Journal of Economic Geology 2010, No. 1 (Vol. 2) ISSN 2008-7306



مراحل تشکیل و تکوین کانسار سولفید تودهای غنی از طلای باریکا، خاور سردشت، شمالباختر پهنه دگرگونه سنندج – سیرجان: براساس مطالعه ساخت، بافت و میکروترمومتری سیالات درگیر

حسينعلى تاج الدين ، ابراهيم راستاد ، عبدالمجيد يعقوب پور ، محمد محجل

۱ – بخش زمین شناسی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران ۲– گروه زمین شناسی، دانشگاه تربیت معلم، تهران

دریافت مقاله: ۱۳۸۸/۱۰/۲۷، نسخه نهایی : ۱۳۸۹/۲/۱۸

چکیدہ

کانسار سولفید تودهای غنی از طلا (و نقره) باریکا، در ۱۸ کیلومتری خاور سردشت، در شمال باختر پهنه دگرگونه سنندج – سیرجان قرار دارد. واحدهای سنگی رخنمون یافته در محدوده باریکا، مجموعهای از سنگهای آتشفشان – رسوبی زیردریایی دگرگون شده کرتاسه، شامل متاولکانیکهای آندزیتی، متاتوفیت، فیلیت و اسلیت می باشند. کانسار باریکا، از دو بخش کانسنگ چینه سان و زون استرینگر تشکیل شده است که به طور کامل در واحد متاولکانیک آندزیتی ^{Imv1} قرار گرفته اند. بخش چینه سان کانسار، متشکل از کانسنگهای سولفیدی و باریتی همراه با بخشهای فرعی از نوارهای سیلیسی است که به صورت تودهای و یا نوارهای موازی بر روی رگههای سیلیسی زون استرینگر، که کمرپایین بخش چینه سان را قطع کرده اند، قرار گرفته است. بخش چینه سان کانسار از نظر کانی شناسی تنوع زیادی داشته و از پیریت، اسفالریت، گالن، استیبنیت، مجموعه ای از سولفوسالتها و طلا (الکتروم) تشکیل یافته است. کانی شناسی رگههای سیلیسی زون استرینگر، که کمرپایین بخش چینه سان را قطع کرده اند، قرار گرفته است. بخش چینه سان کانسار از نظر می مناسی تنوع زیادی داشته و از پیریت، اسفالریت، گالن، استیبنیت، مجموعه ای از سولفوسالتها و طلا (الکتروم) تشکیل یافته می باشد. هر دو بخش کانسنگ چینه سان و زون استرینگر، در اثر عملکرد پهنه برشی باریکا به شدت دگر شکل شده اند. عیار موسط طلا و نقره در بخش چینه سان کانسار به ترتیب ۸/۲ و ۴۲۰ گرم بر تن و در رگههای سیلیسی زون استرینگر به ترتیب ۷/۰ و ۲۳ گرم بر تن اندازه گیری شده است. عیار مجموع فلزات پایه در کانسار باریکا همواره کمتر از ۱ درصد است.

مطالعات اخیر حاکی از آن است که کانسار سولفید تودهای باریکا، شکل ناقص و تکامل نیافته از یک کانسار سولفید تودهای نوع کرو کو است که تنها بخش کانسنگ سیاه در آن تشکیل گردیده و فاقد کانسنگهای زرد و پیریتی است. این کانسار بعد از تشکیل، درجه پایین دگرگونی (رخساره شیست سبز) و درجه بالای دگرشکلی را تحمل کرده است. فرآیندهای دگرگونی و دگرشکلی اعمال شده بر روی کانسار، ساختها، بافتها و اشکال جدیدی از کانههای طلا در کانسنگ را ایجاد نموده است. در مرحله همزمان با ولکانیسم، نهشت سیالات هیدروترمال کمدما (۲۰۰–۲۰۰ درجه سانتی گراد) و شوری پایین (۱–۹/۶) درصد وزنی اNaCl)، که از طلا (و دیگر عناص کانهساز) غنی بوده است، به تشکیل کانسار باریکا، که مشخصات بخش کانسنگ سیاه یک کانسار کروکو را داراست، منجر شده است. در این مرحله از کانیسازی، طلا بهصورت غیرقابل رؤیت در داخل پیریتهای فرامبوئیدال و در همراهی نزدیک با سولفوسالتها و دیگر کانیهای سولفیدی تمرکز یافته است. عملکرد دگرگونی پیشرونده (دگر شکلی مرحله 1D) بر بخش چینهسان کانسار باریکا، به تبلور پیریتهای فرامبوئیدال، ایجاد پیریتهای درشتبلور و تشکیل الکتروم در مرز دانههای پیریت تجدیدتبلور یافته منجر شده است. عملکرد پهنه برشی باریکا (دگرشکلی مرحله 2D)، دگرشکلی شدید کانسار و تحرک دوباره طلا و کانیهای حافی کانسار باریکا، عمار شده است. موجب گردیده و متعاقباً طلاهای درشتدانه (تا ۳ میلیمتر) در فضاهای ایجاد شده در این مرحله از دگرشکلی تمرکز یافته منجر شده است. دگرگونی پسرونده، با تشکیل رگههای سیلیسی سفیدرنگ فاقد کانه (دگرشکلی مرحله 2G) و متعاقباً رخداد یک دسته گسلهای

نرمال با شیب تند (دگرشکلی مرحله D4) همراه بوده است.

واژههای کلیدی: کانسار سولفید توده ای غنی از طلا، کانسنگ سیاه نوع کروکو، سیالات درگیر، دگرگونی، دگرشکلی باریکا، سنندج – سیرجان، ایران.

مقدمه

کانسارهای سولفید تودهای غنی از طلا (Au-VMS) ، نوعی از کانسارهای سولفید توده ای ولکانوژنیک هستند که در آنها مقدار طلا (بر حسب گرم در تن) بیشتر از مجموع مقدار عناصر مس، سرب و روی همراه (بر حسب درصد) میباشد [۲-۱] همانند اغلب کانسارهای سولفید تودهای ولکانوژنیک، کانسارهای سولفید تودهای غنی از طلا نیز، از عدسیهای سولفید تودهای تا نیمه تودهای موازی تشکیل شدهاند که بر روی مناطق تغذیه کننده استوکورک، که درکمرپایین کانسار گسترش دارند، قرار گرفته اند. اختلاف بین کانسارهای سولفید تودهای غنی از طلا و دیگر کانسارهای VMS در تمرکز طلای آنهاست. به طوری که در این دسته از کانسارها، مقدار طلا (بر حسب گرم بر تن) بیشتر از مجموع عیار Cu, Pb و Zn (بر حسب درصد) است [۱ و ۴]، از اینرو در ایندسته از كانسارها، طلا به عنوان فلز اصلى است. عناصر فلزى همراه با کانسارهای سولفید توده ای غنی از طلا Ag, Cu, As, Sb Hg, Zn Pb, Cu, Se و Bi مىباشند [۴].

کانسار باریکا، اولین و تنها کانسار سولفید توده ای غنی از طلا (ونقره) گزارش شده در ایران است که در ولکانیکهای آندزیتی کرتاسه، در پهنه سنندج – سیرجان شمالی، جای گرفته است. بر خلاف اغلب کانسارهای سولفید تودهای جهان، مقدار مجموع فلزات پایه در کانسار باریکا به نحو چشم گیری پایین است (An + Pb + Cu). کانسار باریکا، وسط پایین است (An + Pb + Cu). کانسار باریکا، وسط تاج الدین [۵]. به عنوان کانسار طلای نوع پهنه برشی معرفی گردید و یارمحمدی[۶]. این کانسار را ، با ذخایر سولفید تودهای نوع ویارمحمدی[۶]. این کانسار را ، با ذخایر سولفید ممکاران(۱۹۸۹) وچند ذخیره تیپ کروکو با سن میوسن در نقش فرآیندهای دگرگونی و دگرشکلی را بر روی کانسنگهای سولفیدی و باریتی کانسار و به خصوص بر تحرک و تمرکز مجدد طلا مورد بررسی قرار دادهاند.

در این مقاله زمینشناسی کانسار، ماهیت فیزیکوشیمیایی

سیالات کانه ساز و مراحل تشکیل و تکوین کانسار باریکا مورد بحث قرار گرفته است. در بخش زمینشناسی، علاوه بر تکمیل زمینشناسی بخش چینه سان کانسار [۶ و ۹]. ویژگیهای زمینشناسی زون استرینگر، که در مطالعات قبلی چندان شناخته شده نبود، معرفی شده است. پس از آن، بر اساس مطالعات میکروترمومتری سیالات درگیر، ماهیت فیزیکوشیمیایی سیال کانه ساز باریکا توصیف و مدل تشکیل کانسار باریکا ارائه گردیده است. بخش پایانی مقاله، به مراحل تشکیل و تکوین کانسار باریکا از زمان تشکیل همزمان با ولکانیسم کرتاسه تاکنون اختصاص دارد. در این بخش با استفاده از نتایج مطالعات سیالات درگیر و شواهد ساخت و بافت کانسنگها ، شرایط تشکیل کانسار باریکا و نقش فرآیندهای دگرگونی و دگرشکلی در کنترل کانه زایی طلا (و دیگر فلزات) ، مورد بررسی و تحقیق قرار گرفته است.

زمینشناسی کانسار باریکا

کانسار باریکا در شمال باختر پهنه سنندج – سیرجان و در زیر پهنه حاشیهای آن [۱۰] قرار دارد. [۱۱ و ۱۲] ولکانیکهای رخنمون یافته در شمال باختر پهنه سنندج – سیرجان را به یک محیط کمان قاره ای با ماهیت کالک آلکالن، که در زمان کرتاسه میانی – بالایی تشکیل شدهاند، نسبت دادهاند.

واحدهای سنگی رخنمون یافته در محدوده باریکا، مجموعهای از سنگهای آتشفشان- رسوبی زیردریایی دگرگون شده با سن کرتاسه میباشند که از متاولکانیکهای آندزیت- تراکی آندزیتی، توفیت، فیلیت و اسلیت تشکیل شدهاند. در محدوده کانسار باریکا، واحدهای متاولکانیکی و توفیتی، بیشترین گسترش را دارند. واحدهای متاولکانیکی، با مشخصات ظاهری و ترکیب سنگ شناسی مشابه، به صورت دو واحد گدازه ای (K^{mv1} و K^{mv1}) و یا به صورت بینلایههای گدازه ای (واحد K^{mv2}) در واحد توفیتی رخنمون دارند (شکل ۱).

کانسار باریکا، یک کانسار سولفید تودهای غنی از طلا



شکل۱. نقشه زمین شناسی کانسار سولفید توده ای باریکا. الف: نمای نزدیک از موقعیت کانسنگ چینه سان (سولفید و باریت توده ای)، ب: نمای نزدیک از زون استرینگر.

