

زمین‌شناسی، کانه‌زایی و مطالعه میانبارهای سیال در کانسار طلای کوهزایی شوی (شمال غرب بانه)،

شمال غرب پهنه سندرچ - سیرجان

محمد عبدالله پور

گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه تهران

شجاع الدین نیرومند

گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه تهران

حسینعلی تاج‌الدین

گروه زمین‌شناسی اقتصادی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه تربیت مدرس

تاریخ دریافت: ۹۶/۷/۲۱ تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۲/۸

Niroomand@ut.ac.ir - E

چکیده

کانسار طلای شوی در ۷ کیلومتری شمال غرب بانه، در شمال پهنه سندرچ - سیرجان واقع است. واحدهای سنگی رخنمون یافته در محدوده مورد مطالعه، مجموعه‌ای از سنگ‌های آتشفشان - رسوبی دگرگون شده کرتاسه، شامل گدازه‌های آندزیت و آندزیت‌بازالت‌های دگرگون شده، شیبست و فیلیت می‌باشند که در دو مرحله چین خورده‌اند. کانی‌سازی در این کانسار به صورت رگه‌ای در سنگ میزبان آهکی رخ داده است. بیشینه مقدار طلا و نقره در رگه‌های کوارتزی به ترتیب ۷ و ۳۰۰ گرم در تن اندازه‌گیری شده است. کانی‌شناسی کانسنگ ساده بوده و شامل کانی‌های فلزی اولیه پیریت، گالن، اسفالریت، کالکوپریت و طلاوکانی‌های ثانویه مالاکیت، آزوریت، سروسیت، اسمیت زونیت و ترکیبات هیدروکسیدی آهن می‌باشد. نتایج آنالیز نمونه‌های کانسنگی حاکی از آن است که علاوه بر طلا و نقره، عناصر سرب، روی و مس نیز از درصد تمرکزهای نسبتاً بالایی در کانسنگ طلادار برخوردار است. مطالعات میان‌بارهای سیال بر روی نمونه‌های کوارتز و اسفالریت بیانگر دمای همگن‌شدگی سیالات کانه‌ساز در بازه ۱۶۵ تا ۳۴۰ درجه سانتی‌گراد و شوری ۰/۰۲ تا ۹/۰۲ درصد وزنی معادل نمک طعام می‌باشد. مقایسه ویژگی‌های مطالعه شده در ذخیره شوی با ویژگی‌های شاخص کانسارهای طلا، نشان می‌دهد که این ذخیره از نظر ویژگی‌های زمین‌شناختی و کانی‌سازی بیش‌ترین شباهت را با ذخایر طلای کوهزایی اپی‌زونال نشان می‌دهد. بدیهی است که مطالعه ویژگی‌های زمین‌شناسی کانسار و نقش آن در کنترل کانه‌زایی طلا، می‌تواند در اکتشاف ذخایر مشابه در شمال غرب پهنه سندرچ - سیرجان مورد استفاده قرار گیرد.

کلمات کلیدی: طلای کوهزایی، اپی‌زونال، میانبارهای سیال، شوی، پهنه سندرچ - سیرجان

مقدمه

کنترل می‌شود (Kreuzer et al., 2007). پهنه دگرگونه سندرچ - سیرجان با توجه به موقعیت ژئودینامیکی و قرار گرفتن در موقعیت رسوبات منشوری برافزایشی در حاشیه فعال قاره‌ای (Sheikholeslami, 2002)، محیط مناسبی برای تشکیل ذخایر طلای کوهزایی می‌باشد. البته این پهنه، محیط مستعدی برای تشکیل برخی دیگر از انواع ذخایر طلا، از جمله طلای تیپ اپی‌ترمال (نجف‌زاده و همکاران، ۱۳۹۵) نیز معرفی شده است. در سال‌های اخیر، مطالعات اکتشافی طلا در شمال غرب پهنه سندرچ - سیرجان، به اکتشاف تعدادی از ذخایر طلای کوهزایی در محدوده سقر - پیرانشهر منجر شده است. کانسارهای طلای کوهزایی در این محدوده، انواع موزونال و اپی‌زونال را شامل می‌شوند. کانسارهای قلقله (علی‌یاری، ۱۳۸۵؛ تاج‌الدین، ۱۳۹۰)، قبغلوچه و کرویان (تاج‌الدین، ۱۳۹۰) نمونه‌هایی از کانه‌زایی‌های طلای کوهزایی موزونال و کانسارهای خراپه

یکی از مهمترین انواع زایشی طلا، که بیش از نیمی از طلای تولیدی جهان را به خود اختصاص داده است، طلای تیپ کوهزایی می‌باشد (Groves et al., 1998, 2003; Goldfarb et al., 2005). این دسته از ذخایر طلا، کانسارهای اپی‌ژنتیک با کنترل‌کننده‌های ساختاری می‌باشند که در پهنه‌های دگرگونی ناحیه‌ای تشکیل شده و بر اساس عمق شکل به سه گروه: کم‌عمق، با عمق متوسط و عمیق تقسیم می‌شوند (Goldfarb et al., 2005). در این تیپ از کانسارها، پهنه‌های بُرشی، گسل‌ها و چین‌ها مهمترین ساختارهای کنترل‌کننده کانه‌زایی طلا محسوب می‌شوند. (Groves et al., 1998, 2003; Bierlein FP, Crowe D, 2000; Sibson, 2004; Goldfarb et al., 2005). در چنین محیط‌هایی، جریان سیالات حاوی فلز و متعاقباً ته‌نشست آنها، توسط فضاهای ساختاری حاصل از دگرشکلی

گسل‌های اصلی و انتقال دگرشکلی به مجموعه رسوبات حوضه گردیده که چین‌خوردگی‌ها و گسلش مرحله دوم را شکل داده‌اند.

زمین‌شناسی محدوده معدنی

کانسار شوی در شمال غرب پهنه سنج - سیرجان و در زیرپهنه با دگرشکلی پیچیده، که از سنگ‌های دگرگون و شدیداً دگرشکل شده تشکیل شده است، (Mohajjel et al., 2003) قرار دارد. عزیزی و جهانگیری (Azizi and Jahangiry; 2008)، سنگ‌های آتشفشانی رخنمون یافته در شمال‌باختر پهنه سنج - سیرجان را به جزایر قوسی و یا حاشیه‌های فعال قاره‌ای با ماهیت کالک‌آلکان، که در زمان کرتاسه میانی - بالایی تشکیل شده‌اند، نسبت دادند (شکل ۱).

براساس مطالعات صحرایی، واحدهای سنگی رخنمون یافته در محدوده مورد مطالعه، شامل یک توالی از سنگهای آتشفشانی - رسوبی متشکل از گدازه، سنگ آهک و فیلیت با سن کرتاسه است که در رخساره شیبست سبز دگرگون شده‌اند. به‌طور خلاصه زمین‌شناسی واحدهای سنگی در محدوده شوی از قدیم به جدید به شرح زیر می‌باشد (شکل ۲):

- فیلیت (واحد K^{ph}): این واحد با رنگ خاکستری تا سیاه گسترش قابل توجهی در بخش جنوبی محدوده مورد مطالعه دارد. در مقیاس میکروسکوپی، فیلیت‌های مذکور عموماً از کانی‌های کوارتز، فلدسپات، موسکویت - سریسیست، کلریت و موارد آلی تشکیل شده و ظاهری متورق و جلائی براق و درخشان دارند. در لابه‌لای این واحد عدسی‌های سیلیسی دگرگون‌زاد در ضخامت چند میلی‌متر تا ۲۰ سانتی‌متر موازی با برگراگی دگرگونی حضور دارند که در طی دگرشکلی‌ها چین‌خورده و حالت بودین شدگی به خود گرفته‌اند.

- سنگ‌های آتشفشانی (واحد K^v): این واحد که رخنمون‌های محدودی در محدوده را پوشش داده است، به‌طور عمده شامل گدازه‌های آتشفشانی سبز تا خاکستری با ترکیب آندزیت و آندزیت‌بازالت می‌باشند که واجد ساخت‌های حفره‌دار و گاه بالشی بوده و حفرات آن‌ها توسط کانی‌های ثانویه از جمله کلسیت و کلریت پر شده‌اند. نمونه‌های مطالعه شده از گدازه‌های مذکور بافت پورفیری تا اینترسترال دارند و از درشت‌بلورهای پلاژیوکلاز و آلکالی فلدسپار همراه با کانی‌های فرعی آمفیبول و پیروکسن در یک زمینه میکروکلینی تا شیشه‌ای (دوباره تبلور یافته) تشکیل شده‌اند.

- آهک (واحد K^1): این واحد، که با رنگ خاکستری تیره، گسترش قابل توجهی در محدوده دارد؛ از سنگ آهک‌های کریستالیزه (مرمر) متوسط تا ضخیم لایه تشکیل گرفته و متأثر از فازهای کوهزایی در مقیاس‌های مختلف دچار چین و شکست‌های فراوان شده‌اند. حریری و فرجندی (۱۳۸۲)، برپایه فسیل‌های شناسائی شده در آهک‌های برونزد یافته در خارج از محدوده مورد مطالعه، که درجات کمتری از دگرگونی را تحمل کرده‌اند، سن آپتین - آلبین را برای این واحد (و واحد K^{ph}) پیشنهاد کرده‌اند.

