

بررسی کانی‌شناسی و زمین دماسنجی رگه‌های کوارتز - تورمالین منطقه باغو، جنوب شرق دامغان

سمیه مرادی، علی اکبر حسن‌نژاد*، قاسم قربانی

دانشکده علوم زمین، دانشگاه دامغان، دامغان، ایران

(دریافت مقاله: ۹۴/۸/۲۳، نسخه نهایی: ۹۵/۲/۴)

چکیده: کانسار طلای باغو (کوه زر) در ۱۰۰ کیلومتری جنوب - جنوب شرقی دامغان و در دامنه‌ی شمالی رشته کوه ترود - چاه شیرین واقع شده است. سنگ‌های میزبان رگه‌های کوارتز - تورمالین بیشتر گرانیت، گرانودیوریت‌ها و آتشفشان‌های آندزیتی تا داسیتی هستند. کانه‌زایی به صورت رگه‌ی سیلیسی مس - طلا دار است. کانی‌شناسی رگه‌های معدنی شامل کوارتز، پیریت، کالکوپیریت، طلا، هماتیت، ملاکیت، آزوریت، کوولیت و هیدروکسیدهای آهن است. طلا در ابعاد کوچک‌تر از ۵۰ میکرون در کوارتز مشاهده شده است. بر اساس بررسی‌های سنگ‌نگاری، در کانی کوارتز ۶ نوع میانبار شاری شناسایی شده‌اند: (۱) میانبارهای تک فازی آبگون، (۲) میانبارهای تک فازی بخار، (۳) میانبارهای دو فازی غنی از آبگون، (۴) میانبارهای دو فازی غنی از بخار، (۵) میانبارهای سه فازی هالیت‌دار و (۶) میانبارهای چند فازی. دمای یکنواخت شدن آنها ۲۵۰ تا ۴۰۰ درجه سانتی‌گراد و شوری شاره‌ها از ۴ تا ۳۰ درصد وزنی معادل NaCl متغیر است. داده‌ها نشان می‌دهند که شکل‌گیری شاره‌ی کانی‌ساز در عمق بیش از ۶۰۰ متر زیر سطح و فشاری در حدود ۱۰۰ بار رخ داده است. شواهد نشان می‌دهد که کانی‌سازی منطقه باغو در یک شرایط اپی‌ترمال و احتمالاً وابسته به یک سامانه‌ی پورفیری صورت گرفته است.

واژه‌های کلیدی: رگه؛ کوارتز-تورمالین؛ میانبار شاری؛ کانی‌شناسی؛ کانسار طلا؛ باغو؛ دامغان.

مقدمه

مس پورفیری در این منطقه، کانه‌زایی طلا را وابسته به گرانیت‌های منطقه دانسته‌اند. منطقه‌ی مورد نظر، به دلیل تنوع کانه‌زایی از دیدگاه زمین‌شناسی اقتصادی از اهمیت خاصی برخوردار است. از جمله کانی‌سازی‌های مهمی که در این کمربند تاکنون مورد شناسایی و بهره‌برداری قرار گرفته‌اند می‌توان به طلا، نقره، فیروزه، مس، آهن، سرب - روی، منگنز، و کانی‌های صنعتی اشاره کرد. بر اساس بررسی‌هایی که اخیراً با استفاده از روش ارائه شده [۵] روی رگه‌های کوارتز - تورمالین صورت گرفته است، عیار طلا در این رگه‌ها تا بیش از ۱۰ PPM گزارش شده است [۶].

منطقه‌ی مورد بررسی با مختصات جغرافیایی $35^{\circ} 30' 54''$ عرض شمالی، $54^{\circ} 35' 30''$ طول شرقی، $35^{\circ} 24' - 35^{\circ} 29'$ عرض شمالی، بخشی از ورقه‌ی ۱/۲۵۰۰۰۰ ترود را در رشته کوه‌های ترود - چاه شیرین در بر می‌گیرد، و بین دو گسل انجیلو در شمال و ترود در جنوب محدود شده است [۱]. از سال ۱۸۹۸ بررسی‌های زیادی توسط افراد مختلف با هدف پی‌جویی طلا، زمین‌شناسی منطقه را مورد بررسی قرار داده‌اند که در این مورد می‌توان به بررسی‌های [۲-۴] اشاره کرد. بر اساس این بررسی‌ها گسل‌های انجیلو و ترود در شکل‌گیری این کمربند نقش به سزایی داشته‌اند. ضمن اشاره به رخداد احتمالی ذخایر

