدریج به دگرسانی سیلیسی تبدیل میشود که شامل کوارتز و به مقدار کمتر اوپال، کریستوبالیت، تریدیمیت است. کانی های همراه عبارتند از روتیل، پیریت، کالکوپیریت و به مقدار کمتری ترمولیت، اکتینولیت، ایبدوت، ناتروجاروسیت و اکسیدهای آهن. ۱۷۰۰ WWW.SIL ۱۵۰

۵- کانیسازی و پاراژنز کانیها

به منظور شناخت پاراژنز کانیها، نمونه های معرف از مغزهها، ترانشهها و سطح زمین برداشت شده است. براساس مطالعات کانی شناسی و روابط بافتی، چهار مرحله قابل تشخيص است.

۵-۱-۵ مرحله ۱ (مرحله قبل از کانیسازی اصلی)

کوار تز، کانی اصلی مرحله اول است که به صورت تودهای و رگچهای و با بافت ریزبلور و موزاییکی وجود دارد و رنگ آن اغلب خاکستری روشن است. به طور محلی، کوارتز خاکستری تیره به صورت عدسی شکل و رگچهای وجود دارد که با پیریت فراوان همراه است و علت تیرگی آن نیز ممکن است تجمع همین کانی باشد. علاوه بر کوارتز و پیریت، مقادیر متفاوتی روتیل، مگنتیت، ایلمنیت، مولیبدنیت و کوولیت در این مرحله تشکیل شده است. رو تیل با بـلـورهـای بـیوجـه و با ابعاد ۴۰-۲ میکرون بـهصورت پراکنده در مقاطع میکرسکوپی دیده می شود. مگنتیت بهصورت بلورهای وجهدار با ابعاد ۴۰-۱۰ میکرون وجود دارد که در بعضی قسمتها در حال تبدیل به هماتیت است. ایلمنیت با ابعاد ۳۰۰ میکرون در کنار مگنتیت در بعضی مقاطع میکروسکپی مشاهده می شود. همچنین مقدار بسیار کمی مولیبدنیت بهصورت بلورهای ریز و پراکنده با ابعاد ۱۵–۱۰ میکرون قابل تشخیص است. کوولیت در بعضی قسمتها به صورت کانی اولیه مشاهده می شود. فراوان ترین کانی در این مرحله، پیریت با ابعاد ۱۰-۵۰۰ میکرون است که به صورت بلورهای وجهدار تا بی وجه وجود دارد و در بخش های سطحی تحت تأثیر هوازدگی قرار گرفته است. بافت آن اغلب پراکنده، پرکننده حفرهها و درزهها و نیز استوک ورکی است (شکل A-۲).

۵-۲- مرحله ۲ (مرحله کانه زایی اصلی)

بافت برشی در این مرحله غالب بوده و برش های گرمابی توسط سیمان سیلیسی-کربناتی به هم متصل شدهاند. کوارتز دارای بافت برشی و به رنگ سفید و خاکستری است و اغلب ریز تا متوسط بلور و وجهدار تا نیمهوجهدار است. بافتهای دیگر شامل حفرهای، شانهای، موزاییکی، پرمانند و رگچهای است. در این مرحله، علاوه بر کوارتز، کانیهای کربناتی نیز حضور دارند که کوارتز و ماده معدنی را در برگرفتهاند. کربناتها گاه به صورت رگچهای نیز تشکیل شدهاند که در این حالت فاقد ماده معدني هستند. در بعضي قسمتها كلسيت تيغهاي وجود دارد كه فاقد کانه زایی است و در مواردی قالب تیغهای آن توسط کوارتز جانشین شده است. در بیشتر موارد، رگچههای کربناتی رگچههای سیلیسی را قطع کردهاند. بهطور محلی، کانی آدولاریا که یک محصول دگرسانی فلدسپارهاست، با بلورهای لوزی شکل وجود دارد (Simpson et al., 2001). شكل لوزوى اين كاني، نوع غالب آدولاريا در ذخاير اپی ترمال است که بهطور معمول دانه ریز بوده و در نمونه های دستی به رنگ کرم تا نارنجی کمرنگ است و دمای بین ۳۲۶– ۱۴۱ درجه سانتی گراد را نشـان میدهد (Dong & Marrison, 1995). حضور همزمان ميانبارهاي غني از بخار و غني از مايع، نشانگر فرایند جوشش در زمان تشکیل میانبارهاست. این فرایند با شواهد بافتی مانند کلسیت تیغهای، آدولاریا و برشهای گرمابی تأیید میشود.