(و نقره) است که از دو بخش الف)کانسنگ چینهسان و ب) کانسنگ رگهای (زون استرینگر) تشکیل شده است. واحد متاآندزیتی K^{mv1}، سنگ میزبان این کانسار است و بهطور کامل هر دوبخش چینه سان و زون استرینگر کانسار را دربردارد. کانسار باریکا و سنگ میزبان آن، بعد از تشکیلمتحمل دگرگونی (در حد رخساره شیست سبز) شده و متعاقباً تحت تأثیر عملکرد پهنه برشی باریکا، با راستای شمال باختر- جنوب خاور و شیب ۴۵-۶۰ درجه به سمت شمال خاور، به شدت دگرشکل گردیده است (شکل ۱). شدت و روند پهنه برشی باریکا، توسط ژئومتری، شدت و روند پهنه دگرسانی میزبان کانسار کنترل می شود، بهطوریکه گستره عملکرد پهنه برشی، بهطور کامل با گستره بیشترین شدت دگرشکلی بر کانسار باریکا (بخش چینه سان) مطابقت دارد.

دگرسانی غالب سنگ میزبان، سرسیتی، کوارتز - سرسیتی (شکل ۲ الف)، سیلیسی (شکل ۲ ب)، سولفیدی و کلریتی است و پدیدههای توأمان دگرسانی و دگرشکلی، تا حدود زیادی بافت پورفیری سنگ اولیه را از بین برده است. در مقاطع میکروسکپی، واحد متاولکانیکی میزبان کانیسازی کاملاً دگرسان و دگرشکل بوده و غالباً فابریکهای میلونیتی را نشان میدهند(شکل ۲ الف).

در زیر دو بخش الف)کانسنگ چینهسان و ب)کانسنگ رگهای (زون استرینگر) مورد بررسی قرار گرفته است.

الف) کانسنگ چینه سان

این بخش از کانسار، شامل کانسنگهای سولفید و باریت تودهای- نواری همراه با بخشهای فرعی از نوارهای سیلیسی است که مجموعاً در طول بالغ بر ۱۵۰ و ضخامت ۱ –۲۰ متر رخنمون دارند. عیار متوسط طلا و نقره در قسمتهای مختلف این بخش از کانسار، بهترتیب ۸/۳ و ۴۲۰ گرم بر تن اندازه گیری شده است. (جدول ۱).

کانههای تشکیل دهنده درقسمتهای مختلف کانسنگ چینهسان تنوع زیادی دارند و عبارتند از پیریت، اسفالریت، گالن، تترائدریت-تنانتیت، بورنونیت-بولانژریت، استفانیت، پیرارژیریت، ترچمنیت، میارژیریت،آندوریت، ژئوکرونیت، گوتاردیت، تووینیت- وینیت، استیبنیت، طلا (الکتروم)،

مالاکیت، آزوریت، کوولیت و آزوریت. مهمترین کانیهای باطله، باریت، کوارتز، سرسیت، مسکویت، کلریت و کانیهای رسی میباشند. در شکلهای ۳و ۴، نمایی از بخشهای مختلف کانسنگهای سولفیدی، باریتی و سیلیسی در بخش چینه سان کانسار باریکا نشان داده شده است. موقعیت سان کانسار باریکا نشان داده شده است. موقعیت واحد 10 می بخش چینه سان کانسار، در بخشهای فوقانی واحد 11 می در نزدیک به قاعده واحد توفیتی (K^{tf}) میباشد. بهنظر میرسد سیالات کانه ساز در مراحل آخر ولکانیسم واحد ¹¹ Kmv1 و در تغییر ولکانیسم گدازه ای به توفینی به کف دریا وارد شدهاند.

ب) کانسنگ رگهای (زون استرینگر)

بخش کانسنگ رگهای یا زون استرینگر، از رگه و رگچه-های سیلیسی سولفیددار با ساخت استوکورک تشکیل شده است. این بخش از کانسار در محدوده ای به طول حدود۲ کیلومتر و پهنای ۱۰۰ – ۵۰۰ متر با راستای شمال – شمال باختر، جنوب جنوب خاور، در کمر پایین کانسنگ چینه-سان رخ داده است (شکل۱).رگه و رگچههای سیلیسی سان رخ داده است (شکل۱).رگه و رگچههای سیلیسی متر و با ضخامتهای میلیمتری تا حدود ۱ متر رخنمون دارند. متر و با ضخامتهای میلیمتری تا حدود ۱ متر رخنمون دارند. عیار متوسط طلا و نقره در رگههای سیلیسی این بخش از کانسار بهترتیب ۷/۰ و ۳۲ گرم بر تن اندازه گیری شده است (جدول ۱).

کانی شناسی رگه و رگچههای سیلیسی زون استرینگر، نسبت به کانسنگ چینه سان، ساده بوده و شامل پیریت، اسفالریت، گالن، تترائدریت ومقادیر نادر کالکوپیریت(شکل ۷) است.

در محدوده گسترش رگه و رگچههای سیلیسی زون استرینگر، انواع دگرسانیهای سرسیتی، کوارتز- سرسیت، سیلیسی، سولفیدی و کلریتی مشاهده شده است و محدوده گسترش زون استرینگر، با گستره زونهای دگرسانی منطبق است (شکل ۱). معمولاً در بخشهایی از سنگ میزبان رگه و رگچههای سیلیسی زون استرینگر، که با دگرسانی کوارتز – سرسیت، سیلیسی و سولفیدی همراه هستند، کانهزایی سولفیدی (پیریت، گالن، اسفالریت و تترائدریت) نیز مشهود است (شکل ۶).

شواهد صحرایی حاکی از آن است که اغلب رگههای

1.1

سیلیسی واقع در مرکز پهنه برشی، کاملا دگر شکل گردیده و غالباً در جهت راستای عمومی برگوارگیها (شمال باختر- جنوب خاور) جهتیافته (oriented) شدهاند (شکل ۵). در حالیکه تعداد اندکی از رگههای سیلیسی

مربوط به زون استرینگر، که در حاشیه پهنه برشی قرار داشته و از کانون دگرشکلی دور بودهاند، تنش کمتری را تحمل کرده و تا حدودی ساختهای اولیه کانهزایی در آنها حفظ شده است (شکل ۶).



شکل ۲. تصاویر میکروسکوپی از متاولکانیک های شدیدا دگرسان شده: الف) دگرسانی کوارتز - سریسیت با فابریک اولترا میلونیتی و ب) دگرسانی سیلیسی- سولفیدی. کانه های تیره رنگ در شکل ب، پیریت می باشند.



شکل ۳. الف) نمائی از بخش های مختلف کانسار سولفید توده ای باریکا در بخش چینه سان:۱) بخش سولفید توده ای، ۲) تناوب باریت و سولفید، ۳) باریت و ۴) متاولکانیک دگرسان شده (کمر بالا). در شکل ب، نمای نزدیک از کانسنگ سولفید توده ای و در شکل پ، نمای نزدیک از تناوب باریت و سولفید، نشان داده شده است.



.شکل ۴. نمائی از کانسنگ های سیلیسی و سولفیدی در بخش چینه سان کانسار باریکا. کانسنگ های سیلیسی در ابتدا بصورت نوارهای موازی در همراهی با کانسنگ سولفیدی نهشته شده اند ولی به علت ماهیت شکنای سیلیس، در اثر دگرشکلی، اغلب قطعه قطعه شده (شکل الف) و کمتـر بصورت بودینه (شکل های ب و پ) مشاهده می شوند.

1.2

زون استرینگر	زون سولفید و باریت تودهای – نواری						
آندزیت با دگرسانی سیلیسی، سرسیت	ز و سولفیدی	سنگ میزبان					
كانسنگ سيليسي	ج) كانسنگ سيليسي	ب) کانسنگ باریتی	الف) كانسنگ سولفيدى	ماھیت سنگ			
رگه ای و رگچه ای	اغلب نواری در ضخامتهای سانتی متر تا ۱/۵ متر	اغلب تودهای) تا ضخامت حدود ۱۰ متر) در مرز کانسنگ سولفیدی و باریتی به صورت نواری در ضخامت سانتی متری تا دسیمتری	اغلب تودهای (تا ضخامت حدود ۵ متر) در مرز کانسنگ سولفیدی و باریتی به صورت نواری در ضخامت کمتر از سانتی متر تا	شکل کانیسازی اولیه در مقیاس رخنمون (نمونه دستی)			
Py>Sph> Gn>Tet - Tn ± Cpy ± Au	Ss>>Py>cin +Au	Py>Sph> Gn>Ss>stb + Au	چنددسی متر Py>>Ss>stb> Sph>Gn + Au	كانىشناسى			
Pb, Zn, Cu, As, Sb, Ag, Au	Pb, Zn, Cu, As, Sb, Ag, Au, Ag, Pb, Zn, Cu, Sb, Au Hg, As		Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Sb, As, Hg	عناصر فلزى همراه			
٠/٧٣	٩/٣	٧/۴	٩/٢	Au(ppm)			
۳۱	۱۵۷۵	۲۸۱	١٢۵۵	Ag(ppm)			
46.	11+1	2 98	1429	As(ppm)			
۱۰۵	۲۴۸۹	۵۴۸	۲۰۵۹	Sb(ppm)			
17/4	١١٨٢	۵۹	۵۰۹	Hg(ppm)			
•/\	•/•٨	• /۴٨	•/•۵	Zn(%)			
•/\۶	•/1٢	•/۴١	•/•٨	Pb(%)			
• / • ۲	• / • Y	•/\)	•/1۴	Cu(%)			
• / Y Y	•/٢۶	١	• /YA	Zn+Pb+Cu			
•/•٢٣	•/••۶	•/• \ ٩	•/••۵	Au/Ag			

جدول ۱. ویژگیهای کانیشناسی و ژئوشیمیایی کانسار باریکا.

Ss : کانی های سولفوسالت، Py : پیریت، Sph : اسقالریت، Gn : گالن، Tet : تترائدریت، Tn : تنانتیت، Cin : سینابر، Cpy : کالکوپیریت،Stb : استیبنیت، Au : طلا.



شکل ۵. عملکرد دگرشکلی بر روی رگه های سیلیسی زون استرینگر به صورت بودین شدگی (الف) و چین خوردگی (ب).



شکل ۶. در شکل الف، بخشی از رگه سیلیسی زون استرینگر نشان داده شده است که حاوی پیریت (py)، گالن (gn) و اسفالریت (sph) می باشد. سنگ میزبان رگه سیلیسی، با دگرسانی کوارتز – سریسیت و سولفیدی (پیریت، گالن و اسفالریت) همراه است. در شکل ب، ساخت استوکورک رگه های سیلیسی سولفیددار (V2)، تا حدود زیادی حفظ شده است. در این شکل، رگه های سیلیسی سفید رنگ (V2)، رگچه های سلیسی خاکستری رنگ (V1)را قطع نمودهاند. سنگ میزبان رگه های سیلیسی، با دگرسانی کوارتز – سریسیت و کانه زائی پیریت همراه است.



شکل ۷. کانه های سولفیدی (اسفالریت:sph، گالن:gn و کالکوپیریت:cpy) و سولفوسالتی (تترائدریت – تنانتیت:tet) در رگههای سیلیسی زون استرینگر. کالکوپیریت اغلب بصورت ادخال در اسفالریت (کانه های روشن در شکل ب) وجود دارد.