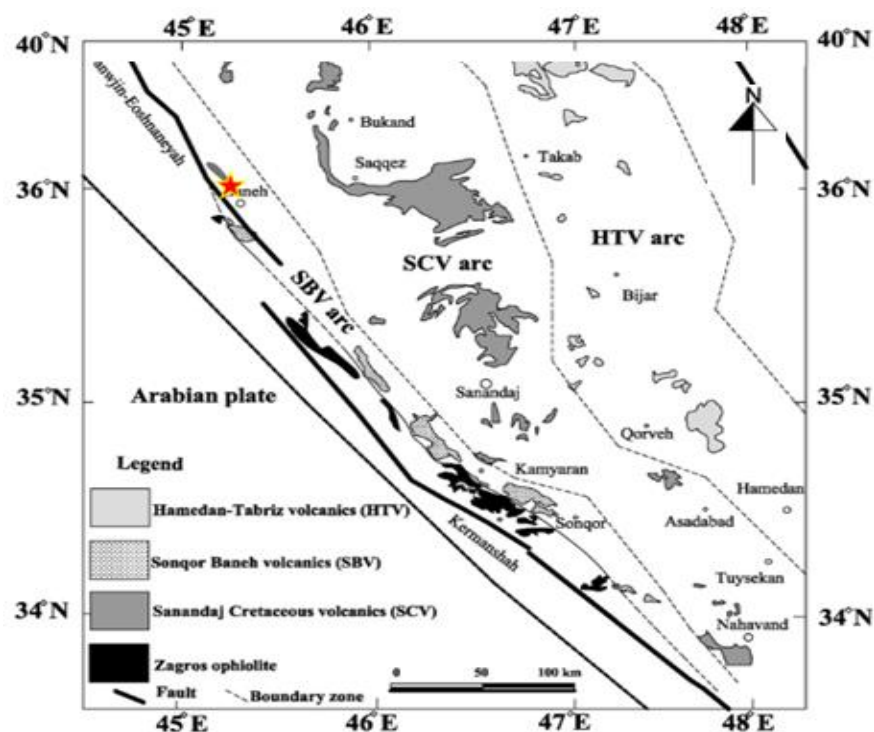
(Niromand et al., 2010)، میرگه‌نقشینه، زاوه‌کوه و شوی (تاج‌الدین، ۱۳۹۰) نمونه‌هایی از کانسارهای طلای اپی زونال هستند. کانسار طلای شوی، در ۷ کیلومتری شمال غربی بانه، استان کردستان قرار دارد. تاکنون بر روی ماهیت و کنترل‌کننده‌های کانه‌زایی طلا در این کانسار مطالعه‌ای صورت نگرفته است. در پژوهش حاضر، ضمن بیان ویژگی‌های زمین‌شناسی، دگرسانی، کانه‌زایی و زمین‌شیمی کانسار شوی، میانبارهای سیال موجود در رگه‌های کوارتزی کانه‌دار نیز مطالعه گردیده و با توجه به ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی سیال کانه‌ساز، چگونگی نهشت کانسنگ و تیپ کانی‌سازی مورد بحث قرار گرفته است. بدیهی است که مطالعه ویژگی‌های زمین‌شناسی و کانه‌زایی این کانسار می‌تواند در اکتشاف ذخایر مشابه، در بخش‌هایی از پهنه سنج - سیرجان که ویژگی‌های زمین‌شناسی مشابهی دارند، مورد استفاده قرار گیرد.

زمین‌شناسی ناحیه‌ای

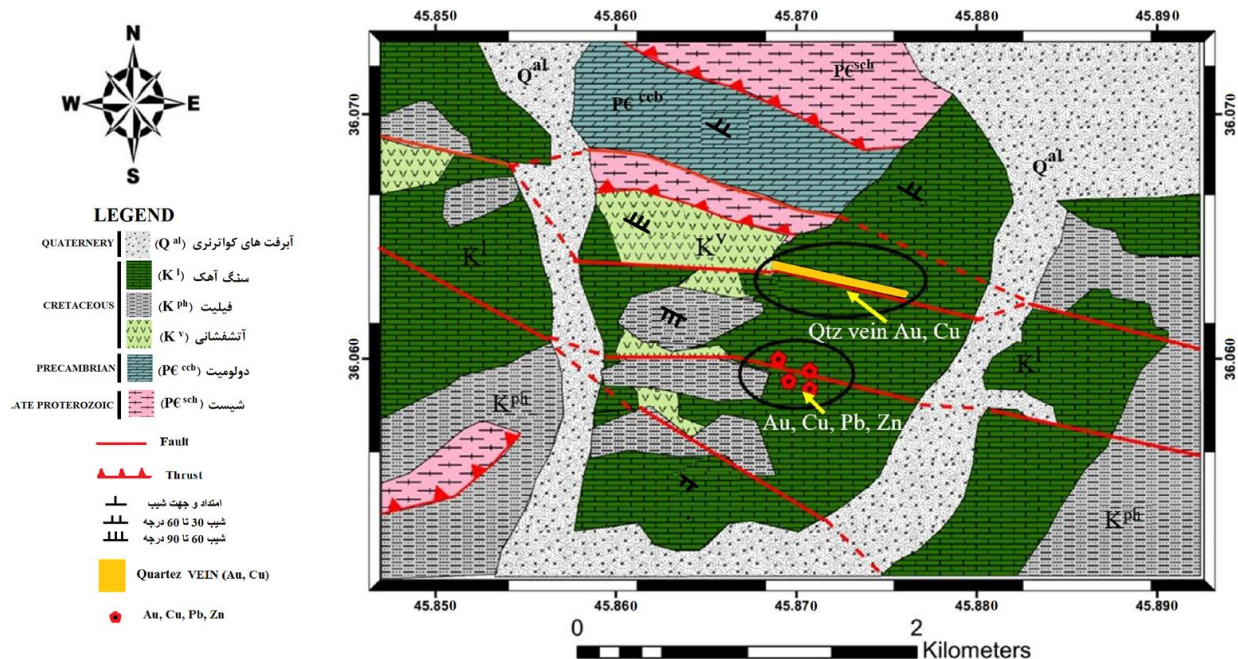
کانسار طلای شوی به لحاظ تقسیمات زمین‌شناسی - ساختاری در شمال - غرب پهنه دگرگونه سنج - سیرجان قرار داشته (Mohajjel et al., 2003) و بخشی از کمان آتشفشانی سنقر - بانه (Azizi and Moinevaziri, 2009)، محسوب می‌شود (شکل ۱).

به لحاظ موقعیت زمین‌شناسی، ذخیره معدنی شوی در چهارگوش ۱:۲۵۰۰۰۰:۱۰۰۰۰۰ مهاباد (Eftekhar Nezhad, 1973) و ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰:۱۰۰۰۰۰ (عمرانی و خبازنیا، ۱۳۸۲) قرار دارد. کهن‌ترین سنگ‌های ورقه آلوت، مجموعه‌ای متشکل از فیلیت، شیبست و گنیس‌های منسوب به پرکامبرین می‌باشد، که توسط یک توالی از نهشته‌های پالئوزویک، مزوزویک و ترشیری دنبال شده است (Eftekhar Nezhad, 1973 and 2004). سنگ‌های دگرگونه پرکامبرین، که اغلب با همبری تراستی بر روی سنگ‌های جوان‌تر کرتاسه قرار گرفته‌اند، توسط توده‌های نفوذی با ترکیب حدواسط - اسیدی قطع شده‌اند. توالی آتشفشانی - رسوبی کرتاسه، که عمدتاً از فیلیت، شیبست و میان‌لایه‌هایی از مرمر و گدازه‌های دگرگون شده با ترکیب حد واسط (آندزیت - آندزیت‌بازالت) تشکیل شده‌اند، بیش‌ترین گسترش را در محدوده مورد مطالعه داشته و اغلب در رخساره شیبست سبز دگرگون شده‌اند. واحدهای کرتاسه نیز توسط توده‌های نفوذی با ترکیب اسیدی - حدواسط با سن‌های ۸۷/۳ و ۶۰ میلیون سال (پور نوروز، ۱۳۸۹) قطع شده‌اند.

الیاس‌زاده و همکاران (۱۳۸۹) براساس شواهد ساختاری بر این باورند که در شمال‌غرب ایران، در طی بسته شدن اقیانوس تتیس جوان، دو مرحله برخورد بین صفحه عربستان و صفحه ایران قابل اثبات است. ساختارهای به‌وجود آمده با برخورد اول در کرتاسه پسین (چین‌خوردگی مرحله اول)، با فرارانش مجموعه پوسته اقیانوسی بر روی لبه قاره‌ای و چین خوردن مجموعه رسوبی همراه بوده و به تبع آن در شکل‌گیری اولیه ساختارهای محدوده مورد مطالعه، از اهمیت به‌سزایی داشته است. برخورد نهایی (دوم) که در میوسن پسین (Berberian et al. 1982; Agard et al. 2005; Omrani 2008; Allen 2009) صورت گرفته است، از نوع قاره - قاره بوده و باعث دگرشکلی در پهنه برخوردی پیشین و دوباره فعال شدن



شکل ۱. نقشه پراکندگی و موقعیت سنگ‌های آتشفشانی شمال غرب پهنه دگرگونی - ماگمایی ساندج - سیرجان (Azizi and Moinevaziri, 2009). بر روی شکل موقعیت کانسار شوی با علامت ستاره مشخص شده است.



شکل ۲. نقشه زمین‌شناسی محدوده کانسار طلای شوی

ساختار

مطالعات ساختاری، رخداد دو مرحله (و شیوه) از دگرشکلی شامل چین‌ها و گسل‌ها را در محدوده شوی محرز ساخته است:

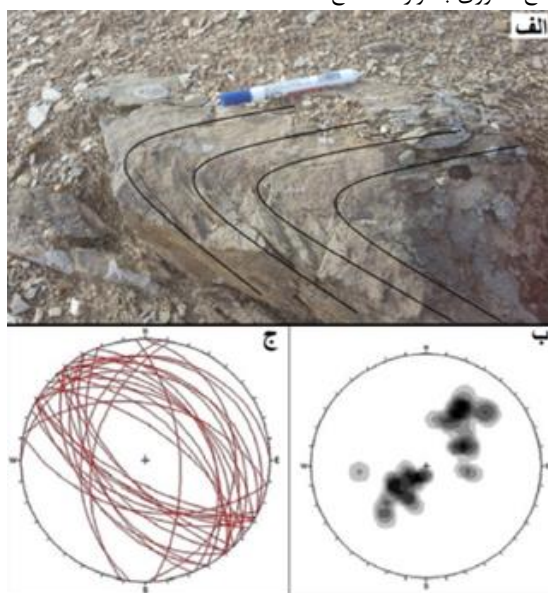
چین‌ها

چین‌خوردگی‌ها که باعث شکل‌گیری طاق‌دیس و ناودیس‌های شده‌اند، در دو نسل هم‌محور در مجموعه سنگ‌های دگرگونی محدوده شوی رخداد دارند: چین‌های نسل اول: این نسل از چین‌ها در اثر مکانیسم خمشی - برشی تا خمشی - جریانی، به صورت بسته تا یال موازی در سنگ‌های آهکی شکل گرفته‌اند؛ به طوری که در اثر این ساز و کار، لایه‌ها در یال‌ها نازک تر و در لولا ضخیم‌تر شده‌اند. در این دسته از چین‌ها، برگواگی به موازات سطح محوری چین‌ها (S_1) توسعه یافته است (شکل‌های ۳ الف و ۱۷). چین‌های نسل دوم: به صورت چین‌های باز و ایستاده هستند که چین‌های یال موازی مرحله اول را دوباره چین داده‌اند. محور این چین - خوردگی با میل کم به سمت شمال غرب و به صورت موازی تا شبه موازی با محور چین‌های مرحله اول قرار دارد. برگواگی سطح محوری به موازات سطح