کوار تز برشی سفید، حاوی مقادیر بسیار کمتری از ماده معدنی نسبت به برش های خاکستری است. کانیهای فلزی قابل تشخیص در این مرحله شامل پیریت، کالکوپیریت، گالن، اسفالریت، طلا، تتراهدریت، کوبانیت، بورنیت، روتیل و کوولیت است. پیریت بهصورت وجهدار و نیمه وجهدار با ابعاد ۲۰۰–۱۰ میکرون و حاوی میانبارهای پیروتیت و کالکوپیریت و بافت آن به صورت افشان و پرکننده فضای

اللين وجلا

خالی است. کالکوپیریت با ابعاد ۱۰۰–۵۰ میکرون به طور پراکنده و یا در مجاورت کانی های پیریت، اسفالریت، گالن و طلا قرار داشته و گاه به صورت میانبار در اسفالریت دیده می شود. تتراهدریت به صورت دانه های بی وجه با ابعاد ۷۰ میکرون و حاوی میانبار های کالکوپیریت، گالن و اسفالریت است. گالن با بلورهای وجه دار تا نیمه وجه دار با ابعاد ۱۲۰–۱۰ میکرون و جود دارد. این کانی به صورت پراکنده و گاه در کنار اسفالریت، پیریت، کالکوپیریت قرار دارد و در بعضی قسمتها در حاشیه توسط سروسیت جانشین شده است. اسفالریت با بلورهای درشت و میانبارهایی از کالکوپیریت، پیریت و گالن وجود دارد (شکل ۲–8). کوبانیت به صورت بی وجه تا وجه دار با ابعاد ۲۰۰ میکرون دیده می شود که گاه در حاشیه توسط کوولیت جانشین شده است. بورنیت به صورت بلورهای پراکنده نیمه وجه دار تا بی وجه با ابعاد ۲۰۰ میکرون در مقاطع میکروسکپی مشاهده می شود. روتیل در این مرحله نیز حضور دارد. کانی کوولیت نیز با بلورهای بی وجه و پراکنده، با ابعاد ۲۰۰–۳۰ میکرون در ر گچه های سیلیسی دیده می شود. کانی طلا با اندازه های ۲۰۱–۱۰ میکرون به صورت درات پراکنده و همین طور پرکنده در زمای میکروسکوپی و در مرز کانی های گالن، اسفالریت، کالکوپیریت و گاه در داونه ای میکروسکوپی و در مرز کانی های

5-3- مرحله 3 (مرحله پس از کانهزایی اصلی)

در این مرحله، کوارتز با بلورهای درشت و شفاف همراه با آمتیست و مقادیر بسیار کمی پیریت تشکیل شده است. کانی آمتیست بهصورت بلورهای وجهدار تا نیمهوجهدار با دانههای درشت و به صورت پراکنده یا نواری وجود دارد که فاقد کانهزایی هستند. بافتهای غالب شامل پوستهای، شانهای، نواری و پرکننده فضای خالی است. رگچههای کوارتز ریزدانه و کالسدونی، کوارتز مرحله ۳ و آمتیست همین طور مجموعه کانیهای قبلی را قطع میکنند و خود توسط رگچههای کربنات درشت بلور با بافت موزاییکی و فاقد ماده معدنی قطع میشوند.

۵-۴- مرحله ۴ (سوپرژن)

در این مرحله، هیدروکسیدهای آهن بر اثر دگرسانی سوپرژن پیریت و کالکوپیریت پدید آمده است. هماتیت با ابعاد ۳۰–۲ میکرون بهصورت نامنظم بر روی پیریت تشکیل شده است. بلورهای گالن از اطراف توسط سروسیت جانشین شدهاند. همچنین مقداری کوولیت در اطراف بلورهای گالن و اسفالریت دیده میشود که محصول جانشینی مس در محلول به جای سرب و روی در گالن و اسفالریت است. دیژنیت نیز یک کانی دگرسان شده حاصل از کالکوپیریت است. اولیژیست نیز بهصورت سوزنهای ظریف و کشیده و بهصورت کانیهای مستقل وجود دارد. مقداری مالاکیت و آزوریت که حاصل دگرسانی کالکوپیریت و کوولیت است، نیز دیده می شود.

