

زمین‌شناسی، کانی‌سازی و مطالعات سیالات در گبر کانسار سرب- روی- مس حوض رئیس، شرق ایران

آزاده ملکزاده شفارودی، محمد حسن کریم‌پور

گروه پژوهشی اکتشافات ذخایر معدنی شرق ایران، دانشگاه فردوسی مشهد

تاریخ دریافت: ۹۱/۱۱/۲۸ تاریخ پذیرش: ۹۲/۴/۱۶

aza_malek@yahoo.com

چکیده

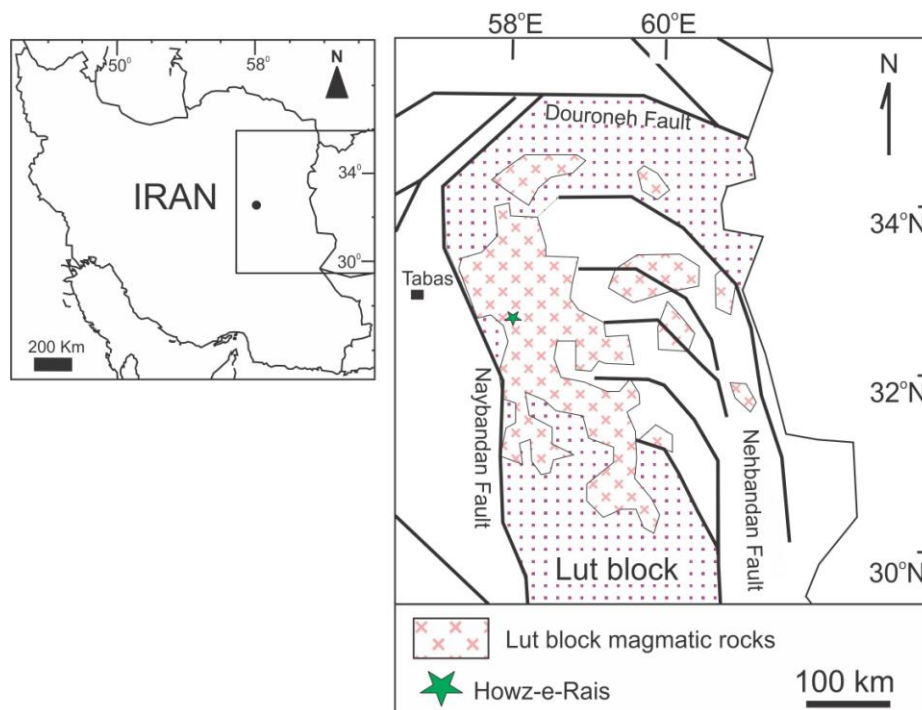
مجموعه ماگمایی ترشیری بلوک لوت میزبان کانسارهای متعدد پورفیری و رگه‌ای است که ذخیره حوض رئیس در غرب آن قرار دارد. زمین‌شناسی این منطقه متشکل از سنگهای آتشفشانی با ترکیب لایت و آندزیت است که توده‌های نفوذی نیمه عمیق مونزونیتی و گرانیتی ائوسن و پس از آن در آنها نفوذ نموده‌اند. توده بیوتیت پیروکسن مونزونیت پورفیری میزبان اصلی رگه‌های کانی‌سازی منطقه است که ماهیت متالومینوس و شوشونیتی داشته، در رده گرانیتوئیدهای نوع I بوده و در زون فرورانش تشکیل شده است. گسلها و درز و شکافهایی با روند شمال غربی- جنوب شرقی، کنترل‌کننده‌های اصلی کانی‌سازی در منطقه هستند. سیال کانه‌دار حاوی سرب، روی و مس، کانی‌سازی خود را در فضای برشی شده این شکستگیها ایجاد کرده است. آلتراسیون سیلیسی، آرژلیک و کربناتی همراه با رگه و در سنگ میزبان اطراف آن دیده می‌شود. کانیهای سولفیدی اولیه رگه شامل گالن، اسفالریت، پیریت و کالکوپیریت و کانیهای ثانویه شامل سروزیت، آنگلیزیت، دسکلوزیت، کولیت، کالکوزیت، مالاکیت، آزوریت، همتیت و گوتیت است. مقدار سرب در رگه از ۵ تا ۱۴ درصد، روی از ۲ تا ۱۱ درصد، مس از ۰/۰۶ تا ۰/۱۶۶ درصد، نقره از ۱۶ تا ۱۵۵ گرم در تن، بیسموت از ۳۰ تا ۸۷ گرم در تن و آنتیموان از ۳۲ تا ۱۸۳ گرم در تن متغیر است. بر مبنای مطالعات سیالات در گبر، دمای تشکیل کانسار بین ۱۴۵ تا ۲۷۸ درجه سانتیگراد بوده و از محلولی محتوی نمکهای CaCl_2 ، MgCl_2 و NaCl با درجه شوری بین ۶/۸ تا ۱۳/۴ درصد به وجود آمده است. دما و شوری کم سیالات در گبر، کنترل ساختاری کانی‌سازی، نوع آلتراسیون و گسترش آن و کانی‌شناسی ساده ذخیره مشابه کانسارهای اپی‌ترمال است. عناصر در این کانسار در قالب کمپلکسهای بی-سولفیدی حمل شده‌اند و کاهش دما و غلظت H_2S در زمان جوشش، می‌تواند دو عامل مهم ته‌نشست سولفیدها باشد. همچنین فرآیند اختلاط بین محلول ماگمایی کانه-دار گرم و شور و محلول جوی سرد و کم شور می‌تواند باعث کاهش دما و ته‌نشینی فلزات شود. کانسار حوض رئیس در دوره متالوژنی بلوک لوت (ائوسن میانی تا الیگوسن تختانی) تشکیل شده و مرتبط با فعالیت‌های ماگماتیکی ترشیری وابسته به فرورانش بلوک افغان به زیر بلوک لوت است.

کلمات کلیدی: بلوک لوت، کانسار حوض رئیس، کانی‌سازی سرب، روی و مس، کانسار اپی‌ترمال، سیالات در گبر

مقدمه

کریم‌پور و همکاران (۱۳۹۱) با بررسی سن‌سنجی زیرکن به روش U-Pb و ویژگیهای ژئوشیمیایی گرانیتوئیدهای مرتبط با کانی‌سازیه‌ها دریافتند که بازه سنی بین ۲۳ تا ۴۲ میلیون سال قبل (ائوسن میانی تا الیگوسن تختانی) مهمترین دوره متالوژنی بلوک لوت است. ماگماتیسم این دوره در زون فرورانش تشکیل شده، ماگما از ذوب بخشی پوسته اقیانوسی منشاء گرفته و با پوسته قاره‌ای نیز با نسبت‌های مختلف آلودگی پیدا کرده است. کانسار حوض رئیس در ۹ کیلومتری شمال معدن متروکه سه‌چنگی قرار گرفته است. هر دو معدن تا سال ۱۹۷۴ فعال بودند و تعداد زیادی ترانشه و شفت تقریباً عمودی در محل آنها دیده می‌شود. کانسار حوض رئیس در حقیقت رگه کوچکتر منطقه است که ۳ ترانشه و دو شفت و آثار سرباره در مکان آن مشاهده می‌گردد. رفتن به داخل شفت‌ها به دلیل بالای آمدن آب زیرزمینی و خطر ریزش امکان پذیر نیست. وجود این دو منطقه معدنی در گزارشات Bazain and Hubner (۱۹۶۹) و Tarkian و همکاران (۱۹۸۳) گزارش شده و به دلیل اهمیت بیشتر منطقه سه‌چنگی، مختصری ترکیب کانی‌شناسی آن بررسی شده است. اما علیرغم فعالیت معدنکاری قدیمی در این منطقه، به دلیل کویری بودن و نبود سکنه در اطراف منطقه و نیز مشکلات امنیتی آن تا چند سال گذشته، تاکنون هیچگونه تحقیق علمی بر روی مسائل زمین‌شناسی اقتصادی این منطقه بویژه کانسار حوض رئیس انجام نشده است. هدف از این مقاله تهیه نقشه زمین‌شناسی-آلتراسیون، مطالعات پاراژنری، ژئوشیمی اکتشافی و مطالعه سیالات در گبر برای دستیابی به ژنز و نحوه تشکیل کانی‌سازی حوض رئیس است. لازم به ذکر است که مطالعات زمین‌شناسی اقتصادی جامعی نیز در معدن سه‌چنگی توسط نویسندگان نیز در حال انجام است.