محور چین‌ها در این مرحله به صورت گسستگی‌های موازی مشاهده می‌گردد (S_2). شواهد ساختاری در چین‌خوردگی مرحله دوم بیانگر آن است که گسل‌های کششی (نرمال)، در منطقه لولایی و در راستای عمود بر محور چین‌خوردگی تشکیل شده‌اند؛ این موضوع مشخص می‌کند که در جریان چین‌خوردگی در راستای عمود بر محور چین‌ها، کشیدگی ایجاد شده است (شکل‌های ۳ ب و ج و ۱۷).

گسل‌ها

در محدوده معدنی شوی دو تیپ گسل شناسایی شدند که عبارت‌اند از گسل‌های نرمال و گسل‌های معکوس و رانده. گسل‌های نرمال با راستای موازی با سطح محوری چین‌های نسل دوم گسترش دارند. تراکم و جابجایی‌های گسل‌ها در مناطق لولایی بیشتر و در یال چین‌ها کمتر است. شکستگی‌های پر شده توسط رگه‌های کوارتز در دو گروه موازی و زاویه‌دار نسبت به روند محور چین‌ها رخداد دارند و به صورت درزه‌های موازی محور چین اصلی در لایه‌های آهکی قابل مشاهده‌اند. این درزه شدگی‌ها در مناطق لولایی چین‌ها تراکم بالاتری دارند.



شکل ۳. (الف) چین خوردگی نسل اول در سنگ‌آهک‌های محدوده کانسار شوی. (ب) و (ج) به ترتیب نمایش دایره بزرگ (great circles) و کنتور پلات (Contour Plot) - لایه‌های آهکی مذکور بر اساس اندازه گیری شیب و امتداد.

کانی‌سازی

کانی‌سازی فلزی در محدوده شوی در رگه‌های کوارتزی و در واحد آهکی رخ داده است. رگه‌های کوارتزی در محدوده کانسار شوی به دو دسته فاقد کانه و کانه‌دار تقسیم می‌شوند:

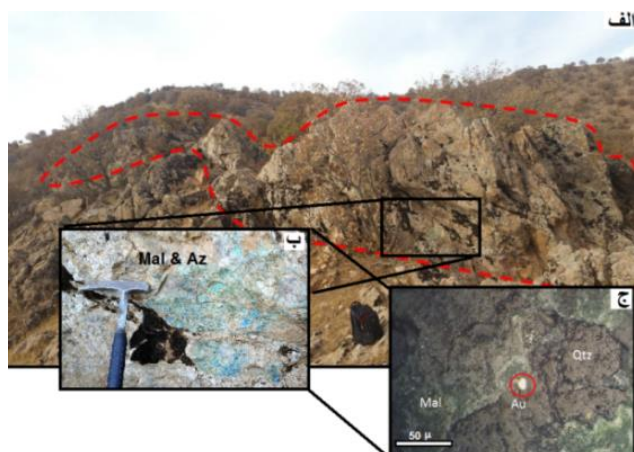
رگه‌های کوارتزی فاقد کانه

رگه‌های کوارتزی فاقد کانه، که در مرحله دگرگونی ناحیه‌ای تشکیل شده‌اند، به صورت رگه‌ها و عدسی‌هایی در ضخامت‌های کمتر از ۲۰ سانتی‌متر به موازات برگواگی‌های دگرگونی مشاهده می‌شوند. تمرکز این نوارها بیشتر در منطقه

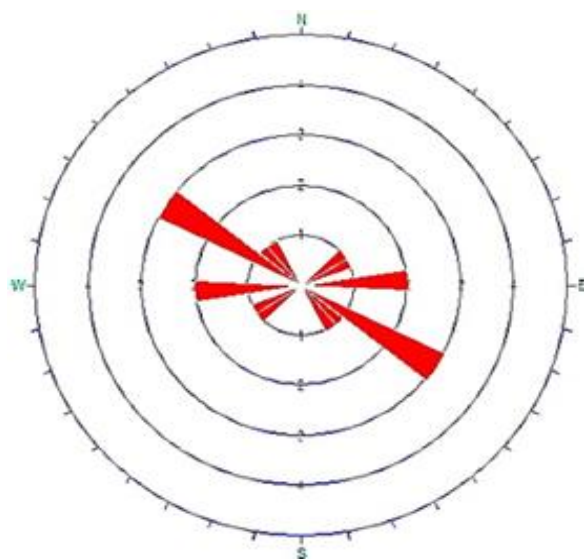
رگه‌های کوارتزی کانه‌دار

رگه‌های کوارتزی قطع کننده لایه‌بندی، که کانسنگ‌های طلا (و فلزات پایه) را تشکیل می‌دهند، بیشتر با روند غالب شمال غرب - جنوب شرق و کمتر در راستای شرقی - غربی در واحد آهکی رخ داده‌اند (شکل‌های ۴ و ۵).

غیر قابل مشاهده (با میکروسکوپ)، در شبکه بلوری پیریت‌های آرسنیک-دار نیز حضور دارند (شکل ۱۲)



شکل ۴. (الف) رگه کوارتزی سولفید - طلادار. (ب) نمای نزدیک از رگه کوارتزی که به مالاکیست و آزوریت آغشته است. (ج) ذره طلای در رگه کوارتزی، که با کوارتز همراه است. تصویر اخیر در نورانعکاسی با نیکول‌های موازی (PPL) می‌باشد. Au: طلا، Mal: مالاکیست و Az: آزوریت.



شکل ۵. نمودار گل‌سرخ از رگه‌های کوارتزی کانه‌دار، که بر گوارگی‌های دگرگونی را قطع کرده‌اند.

از این رو به نظر می‌رسد که پیریت‌های موجود در رگه‌های طلادار، که گاه با مقادیری آرسنیک همراه هستند، در نهشت و تمرکز بخشی از محتوی طلا، که با میکروسکوپ نوری قابل مشاهده نمی‌باشند، نقش و عملکرد داشته‌اند. بر اساس ریچ و همکاران (Reich et al., 2005)، طلا می‌تواند به جای آرسنیک در پیریت‌های آرسنیک‌دار و آرسنوپیریت جانشین شود و حضور اتم‌های آرسنیک، جانشینی طلا به جای آهن در شبکه پیریت را تسهیل می‌نماید. هوازگی سبب اکسایش کانه‌های سولفیدی و تشکیل کانی‌های برون‌زاد ترکیبات هیدروکسیدی آهن، سروزیت، اسمیت‌زونیت، مالاکیست و آزوریت شده است.

این نوع از رگه‌ها در موقعیت لولای چین‌ها و به موازات آنها تمرکز قابل توجهی دارند، در حالیکه در موقعیت یال چین‌ها، از تعداد و ابعاد رگه‌های مذکور به‌طور محسوسی کاسته می‌شود. مقدار طلا در رگه‌های مذکور از ۰/۱ تا ۷ گرم در تن اندازه‌گیری شده است.

ساخت، بافت و پاراژنز کانه‌ها (در رگه‌های کانه‌دار)

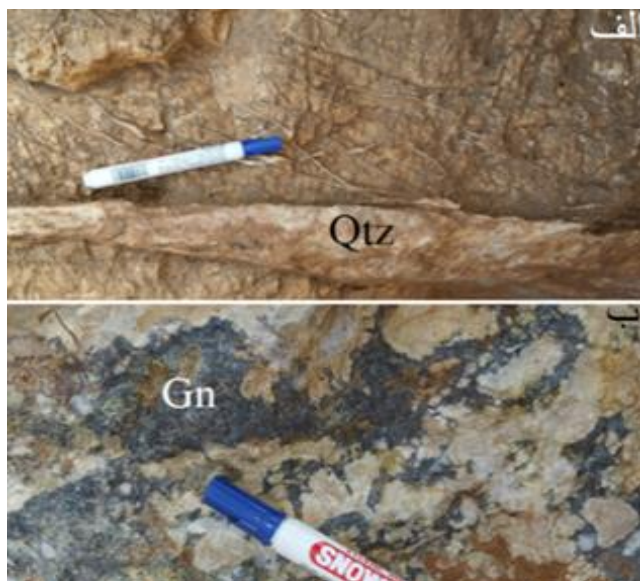
همان‌طور که پیشتر گفته شد، کانی‌سازی در کانسار شوی، به‌صورت تعدادی رگه کوارتزی سولفید و طلادار در سنگ میزبان آهکی (مرمر) رخ داده است. طول رگه‌های کوارتزی، گاه به ۴۰۰ متر بالغ گردیده و ضخامت آنها از ۰/۲ تا ۷ متر متغیر است. اصلی‌ترین ساخت و بافت‌های کانسنگ‌های طلادار، رگه - رگچه‌ای (استوک‌ورک) و برشی می‌باشد که با کوارتز و کانی‌های سولفیدی پر شده‌اند (شکل ۶). کانی‌شناسی کانسنگ ساده بوده و از کانی‌های فلزی اولیه پیریت، گالن، اسفالریت، کالکوپیریت و طلا و کانی‌های ثانویه مالاکیست، آزوریت، سروسیت، اسمیت‌زونیت و ترکیبات هیدروکسیدی آهن تشکیل شده است، که در همراهی با کانی‌های باطله کوارتز و مقدار کم کلسیت مشاهده می‌شوند.