6- توالی پاراژنتیکی کانیها

توالی پاراژنتیکی کانیها در جدول ۱ نشان داده شده است. دگرسانیهای پروپیلیتیک و آرژیلیک حد واسط در مرحله پیش از کانهزایی تشکیل شدهاند و بافت چیره در این مرحله، پرکننده فضای خالی است. دگرسانی آرژیلیک تا مرحله کانهسازی ادامه داشته و در این مرحله به دگرسانی سیلیسی منتهی شده است. کانیسازی غالبا" همراه با بافتهای پرکننده فضای خالی، نواری، و استوک ورکی است.

در مرحله دوم، برشهای گرمابی همراه با کانیسازی طلا و کانیهای سولفیدی تشکیل شده است. حضور کربناتهای تیغهای و کانی آدولاریا در این مرحله، همراه با برشهای گرمابی، نشانه رخداد جوشش است. در مرحله پس از WWW.SIG

کانیزایی، دگرسانیها و رگههای کربناتی و کالسدونی همراه با پیریتهای پراکنده و کوارتزهای شفاف و آمتیست با بافت نواری و پوستهای، معرف مرحله نهایی تحول سیال گرمابی هستند. پس از فرسایش سنگهای رویی، فرایندهای هوازدگی با تأثیر بر کانیهای سولفیدی منجر به تشکیل کانیهای ثانوی شدهاند. بخشی از دگرسانی کائولینی، ناشی از تأثیر آبهای جوی اسیدی بر سنگهای محل است.

۷- میانبارهای سیال

از نمونه های معرف مغزه ها و ترانشه ها، ۱۵ مقطع ناز ک دوبر صیقلی با ستبرای ۵۰ میکرون برای مطالعه میانبارهای سیال تهیه شد. پس از بررسی اولیه، ۸ نمونه مناسب (۳ نمونه کوارتز از انواع خاکستری و شفاف، ۲ نمونه کربنات، ۲ نمونه اسفالریت و ۱ نمونه آمتیست) انتخاب شد. موقعیت نمونه ها در شکل ۱ و جدول ۲ مشخص شده است. میانباره ای مطالعه شده به طور عمده از نوع اولیه و به مقدار کمتر، ثانویه دروغین، مطابق معیارهای (Roedder, 1984) است. شکل میانبارها بسیار متفاوت بوده و بیشتر با شکل های نامنظم، بیضی، کشیده و صفحهای است. دو نوع میانبار غنی از مایع و غنی از بخار تشخیص داده شد. بیشتر میانبارهای سیال غنی از مایع، حاوی ۹۰-۰۶ درصد مایع و ۰۰-۱۰ درصد بخار (V-I)، و میانبارهای سیال غنی از ایع، حاوی ۹۰-۹ در صد بخار و ۴۰-۱۰ درصد مایع (L>V) هستند. در ۵ نمونه، میانبارهای غنی از بخار در صد بخار و ۱۰-۱۰ درصد مایع (L>V) هستند. در ۵ نمونه، میانبارهای غنی از بخار این در مید بخار و ۱۰-۱۰ درصد مایع (Simmons et al. 2000) است. این از نشانه های فرایند جوشش میکروسکوپی، هیچ شاهدی از حضور ₂OC مایع و کانی های دختر در میانبارها دیشد.

آزمایش های میکرو ترمومتری، بر روی میانبارهای غنی از مایع که توسط ناپدید شدن بخار همگن می شوند، صورت گرفت. مطالعات میکرو ترمومتری با استفاده از سیستم گرمایش – سرمایش جریان گاز USGS، در دانشکده زمین شناسی دانشگاه ساسکاچوان کانادا توسط مؤلف اول انجام شده است. برای کالیبره کردن دستگاه و تعیین دقت اندازه گیری، از نمونه های میانبارهای استاندارد مصنوعی آب خالص و فلوئوریت استفاده شد. دقت اندازه گیری برای دماهای همگن شدن ۲۰۲۲ و برای ذوب یخ ۲۰۲۰ با است.