کانسار حوض رئیس در حدود ۱۵۰ کیلومتری جنوب شرقی شهرستان طیس، در استان یزد و در طول جغرافیایی $58^{\circ} 01'$ و عرض جغرافیایی $37^{\circ} 32'$ قرار گرفته است. این محدوده از نظر تقسیمات ساختاری در غرب بلوک لوت و در نزدیکی گسل نایبند واقع شده است (شکل ۱). از ویژگیهای مهم بلوک لوت، ماگماتیسم گسترده آن بویژه در بخشهای شمالی است که از ژوراسیک آغاز شده و در ترشیری به اوج خود رسیده است، به طوریکه ضخامت واحدهای آذرین ترشیری، به خصوص ائوسن، به ۲۰۰۰ متر می‌رسد (آقانباتی، ۱۳۸۳). شرق ایران و بویژه بلوک لوت بواسطه داشتن موقعیتهای تکتونیکی مختلف در زمانهای گذشته (مانند پدیده تصادم در ژوراسیک و فرورانش بلوک افغان به زیر لوت در ترشیری)، دارای حجم عظیم ماگماتیسم با ویژگیهای ژئوشیمیایی متفاوت است که بعضاً پتانسیلهای بسیار مناسبی برای تشکیل کانی‌سازیهای مختلف را فراهم آورده است. از آن جمله می‌توان به ذخایر مس-طلا پورفیری مانند ماهرآباد و خویبک (ملکزاده شفارودی، ۱۳۸۸) و ده‌سلم (ارجمندزاده، ۱۳۹۰)، کانسار اپی‌ترمال سولفید بالا مانند چاه شلجمی (ارجمندزاده، ۱۳۹۰ و Arjmandzadeh et al., 2011) و کوه‌شاه (عبدی و کریم‌پور، ۱۳۹۱)، ذخایر مس، سرب و روی رگه‌ای مانند معدن قلعه‌زری (Karimpour et al., 2005 and 2006)، ذخایر رگه‌ای شمال خور (Malekzadeh Shafaroudi and Karimpour, 2013)، کانسار ماهر (میرزایی راینی و همکاران، ۱۳۹۱) و مناطق شوراب، گله‌چاه و چوپان (Lotfi, 1982؛ نخبه‌الفقایی و همکاران، ۱۳۸۸؛ مهربانی و همکاران، ۱۳۹۰) و کانسار پلی‌متال (قلع، مس، سرب، روی، آرسنیک) رگه‌ای رودگز (هامونی و همکاران، ۱۳۹۲) و کانی‌سازی قلع شاه کوه (Esmaeily et al., 2005) اشاره نمود.



شکل ۱. موقعیت کانسار حوض رئیس در شرق ایران، جنوب شرقی طبس و در غرب بلوک لوت

روش مطالعه

در راستای دستیابی به اهداف مورد نظر، برداشت اطلاعات صحرایی و نمونه برداری از واحدهای سنگی و رگه کانی سازی (از سطح و داخل ترانشه‌ها) در منطقه‌ای به وسعت تقریبی ۴۰ کیلومتر مربع انجام شد. در مجموع تعداد ۱۲۰ نمونه جمع آوری شد که از این میان ۴۳ مقطع نازک، ۴۵ مقطع نازک صیقلی و ۱۷ بلوک صیقلی تهیه و مطالعه شدند. نقشه زمین‌شناسی-آلتراسیون منطقه در نرم‌افزار ArcGIS تهیه شد. به منظور آگاهی از مقدار عناصر پایه در رگه، تعداد ۱۵ نمونه ژئوشیمیایی به روش خردسنگی از رگه کانی سازی برداشت و در آزمایشگاه ژئوشیمی دانشگاه فردوسی مشهد برای عناصر مس، سرب، روی، آنتیموان و بیسموت به روش جذب اتمی تجزیه شد. تعداد ۸ نمونه از محل ترانشه‌ها برای شناسایی کانیهای مجهول مورد تجزیه XRD در شرکت طیف کانساران بینالود مشهد قرار گرفت. همچنین برای مطالعه سیالات درگیر، تعداد ۱۴ مقطع دوبرصیقل (ویفر) از کانیهای کوارتز و کلسیت (مهمترین کانیهای باطله و پاراژنز با گالن) پس از مطالعات دقیق پاراژنزی تهیه شد که به دلیل نامناسب بودن اندازه سیالات درگیر، در نهایت اندازه‌گیریهای دماسنجی، تعیین نوع املاح و مقدار شوری محلول کانه‌ساز بر روی ۶ نمونه انجام شد. آزمایشهای مربوطه با استفاده از یک دستگاه سردکننده و گرم‌کننده ساخت شرکت لینکام مدل THM 600 در دانشگاه فردوسی مشهد صورت گرفته است. دقت کار دستگاه در مرحله سرد و گرم کردن $1^{\circ}C \pm$ و محدوده حرارتی دستگاه بین (-190) تا $(+600)$ درجه سانتیگراد می‌باشد. مقدار شوری برطبق Bodnar (۱۹۹۳) در سیستم $H_2O-NaCl$ و مقدار دانسیته سیالات درگیر با استفاده از نرم‌افزار FLINCOR و براساس اطلاعات دماسنجی برطبق Brown و Lamb (۱۹۸۹) محاسبه شده است. هیستوگرام‌های مناسب در نرم‌افزار SPSS ترسیم شد. زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه در جنوب غربی نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰۰ سه چنگی (عظیمی و سعیدی، ۱۳۵۳) واقع شده است. براساس این نقشه، واحدهای سنگی منطقه حوض

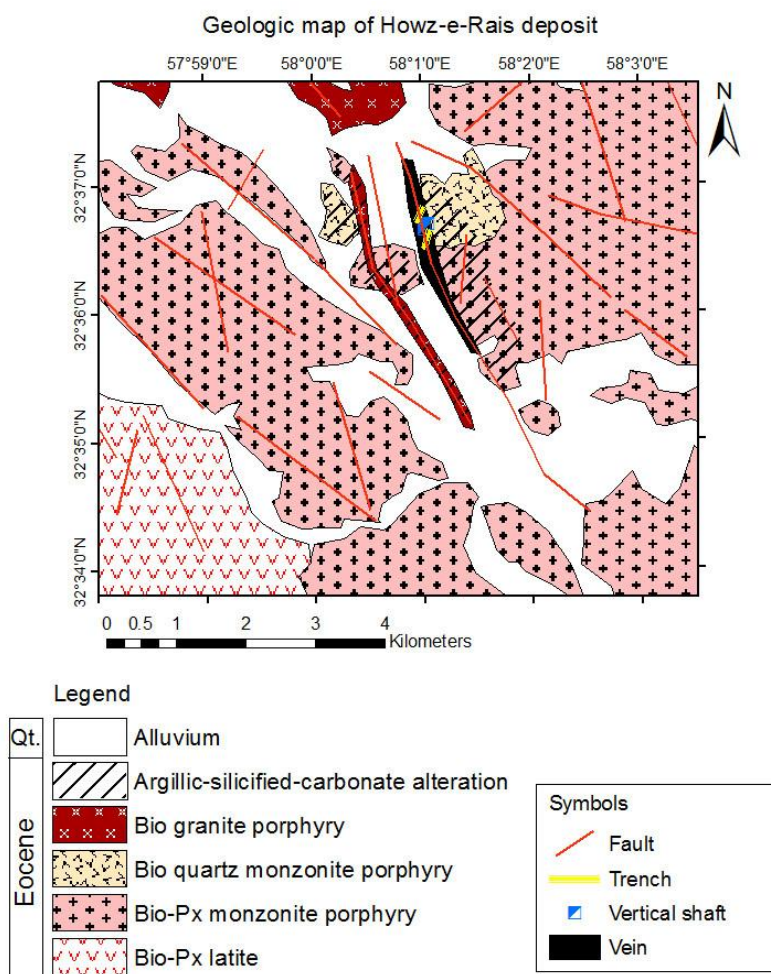
رئیس متشکل از داسیت، توف و سنگهای پیروکلاستیک ائوسن و پیروکسن آندزیت‌های نوژن است (عظیمی و سعیدی، ۱۳۵۳). اما براساس مطالعات صحرایی و آزمایشگاهی مشخص شد که بخش اعظم این منطقه پوشیده از توده‌های نفوذی نیمه عمیق است که به شکل تپه ماهوری و با مورفولوژی پست رخنمون دارند. تنها واحد آتشفشانی منطقه، بیوتیت پیروکسن لاتیت است که در گوشه جنوب غربی محدوده دیده می‌شود (شکل ۲). این واحد یک گسترش تقریباً با روند شمال غربی- جنوب شرقی دارد. بافت آن پورفیری با زمینه بسیار دانه ریز و تیره رنگ است و درشت بلورهایی از بیوتیت، پیروکسن و فلدسپات‌ها در آن مشاهده می‌گردد. زینولیت‌هایی از یک واحد دیوریت پورفیری در آن وجود دارد که رخنمونی از آن در سطح دیده نشد. بخش اعظم منطقه توسط توده نفوذی نیمه عمیق بیوتیت پیروکسن مونزونیت پورفیری پوشیده شده است (شکل ۲). این واحد میزبان اصلی کانی‌سازیهای رگه‌ای منطقه است. بافت آن پورفیری بوده و دارای حاشیه انجماد سریع تیره رنگ می‌باشد، بطوریکه به سمت داخل توده، بافت سنگ دانه درشت‌تر و رنگ آن روشن‌تر می‌شود. Kluver و همکاران (۱۹۷۸) سن این واحد را به روش K/Ar ، $2 \pm 37/5$ میلیون سال یعنی اواخر ائوسن تعیین کرده‌اند. ملکزاده شفاوردی و همکاران (۱۳۹۲) این توده را از نوع متالومینوس و شوشونیتی و متعلق به گرانیتوئیدهای سری مگنتیت (اکسیدان) و از نوع ۱ معرفی کرده‌اند که در یک زون فرورانش تشکیل شده است. این توده در مجاورت رگه کانی-سازی متحمل آلتراسیون سیلیسی-آرژیلیک \pm کربناتی شده است. توده بیوتیت کوارتز مونزونیت پورفیری رخنمون اندکی در شمال منطقه و در دو طرف رگه دارد و حدود ۵۰ درصد سنگ تحت تاثیر آلتراسیون سیلیسی- کربناتی قرار گرفته است (شکل ۲). توده بیوتیت گرانیت پورفیری با رنگ صورتی روشن، جوانترین توده نفوذی منطقه است که در امتداد یک گسل شمال غربی- جنوب شرقی نفوذ نموده است (شکل ۲). درشت بلورهای کوارتز و فلدسپات پتاسیم از ویژگیهای شاخص آن است. این توده متحمل آلتراسیون سیلیسی- آرژیلیک