پیریت به عنوان فراوان‌ترین کانه سولفیدی، بالغ بر ۵۰ درصد از محتوی کانه‌های سولفیدی را تشکیل داده است. این کانی بی‌شکل تا خودشکل بوده و بیشتر در اندازه‌های کوچکتر از یک میلی‌متر مشاهده می‌شود (شکل ۷). براساس روابط بافتی، پیریت‌ها به‌صورت همراه با کوارتز، پرکننده فضای خالی رگه و رگچه‌ها و نیز با بافت خرد و برشی شده (کاتاکلاستیک) در کانسنگ حضور دارد (شکل ۷). وجود قالب‌های پیریت پر شده با ترکیبات هیدروکسیدی آهن، فرایند اکسایش پیریت و دیگر کانه‌های سولفیدی را، در اثر عملکرد آب‌های جوی، نشان می‌دهد.

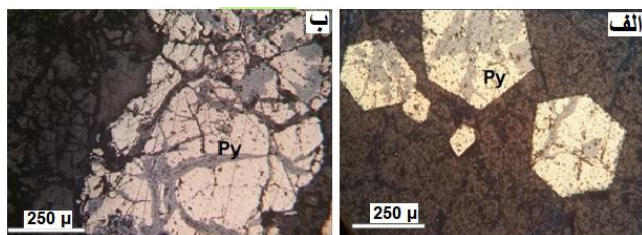
پس از پیریت، گالن فراوان‌ترین کانی سولفیدی است. این کانه به‌صورت پرکننده فضای خالی بوده و گاه به‌طور محلی، حدود ۳۰ درصد از محتوی رگه‌های کوارتزی را تشکیل داده است (شکل ۸). بر اساس مطالعات میکروسکوپی، این کانه بیشتر به‌صورت هم‌رشد با کوارتزهای تشکیل دهنده رگه‌های کوارتزی و یا سنگ آهک سیلیسی شده میزبان مشاهده شده است. براساس روابط بافتی، گالن به‌صورت هم‌زمان و در همراهی با پیریت، کالکوپیریت و اسفالریت تشکیل شده است. در مواردی گالن از حاشیه و مرز شکستگی‌ها به سروزیت تبدیل شده است (شکل ۹ الف).

اسفالریت به‌صورت کانه‌های بی‌شکل و در اندازه‌های کوچکتر از یک میلی‌متر، حدود ۲۰ درصد از محتوی سولفیدها را شامل شده است. این کانی به‌صورت شکافه‌پرکن، توده‌ای، هم‌رشدی با گالن در رگه‌های کوارتزی و نیز در آهک‌های سیلیسی شده میزبان رگه‌ها حضور دارد (شکل ۹). روابط بافتی اسفالریت و گالن بیانگر همزمانی تشکیل و نهشت آن‌ها از یک سیال کانه‌دار است.

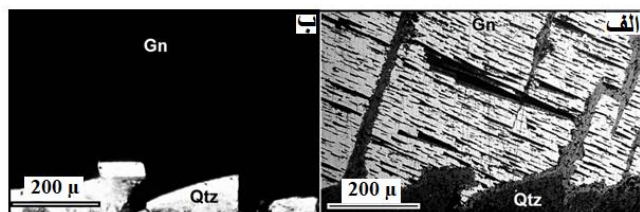
کالکوپیریت در اندازه‌های کوچکتر از ۱۰۰ میکرون، تنها به‌صورت چند ذره دانه پراکنده در رگه‌های کوارتزی مشاهده شده است. طلا در اندازه‌های کوچکتر از ۳۰ میکرون، در همراهی با کوارتز مشاهده شده است (شکل‌های ۱۰ و ۱۱). نتایج آنالیز نمونه‌های کانسنگی با روش XPM حاکی از آن است که طلا علاوه بر ذرات قابل مشاهده با میکروسکوپ، به‌صورت ذرات



شکل ۶. ساخت و بافت‌های متداول در کانسنگ‌های کوارتزی طلا دار. (الف) رگه و رگچه‌های کوارتزی (Qtz) سنگ میزبان آهنی را قطع کرده‌اند. (ب) گالن (Gn) فضاهای خالی و برشی شده کوارتز را پر کرده است.



شکل ۷. (الف) بلورهای خود شکل پیریت (py) که در گانگ کوارتزی پراکنده‌اند و (ب) پیریت‌های برشی شده (کاتاکلاستیک) که در فضای رگچه تشکیل شده‌اند. پیریت‌ها از حاشیه و مرز شکستگی‌ها توسط ترکیبات هیدروکسیدی آهن (خاکستری) جانشین شده‌اند. تصاویر در نور انعکاسی با نیکول‌های موازی (PPL) می‌باشند.



شکل ۸. هم رشدی گالن (Gn) با کوارتز (Qtz). (الف) در نور انعکاسی با نیکول‌های موازی (PPL) و (ب) همان تصویر الف در نور عبوری با نیکول‌های متقاطع (XPL). Gn: گالن و Qtz: کوارتز.

با توجه به روابط بافتی مشاهده شده در کانسنگ‌های طلا دار، توالی پاراژنزی در کانسار شوی به سه مرحله (الف) قبل از کانی‌سازی، (ب) کانی‌سازی و (ج) بعد از کانی‌سازی تقسیم شده است (شکل ۱۳).

(الف) مرحله قبل از کانی‌سازی: در این مرحله رگه‌ها و عدسی‌های کوارتزی (و کلسیتی) حاصل از تراوش سیالات دگرگونی (ناحیه‌ای)، در فضای برگوارگی‌های دگرگونی سنگ میزبان تشکیل شده‌اند. بر اساس مشاهدات صحرایی و مطالعات میکروسکوپی، پیریت تنها کانه فلزی شناسایی شده در رگه‌های مذکور بوده و فاقد تمرکز قابل توجهی از طلا و فلزات پایه می‌باشند.

(ب) مرحله کانی‌سازی: این مرحله با رخداد دگرسانی‌های گرمایی و ظهور رگه‌های کوارتزی قطع کننده برگوارگی‌ها مشخص می‌شود. در رگه‌های کوارتزی و زون‌های دگرسانی همراه، طلا در همراهی با پیریت، آرسنوپیریت و سولفیدهایی فلزات پایه تشکیل شده است.

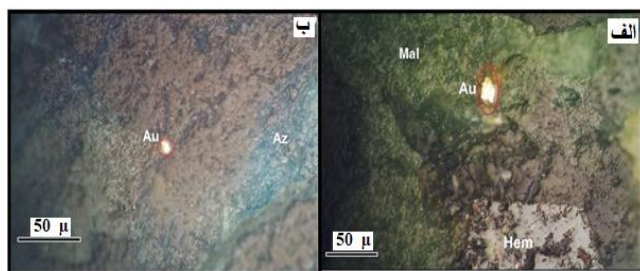
(ج) مرحله بعد از کانی‌سازی: کانه‌های سولفیدی تشکیل شده در مرحله اصلی کانی‌سازی، تحت تأثیر هوازدگی و آب‌های جوی فرورو، اکسایش یافته و به تشکیل ترکیبات هیدروکسیدی آهن، سروزیت، اسمیت‌زونیت، مالاکیت و آزوریت منجر شده است.

دگرسانی

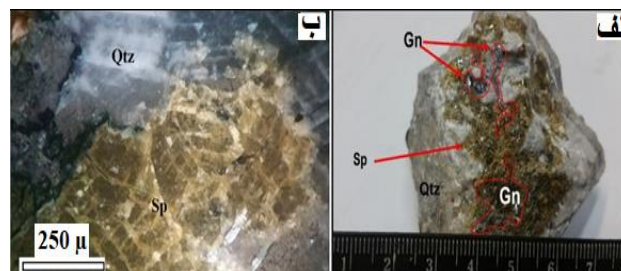
دگرسانی‌های گرمایی در محدوده کانسار شوی در اطراف رگه و رگچه‌های سیلیسی کانه دار مشاهده شده و انواعی از دگرسانی‌های سیلیسی، سولفیدی، کربناتی، سریستی، اپیدوتی و کلریتی را شامل می‌شوند. شاخص‌ترین نوع دگرسانی مرتبط با کانی‌سازی، دگرسانی سیلیسی است که به صورت بخش های برجسته و سخت در اطراف رگه‌های کوارتزی کانه دار و در ضخامت‌های چند سانتیمتری تا یک متر رخ داده است (شکل ۱۴). دگرسانی سولفیدی، که با رخداد پیریت، آرسنوپیریت و سولفیدهای فلزات پایه مشخص می‌شود، معمولاً در همراهی با دگرسانی سیلیسی (و کربناتی) رخداد دارد. به طور کلی بیشترین شدت این دو نوع دگرسانی در رگه و رگچه‌ها و ساختارهای برشی و خرد شده قابل مشاهده است. دگرسانی‌های سریستی، اپیدوتی و کلریتی به طور محدود در گدازه‌های آندزیت و آندزی با زالتی محدوده گسترش دارند.