۷-۱- میانبارهای سیال با میزبان کوارتز

کوار تز خاکستری مربوط به مرحله اصلی کانهزایی سولفیدی و طلا، فاز میزبان است. اندازه میانبارهای مورد مطالعه به طور متوسط ۱۰– ۱۰۰ میکرون و در چند مورد تا ۳۰۰ میکرون است و گاه میانبارهای غنی از بخار و غنی از مایع در مجاورت یکدیگر قرار گرفتهاند.کوار تز دانهریز و کالسدونی، فاقد میانبارهای قابل تشخیص هستند. میانبارهای مورد مطالعه به طور عمده از نوع اولیه بوده و به صورت پراکنده و گاه در امتداد مناطق رشد کانی کوارتز، و دور از شکستگیها و رگچهها هستند. هیچ اثری از پدیده نازکشدگی (Necking down) مشاهده نشد (شکل۳–C D, C).

۲-۷- میانبارهای سیال با میزبان کربنات

کربناتهای انتخاب شده به طور عمده مربوط به مرحله ۲(کانهزایی) است. کربناتهای رگچهای مربوط به مرحله آخر، فاقد میانبارهای مناسب برای مطالعه است. فراوانی میانبار در کربناتها در مقایسه با کوارتز کمتر است. اندازه میانبارها ۱۰–۵۰ میکرون و به صورت جدا و پراکنده و گاه در امتداد سطوح رخ کلیست است. این میانبارها غنی از مایع و از نوع اولیه بوده و پدیده نازک شدگی در آنها مشاهده نشده است (شکل۳ – A.)

۷-۳-میانبارهای سیال با میزبان اسفالریت

اسفالریت به رنگ زرد و در حاشیه دانهها سرخ تا قهوهای است. این کانی به ۱۵۱

نسبت فقیر از میانبار است. میانبارها اغلب به صورت نامنظم و کشیده بوده و پدیده نـاز کنشـدگـی را بـه نمایـش مـیگذارند (شکل ۳ –E). میانبـارهـای اندازه گیری شده از نوع اولیه و پراکنده بوده و غنی از مایع و بخار هستند (شکل۳–E, F).

4-4- میانبارهای سیال با میزبان کوارتز شفاف و آمتیست

میانبارهای موجود در کوارتز شفاف درشت بلور با بافت شانهای، که مربوط به مرحله پس از کانهزایی است، ابعاد کمتر از ۱۰ میکرون دارند و غنی از مایع هستند. این میانبارها به دلیل ریزبودن برای اندازه گیری دمای ذوب یخ مناسب نبودند و فقط دمای همگن شدگی آنها اندازه گیری شده است. میانبارهای موجود در آمتیست، معرف مرحله پس از کانی زایی است. اندازه این میانبارها ۱۰–۵۰ میکرون است و غنی از مایع هستند.این میانبارها به طور معمول نامنظم و از نوع اولیه هستند و آثار پدیده نازک شدگی را نشان نمی دهند.

√-∆- دمای همگنشدگی (Th)

آزمایش همگنسازی بر روی ۲۵۵ میانبار که بیشتر آنها اولیه و تعداد کمی ثانویه دروغین بودهاند، انجام شد. دمای همگن شدگی برای کانی کوارتز، ۳۶۰–۱۷۰ درجه سانتی گراد، برای اسفالریت ۲۶۵–۲۱۶ درجه سانتی گراد، برای کربنات ۲۴۹–۱۶۰ درجه سانتی گراد، برای آمیتیست ۲۰۳–۱۷۴ درجه سانتی گراد، و برای کوارتز شفاف ۱۲۴–۱۲۴ درجه سانتی گراد است (نمودار ۱).