گسلی دیده می‌شوند. مقدار کانیهای رسی در رگه بین ۱۵ تا ۴۰ درصد در بخشهای مختلف متغیر است و نوع کانی آن براساس مطالعات XRD، کائولینیت و ایلیت است. لازم به ذکر است که ژپس و باسانیت (CaSO₄ · O · 5H₂O) به عنوان کانی تاخیری در این آلتراسیون براساس نتایج XRD شناسایی شد. آلتراسیون سیلیسی با مقدار ۱۵ تا ۳۵ درصد کوارتز در اندازه‌های کمتر از ۰/۱ تا حداکثر ۰/۶ میلیمتر مشخص می‌شود. براساس مطالعات میکروسکوپی این کانی قبل و همزمان با گالن در منطقه تشکیل شده است. آلتراسیون کربناتی با دو نوع کلسیت دیده می‌شود: ۱- کلسیت‌های ریز بلور که از ۱۵ تا ۴۵ درصد در برخی قسمتها متغیرند. این کلسیت‌ها عمدتاً همراه با گالن دیده می‌شوند و براساس روابط پارائزنی قبل یا همزمان با آن تشکیل شده‌اند، ۲- کلسیت‌های درشت بلور که گاهی اندازه آنها تا ۱ سانتیمتر می‌رسد و بافت شانه‌ای دارند. مقدار آنها در برخی قسمتها تا ۵۰ درصد سنگ می‌رسد و اغلب بدون کانی‌سازی هستند و با اینکانه دانه‌های بسیار ریزی از گالن بطور پراکنده همراه آنها دیده می‌شود. به نظر می‌رسد این کلسیت‌ها تاخیری بوده و در مراحل نهایی کانی‌سازی و یا پس از آن تشکیل شده‌اند (شکل‌های ۳ پ و ت). توده‌های نفوذی مونزونیتی و گرانیتی در حاشیه رگه کانی‌سازی عمدتاً آلتزه شده‌اند. مهمترین آلتراسیون در آنها سیلیسی-آرژیلیکی و کمتر کربناتی است. اغلب فلدسپات‌ها از ۲۰ تا گاهی ۱۰۰ درصد به کائولینیت و ایلیت تبدیل شده‌اند. کوارتز ثانویه گاهی تا ۳۰ درصد در متن سنگ دیده می‌شود.

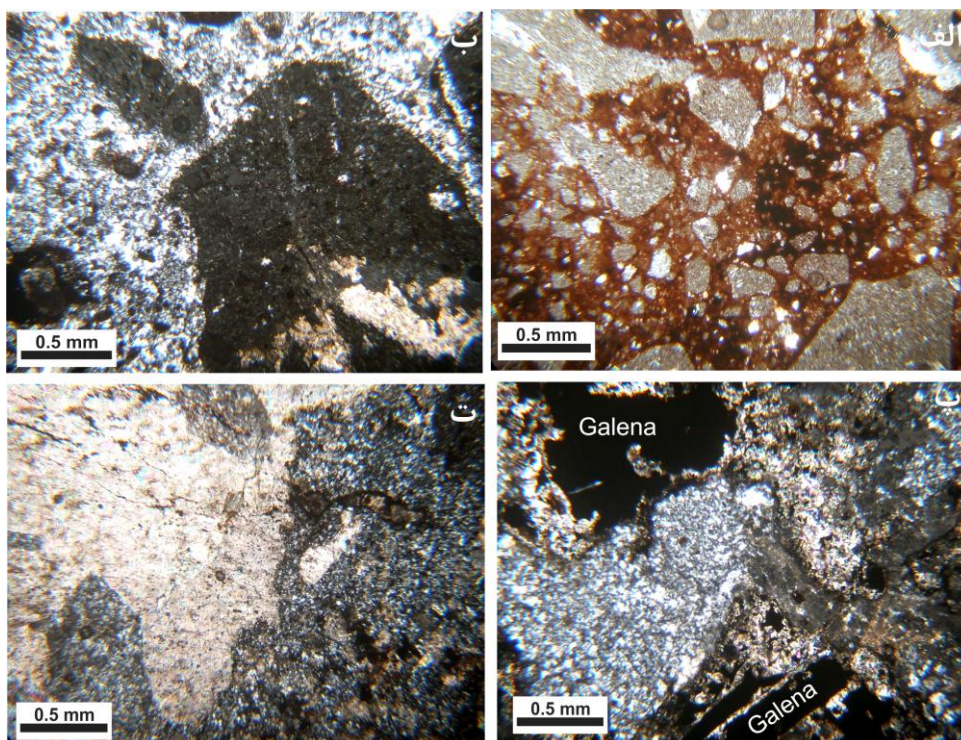
شده است. از نظر ساختمانی نیز، منطقه مورد مطالعه در فاصله حدود ۵۰ کیلومتری شرق گسل نایبند قرار گرفته و تکتونیک منطقه متاثر از فعالیت‌های این گسل بوده است. گسلها و شکستگیهای زیادی در ناحیه وجود دارد که مهمترین آنها از دو روند شمال غربی- جنوب شرقی و شمال شرقی- جنوب غربی برخوردار است. گسلهای شمال غربی- جنوب شرقی با شیب تقریباً قائم مهمترین گسلهای محدوده هستند که بسیاری از فعالیت‌های ماگماتیکی و نیز کانی‌سازیهای منطقه در امتداد آنها به وجود آمده است (شکل ۲).

آلتراسیون

آلتراسیون‌های آرژیلیک، سیلیسی و کربناتی مهمترین زون‌های آلتراسیون منطقه هستند که همراه با رگه کانی‌سازی و نیز در واحدهای میزبان آن (توده‌های بیوتیت پیروکسن مونزونیت پورفیری و بیوتیت کوارتز مونزونیت پورفیری) و در اطراف رگه دیده می‌شوند (شکل ۲). در داخل رگه کانی‌سازی، مرز خاصی بین سه آلتراسیون نامبرده مشاهده نمی‌شود، بطوریکه عمدتاً قطعات واحدهای نفوذی منطقه در زون گسلی برشی و توسط محلول کانه‌دار به شدت آرژیلیکی و بعضاً آرژیلیکی- کربناتی شده‌اند و سپس توسط اکسید آهن یا کوارتز ریزبلور همراه با کلسیت به یکدیگر سیمانی شده‌اند (شکل‌های ۳ الف و ب). البته لازم به ذکر است که در برخی نمونه‌ها کانیهای رسی در سیمان برشها و در اطراف گالن نیز حضور دارند. گالن و دیگر کانه‌ها نیز در سیمان برشهای