زمین‌شیمی کانسنگ

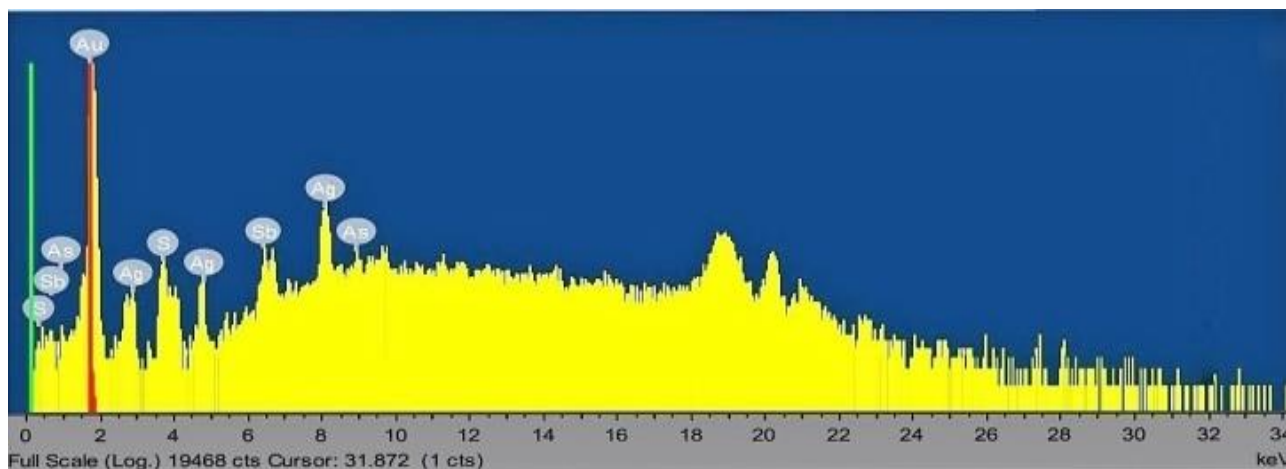
به منظور دستیابی به خصوصیات زمین‌شیمیایی کانسار شوی، از نتایج آنالیز طلا و عناصر فلزی همراه در ۲۵ نمونه برداشت شده از رگه‌های سیلیسی و سنگ میزبان دگرسان شده، که از ترانسه‌ها و بخش‌های برونزد یافته آخذ گردیدند، استفاده شده است (جدول ۱). نمونه‌ها جهت اندازه‌گیری طلا با روش Fire Assay و برای سایر عناصر با روش OES - ICP در مرکز تحقیقات فرآوری مواد معدنی ایران آنالیز شدند. همبستگی آماری بین متغیرهای کانه‌ساز با یکدیگر به صورت خطی به روش پیرسن (Pearson) یا به صورت ماتریس رتبه‌ای به روش اسپرمن (Spearman) محاسبه می‌شود



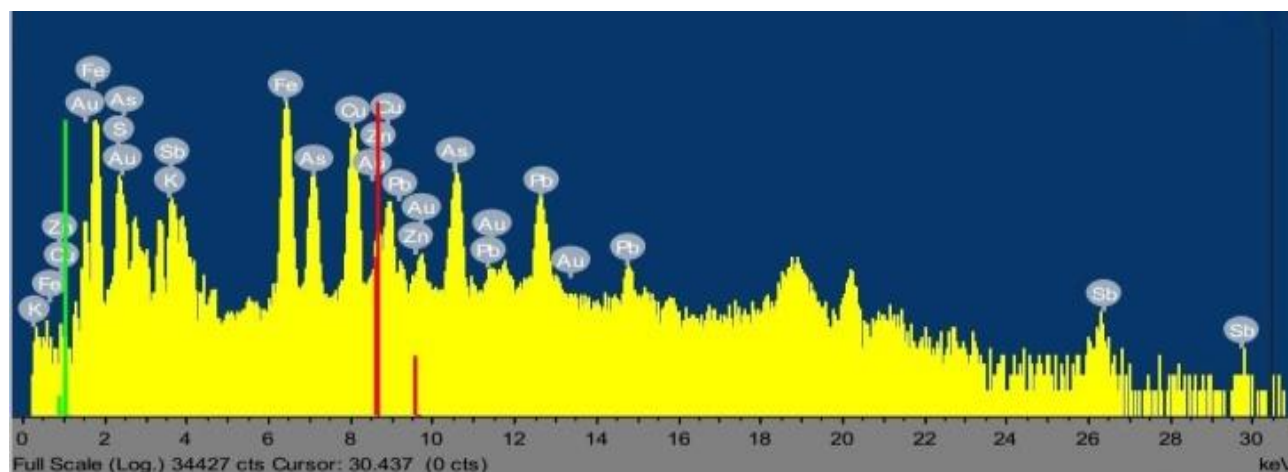
شکل ۱۰. حضور ذرات طلا به صورت هم رشد با کوارتز در رگه های کوارتزی. در تصویر (الف) علاوه بر مالاکیت، ترکیبات اکسیدی آهن جانشین پیریت (شکل دار) شده است. در تصویر (ب) سطح مقطع به آزوریت آغشته است. تصاویر در نور انعکاسی با نیکول-های موازی (PPL) می باشند. Au: طلا، Mal: مالاکیت، Az: آزوریت و Hem: هماتیت.



شکل ۹. (الف) اسفالریت در همراهی با اسفالریت در کانسنگ کوارتزی. (ب) اسفالریت در هم رشدی با کوارتز، نور عبوری با نیکول های متقاطع (XPL). Gn: گالن، Qtz: کوارتز و Sp: اسفالریت.



شکل ۱۱. طیف XPS از ذره طلای مشاهده شده در شکل ۱۰ الف



شکل ۱۲. طیف XPS از کانی پیریت موجود در رگه کوارتزی طلا دار. همان گونه که مشاهده می شود، کانی پیریت با مقادیر قابل توجهی آرسنیک (As) و طلا (Au) به صورت غیر قابل رویت با میکروسکوپ نوری همراه است.

Minerals		Preminalization	Mineralization	Weathering
Pyrite			=====	
Chalcopyrite			=====	
Galene			=====	
Sphalerite			=====	
Cerusite				=====
Gold			=====	
Smithsonite				=====
Fe-Oxides				=====
Malachite & Azurite				=====
Quartz	Type I	=====		
	Type II		=====	
Calcite		=====		

شکل ۱۳. نمودار توالی پاراژنی کانی‌ها در کانسار طلای شوی

بالای مس و طلا، علاوه بر همزمانی نهشت طلا و مس (به صورت کالکوپیریت)، می‌تواند احتمال حضور طلای غیر قابل رویت در ساختمان کالکوپیریت را نشان دهد. بر اساس (Huston et al., 1995) کالکوپیریت میزبان خوبی برای طلا می‌باشد بر اساس (Smith and Huston., 1992) همبستگی بالای طلا و نقره با دیگر عناصر نشان‌دهنده همزمانی نهشت این دو عنصر است.

مطالعه میان بارهای سیال

به منظور شناخت ماهیت فیزیکوشیمیایی سیال (سیالات) کانه‌ساز و روند تحول سیال گرمایی، از رگه‌های کوارتزی کانه‌دار کانسار شوی، تعداد دو مقطع دو بر صیقل تهیه شد و مورد مطالعات پتروگرافی و ریز داماسنجی قرار گرفت. مطالعات پتروگرافی و اندازه‌گیری‌های ریز داماسنجی بر روی کانی‌های کوارتز و اسفالریت، با استفاده از دستگاه میان‌بار سیال مدل Linkam THMSG600 متصل به میکروسکوپ ZEISS و مجهز به کنترل‌کننده حرارتی TMS94 و سردکننده LNP در مرکز تحقیقات فرآوری مواد معدنی ایران انجام شده است (جدول ۲).

دامنه حرارتی دستگاه، ۱۹۶ - تا ۶۰۰+ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. کالپراسیون دستگاه در مرحله گرمایش با دقت ۰/۶± درجه است که با نیترات سزیم با نقطه ذوب ۴۱۴ درجه سانتی‌گراد و در مرحله سرمایش با دقت ۰/۲± درجه سانتی‌گراد و با ماده استاندارد آن هگزان (Hexane - n) با نقطه ذوب ۹۴/۳ - درجه سانتی‌گراد انجام شد. میزان شوری به صورت معادل درصد وزنی نمک طعام (wt. % NaCl) و از طریق دمای ذوب آخرین قطعه یخ (ice - Tm) با استفاده از فرمول ارائه شده توسط (Hall et al., 1988) و مقایسه با روش استنر و همکاران (Stenner et al., 1988) محاسبه شده است.



شکل ۱۴. آهک‌های سیلیسی شده که میزبان رگه کوارتزی کانه‌دار می‌باشد.

(Rollinson, 1993). شرط محاسبه ضریب همبستگی پیرسون، عادی بودن توزیع متغیرها می‌باشد که در این پژوهش به دلیل غیر عادی بودن توزیع متغیرها از روش غیر پارامتری اسپیرمن استفاده شده است. بیشینه مقدار طلا و نقره در کانسنگ‌های طلادار به ترتیب ۷/۶ و ۳۰۷ گرم در تن اندازه‌گیری شده است (جدول ۱) و نسبت Au/Ag کمتر از یک می‌باشد. مطالعه نتایج آنالیز نمونه‌های کانسنگی حاکی از آن است که علاوه بر طلا و نقره، عناصر سرب با میانگین ۰/۴۷ درصد (تا ۸/۲ درصد)، روی با میانگین ۰/۴۱ درصد (تا ۱/۳ درصد) و مس با ۰/۳۸ درصد (تا ۱/۳ درصد) ناهنجار بوده و تمرکزهای نسبتاً بالایی را در همراهی با کانسنگ‌های طلادار نشان می‌دهند. در این ذخیره، طلا بیش‌ترین همبستگی را با عناصر، مس (۰/۷۸)، آرسنیک (۰/۷۶) و نقره (۰/۶۹) داراست. همبستگی

جدول ۱. نتایج آنالیز نمونه‌های برداشت شده از رگه‌های سیلیسی کانه‌دار و سنگ‌های میزبان دگرسان شده در کانسار شوی. فراوانی عناصر برحسب گرم در تن (ppm) است.