مطالعات میکروترمومتری سیالات درگیر روش مطالعه

بهمنظور شناخت ماهیت فیزیکوشیمیایی سیال کانه ساز و بررسی روند تغییرات شیمی و حرارتی سیال (یا سیالات) کانهساز در طی تشکیل کانسار، از رگههای سیلیسی زون استرینگر و عدسیهای باریتی بخش چینه سان کانسار باریکا، تعداد ۱۷ مقطع دوبر صیقل، تهیه گردید که از این تعداد تنها مقطع برای مطالعات میکروترمومتری سیالات درگیر مناسب تشخیص داده شد. کانیهای اسفالریت به علت پراکندگی کم و نیز رنگ قهوه ای تیره آنها ، جهت مطالعه میکروترمومتری سیالات درگیر مناسب نبودهاند.

بر اساس شواهد صحرایی و بافتی، در زون استرینگر کانسار باریکا، کانیسازی به مجموعه ای از رگههای سیلیسی سولفید دار (پیریت، اسفالریت، گالن و تترائدریت) منحصر است که در یک بازه زمانی نه چندان طولانی، به عنوان معابر تغذیه کننده کانسنگ چینه سان (سولفید و باریت تودهای – نواری) کانسار فعالیت داشته اند. آنچه مسلم است، سیستم رگههای سیلیسی استرینگر کانسار باریکا، حاصل عملکرد مراحل چندگانه فعالیتهای هیدروترمال کانهساز نبوده و تنها تاریخچه یک مرحله از فعالیت سیستم هیدروترمال را ثبت کرده است، اگرچه در بعضی از بخشهای زون استرینگر، رگه و رگچههای سیلیسی بهصورت استوک ورک یکدیگر را قطع کردهاند (شکل ۶ج)، ولی همانندی رگهها از نظر شکل و پاراژنز کانهها، حاکی از آن است که رگههای مذکور از ته نشست یک سیال مشابه در یک بازه زمانی کوتاه تشکیل شده اند. تمامی رگههای سیلیسی زون استرینگر در اثر فرآیندهای دگرگونی و دگرشکلی، درجات متفاوتی از دگرشکلی را تحمل کردهاند، لذا انتخاب نمونه مناسب، از سیستم رگههای سیلیسی کانسار باریکا، که دارای سیالات درگیر اولیه مناسب جهت مطالعه باشند چندان آسان نبوده است. بهطوری که از تعداد ۷ نمونه برداشت شده از رگههای سیلیسی با کمترین درجات دگرشکلی، فقط ۳ نمونه جهت مطالعه میکروترمومتری مناسب تشخیص داده شد.

باریت به عنوان بخشی از کانسنگ طلادار، در قسمتهای فوقانی بخش چینه سان کانسار باریکا تشکیل شده است. شناسایی و مطالعه سیالات درگیر اولیه در باریت اغلب مشکل است، بهطوریکه Larson و همکارانش (۱۹۷۳) و

و همکارش(۱۹۸۸) اظهار داشتند، ممکن است در اثر گرما سیالات درگیر موجود در کانیهای رخ پذیر، مانند باریت، منبسط گردیده و از اینرو نتایج نادرست بهدست دهد. همچنین سیالات درگیر موجود در باریت مستعد _ necking مهمچنین سیالات درگیر موجود در باریت مستعد _ necking down میباشند [۵۱ و ۱۶]. از اینرو میکروترمومتری سیالات درگیر در باریت، بهخصوص در مناطق دگرشکل شده، با ملاحظاتی همراه است که بر دشواری این مطالعات میافزاید. چنین ملاحظاتی موجب گردید، پس از پتروگرافی ۱۰ مقطع دوبرصیقلی تهیه شده از بخشهای کمتر دگرشکل شده کانسنگ باریتی، تنها ۳ نمونه جهت مطالعه میکروترمومتری مناسب تشخیص داده شود.

مطالعات میکروترمومتری سیالات درگیر کانسار باریکا، در آزمایشگاه کانیشناسی مؤسسه تحقیقات و فرآوری مواد معدنی ایران به کمک استیج گرم کننده و منجمد کننده (Stage:THMS600) با مدل Linkam که بر روی میکروسکپ Zeiss نصب است، انجام شد. دامنه حرارتی دستگاه ۱۹۶- تا ۶۰۰ + درجه سانتی گراد است. به علت کوچک بودن سیالات درگیر، مطالعه با استفاده از بزرگنماییهای ۸۰۰ و ۱۲۵۰ میکروسکپ Zeiss انجام شده است. مورفولوژی و مشخصات سیالات درگیر در دمای اتاق با استفاده از معیار های [۱۷] و [۱۸] ثبت گردید. بهعلاوه نسبتهای فاز بخار/ سیال، با استفاده از جداول استانداردی که بدین منظور تهیه شده است [۱۸] ارزیابی گردید. سیالات درگیر بر اساس چگونگی رخداد آنها در کانی میزبان، ارتباط آنها با یکدیگر و نوع سیالات دسته بندی شدند. با توجه به ارتباط سیالات درگیر نسبت به کانی میزبان، سیالات به انواع اولیه (به صورت سیالات پراکنده و بدون شکل هندسی)، ثانویه (سیالاتی که در طول شکستگیها و مرز کانیها رخ دادهاند) و ثانویه دروغین (سیالاتی که در طول شکستگیهایی که سطوح بلورين را قطع نمى كنند) تقسيم مى شوند. در اين تحقيق سیالات درگیر دو فازی مایع – گاز (LV)، به لحاظ اولیه بودن، درشت تر بودن و فراوانی آنها، مطالعه شدند و از مطالعه سیالات دو فازی گاز – مایع و تک فازی مایع، به لحاظ ثانویه بودن و اندازه کوچک آنها صرفنظر شد.

www.SID.ir

- پتروگرافی سیالات درگیر:

مطالعه سیالات درگیر بر روی رگههای کوارتزی زون استرینگر و عدسیهای باریتی بخش چینه سان کانسار باریکا انجام شده است.

- سیالات در گیر در کوارتز (زون استرینگر):

از لحاظ شکل ظاهری، سیالات درگیر در نمونه های زون استرینگر را با توجه به پارامترهای [۱۷] و [۱۸] میتوان به ترتیب فراوانی بهصورت اشکال نامنظم، کشیده و کروی تقسیمبندی کرد.

سیالات در گیر در نمونههای سیلیسی مطالعه شده در ۴ نوع مشاهده شدهاند: الف) دو فازی مایع- گاز (LV)، ب) دو فازی گاز- مایع(VL)، پ) تک فاز مایع (L) و ت) انکلوزیونهای CO2 دار.

از لحاظ اندازه، سیالات در گیر مورد مطالعه، ریز تا بسیار ریز بوده و اندازه آنها از ۲ تا ۱۲ میکرون متغییر است. از میان انواع سیالات مذکور، سیالات در گیر دوفازی مایع – گاز (LV) از بقیه انواع فراوان تر بوده و اندازههای بزرگتری نیز دارند. پتروگرافی نمونهها حاکی از آن است که تنها سیالات دوفازی نوع LV و انکلوزیونهای نادر CO_2 دار، شواهدی از اولیه بودن را نشان میدهند. سیالات درگیر نوع LV اغلب با اشکال نامنظم و کمتر کروی در اندازههای ۲تا ۱۲ میکرون به طور

نامنظم در کوارتز میزبان پراکندهاند (شکل ۸ الف). درجه پرشدگی آنها ۷/۰ تا ۸/۰ است. بعضی از بخشهای کوارتز آرایشی از ریزشکستگیهای ترمیم شده را نشان میدهند که احتمالاً در اثر فرآیندهای دگرشکلی و تبلور مجدد تکتونیکی ایجاد شده است (شکل ۸ب). اغلب سیالات درگیرنوع L و نوع VL، که اندازه اغلب آنها کوچکتر از ۵ میکرون است، در امتداد این شکستگیها تمرکز یافتهاند.

- سیالات در گیر در باریت (بخش چینه سان):

شکل ظاهری و نوع سیالات درگیر در نمونههای باریتی، مشابه با نمونههای سیلیسی است، با این تفاوت که اندازه سیالات درگیر در نمونههای باریتی بهطور محسوسی کوچکتر (حداکثر ۸ میکرون) ولی تعداد آنها بیشتر است. اغلب سیالات درگیر در نمونههای باریتی از نوع دو فازی گاز- مایع (VL) و تک فازی مایع (L) میباشند که ثانویه بوده و در اشکال کشیده در امتداد ریز شکستگیهای ترمیم یافته، تمرکز یافتهاند (شکل۹ب). سیالات درگیر اولیه از نوع دو فازی مایع- گاز (LV) میباشند که بیشتر در اشکال نامنظم و کروی در متن باریت پراکندهاند (شکل ۹ الف). در نمونههای باریتی، تعداد معدودی انکلوزیونهای 2O2 دار مشاهده شده



شکل ۸: الف) سیال در گیر اولیه دو فازه و ب) سیالات در گیر ثانویه در کوارتزهای مربوط به رگه های سیلیسی زون استرینگر. L=Liquid, V=Vapor.

1.8



شکل ۹. الف) انکلوزیونهای سیال دو فازه و ب) انکلوزیونهای سیال ثانویه در کانسنگ باریتی بخش چینه سان. L=Liquid, V=Vapor.

میکروترمومتری سیالات درگیر – دماهای همگون شدن

دادههای دمای همگون شدن برای سیالات درگیر اولیه دو فازی مایع – گاز (LV) ، برای نمونه های سیلیسی (زون استرینگر) و باریتی(بخش چینه سان کانسار) در شکلهای ۱۰ الف و ب نشان داده شده است. همان طور که در شکل ۱۰ الف آمده است، محدودهٔ دمای همگن شدن برای نمونههای برداشت شده از رگههای سیلیسی زون استرینگر از ۱۵۰تا ۱۳۰۰ و با دمای میانه ۱۸۲ درجه سانتی گراد اندازه گیری شده است. محدودهٔ دمای همگن شدن برای نمونههای باریتی از ۱۴۰ تا ۲۱۱ و با دمای میانه ۱۷۴ درجه سانتی گراد می باشد (شکل ۱۰ ب). در این مطالعه دمای همگون شدن برای تعدای از سیالات در گیر نوع ۷L، که ثانویه شناسایی شدند، برای هر دو نمونه کوارتز و باریت از ۲۴۶ تا ۲۹۰ درجه سانتی گراد ثبت گردیده است.

مرحله گرماسنجی بر روی تعدادی از انکلوزیونهای غنی از CO₂، حاکی از آن است که CO₂ بهصورت محلول در سیال آبگون و نیز همراه با گازهای دیگر از جمله متان، در انکلوزیونها وجود دارد.

-شوری

دادههای شوری برای سیالات در گیر اولیه دو فازی مایع -گاز (LV) برای نمونه های سیلیسی (زون استرینگر) و

باریتی(بخش چینه سان کانسار) در شکلهای ۱۰ الف و ب نشان داده شده است

محدودهٔ اولین نقطه ذوب یخ یا اتکتیک (Te) در نمونههای زون استرینگر ۲۷ - تا ۴۵ درجه سانتی گراد اندازه گیری شدهاست که نشان میدهد سیال کانهساز، به صورت یک شورابه ساده NaCl نبوده، بلکه ممکن است علاوه بر Na، نمکهای دیگر منیزیم، پتاسیم، کلسیم، آهن و منگنز نیز در نمونه وجود داشته باشد.