۲-۶-۲ دمای ذوب شدگی (Tm)

تعیین دمای ذوب شدن یخ بر روی ۶۵ میانبار انجام شد که نتایج آن به شرح زیر است: کانی کوارتز، ۵/۶– تا ۶/۰- درجه سانتی گراد؛ اسفالریت، ۱۱/۳– تا ۲/۷– درجه سانتی گراد؛ کربنات ۲/۳– تا ۲/۹– درجه سانتی گراد؛ و آمتیست، ۶/۲– تا ۲/۱– درجه سانتی گراد. میزان شوری به دست آمده (معادل درصد وزنی کلرید سدیم) برای کانی کوارتز ۲/۸ تا ۱ درصد وزنی، برای اسفالریت ۱۵/۳ تا ۱۰/۸ درصد وزنی، برای کربنات ۲/۸ تا ۱/۱ درصد وزنی و برای آمیتیست ۱۵/۵ تا ۲/۸ درصد وزنی است(نمودار ۲).

۷-۷- ژرفای تشکیل کانسنگ

به منظور بر آورد ژرفای کانی سازی نسبت به سطح ایستابی قدیمی، از منحنی جوشش ایستابی (هیدروستاتیک) نسبت به ژرفا استفاده شده است (نمودار Hass, 1971, ۶). منحنی صفر ایستابی مربوط به آب خالص بوده و منحنی های بعدی شرایط فشار ایستابی را با توجه به میزان شوری سیال تا شوری ۲۵ درصد وزنی نمک طعام نشان می دهد. نتایج حاصل از آزمایش ها نشان می دهد که دمای تشکیل کانی ها نسبت به ژرفا افزایش می یابد. با توجه به میانگین دما و شوری سیال در کانی های اسفالریت (میانگین ۲، ۲۰۵۰ و شوری ۱۳ مالا معادل ایما)، کوارتز (میانگین ۲۰۵۰ و شوری ۴۸/۱۳)، آمتیست (میانگین ۱۹ مالا و شوری ۷%۲۱)، کربنات (میانگین ۲۰۵۰ و شوری ۱۴/۱۳)، آمتیست (میانگین ۱۹ مای در کانی ها به ترتیب ۲۰۳۰، ۲۰۵۰)، و کوارتز شفاف می بر آورد می شود (نمودار ۴). با توجه به موقعیت پاراژنتیکی کانی ها و تحول سیال ه می توان تشکیل ماده معدنی و جوشش را در ژرفای ۲۰۳۰–۳۰۵ متر و رقیق شد گی سیال و صعود آن به سطح زمین و تشکیل فازهای کانی نابرور را در ژرفای کمتر در نظر گرفت.

8- بحث

بر اساس تقسیمبندی(2000) Hedenquist کانسارهای اپی ترمال به دو گروه سولفیدی شدن بالا و سولفیدی شدن پایین تقسیم می شود. کانسارهای با سولفیدی ۱۵۲

شدن پایین به دو گروه کانسارهای با سولفیدی شدن پایین (عضو انتهایی) و کانسارهای سولفیدی شدن حد واسط تقسیم شدهاند. کانسارهای با سولفیدی شدن بالا با حضور کانیهای انارژیت، باریت، لوزونیت و کوولیت، دگرسانی آرژیلیک پیشرفته و میانبارهای سیال با دامنه شوری متغیر مشخص می شوند. سیالهای کانهدار گروه سولفیدی شدن پایین در ذخایر Au-Ag دارای شوریهای پایین(۵>) بوده و در ژرفای کمتر از ۴۰۰ متر تشکیل می شوند. سیالهای کانهدار در ذخایر Au-Ag به همراه فازهای پایه، شوری متوسط بین ۵–۱۴/۴ دارند و کانسنگ در قسمتهای ژرف تر، بین (Albinson et al., 2001)

تغییرات مکانی و زمانی نهشت کانسنگ با استفاده از نمودار دمای همگن شدگی و ذوب یخ در میانبارهای سیال توسط (Hedenquist and Henley (1985) بررسی شده است. نتایج حاصل از مطالعات میانبارهای سیال در شرف آباد و روند آن نشان میدهد که جوشش سیال غنی از گاز با رقیق شدگی بعدی همراه بوده است (شکل ۳). شوریهای متغیر در کوارتز خاکستری نسبت به ژرفا، پیشنهاد می کند که سیال به طور متناوب به سیستم تزریق شده است. تغییرات HH ناشی از خروج CO در طول فرایند جوشش، عامل مهمی در نهشت کانیها بویژه سولفیدهای فلزهای پایه است فرایند جوشش، سامل مهمی در نهشت کانیها بویژه سولفیدهای فلزهای پایه است در شرایط اکسایش همراه با از دست رفتن Hedenquist مول جوشش، سبب ناپایدار شدن (Hedenquist and Henley, 1985). از دست دان Su