*نویسنده مسئول، تلفن و نامبر: ۳۵۲۲۰۰۹۱ (۰۲۳)، پست الکترونیکی: hassannezhad@du.ac.ir

بحث و بررسی

سنگ‌نگاری منطقه‌ی باغو

براساس نقشه‌ی زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ منطقه‌ی باغو [۱۹] (شکل ۱)، برپایه‌ی بررسی‌های صحرایی و میکروسکوپی مقاطع نازک واحدهای سنگ‌شناختی منطقه‌ی باغو، سه گروه از سنگ‌های آتشفشانی، توده‌های نفوذی عمیق تا نیمه عمیق و رگه‌های کوارتز-تورمالین طلادار قابل شناسایی هستند:

واحدهای آتشفشانی: این واحدها شامل سنگ‌های حدواسط از جمله آندزیت‌ها و تراکی آندزیت‌ها و سنگ‌های اسیدی از قبیل داسیت‌ها (به شکل گنبد) دیده شدند که از مهم‌ترین و قدیم‌ترین واحدهای آذرین منطقه باغو هستند. رنگ عمومی این واحدها در سطح از خاکستری تا صورتی و سبز تیره در تغییر است، که غالباً ناشی از آرژیلیتی و پروپیلیتی شدن این سنگ‌هاست. بافت غالب این سنگ‌ها پورفیری و گلوپورفیر می‌باشد. این واحدها به وسیله‌ی توده‌های نفوذی عمیق تا نیمه عمیق با ترکیب گرانیت، گرانودیوریت و نیز دایک‌های داسیتی قطع شده‌اند.