محدوده آخرین نقط و ذوب یخ (Tm ice) در نمون های سیلیسی مربوط به زون استرینگر، بازهٔ ۸/۰- تا ۲/۶- درجه سانتی گراد ثبت گردیده است که بهترتیب معادل شوریهای ۱/۴ تا ۹/۶ درصد وزنی NaCl است [۹]. در نمونههای باریتی محدودهٔ آخرین نقط و ذوب یخ (Tm ice) در بازهٔ ۲/۰- تا ۲/۷- درجه سانتی گراد اندازه گیری شده است که به ترتیب معادل با شوریهای ۲/۴ تا ۹/۶ درصد وزنی NaCl می باشد. به طوری که ملاحظه می شود، درجه شوری میانه برای هر دو نوع نمونههای سیلیسی و باریتی بهترتیب ۲/۶ و ۲/۱ درصد وزنی NaCl است که کمی بیشتر از درجه شوری آب دریا (۲/۵ درصد وزنی NaCl) ولی نزدیک به آن است.



شکل۱۰. هیستوگراهای دماهای همژنیزاسیون برای انکلوزینهای سیال در الف) رگه سیلیسی زون استرینگر و ب) باریت در کانسنگ چینه سان. پراکندگی دماهای حبس شدگی برای انکلوزیونهای سیال در کوارتز و باریت مایل هستند (روند پیکان) و ممکن است سرد شدن سیالات حرارت بالا (۲۰۰ درجه) در اثر اختلاط با آب دریا را نشان دهد.

نتايج مطالعات ميكروترمومتري سيالات درگير

قرابت درجه شوری سیالات کانه ساز باریکا (میانگینهای ۴/۷ و ۴/۱ درصد وزنی NaCl بهترتیب برای کوارتز و باریت) با درجه شوری آب دریا (۳/۵ درصد وزنی NaCl)، از منشأ آب دریا، برای سیالات هیدروترمال حکایت دارد. نتایج حاصل از مطالعات سیالات درگیر برای رگههای سیلیسی زون استرینگر کانسار باریکا، با مشخصات سیالات کانهساز توصیف شده برای کانسارهای سولفید توده ای نوع کروکو [۱۹]، قابل مقایسه است، با این تفاوت که دمای سیال در کانسار باریکا بهقدری پایین بوده که فقط به تشکیل کانسنگ سیاه منجر شده و در پایین بوده که فقط به تشکیل کانسنگهای زرد و پیریتی را پینین بوده است که بتواند کانسنگهای زرد و پیریتی را پایین دهد. در هیستوگراهای دماهای همژنیزاسیون شکل تشکیل دهد. در هیستوگراهای دماهای همژنیزاسیون شکل مدی نبوده است که بتواند کانسنگهای زرد و پیریتی را پایین بوده که مقط به تشکیل کانسنگهای زرد و پیریتی را پایین بوده که مقط به تراند کانسنگهای زرد و پیریتی را پایین بوده که میتواند کانسنگهای درد و پیریتی را پایین میال

سرد شدن سیالات هیدروترمال در زون استرینگر از ۲۲۰ به ۱۴۰ درجه سانتی گراد (شکل ۱۰ الف)، مستلزم اختلاط سیال با حدود ۲۰ درصد آب دریا میباشد، در حالی که سرد شدن سیال بر روی کف دریا و نهشت باریت چینه سان، کاهش دما از ۲۲۰ به ۱۳۰ درجه سانتی گراد (شکل ۱۰ ب) را نشان میدهد که مشار کت سهم بیشتری از آب دریا (حدود ۳۰درصد) در اختلاط با سیال هیدروترمال را نیازمند است. فرآیند اختلاط آب دریا با سیال هیدروترمال، در کاهش شوری سیال کانه ساز از میانگین ۴/۷ (در زون استرینگر) به میانگین ۱/۱ (در کانسنگ باریتی) نیز مشهود است.

مراحل تشکیل و تمرکز کانهها در کانسار باریکا یارمحمدی(۱۳۸۵) و یارمحمدی و همکارانش (۱۳۸۴و۱۳۸۷) کانسار باریکا را با ذخایر غنی از طلای Au-Zn-Pb-Ag معرفی شده توسط لارج و همکارانش (۱۹۸۹) و چند ذخیره تیپ کروکو با سن میوسن در Hokuroko Basin ژاپن [۸]

قابل مقایسه دانستهاند. مطالعات اخیر بیانگر از آن است که به علت ماهیت دمای کم و شوری پایین سیالات کانه ساز، کانسار باریکا شکل ناقص و تکامل نیافته از یک کانسار تیپیک کروکو می باشد که تنها کانسنگ سیاه در آن تشکیل شده و فاقد بخشهای کانسنگی زرد و پیریتی است(شکل ۱۱). مهمترین عواملی که عدم تشکیل کانسنگهای زرد و پیریتی در کانسار باریکا را کنترل می کنند، ماهیت سیال کانه ساز(از نظر شیمی، دما و شوری) و فاصله داشتن کانسار از توده نفوذی است. این کانسار بعد از تشکیل، درجه پایین دگرگونی(شیست سبز پایینی) و درجه بالای دگرشکلی (میلونیتی شدن) را تحمل کرده است. فرآیندهای دگرگونی و دگرشکلی اعمال شده بر کانسار باریکا، به ایجاد ساختها، بافتها و اشکال جدیدی از کانههای طلا، سولفید ها و سولفوسالتها در کانسنگ منجر شده است. مراحل تشکیل و تکوین کانسار ولکانوژنیک غنی از طلای باریکا در طی فرآیندهای ولکانیسم، دگرگونی و دگرشکلی به صورت زیر است (جدول۲).

۱- تشکیل کانسار سولفید تودهای غنی از طلا و نقره باریکا
 بهصورت همزمان با ولکانیسم:

کانسار باریکا از نهشت یک سیال هیدروترمال کم دما

(حدود ۲۰۰ درجه سانتی گراد) با شوری پایین(۱-۹/۶ درصد وزنی نمک طعام)، که با آب سرد دریا اختلاط نموده، تشکیل شده است. کانی سازی به دو صورت رگه ای (در زون استرینگر کمر پایین) و چینه سان (بر روی کف دریا) رخ داده است. به علت ماهیت گدازهای سنگ میزبان (متاآندزیت) و نبود فضاهای خالی اولیه درآن، تشکیل کانسنگ بهصورت جانشینی کم عمق زیر کف دریا توسعه نیافته و تمام حجم کانسنگهای سولفیدی، باریتی (و سیلیسی) به صورت چینه سان بر روی کف دریا تشکیل شده است. بر طبق مدل پیشنهاد شده توسط [۲۱ و ۲۲]، اغلب کانسنگهای سولفید تودهای نهشت یافته بر روی کف دریا، در طی دو مرحله تشکیل میشوند. در مرحله اول، سیالات هیدروترمال داغ (T=150-300°C)، در نتیجه واکنش با آب سرد دریا، کانههای اولیه ریزدانه (رخساره ۱) را نهشته می سازند. کانیهایی که در این مرحله تشکیل می شوند، عمدتاً از مجموعه های کانسنگ سیاه (یعنی پیریت، اسفالریت، گالن، تترائدریت و باریت) تشکیل شدهاند. در مرحله دوم، فرآیند جانشینی کانههای تشکیل شده در مرحله اول توسط سيالات هيدروترمال داغتر اتفاق مىافتد.

> HQ=hematite + quartz ore B,O = black ore (sphalerite + galena+ pyrite + anhydrite + barite) Y,O = yellow ore (chalcopyrite) B,O = massive pyrite ore

شکل ۱۱. مدل تشکیل کانسار سولفید ولکانوژنیک (بالا) و تاریخچه حرارتی سیالات هیدروترمال تخلیه شونده (پایین) بر اساس [۲۱ و ۲۲]. در بالای شکل، موقعیت کانسنگ باریکا، منطبق با کانسنگ سیاه مدل، با کادر آبی نشان داده شده است. در قسمت پایین شکل، شرایط حرارتی سیال.

نوع رخداد	همزمان با ولكانيسم		دگرگونی				
			دگرگونی پیشرونده	ايجاد پهنه برشی	دگرگونی برگشتی		
	زون استرينگر	کانسنگ	تبلور مجدد كانههاى	دگرشکلی غالباسغ°¶پذیر و	ر گەھاى	گسلھای	ھوازدگی
		چينەسان(سياە)	سولفيدى	كمتر شكنا	سىلىسى	نرمال —	
						برشهای	
						تكتونيكى	
		تشکیل کانسنگھای		تشکیل و تمرکز طلای قابل			
τ.		سولفیدی، باریتی	تثكل متبك والامقارا	مشاهده ئر میکروسکپ (و			آزادشدن طلا از
نقش فرایند در	تشکیل رگەھای	وسیلیسی(در شرایط	شکیل و نمر تر طلای قابل	حتی با چشم غیرمسلح) در			سولفيدهاى هوازده
کانەزايى طلا	سيليسى سولفيد -	نهشت کلوئیدال) و	مساهده با میکروسکپ در	همراهی با سولفوسالتها در			
	طلادار	طلای غیر قابل رویت	حاسية بنورهاي پيريت	فضای ریز شکستگیها و			
		در سولفيدها		بر گوار گی ها			
			جهتيافتگى	برگوارگیهای میلونیتی،			
		اغلب تودهای، نیمه	پورفيروبلاستها، ايجاد	نواربندی ساختاری، چین-			جانشینی- پرکننده
ساخت و بافت	رگهای و رگچهای	تودەاى، نوارى،كلوفرم،	برگوارگی، تبلور دوباره و	خوردگی، بودینشدگی،	ر گەاى	شكستگى -	درز و شکستها
		شکستگیهای همزمان	ايجاد بافت الحاق سه گانه	طویلشدگی، سایهفشاری،		برشى	
		با رسوبگذاری	در سولفيدها	کاتاکلاستیک، ریزشکشتگی			
کانەھای فلزی	Py,Sph,Gn>Te	Py>>Ss>Stb>Sp	Au(electrom)	Ss>>Py>Stb+Sph+			کانههای خاصل از
	t-Tn±Cpy±Au	h>,Gn ±Au		Gn+Au(electrom)			ھوازدگی کانسنگ
							سولفيدى
مراحل دگرشکلی			D1	D2	D3	D4	
زمان							•
- كرتاسە							زمان حاضر 🔶

جدول ۲.مراحل تشکیل و تکوین پنج گانه (همزمان با ولکانیسم تا هوازدگی) کانهزایی طلا در کانسار سولفید توده ای غنی از طلای باریکا

یعنی در مرحله دوم در اثر واکنشهای سیالات داغتر (T=280- 350°C) با کانیهایی که قبلاً در کانسار تشکیل شده بودند، بهطور متاسومتیکی کانههای اولیه به کانیهای کانسنگ سیاه درشت تر (یا رخساره۲)، سپس به کانسنگ زرد غنی از کالکوپیریت (یا. رخساره۳) و بالاخره به کانسنگ غنی از پیریت تبدیل میشوند.

فرآیند انحلال مجموعههای سولفیدی حرارت پایین ر و جانشینی آنها توسط سولفیدهای حرارت بالاتر، به عنوان زون پالایش (zone refining) معروف است که برای اولین بار توسط Eldridge et.al برای کانسارهای سولفید تودهای کروکو توصیف گردید[۲۳]. در اغلب موارد، محصول این تکامل، یک کانسار با زون بندی قائم از کانسنگ های Zn-Pb است که بر روی کانسنگ Eu-Fe قرار گرفته است [۲۴].