شکل ۲. نقشه زمین‌شناسی-آلتراسیون کانسار حوض رئیس

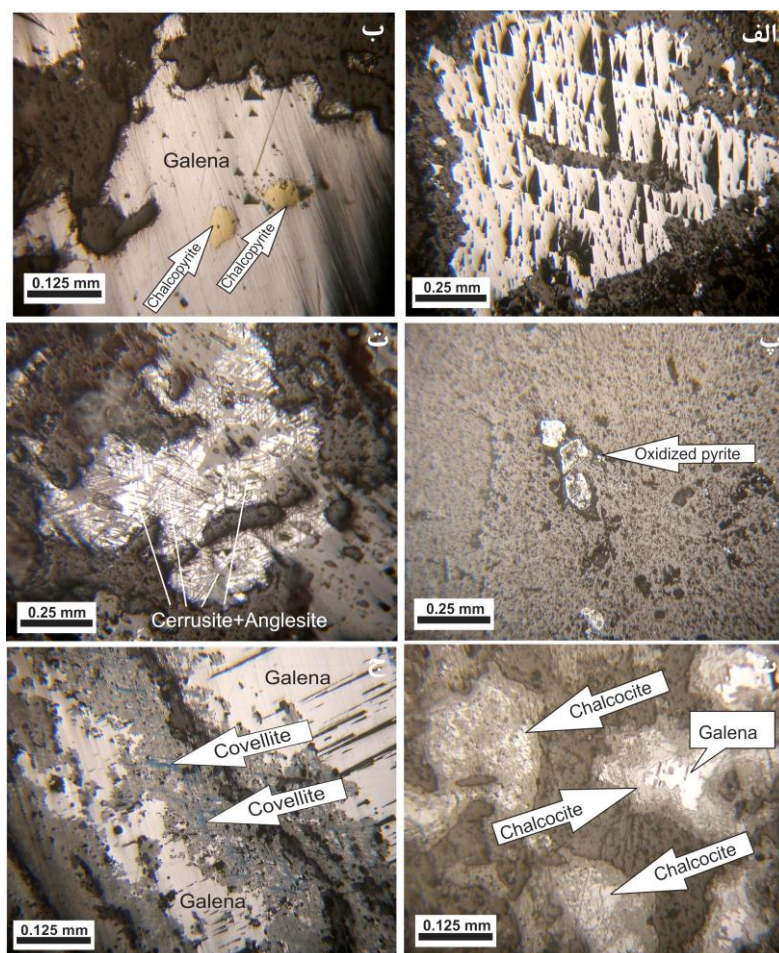


شکل ۳. تصاویر میکروسکوپی از کانیهای آلتراسیون در رگه کانی سازی. الف- برش گسلی با قطعاتی از توده های نفوذی به شدت آرژیلیکی شده و سیمان اکسید آهن، ب- برش گسلی با قطعات آرژیلیکی- کربناتی شده در سیمان سیلیسی، پ- کلسیت ریزبلور و کوارتز در حاشیه گالن، ت- کلسیت های درشت بلور تاخیری فاقد کانی سازی

امتداد رخهای گالن برجای گذاشته است (شکل های ۴ ب، پ، ت و ج). گالن مهمترین و فراوانترین کانی سولفیدی موجود در رگه است که از دانه هایی در حد چند میلیمتر تا به شکل توده ای در سیمان برشهای گسلی دیده می شود (شکل ۴ الف). این کانی عمدتاً توسط هاله ای از کانیهای رسی یا کلسیت احاطه شده و در اطراف آن نیز کوارتز قرار دارد. در اثر هوازدگی سطحی بخش عمده آن (بین ۱۰ تا ۹۰ درصد) از حاشیه و یا در امتداد رخها به سرزیت و آنگلزیت تبدیل شده است (شکل های ۴ ت و ج). همچنین کانی دسکلوزیت در اثر اکسیداسیون کانیهای سرب و روی دار به شکل پودر زرد تا سفید رنگ در محل ترانشه ها دیده می شود. اسفالریت به صورت بسیار پراکنده و دانه های کوچکی در حد چند صد میلیمتر در داخل گالن و یا مستقل مشاهده می گردد. بخش عمده این کانی اکسید شده و در قالب اکسیدهای روی در منطقه حضور دارد. شکل (۵) توالی پاراژنز کانیهای فلزی و غیرفلزی مرتبط با محلول کانه دار کانسار حوض رئیس را نشان می دهد.

کانی سازی

کانسار حوض رئیس در یک زون برشی در امتداد گسلی با روند شمال غربی- جنوب شرقی (N20W) و شیب بیش از ۸۰ درجه به سمت شمال شرق تا قائم تشکیل شده است (شکل ۲). آثار فعالیتهای معدنکاری قدیمی به صورت دو شفت تقریباً عمودی که عمق آنها کاملاً مشخص نیست و دو ترانشه اصلی دیده می شود. سنگ میزبان رگه توده های نفوذی بیوتیت پیروکسن مونزونیت پورفیری و بیوتیت کوارتز مونزونیت پورفیری به سن ترشیاری است. عرض رگه از ۲ تا ۵ متر متغیر می باشد. آلتراسیون سیلیسی- آرژلیک- کربناتی مهمترین آلتراسیون همراه با کانی سازی است. بافت برشی و بعضاً توده های مهمترین بافت های کانیهای سولفیدی است، اگرچه که بافت شانهای ندرتاً در کوارتز و کلسیت های تاخیری نیز دیده می شود. کانسار حوض رئیس ترکیب کانی شناسی ساده ای دارد. کانیهای سولفیدی اولیه رگه شامل گالن، اسفالریت، پیریت و کالکوپیریت و کانیهای ثانویه شامل سرزیت، آنگلزیت، دسکلوزیت (Pb, Zn), $(Cu) VO_4(OH)$ (براساس مطالعات XRD)، کوولیت، کالکوزیت، مالاکیت، آزوریت، هماتیت و گوتیت است. بخش اعظم کانیهای سولفیدی منطقه تحت تاثیر اکسیداسیون و هوازدگی قرار گرفته و به کانیهای ثانویه تبدیل شده اند. پیریت و کالکوپیریت اولین کانیهای سولفیدی تشکیل شده در رگه هستند که به صورت دانه های کوچک و به ندرت (کمتر از ۰/۵ درصد) در برخی نقاط حضور دارند. بخش عمده این کانیها در اثر اکسیداسیون به کانیهای ثانویه تجزیه شده است، بطوریکه پیریت ها عمدتاً به گوتیت و کالکوپیریت به مالاکیت، آزوریت، کوولیت، کالکوزیت و هماتیت تبدیل شده اند. محلول مس دار حاصل تجزیه کالکوپیریت، اغلب کانیهای کوولیت و کالکوزیت را در حاشیه و یا در



شکل ۴. تصاویر میکروسکوپی از کانی‌سازی. الف- گالن، ب- دانه‌های کالکوپیریت که از اطراف توسط گالن احاطه شده است، پ- دانه‌های پیریت که کاملاً به گوتیت تبدیل شده است، ت- جانشینی سروزیت و آنگلزیت در امتداد رخهای گالن، ث- کالکوزیت در حاشیه گالن، ج- گالن که از حاشیه به سروزیت و آنگلزیت تبدیل شده و قرارگیری کوولیت در امتداد رخهای گالن

Minerals	Hypogene			Supergene
	Early		Late	
Pyrite	-----			
Chalcopyrite	=====			
Galena		=====		
Sphalerite			=====	
Quartz	=====			
Calcite		=====		=====
Kaolinite	=====			
Illite	=====			
Gypsum				=====
Bassanite				=====
Cerrusite				=====
Anglesite				=====
Descloizite				=====
Chalcocite				=====
Covellite				=====
Malachite				=====
Azurite				=====
Hematite				-----
Geothite				-----

شکل ۵. توالی پاراژنز کانیهای فلزی و غیرفلزی در کانسار حوض رئیس

ژئوشیمی

دمای همگن شدن (T_h) سیالات درگیر اولیه بین ۱۴۵ تا ۲۷۸ درجه سانتیگراد با میانگین دمای ۱۹۷ درجه سانتیگراد است (شکل ۷a). دامنه دمای همگن شدن در کوارتز بین ۱۴۵ تا ۲۳۵ درجه سانتیگراد و در کلسیت بین ۱۶۳ تا ۲۷۸ درجه سانتیگراد متغیر است (جدول ۲). نخستین دمای ذوب شدگی (T_{fm}) در سیالات نیز بین ۵۵/۶- تا ۵۰- درجه سانتیگراد (میانگین ۵۲-، تعداد=۴۵) متغیر بود. نخستین دمای ذوب شدگی رابطه مستقیمی با ترکیب نمک موجود در سیال هیدروترمالی دارد (Sheppherd et al., 1985). براساس T_{fm} بدست آمده نمکهای $CaCl_2$ ، $MgCl_2$ و $NaCl$ در سیالات درگیر اولیه وجود دارد. دمای نهایی ذوب (T_m) نیز مقدار شوری را مشخص می‌کند. مقدار T_m بین ۴/۳- تا ۹/۵- درجه سانتیگراد با میانگین ۷/۶- درجه سانتیگراد متغیر است (شکل ۷b). براساس سیستم $H_2O-NaCl$ (Bodna, 1993) مقدار شوری بین ۶/۸ تا ۱۳/۴ درصد $NaCl$ با میانگین ۱۱/۱ درصد متغیر است (شکل ۷c). مقدار شوری در کوارتز بین ۸/۲ تا ۱۳/۴ درصد و در کلسیت بین ۸/۴ تا ۱۳/۳ درصد $NaCl$ است (جدول ۲). مقدار دانسیته سیالات درگیر اولیه نیز بر مبنای معادله $Lamb$ و $Brown$ (۱۹۸۹) بین ۰/۹۱ تا ۱ گرم بر سانتیمتر مکعب متغیر است (جدول ۲).