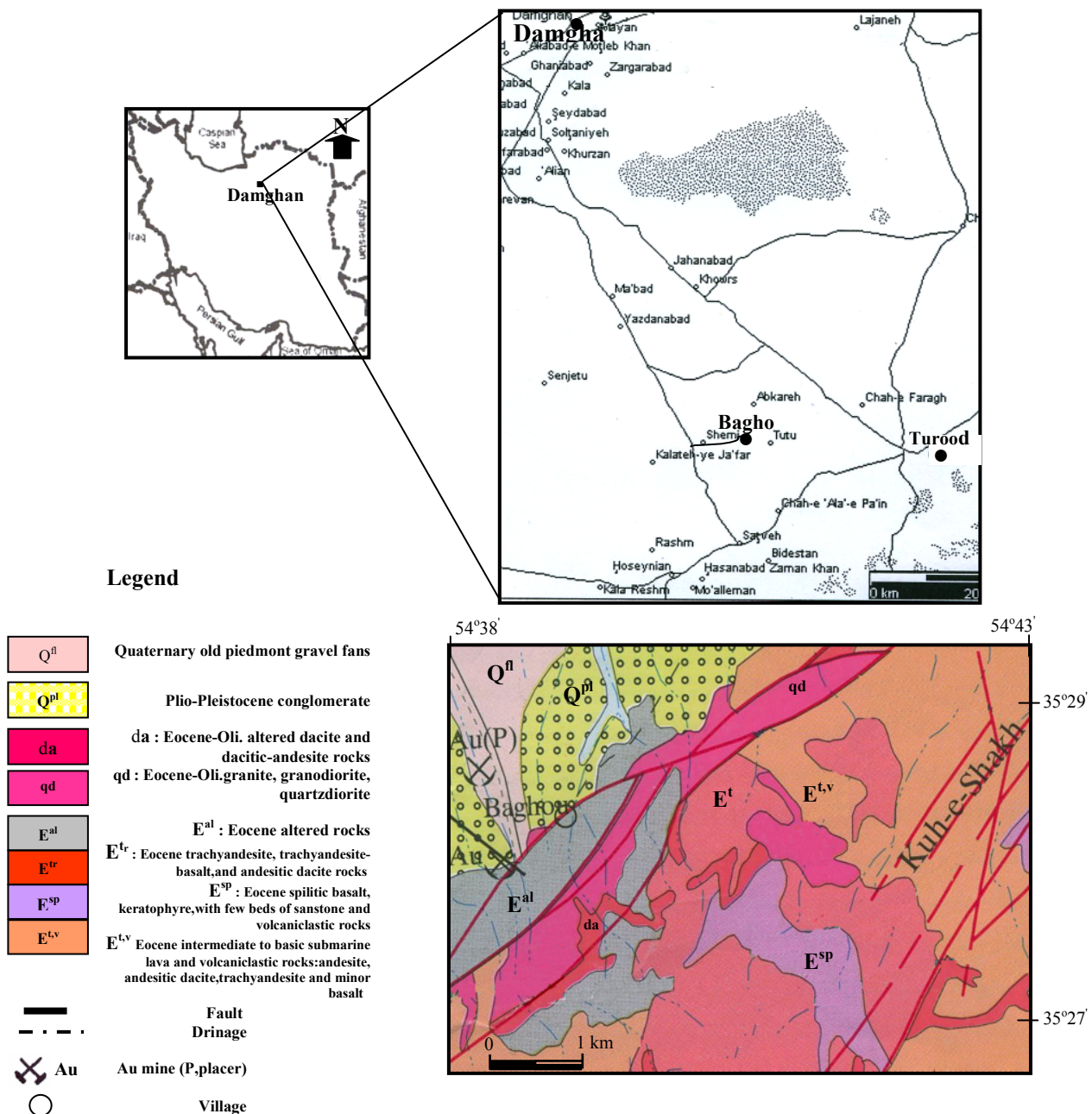
واحدهای نفوذی: سنگ‌های نفوذی منطقه بیشتر از نوع گرانیت و گرانودیوریت تشکیل شده‌اند که در راستای روندهای ساختاری غالب منطقه نفوذ کرده‌اند. این سنگ‌ها در نمونه‌ی دستی میان دانه و مزوکرات هستند، و در سطح تازه به رنگ خاکستری روشن دیده می‌شوند. بافت غالب آنها پورفیری با خمیره‌ی ریزدانه‌ای است. کانی‌های اصلی آنها عبارتند از پلاژیوکلاز (۳۵ تا ۵۰٪ حجمی)، فلداسپارقلیایی (۱۰ تا ۴۵٪ حجمی)، کوارتز (۱۵ تا ۳۰٪ حجمی)، هورنبلند (۱۰ تا ۴۵٪ حجمی)، بیوتیت (۲ تا ۱۰٪ حجمی) و به مقدار کم پیروکسن. براساس شواهد صحرایی و کانی‌شناسی، توده‌ی گرانیتوئیدی نیمه عمیق باغو در عمق ۲ تا ۳٫۵ کیلومتری جایگیری و براساس دماسنجی‌های مختلف، دمای تعادل کانی‌ها حدود ۶۱۳ تا ۷۷۰ درجه‌ی سانتی‌گراد برآورد شده است [۷].

رگه‌های کوارتز-تورمالین: این رگه‌ها واحدهای نفوذی و گنبدی داسیتی را قطع می‌کنند. سبترای این رگه از حدود یک میلی‌متر تا حدود ۳۰ سانتی‌متر در تغییر است. کانی‌شناسی این رگه‌ها بیشتر شامل کوارتز، تورمالین (شورل - دراویت) [۸]، سولفیدها و اکسیدهای آهن است. کانی تورمالین در این رگه‌ها به صورت تیغه‌ای، شعاعی و گاه دانه‌ای دیده می‌شود.