دامنه دمای همگن شدگی برای کربناتها در ذخیره شرف آباد بین ^C ۲۶۰-۲۴۹ با میانگین ^C ۱۹۰ است که این دامنه وسیع دمایی می تواند ناشی از سه حالت در سیال باشد (Simmons et al., 2000) . ۱) سر دشدن سیال در طول زمان؛ ۲) اندازه گیری بر روی میانبارهای ناز ک شده؛ و ۳) وجود دو سیال که در محیط جوشش شرکت داشته اند. دمای ذوب یخ از ۲۰۹ - تا ۲/۳ - متغیر است که می تواند معرف شوری بین ۱۸۵ تا ۲/۸ درصد وزنی معادل نمک طعام باشد و نشان می دهد که سیال گرمابی رقیق شده است. تشکیل همزمان میانبارهای غنی از بخار و غنی از مایع، نشانگر فرایند جوشش است. حضور کلسیت تیغه ای، آدولاریا و برشهای گرمابی نیز از نشانه های فرایند جوشش است (Simmons et al., 2000).

همراهی طلابا سولفیدهای فلزی در مرحله ۲ کانهزایی نشان میدهد که شوری سیال در حین نهشت مواد معدنی به نسبت بالا بوده است. سیال حاوی اسفالریت با شوری ۱۵/۳–۱۵/۳ درصد وزنی نمک طعام در یک دوره به تدریج توسط سیال رقیق تر در حال رقیق شدن بوده و با تشکیل کوارتز با شوری ۱ تا ۸/۷ و کلسیت با شوری ۱/۹ تا ۳/۷ درصد وزنی معادل نمک طعام، همراه بوده است میانبارهای موجود در آمتیست، شوری به نسبت بالا، بین ۳/۵ تا ۹/۵ درصد وزنی معادل نمک طعام، که این می تواند ناشی از جوشش درازمدت محلي در يک سيستم باز باشد(Brathwaite and Faure, 2002) . Simmons and Browne (1997) و Simmons and Browne (1997) میانبارهای با شوری متوسط و پایین را با یکی از این دو فرایند توصیح دادهاند: ۱) ورود یک شوراب بیگانه به قسمتهای کم ژرفای سیستم; ۲) گیرافتادن سیالهای با شوری متغیر که در اثر جوشش و خروج بخار (Vaporization) به طور گسترده، در یک سیال با شوری پایین رخ داده است، که فرایند دوم را محتمل تر میدانند. Brathwaite and Faure (2002) متذكر مي شوند كه شورى بالاي آمتيست از سيال مادر مشتق شده و ادامه تشکیل کوارتز مرحله اصلی بوده است که این فرایند در یک سیستم باز و ممتد ایجاد شده و تشکیل این نوع آمتیست را با شوری بالا به جوشش غیر آدیاباتیک و از دست دادن وسیع بخار نسبت دادهاند، زیرا سرد شدن آدیاباتیک مانع از جوشش پیوسته در سیال میشود. بنابراین، ترکیب فرایندهای جوشش وسیع و خروج بخار، باعث گیر افتادن سیالات با شوری های متفاوت در یک زمان می شود.