بر روی از بخشهای زیرین کانسنگ سولفید تودهای المعتقدند که در فرآیند زون ریفاینینگ، طلا همراه با روی از بخشهای زیرین کانسنگ سولفید تودهای شسته شده و از Au پس انتقال بهصورت یک کمپلکس بیسولفید، دوباره در کلاهک غنی از باریت کانسار نهشته

مىشود.

براساس مطالعات میکروترمومتری سیالات درگیر، کانسنگهای بخشهای سیلیسی زون استرینگر و تودهای-نواری بخش چینه سان کانسار باریکا، محصول نهشت یک مرحله از سیالات کمدما با شوری پایین میباشند که به صورت رخساره ریزدانه کانسنگ سیاه (رخساره ۱) نهشته شدهاند. به علت دمای کم سیال کانه ساز باریکا، فرآیند زون ریفاینینگ، که مستلزم افزایش حرارت سیال، از دمای حدود ۲۰۰ درجه به بالاتر از ۲۸۰ درجه میباشد تا گذر کانسنگ سیاه به کانسنگ زرد و متعاقباً کانسنگ پیریتی را امکان پذیر سازد، برخ نداده است (شکل ۱۱). از اینرو در کانساز باریکا، به علت نبود زون ریفاینینگ، امکان تشکیل کانسنگهای زون بندی شده، همانند آنچه که در کانسارهای تکامل یافته کروکو مشاهده شده، وجود نداشته است لذا در بخش کانسنگ سیاه،

ساده بودن کانسار باریکا (نبود کانسنگهای زرد و پیریتی)، به سولفات، نهشت کانیم تک مرحله ای بودن فعالیت سیستم هیدروترمال، کوچک بودن کانسار و پایین بودن مقدار مس، به دلیل پایین بودن دمای سیالات هیدروترمال کانه ساز (حدود ۲۰۰ درجه سانتی گراد) موجب اکسیداسیون S سیالات هیدروترمال کانه ساز (حدود ۲۰۰ درجه سانتی گراد) موجب اکسیداسیون S موجب اکسیداسیون ا مولفید و طلا شده است. مانند شوری پایین سیالات (کمتر از ۹/۹درصد وزنی NaCl)، کانیسازی همزان با

مانند شوری پایین سیالات (کمتر از ۹/۶درصد وزنی NaCl)، نسبت پایین Cu/Zn (جدول ۱)، پایین بودن مقادیر برخی عناصر کمیاب شاخص سیالات ماگمایی (مانند Bi, Te, Tl و Sn) (جدول ۱) و عدم مشاهده رخنمونهای نفوذی در محدوده کانسار، از دور بودن کانسار نسبت به منشأ حرارتی حکایت دارد.

مقدار طلای قابل انتقال در سیال، توسط دمای سیال هیدروترمال کنترل می گردد. به طوری که براساس [۱۷]، عیارهای بالای طلا، توسط سیالات حرارت پایین (۵۰ ±۲۰۰ درجه سانتی گراد)، با pH نزدیک به طبیعی و احیاء یا توسط سیالات حرارت بالا (< ۳۰۰ درجه سانتی گراد) با pH اسیدی و اكسيده قابل انتقال است. از اين روسيالات هيدروترمال كم دمای باریکا (کمتر از ۲۰۰ درجه سانتی گراد)، سیالات احیاء با pH نزدیک به طبیعی بودهاند که برای انتقال عیارهای بالای طلا پتانسیل قابل توجهی داشتهاند. بر اساس [۱۲ و ۱۵] در کانسارهای Au-Zn-Pb-Ag، که کانسار باریکا را نیز شامل مى شود، طلا به صورت تيوكم پلكس ها حمل مى گردد. نهشت طلا وقتى رخ مىدهد كه سيالات كانهدار با آب دريا اختلاط حاصل کنند که موجب اکسیداسیون و افزایش pH [۲۶] و کاهش در مقدار H₂S [۲۸، ۲۷ و ۲۸] می گردد. بر طبق معادله زیر، تغییرات ایجاد شده در شیمی سیال، به نهشت طلا مي انجامد:

 $4Au(HS)^{2-} + 2H_2O+4H+>4Au+8H_2S(aq) + O_2(g)$

سازوکارهایی که تمرکز ${
m H}_2 {
m S}$ را، بههنگام اختلاط سیالات ${
m H}_2 {
m S}$ کانهدار با آب دریا، کاهش می دهند، شامل اکسیداسیون

به سولفات، نهشت کانیهای سولفید، و رقیق شدگی سیال است. مطالعات میکروترمومتری سیالات درگیر کانسار باریکا، حاکی از اختلاط سیال هیدروترمال با آب سرد دریاست که موجب اکسیداسیون H₂S، افزایش pH و نهشت باریت، سولفید و طلا شده است.

کانی سازی همزمان با ولکانیسم در بخش چینه سان کانسار باریکا، با ایجاد ساخت و بافتهای رسوبی مانند تودهای، نیمه تودهای، دانه پراکنده و فرامبوئیدال، که مشخصه نهشت کانسنگ سیاه (رخساره ریزدانه) است، همراه بودهاست (شکل ۱۱). بر اساس [۲۷]، در این مرحله از کانی سازی، طلا به صورت غیر قابل رؤیت در داخل پیریت و در همراهی نزدیک با سولفوسالتهای Pb, As, Sb و دیگر کانیهای سولفیدی و نقره در کانیهای سولفوسالت تمرکز یافته است.

۲-دگرگونی پیشرونده کانسار و تمرکز طلا در حاشیه کانههای سولفیدی تجدید تبلور یافته

کانسار باریکا بعد از تشکیل، متحمل دگرگونی در حد شیست سبز پایینی شده است. رخداد این پدیده با جهت یافتگی ضعیف پورفیروبلاستها، گسترش برگوارگی (D1) و تشکیل کانیهای ثانوی سرسیت و کلریت هماه است. دگرگونی تأثیر قابل توجهی در تبلور مجدد کانههای سولفیدی و تمرکز طلا به صورت الکتروم دارد. عملکرد دگرگونی بر کانسنگ سولفیدی باریکا، به تبلور پیریت های فرامبوئیدال، ایجاد پیریتهای درشت بلور با بافت الحاق سه گانه و تشکیل (شکل ۱۳). در محیطهای دگرگونی آبدار، درجه پایین – الکتروم در مرز دانههای پیریت تبلور یافته منجر شده است متوسط دگرگونی، طلا در اثر فرآیند انتقال انحلالی متوسط دگرگونی، طلا در اثر فرآیند انتقال انحلالی کانههای پیریت تجدید تبلور یافته، حرکت نموده و به صورت کانههای پیریت مشاهده با میکروسکپ در حواشی کانهها تمرکز مییابد [۲۹].



شکل ۱۲. نمونههایی از ساخت و بافتهای همزمان با نهشت کانسنگ در بخش چینهسان باریکا: الف) ساخت نواری حاصل از تناوب باریت و سولفید، ب) ساخت نواری از تناوب باریت و سولفید در مقیاس میکروسکپی، در این نمونه آثار تبلور مجدد پیریت مشهود است و پ) بافت فرامبوئیدال پیریت، که آثار تبلور مجدد در حاشیه بلورها بهخوبی دیده می شود



شکل ۱۳. نمونههایی از بافتهای تجدید تبلور یافته پیریتهای فرامبوئیدال در اثر دگرگونی. در شکلهای الف، ب و پ، طلا ، بهصورت الکتروم در مرز و حاشیه پیریتهای تبلور یافته تشکیل شده است. در شکل ت، بخش عمده پیریت، متبلور شده است وبخش کمتر آن آثاری از بافت فرامبوئیدال اولیه را نشان میدهد.

۳-دگرشکلی و تمرکز طلا در فضای برگوارگیها و ریز شکستگیها

در مرحله ای از فرآیند دگرگونی پیشروند، تنش اعمال شده بر کانسار باریکا و سنگهای دگرسان شده میزبان آن، به تشکیل پهنه برشی باریکا همراه با ساختارهای دگرشکلی شکل پذیر و شکنا (D_2) در کانسار و سنگهای میزبان آن منجر شده است. روند برگوارگیهای حاصل از دگرشکلی با روند برگوارگی دگرگونی(D₁) و طبقهبندی سنگها(S0) همراستا است. ژئومتری، شدت و روند پهنه برشی، توسط ژئومتری، شدت و روند پهنه دگرسانی باریکا کنترل می شود، به طوری که گستره عملکرد پهنه برشی، بهطور کامل با گستره کانسار باریکا و زون دگرسانی میزبان آن منطبق است و بیشترین شدت دگرشکلی بر کانسار باریکا (بخش چینه سان) مطابقت دارد. براساس [۳۰]، کانسارهای VMS بهعلت ماهیت شکل پذیر بودن پیکرههای سولفید تودهای، بهراحتی با استرین ایجاد شده در طی دگرشکلی ناحیه ای سازگار می شوند و بنابراین می توانند درجات بالاترى از تبلور مجدد و تحرك دوباره نسبت به چینههای ولکانیک و رسوبی دربرگیرنده را نشان دهند. بر اساس پتروگرافی نمونههای دگرشکل شده کانسار باریکا، بیش از ۹۰ درصد ساختارهای دگرشکلی مشاهده شده، از نوع شکل پذیر است.

عملکرد پهنه برشی باریکا بر بخش کانسنگ چینه سان، عمدتاً با ایجاد ساختارهای شکلپذیر مانند نوار بندی کانهها، ایجاد برگوارگی، ایجاد فابریک های C و S، بودین شدگی و چین خوردگی در کانسنگهای سولفیدی و باریتی و به مقدار کم با ایجاد دگرشکلی شکنا به صورت بافتهای کاتاکلاستیک در پیریتها و تشکیل ریز شکستگیها در نوارهای سیلیسی مشهود است (شکلهای ۱۴ و ۱۵). از مهمترین این شواهد، نواربندی سولفوسالتها همراه با بافتهای دگرشکلی به موازات برگوارگیها (D) و تمرکز سولفوسالتها همراه با طلا در فضایهای ریز شکستگیهای کوارتز میباشد. بر اساس [۳۰]، در کانسارهای VMS، کانه های نواری شده میتوانند محصول تبلور مجدد دینامیک سولفیدها در طی رخدادهای دگرگونی ناحیهای بوده باشند.

عملکرد پهنه برشی باریکا بر زون استرینگر، به چینخوردگی، بودین شدگی و ایجاد شکستگی در اغلب رگههای سیلیسی زون استرینگر منجر شده است و اغلب

رگههای سیلیسی این زون، به صورت موازی تا نیمه موازی با برگوارگیها (D2)، جهت یافته شدهاند (شکل۵). شدت دگرشکلی شکل پذیر اعمال شده بر سنگ میزبان کانسار، متناسب با شدت دگرسانی سرسیتی سنگ میباشد، به طوری که در متاولکانیکهای دگرسان شدهای که با کانیهای سرسیتی بیشتری همراه هستند، ساختارهای شکل پذیر مانند چین خوردگی و بر گوارگی بیشتر توسعه یافته است.