هر چند در گذشته به صورت محدود بررسی‌های دماسنجی از جمله با استفاده از روش‌های سنگ‌شناسی روی توده‌های گرانیتوئیدی منطقه صورت گرفته است [۷]، ولی تاکنون بررسی‌های گسترده‌ای با استفاده از دماسنجی میانبارهای شاری و نیز ریخت‌شناسی پیریت، به منظور تعیین گستره‌ی دمایی کانی‌سازی در منطقه باغو صورت نگرفته است. با توجه به بررسی‌های انجام شده روی رگه‌های تورمالین و فیروزه‌دار منطقه باغو [۸، ۹] رخداد فرایندهای گرمایی وابسته به ماگماتیسیم و هوازدگی وابسته به آب‌های جوی فرو رو را در منطقه مورد تأیید قرار داده است. با توجه به کاربرد گسترده‌ی فناوری میانبارهای شاری در حوزه‌های مختلف علوم زمین [۱۰-۱۸]، در این پژوهش نیز سعی شد تا یک بررسی فراگیر و گسترده‌ای روی میانبارهای شاری کانی‌های کوارتز موجود در رگه‌های کوارتز تورمالین و رگه‌های کانه‌داری که کوارتز کانی باطله اصلی آنها محسوب می‌شود، در منطقه باغو صورت گیرد.

روش بررسی

در این پژوهش، پس از بررسی‌های صحرایی در منطقه باغو و مشاهده‌ی رگه‌ها و رگچه‌های متعدد کوارتز تورمالین که گاهی با کانی‌سازی سولفیدی نیز همراهند، از سنگ‌های میزبان منطقه (به صورت پراکنده) و رگه‌ها (در راستای رگه از حاشیه به مرکز) با هدف بررسی‌های سنگ‌نگاری، زمین‌شیمی، کانه‌نگاری و میانبارهای شاری، اقدام به نمونه‌برداری شد. پس از انتقال نمونه‌ها به کارگاه مقطع‌گیری دانشکده‌ی علوم زمین دانشگاه دامغان، با توجه به اهداف مطالعاتی، نمونه‌ها جداسازی و سپس اقدام به آماده ۴۶ مقطع نازک، ۱۵ مقطع صیقلی و ۱۰ مقطع نازک دوبر صیقل شدند. لازم به توضیح است که در این بررسی، به منظور تکمیل آگاهی‌ها، همراه با بررسی‌های میانبارهای شاری (۲۱۴ میانبار)، بررسی‌های سنگ کل روی نمونه‌های سنگ میزبان با استفاده از XRF در شرکت کانساران بینالود و شناسایی کانی‌های منطقه‌های دگرسان، با استفاده از XRD مدل D8-Advance Bruker در آزمایشگاه حالت جامد زمین‌شناسی - فیزیک دانشگاه دامغان انجام گرفت. بررسی‌های دماسنجی روی مقاطع نازک دوبر صیقل انتخابی، با استفاده از صفحه‌ی گرم و سرد کننده‌ی لینکام مدل THMSG600 در آزمایشگاه شاره‌های درگیر دانشگاه دامغان صورت گرفت.



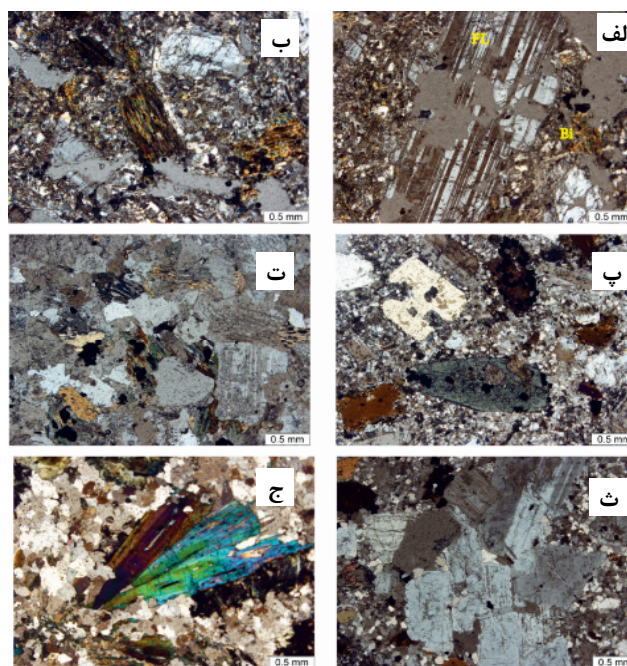
شکل ۱ موقعیت جغرافیایی، راه‌های ارتباطی و نقشه‌ی زمین‌شناسی منطقه‌ی مورد بررسی باغو [۱۹].