جدول ۱. نتایج تجزیه برخی عناصر مهم در رگه کانی‌سازی شده در کانسار حوض رئیس

شماره نمونه	Pb (%)	Zn (%)	Cu (ppm)	Sb (ppm)	Bi (ppm)	Ag (ppm)
HR23	۶	۳	۶۱۰	۱۰۶	۵۳	۴۹
HR60	۱۱	۲	۷۸۳	۱۳۵	۸۷	۴۱
HR54	۱۴	۲	۱۹۰۰	۷۴	۴۴	۱۶
HR24	۸	۶	۱۷۰۰	۱۰۶	۴۴	۴۱
HR10	۱۱	۲	۲۱۰۰	۱۱۳	۴۸	۱۵۵
HR42	۹	۸	۶۶۰۰	۸۹	۴۰	۴۱
HR26	۷	۳	۲۷۰۰	۱۴۵	۶۷	۲۶
HR49	۱۰	۳	۲۲۰۰	۵۵	۴۹	۲۹
HR12	۶	۴	۱۴۰۰	۱۰۳	۳۰	۱۰۱
HR1	۱۰	۴	۴۷۰۰	۱۸۳	۳۹	۴۰
HR51	۸	۴	۲۷۰۰	۱۰۷	۴۱	۳۰
HR45	۶	۶	۳۱۰۰	۶۸	۳۸	۳۹
HR48	۱۳	۸	۱۱۰۰	۶۶	۴۱	۲۵
HR71	۱۰	۷	۵۲۰۰	۱۶۲	۵۰	۱۰۱
HR41	۵	۱۱	۳۹۰۰	۳۲	۳۱	۵۱

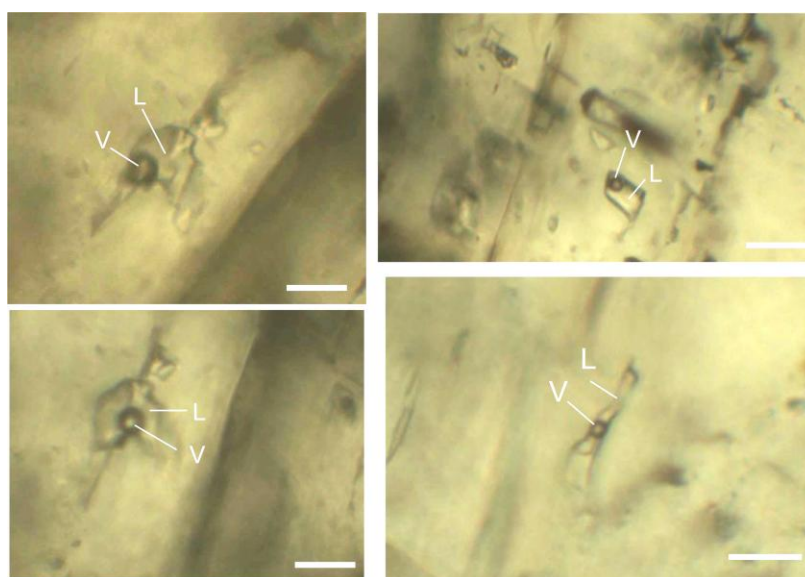
مقدار عناصر مس، سرب، روی، آنتیموان، نقره و بیسموت در رگه کانی‌سازی در جدول (۱) ارائه شده است. مقدار سرب از ۵ تا ۱۴ درصد متغیر است (جدول ۱) که مربوط به حضور کانی گالن به عنوان مهم‌ترین کانه معدنی در کانسار حوض رئیس و کانیهای محصول هوازدگی آن است. کانیهای سرب‌داری همچون سروزیت، آنکلیزیت و دسکلوزیت در مطالعات مینرالوگرافی و XRD شناسایی شد که از تجزیه گالن در زون اکسیدان تشکیل شده‌اند. مقدار روی از ۲ تا ۱۱ درصد متغیر است (جدول ۱). این عنصر در قالب کانیهای مانند اسفالریت و اکسیدهای روی‌دار در رگه حضور دارد. مقدار عنصر مس از ۶۱۰ تا ۶۶۰۰ گرم در تن متغیر است (جدول ۱) که عمدتاً مربوط به حضور کانیهای ثانویه مانند مالاکیت، آزوریت، کولیت و کالکوزیت و بسیار کمتر کانی اولیه کالکوپیریت است. نقره از ۱۶ تا ۱۵۵ گرم در تن متغیر است (جدول ۱). کانی نقره‌دار مستقلی دیده نشد و این عنصر در ساختار گالن حضور دارد. جانشینی نقره به جای سرب با توجه به شعاع یونی امکان‌پذیر است؛ اما مقدار جانشینی به حضور عناصر آنتیموان و بیسموت بستگی دارد. Malakhov (۱۹۶۸) اذعان می‌دارد که نسبت Sb/Bi در گالن نشان‌دهنده دما و فشار تشکیل کانی‌سازی است، بطوریکه نسبت Sb/Bi کمتر از ۰/۶ بیانگر دما و فشار بالا و بیش از ۶ تا ۱۳ معرف دما و فشار کم تشکیل کانسار است. مقدار بیسموت در نمونه‌ها بین ۳۰ تا ۸۷ گرم در تن و آنتیموان بین ۳۲ تا ۱۸۳ گرم در تن متغیر است (جدول ۱). در مجموع مقدار بیشتر آنتیموان نسبت به بیسموت (جدول ۱) نشان‌دهنده پایین بودن دما و فشار تشکیل کانی‌سازی در منطقه مورد مطالعه است که در مطالعات سیالات درگیر نیز تأیید شده است.

مطالعه سیالات درگیر

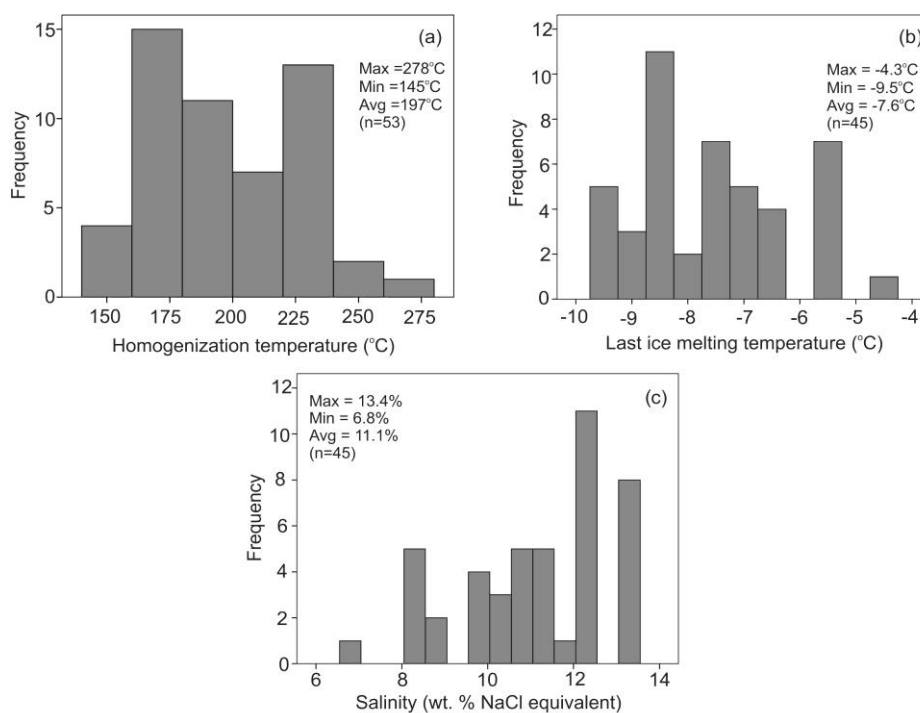
مطالعه سیالات درگیر برای تعیین دماسنجی، تعیین نوع املاح و مقدار شوری محلول کانه‌دار در کانسارهای مختلف بکار می‌رود. البته قبل از آن می‌بایست مطالعات دقیق پاراژنزی انجام شود و کانیهای انتخاب شوند که تشکیل آنها از محلول کانه‌دار تأیید شده باشد. در کانسار حوض رئیس، کانیهای کوارتز و کلسیت‌های ریز بلور اولیه مهم‌ترین و فراوانترین کانیهای باطله همراه با گالن هستند که مرتبط با سیال کانه‌ساز منطقه هستند. مطالعات سیالات درگیر بر روی ۶ نمونه از آنها انجام شد که خلاصه نتایج در جدول (۲) ارائه شده است. مطالعات پتروگرافی سیالات درگیر اولیه در کوارتز و کلسیت نشان داد که آنها به صورت استوانه‌ای، مستطیلی، بیضوی و بی‌شکل و در اندازه‌های کمتر از ۵ تا حداکثر ۲۲ میکرون حضور دارند که البته غالباً در ابعاد کمتر از ۸ میکرون مشاهده می‌شوند (شکل ۶). براساس تقسیم‌بندیهای متداول (Roedder, 1984; Sheppherd et al., 1985)، آنها از نوع دوفازی غنی از مایع (LV)، دوفازی غنی از گاز (VL)، تک فاز مایع (L) و تک فاز گازی (V) هستند و فاز دختری در آنها دیده نشد. مقدار سیالات درگیر LV از بقیه انواع بیشتر است. سیالات درگیر ثانویه نیز عمدتاً از نوع LV بوده و اندازه آنها کمتر از ۵ میکرون است. اندازه‌گیریهای دماسنجی، تعیین نوع محلول و مقدار شوری بر روی سیالات درگیر اولیه نوع LV و کمتر VL انجام شد (جدول ۲) و در برخی از آنها نیز به دلیل نامناسب بودن اندازه برای عملیات سرمایش، فقط دما اندازه‌گیری شد.