دگرشکلیهای نوع شکنا، در کانسنگ های سیلیسی و پیریتی بخش چینه سان و رگه های سیلیسی زون استرینگر قابل مشاهده است. عملکرد دگرشکلی بر رگههای سیلیسی زون استرینگر، علاوه بر چین خوردگی و بودین شدگی رگهها، تحرک مجدد سیلیس و Pb به فضاهای کششی ایجاد شده در طی دگرشکلی و تشکیل رگه-های سیلیسی گالندار در فضاهای مذکور را منجر شده است. رگههای سیلیسی اخیر با ضخامت حداکثر ۲ سانتیمتر، در جهت تقریباً عمود بر روند رگههای سیلیسی میزبان گسترش دارند (شکل ۱۶).

عملکرد دگرشکلی علاوه بر تغییر در بافتهای اولیه کانسنگ و ایجاد ساخت و بافتهای حاصل از دگرشکلی، در تحرک مجدد عناصر و ایجاد کانههای جدید نقش داشته است. در بخش کانسنگ چینه سان کانسار باریکا، شواهد و مدارک آشکاری بر تحرک دوباره عناصر As, Ag, Sb و Pb همراه با طلا، و تشکیل کانههای نوظهور سولفوسالتی و الکتروم در اثر عملکرد دگرشکلی وجود دارد، گرچه مواد تجدید تحرک یافته کانهها ظاهراً فراتر از حواشی پیکرههای معدنی و منطقه بندی فلزی اولیه حرکت نکرده اند. مهمترین کانههای سولفوسالتی که در مرحله دگرشکلی تشکیل شده و اغلب در فضای ریز درز و شكستگيها تشكيل شدهاند، شامل بورنونيت-بولانژريت، استفانیت، پیرارژیریت، ترچمنیت، میارژیریت،آندوریت، ژئوکرونیت، گوتاردیت، تووینیت- وینیت میباشند که در همراهی با ذرات درشت تر الکتروم حضور دارند. در فضاهای ایجاد شده توسط دگرشکلیها، اثری از کانههای اولیه سولفیدی (پیریت، اسفالریت و گالن) مشاهده نشده است. تقریبا تمامی ریز رگچههای حاصل از دگرشکلی شکنا موجود در نوارهای سیلیسی باریکا، توسط کانههای سولفوسالت و طلا پر شدهاند (شکل ۱۵ت).



شکل ۱۴. عملکرد دگرشکلی در مقیاس رخنمون و نمونه دستی: دگرشکلی بهصورت چین خوردگی در الف) تناوب سولفید – باریت و ب) در سولفید تودهای. پ) بودین شدگی در نوارهای باریتی (بخش های روشن). بخشهای تیره، سولفید (عمدتاً ییریت)ها می باشد.ت) دگرشکلی در کانسنگ باریتی در بخشهای تودهای و ضخیم لایه و ایجاد فابریکهای C و S.



شکل ۱۵. ساخت و بافتهای حاصل از دگرشکلیهای ایجاد شده در بخش کانسنگ چینه سان باریکا. الف و ب: بافت سایه فشاری، پ) تشکیل سولفوسالت (ss) و طلا (Au)) در شکستگیهای کانسنگ سیلیسی،ث) طلا و سولفوسالت ها در شکستگیهای کانسنگ سیلیسی، که با چشم غیرمسلح قابل مشاهدهاند،ج) بافت کاتاکلاستیک پیریت در در زمینهای از باریت (ba) و سرسیت (ser) قرار دارد.



شکل ۱۶. نمایی از رگه سیلیسی زون استرینگر که در اثر عملکرد دگرشکلی نوع شکنا توسط مجموعه ای از رگچههای سیلیسی با راستای عمود بر روند رگه سیلیسی میزبان قطع شدهاند. رگچههای سیلیسی قطع کننده، در اثر کشش حاصل از دگرشکلی تشکیل شده و معمولانطبطُ@(gn) همراه هستند.

> و حتی طلا بهصورت قابل رویت با چشم (در اندازه تا ۳ میلیمتر)، همراه با کانه های سولفوسالت در فضای ریز رگچهها مشاهده میشود (شکل۱۵ ث).

Huston et al, پیشنهاد کردند که در ذخایر غیر دگرشکل یا با دگرشکلی خیلی ضعیف، طلا بهصورت غیر قابل رؤیت در پیریت طلادار ویا آرسنوپیریت طلادار حضور دارد، در حالی که در ذخایری که تحت تأثیر دگرشکلی قرار گرفتهاند، الکتروم مهمترین کانی طلا است[۲۹]. وقتی که پیریت های طلادار در اثر فرآیندهای دگرشکلی بعدی تبلور مجدد پیدا می کنند و یا وقتی که پیریت شکسته می شود (بافت کاتاکلاستیک)، طلا بهراحتی از طریق سازوکارهای انحلال نهشت به سمت مکستگیها و مرز دانه مهاجرت می کند تا در ترکیب با نقره ای میکروسکپی را تشکیل دهد. با افزایش تنش وارد شده، الکتروم از پیریت آزاد می شود تا همراه با دیگر کانیها، مانند گالن، که بهراحتی متحرک می شوند، مجدداً متبلور گردد. در طی این فرآیند، اندازه دانه الکتروم افزایش مییابد.

مراحل مختلف چنین فرآیندی به خوبی در کانسار باریکا، قابل مشاهده است. در کانسار باریکا، کانیهای در شت الکتروم (تا ۳ میلیمتر)، همواره در همراهی با کانههای سولفوسالت، که به آسانی متحرک می شوند، دیده می شوند (شکل ۱۵ ج).

مرحله دگرشکلی (D₃) در محدوده باریکا، بهصورت ایجاد شکستگیهای کششی کم شیب flat- lying tensional) (flat- veins) کم شیب veins) کمتر از ۵/۰ متر اشغال شده اند، نمود یافته است. رگههای سیلیسی تشکیل شده در این مرحله از دگرشکلی، فاقد کانهزایی طلا و عناصر فلزات پایه میباشند و با یک همبری تند و واضح، کلیه نمودهای کانهزائی و دگرشکلی قبلی (D₂) را قطع نمودهاند (شکل ۱۷).

مرحله آخر دگرشکلی (D₄) شامل یکدسته گسلهای نرمال با شیب تند است که بخشهای مختلف کانسار را حداکثر چند متر در جهت شیب گسل جابهجا نمودهاند. اگرچه در محدوده کانسنگ چینه سان باریکا، برخی از گسلهای مذکور میزبان برشهایی هستند که از قطعات کانسنگ باریتی و سولفیدی تشکیل شده اند (شکل ۱۸)، ولی در خارج از محدوده کانسار، این گسلها عموماً فاقد پرشدگی توسط رگهها و یا اجزای برشی میباشند



شکل ۱۷. رگههای سیلیسی سفید رنگ فاقد که در شکستگیهای کششی تشکیل شده و برگوارگیها را قطع نمودهاند.



شکل ۱۸.ساخت برشی در محدوده معدن باریت. برشهای گسلی از قطعات زاویه دار باریت و متاولکانیکهای دگرسان شده تشکیل یافتهاند.

۵- هوازدگی:

این فرآیند بهطور ضعیف بخشهایی از کانسنگهای سولفیدی کانسار باریکا را متأثر ساخته است. شایعترین چهره ناشی از عملکرد این فرآیند ، تشکیل گوسان در بخشهای محدودی از کانسنگهای سولفیدی است. عملکرد هوازدگی بر روی سولفوسالتهای مسدار (مانند تترائدریت) و اسفالریت به جانشینی کالکوسیت و کوولیت از محل شکستگیها و حواشی کانهها منجر شده است. در محدوده کانسنگ سولفیدی و باریتی کانسار، آثار ضعیفی ازکانهزایی مس به-صورت مالاکیت و آزوریت در سطح درز و شکستها قابل مشاهده است. بهطورکلی، نقش هوازدگی بر کانسار سولفید

تودهای باریکا، موضعی و کم اهمیت بوده وآثار آن بصورت تشکیل موضعی گوسان و رخداد کانههای مالاکیت، آزوریت، کالکوسیت و کوولیت در بخش کانسنگ چینه سان کانسارمشاهده شده است. در جدول ۳، توالی پاراژنزی کانسنگهای باریکا آمده است.

ارزیابی پتانسیل اقتصادی کانسار باریکا

بر اساس مطالعات اخیر، کانسار باریکا یک کانسار سولفید تودهای ولکانو ژنیک از نوع کروکو است که فقط بخش کانسنگ سیاه در آن تشکیل شده است. بر اساس [۲۱ و ۲۲]، پایین بودن نسبت Cu/Zn (کمتر از ۰/۳ – جدول ۱) در

نوع رخداه زمین شناسی		همزمان با ولكانيسم		د ^م ر مونی				
		زون استرینگر (استوک ورک)	کانسنگ چینه سان (نوده ای و نواری)	دگرگونی پیترونده (D1)	دگرشکلی)*D)	دگرگوئی پرگتنی (Dr-D٤)	ھوازدھی	
کائیهای کائسٹعی	پېرىت							
	اسفالريت							
	ممالن							
	ئتر <i>اند</i> ربت ئنائتيت							
	استيب تبت							
	کانیهای سولفوسالنی غنی از Ag- As- Sb- Ph و Ag-					_		
	حلا (اغلب بصورت غیر فاہل رویت یا میکروسکوپ)							
Ì	الکتروم (قابل مشاهده در زیر میکروسکوپ و یا چشم)							
	كالكوسيت كووليث، مالاكيت آزوريت							
کانبهای اصلی باطله		باريت						
		"كوارنز						
- نوع د ^م رشکلی		شکل پذیر						
		نتكنا						
نوع کانه زائی		همزمان با نهسَت						
		پر کننده فضای خالی						
		جانشيني						

جدول ۳. توالی پاراژنز کانیها و فرآیندهای مهم زمینشناسی در کانسار باریکا

کانسار بر اساس معیارهای [۲۱] (شکل۱۱)، یک کانسار کوچک ارزیابی می گردد. بخش عمده کانسنگ (طلا و نقره) منطبق با بخش چینه سان کانسار بوده و از کانسنگهای سولفید و باریت تودهای – نواری و مقادیر کمتر (حدود ۱۰ درصد) کانسنگ سیلیسی تشکیل شده است.

بر اساس نتایج آنالیز نمونههای برداشت شده از بخشهای مختلف کانسنگ سولفید و باریت تودهای، مقدار میانگین طلا و نقره بهترتیب۸/۲۶ و ۴۲۰ گرم بر تن برآورد شده است (جدول ۱). مقدار بالای طلا و نقره در بخشهای سولفیدی و باریتی، استخراج این دو فلز گرانبها را از بخش چینهسان کانساردر یک مقیاس محلی توجیهپذیر مینماید، گرچه با کانساردر یک مقیاس محلی توجیهپذیر مینماید، گرچه با ماساردر یک مقیاس محلی توجیهپذیر مینماید، گرچه با کانساردر یک مقیاس محلی توجیهپذیر مینماید، گرچه با توجه به مقدار نسبتاً بالای برخی عناصر مزاحم (As, Sb, توجه به مقدار نسبتاً بالای برخی عناصر مزاحم (از کمتر از ۵ تا ۲۰۰۰۳میکرون) و تنوع کانیهای میزبان طلا میباید در انتخاب روشهای مناسب فرآوری و استحصال طلا و نقره که هم از نظر اقتصادی مقرون به صرفه باشد و هم استانداردهای کانسار باریکا، علاوه بر این که فاصله داشتن کانسار از منشأ حرارتی و ساده شدن تیپ کانسنگ را نشان میدهد، بر کوچک بودن کانسار باریکا نیز دلالت دارد.