کانی‌شناسی

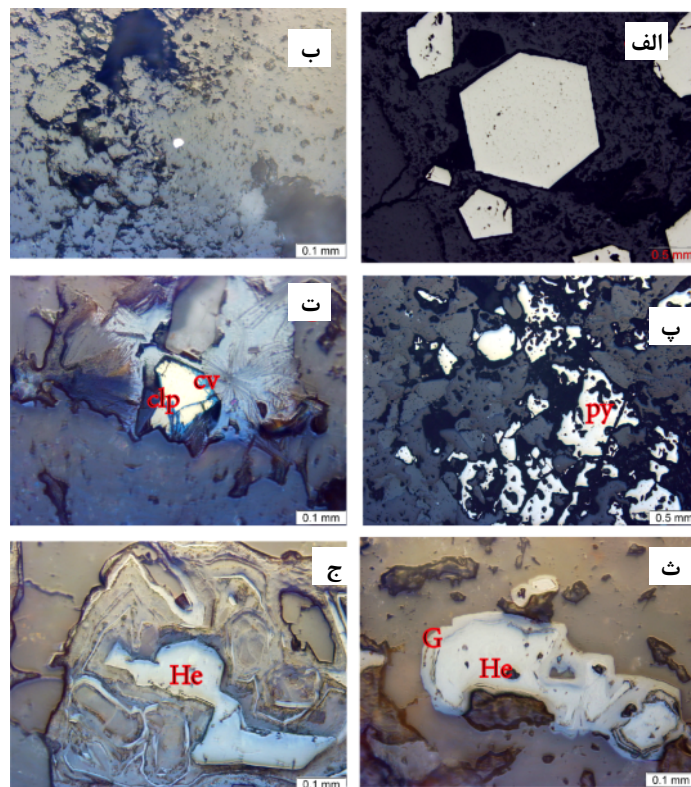
بررسی‌های صحرایی، میکروسکوپی و طیف‌های حاصل از XRD، حاکی از آن است که کانی‌شناختی منطقه‌ی باغو را می‌توان در سه گروه مورد بررسی قرار داد.

کانی‌های گرمابی: این گروه از کانی‌ها حاصل ته‌نشست مستقیم از شاره‌های گرمابی مشتق شده از فعالیت ماگمایی تحت تاثیر عوامل فیزیکی - شیمیایی در راستای شکستگی‌ها و فضاهای باز در داخل سنگ‌های گرانیت، گرانودیوریت و داسیت‌های هستند.

طی این مرحله، کانی‌های کوارتز، پیریت (غالباً یوهدرال)، کالکوپیریت، به مقدار کم هماتیت، به مقدار خیلی کم و قابل دید طلا، و به‌صورت تاخیری تورمالین با ترکیب شورلیت - دراویت نهشته شده‌اند. همیافتی این کانی‌ها در منطقه‌ی باغو، به صورت رگه‌ها و رگچه‌های کوارتز - تورمالین‌دار به سبزی ۱ میلی‌متر تا حدود ۳۰ سانتی‌متر، که گاهی همراه کانه‌های سولفیدی و طلا هستند، قابل رویت‌اند (شکل ۲ و ۳).



شکل ۲ الف) درشت بلورهای پلاژیوکلاز در سنگ آندزیتی. ب) وجود بیوتیت و پلاژیوکلاز در سنگ‌های تراکی آندزیت. پ) هورنبلند و کوارتزهای خلیجی و بیوتیت در داسیت‌های منطقه و تبدیل از حاشیه به کلریت ت) بافت هیپیدئومورف گرانولار در گرانیت‌های منطقه. ث) درشت بلورهای پلاژیوکلاز در خمیره میکروکریستالین نشان‌دهنده بافت پورفیری در سنگ میکروگرانودیوریتی ج) کانی‌های کوارتز و تورمالین در رگه‌های کوارتز-تورمالینی منطقه‌ی باغو.