۹-نتیجه گیری

بر اساس روابط پاراژنزی و بافتی، تشکیل رگههای کانسنگ در محدوده شرف آباد در چهار مرحله به وقوع پیوسته است. مرحله اول با مقادیر فراوانی پیریت همراه بوده که فاقد ارزش اقتصادی است. کانیسازی فلزهای پایه و طلا در مرحله دوم رخ داده است و حضور آدولاریا و کلسیت تیغهای نشانه فرایند جوشش است (Hedenquist et al., 2000; Simmons et al., 1994). رگههای کلسیت و کالسدونی بههمراه آمتیست در مرحله سوم تشکیل شده و با کانیسازی خاصی همراه نیست. در مرحله چهارم، کانسنگ تحت تأثیر فرایندهای سوپرژن قرار گرفته است. ارتباط بین دادههای TT و TT و نتایج حاصل از میانبارهای سیال در کانیهای اسفالریت، کوارتز و آمتیست، حاکی از آن است که سیال داغ و شور با سیال سردتر و رقیق تر شرف آباد، هماهنگ با کانسازهای اپی ترمال با ژرفای کم تا متوسط است. حضور شرف آباد، هماهنگ با کانسازهای اپی ترمال با ژرفای کم تا متوسط است. حضور حد واسط و همراهی طلا با کانیهای سولفیدی، و همین طور شوری متوسط میانبارهای سیال در شرف آباد، مشخص کننده سیستمهای اپی ترمال طلا– نقره و غنی میانبارهای سیال در شرف آباد، مشخص کننده سیستمهای اپی ترمال طلا– نقره و غنی میانبارهای پایه مربوط به گروه سولفیدی حد واسط است.

جدول ۲- داده های میانبارهای سیال برای کانی های کوار تز شفاف و خاکستری، اسفالریت، کربنات و آمتیست.

Vein Number, Elevation, Drill hole and Depth of samples	Mineral	Type	N	Th range	Avg.	Tm range	Avg.	Wt% NaCl eqiv. range	Avg.	Comments
OC1- T1- 1723	Clear Quartz	Р	10	124-205	175					L>V
OC1- T1- 1723	Amethyst "	P P	13 27	174-238 154-232	199 181	-2.1, -6.2	-5.18	3.5-9.5	6.93	L>V L>V
V8- 1910-DH7-88	Gray Quartz "	PS P P, PS	2 7 41	299-340 201-307 177-334	320 233 219	-1.4, -2.2 -0.6, -3.4	-1.8 -2.13	2.4-3.7 1-5.5	3 3.64	L>V L>V L>V
V8-1910- DH9-18	Gray Quartz	P P, PS	10 40	224-259 222-350	243 267	-0.6, -2.1	-1.12	1-3.5	1.89	L>V L>V
V8-1910- DH11-66	Gray Quartz	P P, PS	11 39	203-264 192-277	232 229	-1.8, -5.6	-3	3-8.7	5.29	L>V and V>L L>V and V>L
V8- 1910-DH10+2-101	Gray Quartz Sphalerite	P P	6 3	196-268 216-275	226 232	-2.1, -5.4 -7.3, -9.6	-3.98 -8.3	3.5-8.4 10.8-13.5	6.31 12.03	L>V and V>L L>V and V>L
SZ2-T1-m-1650	Sphalerite	Р	4	242-268	252	-8.7, -11.3	-10.32	12.5-15.3	14.25	L>V and V>L
SZ2 – T1-n- 1650	Carbonate "	P P	5 17	160-249 160-228	194 192	-0.9, -2.3	-1.57 	1.5-3.8	2.64	L>V L>V
SZ2 – T1-g- 1650	Carbonate "	P P	4 4	191-207 168-211	197 189	-1.1, -2.2	-1.67	1.9-3.7	2.82	L>V L>V

Notes: Th: Homogenization temperature, Tm: Ice- melting temperature, P: Primary fluid inclusion, PS: Pseudosecondary fluid inclusion, L: Liquid, V: Vapor, L>V= Liquid- rich inclusion, V>L= vapor- rich inclusion, N: Number of measurements.





جدول ۱– توالی پاراژنتیکی کانیها در کانسار شرفآباد







شکل ۲- کانی های تشکیل شده در مراحل مختلف کانی سازی: A) هم رشدی اسفالریت، گالن، پیریت و کالکوپیریت با بافت پرکننده فضای خالی، B) پیریت های دانه ریز و پراکنده در زمینه کوارتز در مرحله اول کانی سازی، C) طلا در مجاورت کالکوپیریت و اسفالریت در درون رگچه سیلیسی، D) طلا در مجاورت کانی های سولفیدی در درون سیلیس. پیریت(Py)، کالکوپیریت (Ccp)، گالن(Gn)، اسفالریت (Sp)، طلا (Au) و بورنیت (Bu).