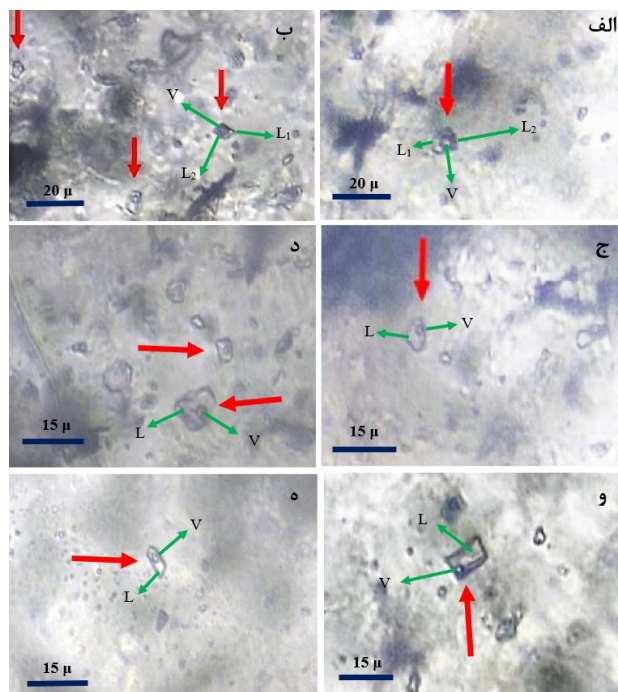
شماره نمونه	Ag	As	Au	Bi	Cu	Hg	Mo	Pb	S	Sb	Sn	Te	W	Zn
B.94.1	۱/۴	۶/۴	۵۱	۰/۵	۴۶	۰/۱	۱/۹	۴۵/۵	۲۰۴/۲	۰/۱	۰.۶	۰	۱/۵	۵۲/۹
B.94.2	۰/۹	۱۵۲/۳	۵۱۹۴	۵/۳	۵۱۵۷	۰/۱	۲	۶۶۵۵/۲	۲۱۵۱/۲	۵/۱	۰/۵	۰/۲	۱/۱	۵۳۵۲/۶
B.94.3	۰/۳	۲/۴	۷	۰/۶	۳۶/۲	۰/۱	۲/۴	۵۹/۱	۱۸۱/۱	۰/۱	۱/۴	۰/۱	۱/۸	۲۱/۶
B.94.4	۱/۲	۷۰	۳۱۸	۲/۷	۲۲/۲	۰/۱	۱/۸	۳۹۵۳/۱	۱۲۲/۷	۷/۴	۳/۸	۰/۲	۲/۲	۵۹/۹
B.94.5	۵۹/۹	۱۴۱/۹	۸۶	۲/۸	۸۷	۰/۱	۱/۸	۱۳۰۰۰	۱۵۹۱/۷	۳/۳	۲/۷	۴	۱/۹	۵۰۱۹/۶
B.94.6	۲/۳	۷۳/۱	۱۱۴۷	۱۱/۳	۲۳/۶	۰/۱	۱/۵	۸۲۲۵۵	۱۰۶۲/۵	۵/۹	۲/۷	۰/۵	۱/۷	۸۵۶
B.94.7	۰/۲	۰/۸	۴	۱/۵	۲۸۲۳	۰/۱	۱/۷	۱۶۴/۷	۱۸۲/۱	۰/۴	۲/۷	۰	۱/۱	۲۶۸/۶
B.94.8	۰/۴	۲۰۰/۸	۱۲۱۹	۲	۳۸۶/۹	۰/۱	۴	۳۱۷۲/۶	۱۵۸۴/۲	۴/۲	۱/۲	۰/۲	۱/۸	۱۳۰۰۰
B.94.9	۰/۱	۷/۹	۴۵	۰/۸	۶۲/۱	۰/۱	۱/۴	۲۸/۱	۳۵/۲	۰/۱	۲/۸	۰	۱/۶	۲۳۴/۲
B.94.10	۰/۲	۱	۴۵	۴/۸	۱۰۱/۲	۰/۲	۲/۴	۵۷/۶	۹۸/۱	۱	۴/۱	۰/۱	۱/۳	۲۰۰/۵
B.94.11	۲۱۱	۱۶۰/۳	۳۰۲۰	۳	۱۳۰۰۰	۰/۱	۲/۸	۴۱۸۰	۱۶۲۱	۵/۱	۱/۴	۰	۱/۶	۳۲۱۰
B.94.12	۱	۱۵/۱	۱۳	۰/۳	۱۷۴/۲	۰/۱	۱	۱۷۵/۹	۱۶۳/۲	۵/۲	۱/۹	۰/۷	۰/۷	۱۴۲
B.94.13	۱/۵	۱۱/۲	۸	۰/۸	۳۳/۳	۰/۸	۰/۸	۱۲/۵	۱۳۹	۰	۰	۰	۱۴	۱
B.94.14	۳۰۸	۸۰۰	۷۵۷۶	۳/۸	۱۳۰۰۰	۰/۸	۰/۸	۵۱۷۹	۳۱۹۱	۵/۳	۰	۰/۲	۴۴/۴	۶۱۱۴
B.94.15	۰/۷	۴/۳	۴۴	۱/۵	۱۱۵	۰/۸	۰	۱۱۱	۴۱	۰	۵/۲	۰/۳	۳/۷	۴۷/۹
B.94.16	۴۴	۲۴۱/۹	۹۱	۲/۸	۳۲۵۰	۰/۱	۱/۸	۴۲۲	۴۵۹۱/۷	۳/۳	۲/۷	۴	۱/۹	۳۱۲
B.94.17	۲۹۸/۲	۳۱۴/۴	۴۳۰۷	۰/۱	۱۳۰۰۰	۰/۱	۲	۷۷۸۴/۶	۶۲۱۰	۱۶/۳	۲/۵	۰/۶	۲/۵	۱۳۰۰۰
B.94.18	۱/۴	۶/۴	۲۱	۰/۵	۴۶	۰/۱	۱/۹	۴۵/۵	۳۰۴/۲	۰/۱	۴/۶	۰	۱/۵	۵۲/۹
B.94.19	۰/۳	۲/۴	۱۷	۴/۶	۳۶/۲	۰/۱	۲/۴	۵۹/۱	۱۵۸۱/۱	۰/۱	۳/۴	۰/۱	۱/۸	۲۱/۶
B.94.20	۰/۹	۶۲/۳	۶	۰/۳	۱۵۷	۰/۱	۲	۱۶۵۵/۲	۳۵۱/۲	۰/۱	۶/۵	۰/۲	۱/۱	۵۲/۶
B.94.21	۰/۱	۷/۹	۷۳	۰/۸	۶۲/۱	۰/۱	۱/۴	۲۸/۱	۳۵/۲	۰/۱	۲/۸	۰	۱/۶	۲۳۴/۲
B.94.22	۰/۲	۱۹/۳	۷	۴/۸	۱۰۱/۲	۰/۲	۲/۴	۵۷/۶	۹۸/۱	۱	۴/۱	۰/۱	۱/۳	۳۰۰/۵
B.94.23	۱	۱۵/۱	۶۰	۰/۳	۴۷۴/۲	۰/۱	۱	۱۷۵/۹	۱۶۳/۲	۵۸/۲	۱۴/۹	۰/۷	۰/۷	۱۴۲
B.94.24	۰/۷	۴/۳	۸۳/۵	۱/۵	۱۱۵	۰/۷	۰/۳	۱۱۱	۴۱	۰/۴	۵/۲	۰/۳	۳/۷	۴۷/۹
B.94.25	۰/۸	۱۰/۳	۳۷/۵	۱/۹	۱۴۵	۰/۷	۰/۳	۱۰۴	۳۶	۰/۴	۷/۴	۰/۴	۸/۳	۸۰/۷

جدول ۲. خلاصه داده‌های مطالعات ریزدماسنجی میان‌بارهای سیال اولیه دو فازی نوع LV و LV_{hh} در کانی‌های کوارتز و اسفالریت کانسار شوی.

Incl. type	Size (μm)	T_e ($^{\circ}C$)	T_{m-ice} ($^{\circ}C$)	$T_m - Clath$ ($^{\circ}C$)	T_h ($^{\circ}C$)	Salinity (wt. % NaCl equiv.)	Mineral
L+V (n=۲۹)	۸-۲۲	-۲۱ تا -۳۰	-۱ تا -۵/۷	-	۱۶۵-۲۸۴	۱/۵۵-۹/۰۲	Quartz
L+V (n=۹)	۶-۱۴	-۲۱ تا -۳۰	-۲/۴ تا -۳/۱	-	۱۷۰-۱۹۰	۴/۲۴-۴/۹۱	Sphalerite
L+L(CO ₂)+V (n=۱۰)	۶-۱۰	-۵۸/۱ تا -۵۸/۵	-	۸/۸ تا ۱۰	۲۲۰-۳۱۴	۰/۰۲-۲/۳۹	Quartz

^۱ اعداد داخل پرانتز مبین بیشترین فراوانی است. T_e = دمای اولین نقطه ذوب یخ، T_m = دمای ذوب آخرین قطعه یخ، $T_m - Clath$ = دمای انحلال کلاتریت، T_h = دمای همگن شدن

داده‌های میان‌بارهای سیال در محدوده کانه‌سازی شوی نشان‌دهنده سیالاتی با شوری پایین و دمای متوسط هستند و در نمودار (wilkinson, 2001) اکثریت نقاط در محدوده کانسارهای lode gold یا به عبارتی دیگر در محدوده طلای کوهزایی قرار می‌گیرند (شکل ۱۶). تخمین فشار زمان به دام افتادن سیالات کانه دار در میان‌بارهای سیال دو فازه $(L+V)$ و ۳ فازه $(L+L+V)$ بر اساس روش پیشنهادی Touret and Dietvorst (1983) و Diamond (2003) محاسبه گردیده است در این محاسبات دمای همگن شدن ۲۲۵ درجه سانتی‌گراد با فراوانی مشخص به عنوان کمترین دمای به دام افتادن در نظر گرفته شده است بر اساس محاسبات فشار در هنگام به دام افتادن ۰/۵ کیلو بار و برابر با عمق تقریبی ۱/۸۸ کیلومتر برآورد شده است.



شکل ۱۵. میان‌بارهای سیال در کانی کوارتز (الف و ب)، میان‌بارها با دو فاز مایع غیرقابل امتزاج آبگین (L1) و CO_2 (L2)، به همراه حباب گاز CO_2 (V)، (ج، د، ه، و) میان‌بارهای دوفازی غنی از مایع (L) و حباب کوچک گاز (V).