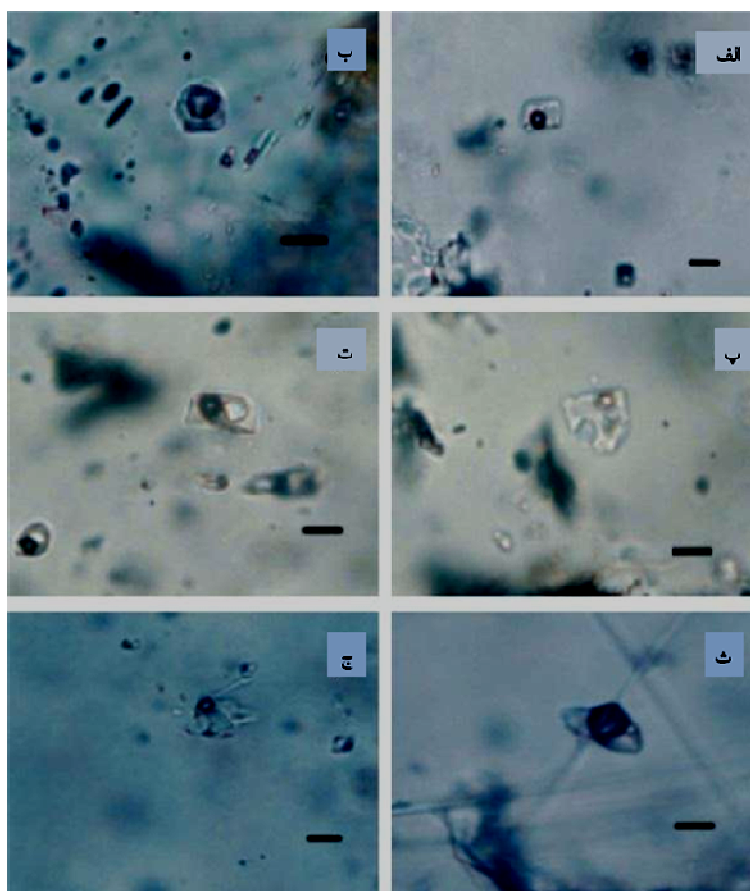
شکل ۳ الف) بلورهای ۶ وجهی پیریت در مقاطع صیقلی. ب) ذرات کمتر از ۵۰ میکرون طلا در رگه‌ی سیلیسی در منطقه‌ی باغو، پ) هم‌رشدی کانی پیریت با کوارتز. ت) تصویر کانی کالکوپیریت که از حاشیه به کلولیت در حال تبدیل است. ث و ج) کانی هماتیت با بافت کلوفرم که به‌وسیله‌ی گوتیت احاطه شده است.

کانی‌های دگرسان: یکی از نشانه‌های تاثیر گرماب‌ها بر سنگ‌های منطقه‌ی باغو، فرایند دگرسانی است که با تغییر رنگ‌های سفید مایل به زرد و سبز کم رنگ تا تیره روی سنگ‌های نفوذی و آتشفشانی، دیده می‌شود. بر پایه‌ی داده‌های حاصل از بررسی‌های سنگ‌نگاری و XRD، کانی‌های ریشه گرفته از واکنش‌های دگرسان در نمونه‌های بررسی شده را می‌توان در سه مجموعه‌ی کانیایی رده‌بندی کرد. (۱) مجموعه‌ی کائولینیت، ایلیت، کلینوکلر، پیریت و تورمالین، که می‌تواند بر دگرسانی آرژیلیتی دلالت داشته باشد. (۲) مجموعه‌ی سربیسیت، کوارتز، آدولاریا و آلبیت که حاکی از دگرسانی فلیک سنگ‌های منطقه‌ی مورد بررسی، و (۳) مجموعه کانیایی اپیدوت، کلریت و کربنات که نشانه‌ی عملکرد دگرسانی پروپیلیتیک در منطقه است [۶]. بر اساس بررسی‌های انجام شده و نیز شواهد ساخت و بافت کانی‌سازی، دنباله‌ی همیافتی کانیایی استنتاج شده از گستره‌ی بررسی شده در منطقه باغو،

در شکل ۴ ارائه شده است.