جدول ۲. خلاصه نتایج مطالعات سیالات درگیر در کانسار حوض رئیس

شماره نمونه	نام کانی	ابعاد (μm)	T_h ($^{\circ}\text{C}$)	T_m ($^{\circ}\text{C}$)	شوری (wt. % equiv.)	دانسیته
HR49	کوارتز	۲۲-۵	۲۴۲-۱۶۳	-۹/۴ تا -۶/۴	۱۳/۳-۹/۷	۰/۹۹-۰/۹۳
	کلسیت	۱۱-۷	۲۷۸-۱۶۴	-۹/۲ تا -۵/۷	۱۳/۱-۹/۷	۰/۹۸-۰/۸۹
HR31	کوارتز	۱۷-<۵	۲۱۸-۱۴۵	-۹/۴ تا -۵/۳	۱۳/۳-۸/۲	۱-۰/۹۴
HR12	کوارتز	۹-<۵	۲۳۲-۱۷۸	-۸/۴ تا -۷/۵	۱۲/۲-۱۱/۱	۰/۹۷-۰/۹۳
HR42	کوارتز	۱۳-<۵	۲۳۵-۱۸۰	-۹/۵ تا -۷/۶	۱۳/۴-۱۱/۲	۰/۹۸-۰/۹۲
HR10	کلسیت	۱۳-۱۴	۲۲۴-۱۶۳	-۹/۴ تا -۴/۳	۱۳/۳-۸/۴	۰/۹۷-۰/۹۴
HR52	کلسیت	۱۴-۵	۲۵۶-۱۶۷	-۹/۲ تا -۵/۶	۱۳/۱-۸/۶	۰/۹۷-۰/۹۱



شکل ۶. تصاویری از سیالات درگیر در کوارتز و کلسیت. خط مقیاس برابر با ۱۰ میکرون است



شکل ۷. هیستوگرام‌های مربوط به سیالات درگیر. a- دمای همگن شدن، b- آخرین دمای ذوب شدگی و c- مقدار شوری

بحث و نتیجه گیری

کانسار سرب-روی-مس حوض رئیس یک ذخیره رگه‌ای با کنترل ساختاری است که در مجموعه سنگهای نفوذی-آتشفشانی ترشیری بلوک لوت تشکیل شده است. فضای برشی شده زون گسلی، محل مناسبی برای راهیابی محلول به سمت بالا و ته‌نشست کانیها را فراهم نموده و گالن همراه با دیگر کانیهای سولفیدی روی و مس و کانیهای باطله کوارتز، کلسیت، کانولینیت و ایلیت برجای گذاشته شده است. تشکیل کانسار در سنگ میزبان مونزونیتی، باعث سیلیسی-آرژیلیکی شدن توده نفوذی در اطراف رگه شده است. فرآیند اکسیداسیون و هوازدگی سطحی بعدی نیز کانیهای ثانویه سرب، روی و مس را تشکیل داده است.

بر مبنای مطالعات سیالات درگیر، دمای تشکیل کانسار بین ۱۴۵ تا ۲۷۸ درجه سانتیگراد بوده و از محلولی محتوی نمکهای CaCl_2 ، MgCl_2 و NaCl با درجه شوری بین ۶/۸ تا ۱۳/۴ درصد به وجود آمده است. همزیستی بین سیالات درگیر دوفازی غنی از مایع و غنی از بخار در کوارتز و کلسیت همراه با گالن، نشاندهنده وقوع پدیده جوشش در زمان تشکیل کانی‌سازی است. جوشش زمانی اتفاق می‌افتد که یک سیال تک فاز با شوری بالا به حالت دوفازی روی نقطه طرف مایع منحنی بحرانی می‌رسد. در این حالت تعدادی فاز بخار با شوری کمتر از آن جدا می‌شود و باعث تولید حباب می‌گردد (Ulrich et al. 2001). به وقوع پیوستن پدیده جوشش باعث تغییراتی در شرایط فیزیکوشیمیایی محلول کانه‌دار مثل کاهش دما، افزایش pH و غیره می‌گردد که لازمه ته‌نشست فلزات و ناپداری کمپلکس‌ها و تشکیل کانیهاست. معمولاً برای بدست آوردن دمای واقعی تشکیل کانسار، فشار ستون چینه‌ای که در آن زمان بر روی کانی‌سازی بوده لازم است و می‌بایست بر روی دمای همگن شدن بدست آمده، تصحیح فشار صورت گیرد. اما از آنجاییکه شواهد فرآیند جوشش دیده می‌شود، لذا تصحیح فشار لازم نیست، زیرا در زمان جوشش سیالات درگیر روی منحنی مایع - بخار قرار می‌گیرند. بنابراین دمای همگن شدن بدست آمده برای کانسار حوض رئیس می‌تواند همان دمای واقعی تشکیل کانی‌سازی باشد. محدوده دما و شوری کانسار حوض رئیس در نمودار شوری در مقابل دمای همگن شدن (شکل ۸) با کانسارهای مختلف سرب، روی و مس‌دار اپی‌ترمال، پورفیری و می‌سی‌سی‌پی (Wilkinson, 2001) مقایسه شده است. همانطور که مشخص است دما و شوری کم سیالات درگیر، کنترل ساختاری کانی‌سازی، نوع آلتراسیون و گسترش آن و کانی‌شناسی ساده ذخیره مشابه کانسارهای اپی‌ترمال است (شکل ۸). همچنین مقدار شوری و دمای بدست آمده برای محلول کانه‌دار با تعدادی ذخایر سرب-روی رگه‌ای با میزبان آتشفشانی-نفوذی در بلوک لوت و در ترکیه و بلغارستان مقایسه شده است. محدوده قرارگیری این کانسار با ذخایر رگه‌ای چوپان و گله‌چاه در بلوک لوت و Inler Yaylasi در ترکیه (Gokce and Bozkaya, 2003) و Madjarovo در بلغارستان (Rice et al. 2007) همپوشانی دارد (شکل ۸). همچنین کاهش دما و شوری در سیالات درگیر، با روند مخلوط شدگی دو سیال دما-شوری بالا با سیال دما-شوری پایین مطابقت دارد (شکل ۹). معمولاً در تشکیل ذخایر اپی‌ترمال، عناصر فلزی از ماگمای مادر توسط محلول ماگمایی با دما و شوری بالا حمل شده و به دلیل حرارت بالای توده نفوذی به طرف بالا حرکت می‌کند. آبهای جوی با دما و شوری پایین از فضای درز و شکستگیها و