در سالهای ۱۳۸۱–۱۳۸۵،کانسار باریکا، یک معدن باریت فعال بود. پس از معرفی کانسار باریکا به عنوان کانساری با عیارهای قابل توجه طلا و نقره در بخشهای سولفیدی و باریتی، این کانسار به عنوان کانسار طلا مورد توجه قرار گرفت و از سال ۱۳۸۶ عملیات اکتشافی طلا بر روی کانسار باریکا به اجرا در آمد. ارزیابی پتانسیل اقتصادی طلا و فلزات پایه در دو نوع کانسنگ ۱) چینه سان (سولفید و باریت توده ای) و ۲) زون استرینگر کانسار قابل بررسی است.

۱) کانسنگ چینه سان (سولفید و باریت تودهای):

براساس [۷]، کانسار باریکا یک کانسار سولفید تودهای Au-Zn-Pb-Ag و بر اساس [۲۲]، یک کانسار سولفید تودهای از نوع کروکو میباشد که در آن تنها بخش کانسنگ سیاه تشکیل شده و فاقد کانسنگهای زرد و پیریتی است. این

زیست محیطی را رعایت نماید، ملاحظات لازم را به کار گرفت.

کانسار باریکا، به علت پایین بودن نسبت روی (200 ای از قلزات روی و سرب است، از اغلب کانسارهای سولفید سیال از فلزات روی و سرب است، از اغلب کانسارهای سولفید تودهای فانروزوئیک متمایز بوده و فاقد پتانسیل اقتصادی برای دو فلز روی و سرب میباشد، بهطوریکه میانگین مجموع عناصر سرب و روی در بخشهای مختلف کانسنگ چینه سان کانسار از ۰/۵ است.

از طرف دیگر به علت پایین بودن دما و شوری سیال کانهساز،کانسار باریکا فاقد کانسنگ زرد است، لذا احتمال حضور بخشهای غنی از کالکوپیریت، بورنیت و اسفالریت در بخش چینهسان کانسار منتفی است. میانگین مقدار مس در بخش چینهسان کانسار کمتر از ۰/۱ درصد است که عمدتاً درکانههای سولفوسالتی، مانند تترائدریت تمرکز یافته است.

رگەھاى سىلىسى زون استرىنگر:

رگههای سیلیسی زون استرینگر در ضخامتهای کمتر از ۱ متر (متوسط ۳–۲۰ سانتیمتر) با پراکندگی نامنظم در گسترهای به طول حدود ۲ کیلومتر و در پهنای کمتر از ۵۰۰ متر عمدتاً در کمرپایین دگرسان شده کانسنگ چینه سان باریکا گسترش دارند. رگههای سیلیسی زون استرینگر، که از نظر تمرکزفلزات پایه و طلا غنی ترین بخش زون استرینگر میباشند، به چند علت از نظر فلزات گرانبها و پایه از ارزش اقتصادی قابل قبولی برخوردار نیستند:

ضخامت اغلب رگههای سیلیسی کانهدار، ۳ -۲۰ سانتی متر و عیار میانگین طلا و نقره در آنها بهترتیب ۷۲/۲ و ۳۱ گرم درتن است. همچنین عیار طلا و نقره در سنگ میزبان دگرسانشده رگهها، معمولا به ۱/۲ تا ۱/۵ عیار این فلزات در رگهها کاهش مییابد.

۲) حجم پایین کانه زایی فلزی در رگهها: با توجه به این که کانسار باریکا، در محدودهٔ کانسارهای کوچک است و نظر به این که بطور تیپیک بیش از ۹۰ درصد محتوای فلزی موجود در یک کانسار سولفید تودهای در بخش توده ای و چینهسان و کمتر از ۱۰ درصد آن در زون استوک ورک کانسار یافت میشود [۲۲]، لذا حجم کانه زایی در رگههای سیلیسی زون استرینگر بهمراتب کمتر از بخش کانسنگ سولفیدی و باریتی کانسار است و نمیتوان کانه زایی قابل توجه را از فلزات پایه و گرانبها در رگههای سیلیسی زون استرینگر انتظار داشت.

۳) نسبت روی ((Zn + Pb)) در رگههای سیلیسی زون استرینگر به میزان قابل توجهی پایینتر از این نسبت در اغلب کانسارهای سولفید فلزی تیپیک فانروزوئیک است. پایین بودن نسبت روی در این رگهها، به این معناست که سیال کانهسازی که رگههای استرینگر را بهوجود آورده، نسبت به فلزات روی و سرب تحت اشباع بوده است و لذا این زگهها ماهیتاً فاقد پتانسیل اقتصادی برای دو فلز روی و سرب میباشند، بهطوریکه میانگین مجموع عناصر سرب و روی در بخشهای مختلف رگه های سیلیسی زون استرینگر حدود ۲/۲۵ درصد است.

۴) با توجه به پایین بودن دمای و شوری سیال کانه ساز، احتمال تشکیل مقادیر قابل توجه کالکوپیریت و بورنیت در رگههای سیلیسی زون استرینگر منتفی است و بخش مهم مس موجود در رگههای سیلیسی مذکور، که میانگین مقدار آن حدود ۱۵ ۰/۰۱ درصد است، عمدتاً در تترائدریت – تنانتیت تمرکز یافته است.

با توجه به این که عیارهای بالاتر طلا (۱–۵گرم درتن) برای رگههای سیلیسی زون استرینگر، در دو موقعیت الف) زیر بخش کانسنگ سولفید و باریت تودهای و ب) ترازهای بالاتر توپوگرافی در منتها الیه شمالی گستره زون استرینگر به ثبت رسیده است، بهنظر میرسد دو عامل نزدیکی به کف دریا و موقعیت ارتفاعی رگههای سیلیسی، به مقدار زیادی عیار طلا و دیگر فلزات موجود در رگههای سیلیسی زون استرینگر را کنترل می نمایند. بدیهی است سیالات هیدروترمال سازنده رگههای سیلیسی که در نزدیک به کف دریا (زیر بخش چینهسان) جایگیر شدهاند، با حجم بیشتری از آب سرد دریا واکنش انجام دادهاند و با سرعت بیشتری طلا و دیگر عناصر را نهشته ساختهاند.

در رابطه با نقش ترازهای بالاتر توپوگرافی در افزایش عیار طلا و دیگر عناصر باید گفت که سیالات هیدروترمال کانه سازی که به شکستگیهای واقع در ترازهای بالاتر توپوگرافی راه یافتهاند، با حجم بیشتری از سنگ واکنش نموده و با کاهش بیشتر دما و تغییرات بیشتر در PH و درجه شوری سیال در ترازهای بالاتر توپوگرافی، مقادیر بالاتری از طلا و دیگر عناصر را بهجای گذاشتهاند.

نتيجهگيرى

کانسار باریکا، یک کانسار سولفید تودهای غنی از طلا و نقره است که بر خلاف اغلب کانسارهای سولفید توده ای جهان، مقدار مجموع فلزات پایه در آن به نحو چشم گیری پایین است (Zn + Pb + Cu % N > 1). این کانسار دارای دو بخش چینهسان و زون استرینگر است که در واحد متاولکانیک آندزیتی (K^{mv1}) جای گرفتهاند.

مطالعات انجام شده در این پژوهش حاکی از آن است که کانسار باریکا شکل ناقص و تکامل نیافته از یک کانسار نوع کروکو میباشد که تنها کانسنگ سیاه در آن تشکیل شده و فاقد بخشهای کانسنگی زرد و پیریتی است. مهمترین عواملی که عدم تشکیل کانسنگ های زرد و پیریتی در کانسار باریکا را کنترل می کنند، ماهیت سیال کانهساز (از نظر شیمی، دما و شوری) و فاصله داشتن کانسار از توده نفوذی است. این کانسار بعد از تشکیل، درجه پایین دگرگونی (شیست سبز پایینی) و درجه بالای دگرشکلی را تحمل کرده است. فرآیندهای دگرگونی و دگرشکلی اعمال شده بر کانهزایی ولکانوژنیک، به کانسنگ منجر شده است. مراحل تشکیل کانسنگ طلادار ولکانوژنیک و رخدادهای بعد از تشکیل کانسنگ اولیه، به مورت زیر است.

۱- تشکیل کانسار سولفید تودهای غنی از طلا و نقره باریکا به صورت همزمان با ولکانیسم: براساس مطالعات سیالات، درگیر کانسنگهای بخشهای سیلیسی زون استرینگر و تودهای- نواری بخش چینه سان کانسار باریکا، محصول نهشت سیالات کم دما (کمتر از ۲۰۰ درجه سانتی گراد) با شوری پایین (کمتر از کمتر از کامتر از کمتر از کمتر از کمتر از میاشد که بهصورت رخساره ریزدانه کانسنگ سیاه نهشت یالات کم میال کانسنگ میان درجه میال میالات کم میال موازی در فاینینگ، که مستاز میالات کم دما ونزایش دمای میان در مای حدود ۲۰۰ درجه به بالاتر از ۲۸۰ درجه میاشد که میاه به کانسنگ زرد و متعاقباً افزایش دمای سیال، از دمای حدود ۲۰۰ درجه به بالاتر از ۲۸۰ درجه میاشد تا گذر کانسنگ سیاه به کانسنگ زرد و متعاقباً کانسنگ پیریتی را امکان پذیر سازد، رخ نداده است.

مطالعات میکروترمومتری سیالات در گیر کانسار باریکا، حاکی از اختلاط سیال هیدروترمال با آب سرد دریاست که موجب اکسیداسیون H2S، افزایش pH و نهشت باریت، سولفید و طلا شده است. تغییرات ایجاد شده در شیمی سیال، بر طبق معادله ذیل، به نهشت Au منجر می گردد:

4Au(HS)²⁻ + 2H₂O + 4H + > 4Au + 8H₂S(aq) + O₂(g) کانی سازی همزمان با ولکانیسم در بخش چینه سان کانسار باریکا، با ایجاد ساخت و بافتهای رسوبی مانند تودهای، نیمه تودهای، دانه پراکنده، و فرامبوئیدال که مشخصه نهشت کانسنگ سیاه (رخساره ریز دانه) است، همراه بوده است. در این مرحله از کانی سازی، طلا به صورت غیر قابل رویت در داخل پیریت و در همراهی نزدیک باسولفوسالتهای Pb, As, Sb

دیگر کانیهای سولفیدی تمرکز داشته است. ۲-دگرگونی پیشرونده کانسار و تمرکز طلا در حاشیههای کانیهای سولفیدی تجدید تبلور یافته: کانسار باریکا بعد از تشکیل متحمل دگرگونی در حد شیست سبز پایینی شده است که رخداد این پدیده با جهت یافتگی ضعیف پورفیروبلاستها، گسترش برگوارگی(D1) و تشکیل کانیهای ثانوی کلریت و سرسیت همراه شده است. عملکرد دگرگونی بر کانسنگ سولفیدی باریکا، به تبلور پیریتهای فرامبوئیدال، ایجاد پیریتهای درشت بلور با بافت الحاق سه گانه منجر شده است و تشکیل الکتروم در مرز دانههای پیریت تبلور یافته منجر شده است.