کانی‌های سوپرژن: بررسی‌های صحرایی و کانه‌نگاری نشان می‌دهد که آب‌های جوی در راستای رگه‌های کانه‌دار و شکستگی‌ها نفوذ کرده و منجر به رخداد واکنش‌های اکسایشی و احیایی روی کانه‌های اولیه شده است. بررسی‌های کانه‌نگاری نشان می‌دهند که کانی پیریت، گاه به طور کامل هوازده شده و در منطقه‌ی اکسایشی به هماتیت و هیدروکسیدهای آهن تبدیل شده و در منطقه‌ی احیایی به‌وسیله‌ی کالکوسیت و در برخی نقاط با کوولیت جانشین شده است. کانی‌های مالاکیت، آزوریت و کوپریت در منطقه‌ی اکسایشی حاصل هوازدگی کانی کالکوپریت است که بخشی از هیدروکسیدهای آهن در این منطقه ناشی از هوازدگی کالکوپریت می‌باشد. کانی کالکوپریت در منطقه‌ی احیایی به طور بخشی و گاه کاملاً در اثر کالکوسیت و کوولیت جانشین شده است.

Mineral	Hydrothermal stage	Alteration stage	Supergene stage
Quartz	شکل ۴ نمودار توالی پاراژنتیکی کانی‌های موجود در کانسنگ سیاهی-تورمالین ملالادار منطقه باغو.		
Pyrite	—————	—————	
Chalcopyrite	—————		
Hematite	—		—
Gold	—		
Tetrahedrite	—		
Tourmaline		—————	
Sericite		—————	
Chlorite		—————	
Adularia		—	
Illite		—	
kaolinite		—————	
Clinocllore		—	
Calcite		—	
Epidote		—————	
Fe- hydroxide			—————
Cuprite			—
Malachite			—————
Azurite			—————
Chalcocite			—————
Covellite			—————



شکل ۵. شکل‌های مختلفی از میانبرهای شاری در کانی کوارتز کانسار باغو. باریک‌شدگی میانبار در شکل شماره ۵ - ج کاملاً مشخص است. مقیاس معادل ۱۰ um در نظر گرفته شد.

باغو، به انواع اولیه، ثانویه کاذب قابل تقسیم‌اند. بر مبنای بررسی‌های انجام شده، میانبرهای شاری در کانی کوارتز منطقه باغو از نقطه نظر محتویات فازی به پنج نوع قابل تقسیم‌اند: نوع ۱ میانبرهای تک فازی گازی (V)، نوع ۲ میانبرهای دو فازی غنی از آبگون (L+V) در این نوع فاز بخار حدود ۴۰ تا ۵۰ درصد حجمی میانبار را شامل می‌شود، نوع ۳ میانبرهای دو فازی غنی از گاز (V+L)، نوع ۴ میانبرهای سه فازی، که علاوه بر فازهای مایع و بخار دارای فاز نوزاد نمک هستند (L+V+S) و نوع ۵ میانبرهای چند فازی که در این گروه از میانبرها، علاوه بر فازهای آبگون و بخار، فازهای نوزاد از جمله هالیت، سیلیت و کانی‌های کدر هماتیت و احتمالاً کالکوپیریت حضور دارند.

ریز دماسنجی میانبرهای سیال

بررسی‌های ریزدماسنجی با استفاده از صفحه‌ی گرم و سرد کننده‌ی لینکام مدل THMSG600 که روی میکروسکوپ المپیوس BX20 نصب شده بود صورت گرفت. به منظور