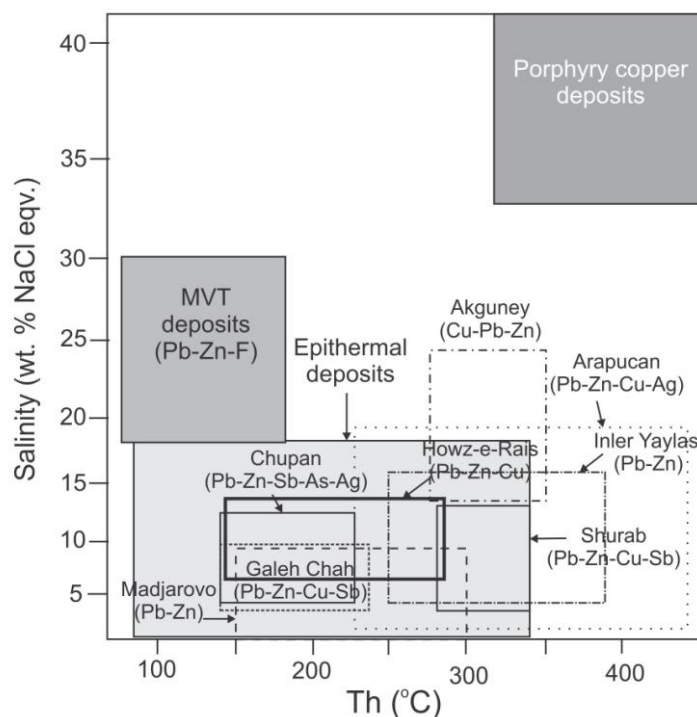
گسلها به عمق راه پیدا کرده و با محلول ماگمایی مخلوط می‌شوند و فرآیند همرفتی-مخلوط‌شدگی سیال بین توده نفوذی در عمق (به عنوان موتور حرارتی) و اعماق کمتر ایجاد می‌شود. سرانجام بر اثر عواملی چون کاهش دما، افزایش pH، خروج گازها در اثر جوشش و غیره کانی‌سازی در فضای مناسب مانند زونهای گسلی برجای گذاشته می‌شود.

مطالعات Seward (۱۹۷۳ و ۱۹۹۱) نشان داده که کمپلکس‌های بی-سولفیدی در کانسارهایی که در درجه حرارت‌های پائین‌تر از ۳۰۰ درجه سانتیگراد تشکیل می‌شوند و یا در کانسارهایی که کانی‌شناسی آنها دلالت بر شرایط احیاء کننده دارد، غالب هستند. در حالی‌که در ذخایری که در درجه حرارت‌های بالاتر از تقریباً ۳۰۰ درجه سانتیگراد شکل می‌گیرند و یا حضور کانیهای اکسیدی یا سولفیدی در آنها حاکی از شرایط نسبتاً اکسیدکننده می‌باشد، کمپلکس‌های کلریدی غلبه دارند. درجه حرارت تشکیل کم کانسار حوض رئیس نشاندهنده حمل عناصر در قالب کمپلکسهای بی‌سولفیدی است و کاهش دما و غلظت H_2S که معمولاً در زون جوشش اتفاق می‌افتد می‌تواند دو عامل مهم تشکیل کانی‌سازی و ته‌نشست سولفیدها باشد. همچنین فرآیند مخلوط شدگی بین محلول ماگمایی گرم و شور و محلول جوی سرد و کم شور می‌تواند باعث کاهش دما، ناپایداری کمپلکس‌های و ته‌نشینی فلزات شود.

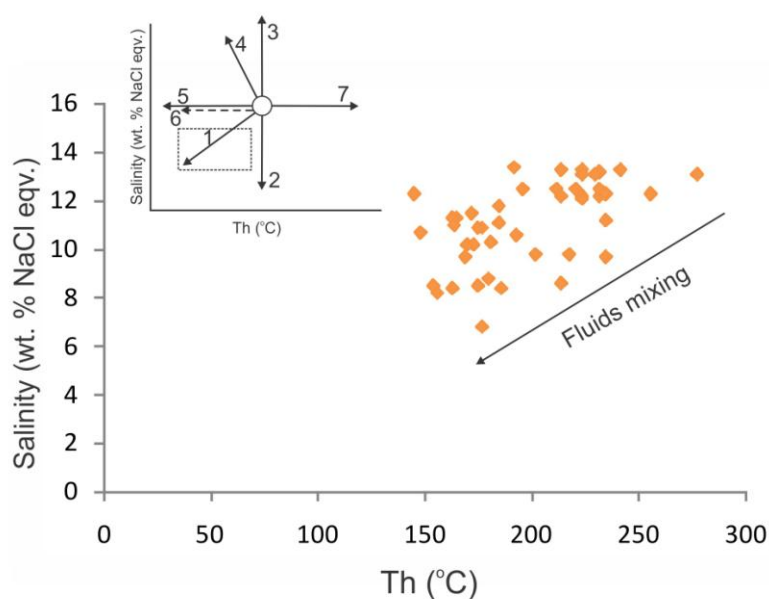
حضور کانسار اپی‌ترمال حوض رئیس همراه با دیگر ذخایر رگه‌ای مس، سرب، روی، طلا، آنتیموان و غیره مانند کانسار اپی‌ترمال سولفید بالای چاه شلمچی (ارجمندزاده، ۱۳۹۰ و Arjmandzadeh et al., 2011) و کوه‌شاه (عبدی و کریم‌پور، ۱۳۹۱)، ذخایر مس، سرب و روی رگه‌ای قلعه‌زری (Karimpour et al., 2005 and 2006)، شمال خور (Malekzadeh et al., 2013) و شافارودی (Shafaroudi and Karimpour, 2013)، ماهور (میرزایی راینی و همکاران، ۱۳۹۱) و مناطق شوراب، گله‌چاه و چوپان (Lotfi, 1982؛ نخه-الفقهایی و همکاران، ۱۳۸۸؛ مهرابی و همکاران، ۱۳۹۰) در مجموعه ماگماتیسم عظیم ترشیری بلوک لوت، حکایت از پتانسیل بالای این منطقه از شرق ایران برای تشکیل کانسارهای اپی‌ترمال دارد که بعضاً می‌توانند با ذخایر بزرگتری در عمق (مانند ذخایر پورفیری) در ارتباط باشند. با توجه به اینکه سن سنگ میزبان مونزونیتی حوض رئیس، ۳۷/۵ میلیون سال قبل است (Kluyver et al., 1978)، این ذخیره نیز در دوره متالوژنی بلوک لوت (اوسن میانی تا الیگوسن تحتانی) (کریم‌پور و همکاران، ۱۳۹۱) تشکیل شده است و مرتبط با فرآیند فرورانش بلوک افغان به زیر بلوک لوت و تشکیل ماگماتیسم ترشیری و کانه‌زایی‌های مختلف آن زمان است. شناخت هرچه بیشتر این نوع ذخایر از لحاظ نحوه تشکیل و منشأ عناصر و محلول کانه‌دار و ارتباط آن با توده‌های نفوذی و ساختارهای زمین‌شناسی، گام مثبتی در جهت اکتشاف بهتر آنها در شرق ایران است که می‌تواند در آینده باعث رونق اقتصادی منطقه گردد.

سپاسگزاری

این مقاله در ارتباط با طرح پژوهشی شماره ۲ به شماره ۲۲۷۴۶/۲ مورخ ۱۳۹۱/۴/۱۳ و با حمایت مالی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شده است. از آقایان چاجی و مهندس اکبر اسفندیارپور و مهندس علیرضا عابدی در کمک نمودن برای انجام عملیات صحرایی این پروژه کمال تشکر را داریم.



شکل ۸. مقایسه مقدار شوری و دمای محلول کانه‌دار کانسار حوض رئیس با برخی ذخایر رگه‌ای سرب و روی‌دار با سنگ میزبان آتشفشانی- نفوذی در ایران و دیگر نقاط دنیا. محدوده کانسارهای اپی‌ترمال، سرب و روی نوع دره می‌سی‌سی‌پی و مس پورفیری نیز مشخص شده است (Wilkinson, 2001). محدوده دیگر ذخایر از مهرابی و همکاران (۱۳۹۰)، نخبه‌فقهایی و همکاران (۱۳۸۸)، طالع فاضل (۱۳۸۸)، Orgun et al. (2005)، Gokce and Bozkaya (2003)، Rice et al. (2007) و Unal et al. (2009).



شکل ۹. نمودار شوری- دمای همگن شدن سیالات درگیر کانسار حوض رئیس. روندهای ممکن تکامل سیال در نمودار دما- شوری از Shepperd et al. (1985). روند ۱= مخلوط شدگی سیال A با سیال سردتر و شوری کمتر B، روند ۲ و ۳= مخلوط شدگی سیال A با سیالات دیگر با شوری مختلف ولی دمای یکسان، روند ۴= شوری فاز باقیمانده در اثر جوشش افزایش پیدا کرده است، روند ۵= سردشدگی سیال، روند ۶= باریک شدگی سیالات درگیر، روند ۷= تراوش سیالات درگیر در طول گرمایش.