شکلB – A, B) میانبارهای سیال در کربنات با شکلهای نا منظم؛ C) میانبارهای سیال ثانویه در امتداد شکستگیها در کوارتز؛ D) میانبارهای سیال از نوع اولیه و پراکنده در کوارتز، به بزرگی میانبارهای اولیه دو- فازی توجه کنید. E,F) میانبارهای سیال در اسفالریت؛ به پدیده نازک شدگی در E توجه کنید.



نمودار ۲- میزان شوری در برابر دمای همگن شدگی



نمودار ۴- نمودار ژرفا در برابر دمای همگن شدگی (Hass, 1971)



نمودار ۱-فراوانی ۲۵۰ میانبار سیال در برابر دمای همگن شدگی.



نمودار ۳- فراوانی میانبارهای سیال در برابر درجه ذوب یخ

کتابنگاری

پورنیک، پ.،۱۳۸۵ - گزارش اکتشافات تفصیلی طلادر محدوده اکتشافی شرف آباد-هیزه جان "کانی سازی مزرعه شادی"، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۲۶۴ صفحه.

References

- Albinson, T., Norman, D. I., Cole, D. and Chomiak, B., 2001- Controls on formation of low- sulfidation epithermal deposits in Mexico: Constraints from fluid inclusion and stable isotope data: Society of Economic geologist, Special Publication 8, p. 1-32.
- Brathwaite, R. L. and Faure, K., 2002- The Waihi epithermal gold- silver- base metal sulfide- quartz vein system, New Zealand: Temperature and salinity controls on electrum and sulfide deposition: Economic Geology, v. 97, p. 260-290.

Dong, G. and Morrison, G. W., 1995-Adularia in epithermal veins, Queensland: Morphology, structural state and origin: Mineralium Deposita, v. 30, Is. 1, p. 11-19.

- Giggenbach, W. F., 1992- Magma degassing and mineral deposition in the hydrothermal systems along convergent plate binderies: Economic Geology, v. 87, p. 1927-1944.
- Haas, J, L., Jr., 1971- The effect of salinity on the maximum thermal gradient of a hydrothermal system at hydrostatic pressure: Economic geology, v. 66, p. 940-945.
- Hedenquist, J. W. and Henley, R. W., 1985- Effect of CO2 on freezing point depression measurements of fluid inclusions: Evidence from active system and application to epithermal studies: Economic Geology, v. 80, p. 1379-1406.

Hedenquist, J. W., Arribas, A. R. and Urien, E. G., 2000- Exploration for epithermal gold deposits: SEG Reviews, v. 13, p. 245-277.

- Riou, R., Dupuy, C. and Dostal, J., 1981- Geochemistry of coexisting alkaline and calc- alkaline volcanic rocks from northern Azerbaijan (N.W.Iran), Journal of Volcanology and Geothermal Research, V. 11, P. 253-275.
- Roedder, E., 1984- Fluid inclusions: Reviews in mineralogy, v. 12, 644 p.
- Scott, A. M. and Watanabe, Y., 1998- extreme boiling model for variable salinity of the Hokko low- sulfidation epithermal Au prospect, southwestern Hokkaido, Japan: Mineralium Deposita, v. 33, p. 563-578.

Sillitoe, H. R., Hedenquist, J. W., 2003- Linkage between volcanotectonic settings, ore-fluid compositions, and epithermal precious- metal deposits, Society of Economic Geologist, Special Publication 10, 2003, p. 315-343.

Simmons, S. F., Arehart, G., Simpson, M, P. and Mauk, J, L, 2000- Origin of massive calcite veins in the Golden Cross Low –Sulfidation, epithermal Au-Ag deposit, New Zealand: Economic Geology, v. 95, p. 99-112.

Simmons, S. F. and Browne, P. R. l., 1997- Saline fluid inclusions in sphalerite from the Broadlands-Ohaaki geothermal system: A coincidental trapping of fluid boiled toward dryness: Economic Geology, v. 92, p. 485-489.

Simmons, S. F. and Christenson, B. W., 1994- Origins of calcite in a boiling geothermal system: American Journal of Science, v. 294, p. 361-400.

Simpson, M, P., Mauk, J, I. and Simmons, S. F., 2001- Hydrothermal alteration and hydrologic evolution of the Golden Cross epithermal Au- Ag deposit, New Zealand: Economic Geology, v. 95, p. 773-796.