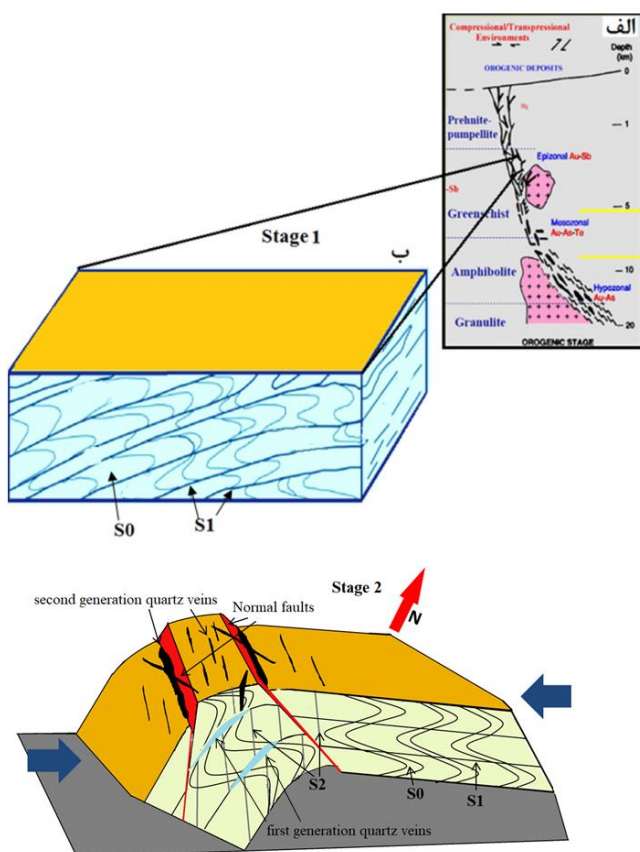
از لحاظ شکل ظاهری و با توجه به پارامترهای رودر (Roedder, 1984) و شفرد و همکاران (Shepherd et al, 1985)، میان‌بارهای سیال در نمونه‌های مورد مطالعه را می‌توان به ترتیب فراوانی به اشکال نامنظم، کشیده و کروی تقسیم‌بندی کرد.

تعداد ۲۹ میان‌بار سیال در اندازه‌های بین ۸ تا ۲۲ میکرون از نوع دوفازی $(L+V)$ ، در کوارتزهای کانسنجی مورد مطالعه قرار گرفتند (شکل ۱۵). محدوده اولین نقطه ذوب یخ یا اتکتیک (T_e) در میان‌بارهای سیال مذکور در محدوده ۲۱ - ۳۰ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شده است. همگن شدن از حالات دوفازی مایع - گاز به حالت تک فازی گاز، در محدوده ۱۶۵ تا ۲۸۴ درجه سانتی‌گراد رخ داده است که بر این پایه، بیشترین تعداد از نظر آماری در محدوده ۱۹۵ تا ۲۲۴ درجه سانتی‌گراد قرار دارد. محدوده ذوب آخرین قطعه یخ (T_{m-ice}) از ۵/۷ - ۱ تا - درجه سانتی‌گراد ثبت شد که معادل شوری ۱/۵۵ تا ۹/۰۲ درصد وزنی NaCl می‌باشند (جدول ۲).

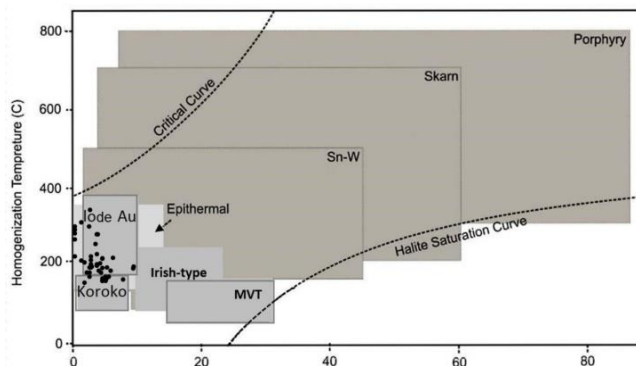
همچنین تعداد ۹ میان‌بار اولیه دوفازی $(L+V)$ در اندازه‌های ۶ تا ۱۴ میکرون در اسفالریت‌ها مورد مطالعه قرار گرفت. محدوده اولین نقطه ذوب یخ (T_e) میان‌بارهای مذکور در بازه ۲۱ - ۳۰ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شده است. همگن شدن میان‌بارها از حالات دوفازی مایع - گاز به تک فازی مایع در محدوده ۱۷۰ تا ۱۹۰ درجه سانتی‌گراد و ذوب آخرین قطعه یخ در محدوده ۲/۴ - ۳/۱ درجه سانتی‌گراد رخ داده است که بر این اساس شوری میان‌بارهای سیال موجود در اسفالریت از ۴/۲۴ تا ۴/۹۱ معادل درصد وزنی NaCl متغیر است.

در این مطالعه، تعداد ۱۰ میان‌بارهای سیال CO_2 دار با اندازه‌های ۶ تا ۱۰ میکرون، که در کوارتزها حضور داشتند، نیز مورد مطالعه قرار گرفتند. میان‌بارهای مذکور، با شکل نامنظم و از نوع دو فاز مایع غیرقابل امتزاج به همراه حباب گاز $(L+L(CO_2)+V)$ می‌باشند (شکل ۱۵). محدوده ذوب $(T_m CO_2)$ در این نوع از میان‌بارها، از ۵۸/۱ - ۵۸/۵ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شده است. محدوده ذوب $T_m Clath$ نیز ۸/۸ تا ۱۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. در این مطالعه، دمای همگن شدگی ($dCO_2 - Thv$) بخار CO_2 به فاز مایع از ۲۰/۵ تا ۳۰/۸ درجه سانتی‌گراد به دست آمده است. دمای همگن شدن کلیه فازها به فاز یکنواخت گازی در محدوده ۲۲۰ تا ۳۱۴ درجه سانتی‌گراد متغیر بوده و شوری این نوع از میان‌بارها از ۰/۰۲۱ تا ۲/۳۹ درصد وزنی معادل نمک طعام به دست آمد.

شده‌اند. نتایج مطالعات میان‌بارهای سیال نشانگر آن است که دمای سیالات کانه‌ساز در بازه ۱۶۵ تا ۳۴۰ (با میانه ۲۲۵) درجه سانتی‌گراد و شوری آنها در محدوده ۰/۰۲ تا ۹/۰۲ درصد وزنی معادل نمک طعام بوده است؛ همچنین رگه‌های کوارتزی کانه‌دار در عمق حدود ۱/۸ کیلومتری از سطح زمین در گسل‌های میزبان نهشته شده‌اند. در راستای انجام این پژوهش مشخص شد که ویژگی‌های زمین‌شناسی و کانه‌زایی طلا در کانسار شوی، بیشترین شباهت را با ذخایر طلای کوهزایی بویژه تیپ اپی‌زونال نشان می‌دهند؛ از این‌رو تعمیم نتایج بدست آمده از این مطالعه، که بیشتر بر نقش ساختارها در کنترل کانه‌زایی طلا تأکید دارد، می‌تواند در شناسایی و اکتشاف ذخایر طلای کوهزایی اپی‌زونال، در نواحی از شمال‌غرب پهنه سنج - سیرجان که زمین‌شناسی مشابهی دارند، مورد استفاده قرار گیرد.



شکل ۱۷. مدل تشکیل کانسار شوی که دو مرحله چین‌خوردگی را نشان می‌دهد. مرحله اول (Stage 1)، توسط لایه‌بندی اولیه (S0) قابل‌شناسایی است که به‌صورت بسته تا یال موازی چین‌خورده و دارای برگواری سطح محوری (S1) می‌باشند، مرحله دوم (Stage 2)، توسط چین‌خوردگی مجدد چین‌های مرحله اول و برگواری‌های S2 قابل‌شناسایی است که در این مرحله از چین‌خوردگی، چین‌های باز و ایستاده تشکیل شده‌اند. قوس بیرونی در اثر سازوکار کرنش طولی مماسی (Tangential longitudinal strain) متحمل کشیدگی عمود بر محور چین شده است و موجب تشکیل گسل‌های نرمال و برگواری سطح محوری قائم (S2) در سنگ‌آهک‌ها شده است. این ساختارهای کششی معابر و کانال‌های بسیار مناسبی برای عبور سیالات و همچنین ته‌نشینی سیالات کانه‌دار می‌باشند.



شکل ۱۶. محدوده دمای همگن‌شدن نسبت به درجه شوری میان‌بارهای سیال در کانسارهای مختلف (Wilkinson, 2001). نتایج میان‌بارهای سیال در کانسار شوی با ویژگی سیالات کانه‌ساز توصیف شده برای کانسارهای نوع کوهزایی (Load Au) قابل مقایسه است.

نتیجه‌گیری

مقایسه ویژگی‌های مطالعه شده در کانسار شوی با ویژگی‌های شاخص کانسارهای طلا، نشان می‌دهد که این کانسار از نظر ویژگی‌های زمین‌شناختی و کانی‌سازی از جمله نوع سنگ میزبان، دگرسانی‌های همراه، زمین‌شیمی و پاراژنز عنصری، ساخت، بافت و پاراژنز کانی‌شناسی و میان‌بارهای سیال بیشترین شباهت را با ذخایر طلای کوهزایی اپی‌زونال نشان می‌دهد (شکل ۱۷). در ذخایر طلای تیپ کوهزایی، ساختارها نقش اساسی و مهمی در کنترل کانه‌زایی دارند (Goldfarb et al., 2005). این ساختارها شامل پهنه‌های برشی از انواع شکل‌پذیر (در اعماق) تا شکنا (در سطوح فوقانی پوسته) می‌باشند که توزیع این ذخایر و هندسه آنها را به شدت تحت تأثیر قرار می‌دهند (Sibson, 2004). جریان سیال و ته‌نشست طلا وابسته به وجود ساختارهای دگرشکلی و فضاهای ساختاری ایجاد شده توسط دگرشکلی است (Kreuzer, 2006) لازم به‌ذکر است که در برخی دیگر از انواع ذخایر طلا، برای نمونه کانسار طلای مرتبط با توده نفوذی سیه‌کمر (قربانی و همکاران، ۱۳۹۰)، پهنه‌های برشی در جایگیری توده نفوذی منشأ و تمرکز طلا، نقش داشته‌اند.