منابع

- ارجمندزاده. ر.، ۱۳۹۰، مطالعات کانی سازی، ژئوشیمی، سن سنجی و تعیین جایگاه تکتونوماگمایی توده های نفوذی در اندیس معدنی ده سلم و چاه شلجمی، بلوک لوت، شرق ایران، رساله دکتری (Ph.D) زمین شناسی اقتصادی دانشگاه فردوسی مشهد، ۳۶۹ صفحه.
- آقانیاتی، ع.، ۱۳۸۳، زمین شناسی ایران، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۶۰۶ صفحه.
- میرزایی رایینی، ر.، احمدی، ع.، میرزاد. ح.، ۱۳۹۱، بررسی های کانی شناسی و شاره های درگیر در کانسار چندفلزی ماهور شرق بلوک لوت، ایران مرکزی، مجله بلورشناسی و کانی شناسی ایران، شماره ۲ (۲۰)، ص ۳۰۷-۳۱۸.
- طالع فاضل. ا.، ۱۳۸۸، بررسی ژئوشیمی، سیالات درگیر و وزن کانسار پلی متال شوراب (جنوب فردوس)، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت معلم تهران، ۱۸۰ صفحه.
- عبدی، م.، کریم پور. م.، ح.، ۱۳۹۱، زمین شناسی، دگرسانی، کانه زایی، پتروژنز، سن سنجی، ژئوشیمی و ژئوفیزیک هوابرد اکتشافی منطقه کوه شاه، جنوب غربی بیرجند، مجله زمین شناسی اقتصادی، شماره ۱ (۴)، ص ۷۷-۱۰۷.
- عظیمی، م. الف. سعیدی. الف.، ۱۳۵۳، نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ سه چنگی، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- کریم پور. م.، ح.، ملکزاده شفارودی. الف. فارمر. ل. استرن. ج.، ۱۳۹۱، پتروژنز گرانیتوئیدها، سن سنجی زیرکن به روش U-Pb، ژئوشیمی ایزوتوپ های Sr-Nd و رخداد مهم کانی سازی ترشیری در بلوک لوت، شرق ایران، مجله زمین شناسی اقتصادی، شماره ۱ (۴)، ص ۱-۲۷.
- ملکزاده شفارودی. الف.، ۱۳۸۸، زمین شناسی، کانی سازی، آلتراسیون، ژئوشیمی، میکروترمومتری، مطالعات ایزوتوپی و تعیین منشاء کانی سازی مناطق اکتشافی ماهرآباد و خویپک، استان خراسان جنوبی، رساله دکتری (Ph.D) زمین شناسی اقتصادی دانشگاه فردوسی مشهد، ۶۰۰ صفحه.
- ملکزاده شفارودی. الف.، کریم پور. م. ح.، اسفندیارپور. الف.، ۱۳۹۲، پتروگرافی و پتروژنز توده های نفوذی شمال شرق نایبند، شرق ایران، مجله پترولوژی، در حال چاپ.
- مهرایی. ب.، طالع فاضل. الف.، نخبه الفقهایی. ع.، ۱۳۹۰، کانه زایی پلی متال سرب- روی، مس و آنتیموان نوع انتشاری، رگه های و رگه ای در محدوده معدنی گله چاه- شوراب، مجموعه ماگمایی شرق ایران، زمین شناسی اقتصادی، ۱ (۳)، ص ۶۱-۷۷.
- نخبه الفقهایی. ع.، بهزادی. م.، خاکزاد. ا.، یزدی. م.، ۱۳۸۸، ژئوشیمی، کانه زایی و وزن کانسار آنتیموان چوپان واقع در خراسان جنوبی، فصلنامه زمین شناسی کاربردی پیشرفته ۱، ص ۷۶-۸۶.
- هامونی. س. ج.، کریم پور. م. ح.، ملکزاده شفارودی. الف.، حاجی میرزاجان. ح.، ۱۳۹۲، زمین شناسی، کانی سازی، ژئوشیمی و پترولوژی توده های نفوذی منطقه اکتشافی رودگز، جنوب شرقی گناباد، مجله پترولوژی، در حال چاپ.
- Arjmandzadeh. R., Karimpour. M. H., Mazaheri. S.A., Santos. J.F., Medina. J.M., Homam. S.M., 2011, Sr-Nd isotope geochemistry and petrogenesis of the Chah-Shaljami granitoids (Lut block, eastern Iran), *Journal of Asian Earth Sciences*, v. 41, p. 283-296.
- Bazin. D., Hubner. H., 1969, Copper Deposits in Iran, *Geological survey of Iran, Report. No.13*, p. 87-93.
- Bodnar. R.J., 1993, Revised equation and table for determining the freezing point depression of H₂O-NaCl solutions, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, v. 57, p. 683-684.
- Brown. P.E., Lamb. W.M., 1989, P-V-T properties of fluids in the system H₂O-CO₂-NaCl: New graphical presentations and implications for fluid inclusion studies, *Geochim. Acta*, v. 53, p. 1209-1221.
- Esmaily. D., Nedelec. A., Valizadeh. M.V., Moore. F., Cotton. J., 2005, Petrology of the Jurassic Shah-kuh granite (eastern Iran), with reference to tin mineralization, *Journal of Asian Earth Sciences*, v. 25, p. 961-980.
- Gokce. A., Bozkaya. G., 2003, Fluid-inclusion and stable-isotope characteristics of the Inler Yaylasi lead-zinc deposits, northern Turkey, *International Geology Review*, v. 45, p. 1044-1054.
- Karimpour. M.H., Zaw. K., Huston. D.L., 2005, S-C-O isotopes, fluid inclusion microthermometry, and the genesis of ore bearing fluids at Qaleh-Zari Fe-oxide Cu-Au-Ag mine, Iran, *Journal of Sciences Islamic Republic of Iran*, v. 16, No. 2, p. 153-169.
- Karimpour. M.H., Large. R.R., Razmara. M.F., Patrick. R.A.D., 2006, Bi sulfosalt mineral series and their paragenetic associations in the specularite-rich Cu-Ag-Au deposit, Qaleh-Zari mine, Iran, *Iranian Journal of Crystallography and Mineralogy*, v. 13, No. 2, p. 417-432.
- Kluyver. H.M., Tirrul. R., Chance. P.N., Johns. G.W., Meixner. H.M., 1978, Explanatory text of the Naybandan Quadrangle map, *Geological Survey of Iran (Unpublished report)*.
- Lotfi. M., 1991, Geological and geochemical investigation on the volcanogenic Cu-Pb-Zn-Sb ore mineralization in the Shurab-Gale chah and North West of Khur, Ph.D thesis, University of Hamburg, 152 p.
- Malakhov. A.A., 1968, Bismuth and antimony in galenas as indicators of some conditions of ore formation, *Geochemistry International*, v. 7, p. 1055-1068.
- Malekzadeh Shafaroudi. A., Karimpour. M.H., 2013, Hydrothermal alteration mapping in northern Khur, Iran, using ASTER image processing: a new insight to the type of copper mineralization in the area, *Acta Geologica Sinica*, in press.
- Orgun. Y., Gultekin. A.H., Onal. A., 2005, Geology, mineralogy and Fluid inclusion data from the Arapucan Pb-Zn-Cu-Ag deposit, Canakkale, Turkey, *Journal of Asian Earth Sciences*, v. 25, p. 629-642.
- Rice. C.M., McCoyd. R.J., Boyce. A.J., Marchev. P., 2007, Stable isotope study of the mineralization and alteration in the Madjarovo Pb-Zn district, south-east Bulgaria, *Mineralium Deposita*, v. 42, p. 691-713.
- Roedder. E., 1984, Fluid inclusions, *Reviews in Mineralogy*, v. 12, 644 pp.
- Seward. T.M., 1973., Thio complexes of gold and the transport of gold in hydrothermal solutions, *Geochim, cosmochim, Acta* 37: 379-399.

- Seward, T.M., 1991, The hydrothermal geochemistry of gold, in: Foster, R. P. (ed.), gold metallogeny and exploration, Blakie and Sons Ltd. 432 p.
- Sheppherd. T.J., Rankin. A.H., Alderton. D.H.M., 1985, A Practical Guide to Fluid Inclusion Studies, Blackie and Son, 239 pp.
- Tarkian. M., Lotfi. M., Baumann. A., 1983, Tectonic, magmatism and the formation of mineral deposits in the central Lut, east Iran, Ministry of mines and metals, GSI, geodynamic project (geotraverse) in Iran, No. 51, p. 357-383.
- Ulrich. T., Gunther. D., Heinrich. C.A., 2001, Evolution of a porphyry Cu-Au deposit, based on LA-ICP-MS analysis of fluid inclusions: Bajo de la Alumbrera, Argentina, Economic Geology, v. 96, p. 1743, correctly reprinted in 2002, v. 97, No. 8, p. 1888-1920.
- Unal. E., Gokce. A., Harris. C., 2009, Microthermometric and O- and H-isotope charecteristics of the mineralizing fluid in the Akguney copper-lead-zinc deposit, NE Turkey, International Geology Review, v. 51, p. 375-387.
- Wilkinson. J J., 2001, Fluid inclusions in hydrothermal ore deposits, Lithos, v. 55, p. 229-272.