۳- دگرشکلی حاصل از عملکرد پهنه برشی در کانسار باریکا و تمرکز طلا در فضای برگوارگیها و ریز شکستگیها: در مرحلهای از فرآیند دگرگونی پیشروند، تـنش اعمـال شـده بـر کانسار باریکا و سنگهای دگرسان شده میزبان آن، به تشکیل پهنه برشی باریکا همراه با ساختارهای دگرشکلی شکل پذیر و شکنا (D₂) در کانسار و سنگهای میزبان آن منجر شده است. عملکرد دگرشکلی علاوه بر تغییر در بافتهای پیشین کانسنگ و ایجاد ساخت و بافتهای حاصل از دگرشکلی (مانند نوار بندی كانهها، ايجاد برگوارگي، بودين شدگي، چين خوردگي، سايه فشاری و... در کانهها)، در تحرک مجدد عناصر و ایجاد کانههای جدید نقش داشته است. در محدوده کانسنگ های سولفیدی، باریتی و سیلیسی باریکا شواهد و مدارک آشکاری بر تحرک دوباره کانیهای As, Ag, Sb و Pb همراه با طلا، در اثر عملكرد دگرشكلي وجود دارد. از مهمترين شواهد تشكيل کانههای جدید در طبی مرحله دگرشکلی و رخیداد طلا (به صورت الكتروم) درشت دانه (حتى بهصورت قابل مشاهده با چشم غیرمسلح) در فضاهای ایجاد شده در این مرحله از دگرشکلی تمرکز یافتهاند.

۴- دگرگونی برگشتی کانسا باریکا و تشکیل رگههای سیلیسی

مجله زمينشناسي اقتصادى

O.R., Sinclair, W.D., and Thorpe, R.I., eds., "Geology of Canadian mineral deposit types", Geology of Canada, vol, (1996) 183-196.

[2] Hannington M.D., Poulsen K.H., Thompson J.F.H., Sillitoe R.H. "Volcanogenic gold in massive sulfide environment: Reviews in Economic Geology",(1999) 325-356.

[3] Poulsen K.H., Robert F., Dubé B., "*Geological Classification of Canadian Gold Deposits*", Geological Survey of Canada Bulletin.,(2000) 540, 106.

[4] Dubé B., Gosselin P., Mercier-Langevin P., Hannington M., Galley A,"Gold rich volcanogenic massive sulphide deposits, in Goodfellow", W.D., ed.,"Mineral deposits of Canada—A synthesis of major deposit-types, district metallogeny, the evolution of geological provinces, and exploration methods: Geological Association of Canada", Mineral Deposits Division, Special Publication no, (2007) 75–94.

 [۵] تاج الدین ج.، " گزارش اکتشاف ذخیره جدید طلای باریکا (خاور سردشت). سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور"، (۱۳۸۲).
 [۶] یارمحمدی ع.،کانی شناسی، ژئوشیمی، "ساخت و بافت و ژنز کانه زائی طلا (نقره،فلزات پایه و باریت) در محدوده

معدنی باریکا، شرق سردشت"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم پایه، دانشگاه تربیت مدرس،(۱۳۸۵). [7] Large R.R., Huston D.L., McGoldrick P.J.

[7] Large R.R., Huston D.L., McGoldrick P.J., Ruxton P.A., "Gold distribution and genesis in Australian volcanogenic massive sulfide deposits and their significance for gold transport models. Econ. Geol. Mon,(1989) 520-563

[8] Huston D.L." *Gold in volcanic-hosted* massive sulfide deposits; distribution, genesis, and exploration", in Hagemann, S.G. ed," *Gold in* 2000: *Reviews in Economic Geology*", (2000) 401-426.

[۹] یارمحمدی، ع.، راستاد، ۱.، محجل، م.، شمسا، م.ج.، رخداد طلای باریکا: کانه زایی تیپ ماسیوسولفید ولکانوژنیک غنی از طلا در ایران، خلاصه مقالات بیست و چهارمین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور (۱۳۸۴).

[10] Mohajjel M., Fergusson C.L., Sahandi M.R. "Cretaceous–Tertiary convergence and continental collision, Sanandaj–Sirjan Zone, western Iran. J. Asian Earth Sci". 21(2003) 397– 412. فاقد کانه و گسل خوردگی: مرحله دگرشکلی D_3 ، به صورت ایجاد شکستگیهای کششی کم شیب، که با رگه های سیلیسی سفید رنگ در ضخامت های کمتر از 0/1 متر اشغال شدهاند، مشخص می شوند. رگههای سیلیسی تشکیل شده در این مرحله فاقد کانهزایی طلا و دیگر عناصر فلزی می باشند و با یک همبری تند و واضح، کلیه نمودهای کانهزایی و دگرشکلی قبلی (D_2) را قطع نموده است .

مرحله آخر دگرشکلی (D₄) شامل یکدسته گسلهای نرمال با شیب تند است که بخشهای مختلف کانسار را حداکثر چند متر در جهت شیب گسل جابهجا کرده است.

۵- هوازدگی: این فرآیند به طور موضعی کانسنگهای سولفیدی کانسار باریکا را متأثر ساخته است و آثار آن به-صورت تشکیل موضعی گوسان و آزاد سازی مقادیر کمی از مس به صورت آغشتگی مالاکیت، آزوریت ، کالکوسیت و کوولیت قابل مشاهده است.

بر اساس نتایج مطالعات سیالات در گیر و شواهد ژئوشیمیایی موجود (مانند فراوانی برخی عناصر کمیاب، پایین بودن نسبتهای روی و (Cu/Zn) کانسار باریکا، در فاصله دور از منشأ نفوذی تشکیل شده و جزو کانسارهای کوچک ارزیابی می گردد. این کانسار تنها از نظر طلا و نقره موجود در بخش می گردد. این کانسار تنها از نظر طلا و نقره موجود در بخش فیزات پایه فاقد ارزش اقتصادی است، به طوری که مجموع فلزات پایه در بخشهای مختلف کانساری همواره کمتر از ۱ درصد است.

سپاسگزاری

عملیات اجرائی و اکتشافی این تحقیق در قالب طرح های اکتشافی سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور بانجام رسیده است، لذا از آقای مهندس ناصر عابدیان، معاون محترم اکتشاف سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور و آقای مهندس بهروز برنا، مدیر محترم امور اکتشافات معدنی سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، که امکانات صحرائی و آزمایشگاهی لازم جهت انجام این تحقیق را فراهم آورده اند، صمیمانه تقدیر و تشکر می نمائیم.

مراجع

[1] Poulsen K.H., Hannington, M.D., "Volcanicassociated massive sulphide gold", in Eckstrand,

pressure, burial history, and paleohydrology of the Les Malines Pb-Zn deposit: reconstruction from aqueous inclusions in Barite in Econ. Geol", 83(1988)784-800.

[14] Larson L.T., Miller J.D., Nadeau J.E., Roedder E."Two sources of error in low temperature inclusion homogenization determination, and corrections on published

[24] Solomon M., Tornos F., Large R.R., Badham, J.N.P., Both, R.A., and Zaw, K. "*Zn–Pb–Cu volcanic-hosted massive sulphide deposits: criteria for distinguishing brine pooltype from black smoker-type sulphide depo sition. Ore Geology Reviews 25*" (2004) 259–283.

[25] Huston D.L., Large R.R." *A chemical model for the concentration of gold in volcanogenic massive sulfide de*posits. Ore Geol. Rev.4".(1989) 171-200

[26] Hannington M.D., Peter J.M., Scott S.D." Gold in sea – floor polymetallic sulfides: Economic Geology", V.81,(1867-1883).

[27] Huston D., Large R, "Genetic and Exploration Significanco ef the Zinc Ratio (100 Zn/(Zn + Pb)) in Massive Sulfide Systems. Economic Geology", Vol. 82, (1987) 1521-1539

[28] Huston D., Bottrill R.S., Creelman R., Khin Zaw Ramsden T., Rand S., Gemmell J.B., Bruce L., Sie S.H., Large R.R, "Geologic and Geochemical Controls on the Mineralogy and Grain Size of Gold Bearing Phases, Eastern Australian Volcanic Hosted Massive Sulfide Deposits". Econ.Geol,(1992)87:542-563.

[29]Cox D, Rytuba J.J Lihir Island gold,"*Geological survey Bulletin* 1643U.S.Gological survey open-file Report, (1987)87-272a.

[30] Galley A. G., Jonasson I. R., Franklin J. M., Gibson H. L., "*Volcanogenic Massive Sulfide Deposits*", in Hedenquist, J. W., Thompson, J. F. H., Goldfarb, R. J., and Richards, J. P., eds., Economic Geology 100th Anniversary Volume", Littleton, CO, "Society of Economic Geologists",(2005)523-560. [11] Azizi H., Jahangiri A." Cretaceous subduction-related volcanism in the northern Sanandaj-Sirjan Zone, Iran. J. Geodyn", 45 (2008) 178–190

[12] Azizi, H., Moinevaziri, H." Review of the tectonic setting of Cretaceous to Quaternary volcanism in northwestern Iran. J. Geodyn". 47(2008) 167–179.

[13] Ramboz C, Charef A, "*Temperature, temperatures for the East Tennessee and Laisvall deposits. Economic Geology*", 68(1973) 113–116

[15] Ullrich m. R. Bodnar R. J." Systematics of stretching of fluid inclusions. II. Barite at one atmosphere confining pressure, Economic Geology", 83(1988) 1037-1.

[16] Bodnar R. J. Bethke P. M. "Systematics of stretching of fluid inclusions. I fluorite and sphalerite at 1 atmosphere confining pressure, Economic Geology", 79(1984) 141-161

[17] Roedder E," *Fluid inclusions. Reviews in Mineralogy*", 12(1984) 644.

[18] Shepherd TJ, Rankin AH, Alderton DHM, "A Practical Guide to Fluid Inclusion Studies. Blackie, Glasgow", (1985) 239.

[19] Pisutha – Arnond, V. Ohmoto H. "Thermal history and chemical and isotopic compositions of the ore – forming fluids responsible for the Kuroko massive sulfide deposits in the Hokuroko district of Japan. Econ. Geol., Monogr", 5(1983) 198-223.

[۲۰] یارمحمدی ع.، راستاد ۱.، محجل م.، شمسا م.ج.،.رخداد طلای باریکا، *"کانه زایی تیپ ماسیوسولفید ولکانوژنیک غنی از طلا در ایران*"، مجله علوم دانشگاه تهران. جلـد ۳۴، شـماره ۱. صفحات ۴۷–۶۰.(۱۳۸۷).

[21] Ohomot H., Mizukami M., Drummond S.E., Eldridge, C.S., Pisutha – Arnond, V. and Lenagh, T.C. "Chemical processes of Kuroko formation. Economic Geology, Monogr",5(1983) 570-604

[22] Ohmoto H. " Formation of volcanogenic massive sulfide deposits: the Kuroko perspective. Ore geology reviews", 10 (1996)135-177.

[23] Eldridge C.S., Barton P. B., Jr. Ohmoto H," Mineral textures and their bearing on formation of the Kuroko ore bodies. Economic Geology., Monogr".5(1983) 241-281