مطالعات ساختاری، رخداد دو مرحله دگرشکلی را در محدوده شوی محرز ساخته است که بارزترین نمود آن به‌صورت دو نسل چین‌خوردگی هم‌محور در مجموعه سنگ‌های دگرگونی قابل‌مشاهده است. چین‌های مرحله اول به‌صورت بسته تا یال موازی خوابیده بوده ولی متعاقباً توسط چین‌های باز و ایستاده مرحله دوم دوباره چین‌خورده‌اند. شواهد ساختاری در چین‌خوردگی مرحله دوم بیانگر آن است که گسل‌های کششی (نرمال) با راستای غالب شمال‌غرب - جنوب‌شرقی، که در منطقه لولایی و به‌موازات محور چین‌خوردگی تشکیل شده‌اند، نهشت سیالات کانه‌ساز را کنترل نموده و از این‌رو میزبان رگه‌های کوارتزی سولفید و طلا‌دار می‌باشند. طی فرایند بالآمدگی مجموعه‌های سنگی منطقه، به دلیل کاهش عمق و گسترش گسل‌های نرمال و درز و شکستگی‌ها، سیالات گرمایی تولید شده در طی دگرگونی پیش‌رونده در فضاهای مذکور جریان یافته و متعاقباً به‌صورت رگه‌های کوارتزی حاوی طلا (و فلزات پایه) در گسل‌های کششی نهشته

سیاسگزاری

سیال تشکر نمایند. همچنین از سردبیر و داوران محترم مجله زمین شناسی کاربردی پیشرفته به خاطر راهنمایی‌های ارزنده علمی که منجر به غنای بیش‌تر مقاله حاضر گردیده است، قدردانی می‌شود.

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند از دانشگاه تهران و سازمان توسعه و نوسازی معادن و صنایع معدنی ایران (ایمیدرو) بخاطر پشتیبانی و حمایت‌های مالی جهت آنالیز زمین‌شیمیایی نمونه‌ها و نیز مطالعه میابارهای

منابع

- الیاس‌زاده، ر.، مجل، م.، بیرالوند، م.، ۱۳۸۹، ساختار پهنه برخوردی کوهزاد زاگرس در شمال باختر ایران فصلنامه زمین‌شناسی ایران، سال چهارم، شماره شانزدهم، زمستان ۱۳۸۹، صفحات ۲۵-۳۶.
- تاج‌الدین، ح.، ۱۳۹۰، عوامل کنترل‌کننده کانه‌زایی طلا در سنگ‌های دگرگون‌شده منطقه سقز-سردشت، شمال غرب پهنه دگرگونه سنندج-سیرجان، رساله دکتری، دانشگاه تربیت مدرس.
- پورنوروز، ع.، ۱۳۸۹، مطالعه پترولوژی و پتروگرافی توده گرانیتی حسن سالاران با نگرشی بر ژئوشیمی ایزوتوپی در ناحیه سقز، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم تحقیقات تهران.
- قربانی، م.ع.، مجل، م.، علیمحمدی، م.، ۱۳۹۰، تحلیل ساختاری پهنه برشی سیه کمر و ارتباط فابریک‌های شکنا با کانه‌زایی طلا، مجله زمین‌شناسی کاربردی پیشرفته، شماره ۲، ص ۱۴۰-۱۵۲.
- علی‌باری، ف.، ۱۳۸۵، کانی شناسی، ژئوشیمی و فابریک کانه زائی طلا در پهنه‌های برشی قفله، جنوب غرب سقز پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم پایه، دانشگاه تربیت مدرس.
- عمرانی، ج.، خبازنیا، ع.، ر.، ۱۳۸۲، نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ ورقه آلوت، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- نجف‌زاده، م.، ابراهیمی، م.، مختاری، م.ع.، کوهستانی، ح.، ۱۳۹۵، رخداد معدنی عربشاه: کانه‌زایی اپی‌ترمال طلا-آرسنیک-آنتیموان تیپ کارلین در پهنه فلززایی تکاب-انگوران-تخت سلیمان، آذربایجان غربی، مجله زمین‌شناسی کاربردی پیشرفته، شماره ۲۲، ص ۶۲-۷۷.
- Agard, P., Omrani, J., Jolivet, L., Mouthereau, F., 2005, Convergence history across Zagros (Iran): Constraints from collisional and earlier deformation. *Int J Earth Sci* 94: 401-419. Allen 2009).
- Allen, M.B., 2009, Discussion on the Eocene bimodal Piranshahr massif of the Sanandaj-Sirjan Zone, West Iran: a marker of the end of collision in the Zagros orogen. *J Geol Soc London* 166:981-982.
- Azizi, H., Jahangiri, A., 2008, Cretaceous subduction-related volcanism in the northern Sanandaj-Sirjan Zone, Iran. *J Geodyn* 45:178-190.
- Azizi, H., Moinevaziri, H., 2009, Review of the tectonic setting of Cretaceous to Quaternary volcanism in northwestern Iran. *J Geodyn* 47:167-179.
- Berberian, F., Muir, I.D., Pankhurst, R.J., Berberian, M., 1982, Late Cretaceous and early Miocene Andean-type plutonic activity in northern Makran and Central Iran. *J Geol Soc London* 139:605-614.
- Bierlein, F.P., Crowe, D.E., 2000, Phanerozoic Orogenic lode gold deposits. *Rev. Econ. Geol.*, 13:103-139.
- Diamond, L.W., 2003, Systematics of H₂O inclusions. In: Samson I, Anderson A, Marshall D (Eds) *Fluid Inclusions: Analysis and Interpretation*. Min Assoc Canada Short Course Ser 32:55-79
- Eftekhari-Nezhad, J., 1973, The Mahabad Quadrangle map (scale 1:250,000). Geological Survey and Mineral Exploration of Iran. Tehran
- Eftekhari-Nezhad, J., 2004, Exploration text of The Mahabad Quadrangle map 1:250,000 (North Kurdistan). Geological Survey and Mineral Exploration of Iran. Tehran.
- Goldfarb, R.J., Baker, T., Dube, B., Groves, D.I., Hart, C.J.R., Gosselin, P., 2005, Distribution, character and genesis of gold deposits in metamorphic terranes. *Econ Geol*, 100th Anniv Vol, p 407-450.
- Groves, D.I., Goldfarb, R.J., Robert, F., Hart, C.J.R., 2003, Gold deposits in metamorphic belts: overview of current understanding, outstanding problems, future research and exploration significance. *Econ. Geol.*, 98: 1-29.
- Groves, D.I., Goldfarb, R.J., Gebre-Mariam, M., Hagemann, S.G., Robert, F., 1998, Orogenic gold deposits: A proposed classification in the context of their crustal distribution and relationship to other gold deposit types. *Ore Geology Reviews* 13, 7-27.
- Hall, D.L., Sterner, S.M., Bodnar, R.J., 1988, Freezing point depression of NaCl-KCl-H₂O solutions. *Econ. Geol.* 83, 197-202.
- Huston, D.L., Sie, S., Suter, G.F., Cooke, D.R., Both, R.A., 1995, Trace elements in sulfide minerals from eastern Australian volcanic hosted massive sulfide deposits. *Econ. Geol.* 90: 1167- 1196
- Kreuzer, O.P., Blenkinsop, T.G., Morrison, R.J., Peters, S.G., 2007, Ore controls in the Charters Towers goldfield, NE Australia: constraints from geological, geophysical and numerical analyses. *Ore Geology Reviews* 32, 37-80.

- Kreuzer, O.P., 2006, Textures, paragenesis and wall-rock alteration of lode-gold deposits in the Charters Towers district, north Queensland: implications for the conditions of ore formation, *Min. Dep.* 40, 639–663.
- Mohajjel, M., Fergusson, C.L., Sahandi, M.R., 2003, Cretaceous-Tertiary convergence and continental collision, Sanandaj-Sirjan zone, western Iran. *J. Asian Earth Sci.*, 21: 397-412.
- Niromand, Sh., Goldfarb, R.J., Moore, F., Mohajjel, M., Marsh, E.E., 2010, The Kharapeh orogenic gold deposit: Geological, structural, and geochemical controls on epizonal ore formation in west Azerbaijan province, northwest Iran.
- Omrani, J., 2008, The geodynamic evolution of Zagros: tectonic and petrological constraints from internal zones. PhD thesis, Universite Paris, France.
- Reich, M., Palenik, C.S., Utsunomiya, S., Becker, U., Stixrude, L., Kesler, S.E., and Ewing, R.C., 2005, Solubility limit of gold in arsenian pyrite from Carlin-type and epithermal deposits: EMPA, SIMS, HRTEM and quantum mechanical constraints. *Proc. Geol. Soc. Am. Abstr. Prog.* 35: 358.
- Roedder, E., 1984, Fluid inclusions. *Reviews in Mineralogy*, 12, 664 p.
- Rollinson, H.R., 1993, *Using Geochemical Data: Evolution, Presentation, Interpretation*. Longman Scientific and Technical, England. 352 p.
- Sheikholeslami, M.R., 2002, Evolution structurale et mé'tamorphique de la marge sud de la microplaque de l'Iran central: les complexes mé'tamorphiques de la ré'gion de Neyriz (Zone de Sanandaj-Sirjan), Thèse, université de Brest, 194p.
- Shepherd, T.J., Rankin, A.H., and Alderton, D.H.M., 1985, *A practical guide to fluid inclusion studies*. Blackie, Glasgow, 223 p.
- Sibson, R.H., 2004, Controls on maximum fluid overpressure defining conditions for mesozonal mineralization. *Journal of Structural Geology*, Volume 26, Issue 6, p. 1127-1136.
- Smith, R.N., and Huston, D.L., 1992, Distribution and association of selected trace elements at the Rosebery deposit, Tasmania: *ECONOMIC GEOLOGY*, v. 87, p. 706-719.
- Sterner, S.M., Hall, D.L. and Bodnar, R.J., 1988, Synthetic fluid inclusions V: solubility relations in the system NaCl-KCl-H₂O under vaporsaturated conditions. *Geochemica et Cosmochemica Acta*, Vol: 52(5), p: 989-1005.
- Touret, J., Dietvorst, P., 1983, Fluid inclusions in high-grade anatectic metamorphites. *J Geol Soc London* 140:635-649.
- Wilkinson, J.J., 2001, Fluid inclusion in hydrothermal ore deposits. *Lithos*, 55: 229-272.