بررسی میانبرهای شاری

بررسی‌های ریزپردازشی میانبرها: به منظور بررسی شاره‌های درگیر کانی‌های کوارتز منطقه باغو، از نمونه‌های جمع‌آوری شده تعداد ۱۰ مقطع نازک دوبر صیقلی تهیه شدند. بررسی‌های سنگ‌نگاری مقاطع تهیه شده، با استفاده از میکروسکوپ سنگ‌شناسی انجام گرفت. در این گونه بررسی‌ها روی میانبرهای شاری، مقوله‌هایی از جمله اندازه، شکل، رابطه‌ی زایشی و محتویات فازی مورد بررسی قرار می‌گیرند، که در این پژوهش این موارد بر مبنای معیارهای ارائه شده توسط [۹، ۲۰-۲۲] صورت گرفت. بر اساس این بررسی‌ها می‌توان گفت که شاره‌های درگیر قابل شناسایی، از نظر اندازه از ۲ میکرون تا حدود ۳۰ میکرون در تغییرند. میانبرهای شاری در نمونه‌های بررسی شده دارای اشکال متنوعی (شکل ۵) از جمله مکعبی، گرد، صفحه‌ای، میله‌ای، تیغه‌ای و چندضلعی هستند. پدیده‌ی باری‌شدگی نیز در بعضی از میانبرها مشاهده می‌شود. از نظر زایشی [۲۳] میانبرهای شاری کانی کوارتز منطقه‌ی

نشان داده شد. چنانکه در نمودار دیده می‌شود داده‌ها دارای دو قله در شوری ۵ و ۹ درصد وزنی معادل NaCl هستند که می‌توان چنین استنباط کرد که دو گستره‌ی جمعیتی میانبار شاری وجود دارند. به طور کلی تمرکز داده‌ها در دمای ۳۵۰ تا ۴۵۰ درجه سانتی‌گراد و بیشترین شوری در ۵ درصد وزنی معادل NaCl دیده می‌شود.

میانبارهای شاری سه فازی: در این شارهای درگیر، بلورهای هالیت و سیلویت به عنوان فازهای نوزاد دیده می‌شوند. بلور هالیت در بیشتر نمونه‌ها به اشکال مکعبی و بلور سیلویت به صورت مکعب و با گوشه‌های گرد شده قابل رویت‌اند. برای تعیین شوری شارهای درگیری که شوری بیش از ۲۶/۳ دارند، دمای انحلال بلور هالیت مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این نوع از شارهای درگیر، دامنه‌ی دمایی همگن‌شدن بیشتر بین ۱۰۰ تا ۴۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد در تغییر است. تعداد بسیار محدودی از آنها نیز دمای ۴۰۰ تا ۵۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد را نشان می‌دهند (شکل ۶ ث) و قله‌ی اصلی دما در گستره‌ی ۲۵۰ تا ۳۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد قرار گرفته است. بیشتر شوری در حدود ۳۰ درصد وزنی معادل NaCl را نشان می‌دهند (شکل ۶ ج). در معادله‌ی زیر Φ دمای انحلال هالیت است [۲۴].

$$\text{Salinity (Wt.\%)} = 26.242 + 0.4928\phi + 1.42\phi^2 - 0.223\phi^3 + 0.04129\phi^4 + 6.295 \times 10^{-3}\phi^5 - 1.967 \times 10^{-3}\phi^6 + 1.1112 \times 10^{-4}\phi^7$$

میانبارهای شاری چندفازی حاوی هالیت و سیلویت: در برخی از میانبارهای شاری بیش از یک فاز نوزاد و جامد حضور دارند که این دسته از میانبارها را در گروه چند فازی قرار داده‌ایم. برای تعیین شوری این گونه از شارهای درگیر، از فرمول مورد استفاده برای شارهای سه فازی با شوری بالا استفاده شد. دماهای همگن‌شدن در شارهای درگیر چندفازی حاوی هالیت و سیلویت، در دامنه‌ی ۱۵۰ تا ۳۵۰ درجه‌ی سانتی‌گراد در تغییرند که بیشترین فراوانی به دمای ۲۰۰ تا ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد وابسته است (شکل ۶-ج). چنانکه در شکل ۶-ج دیده می‌شود، درجه‌ی شوری در ۴۰ درصد وزنی معادل NaCl دارای قله می‌باشد.

میانبارهای شاری چندفازی حاوی هالیت و کانی کدر: این میانبارهای شاری نیز گستره‌ی دمایی بین ۲۰۰ تا ۳۵۰ درجه-ی سانتی‌گراد دیده می‌شوند (شکل ۶ خ). و بیشترین شوری در ۳۰ درصد وزنی معادل NaCl دیده می‌شوند (شکل ۶ د).

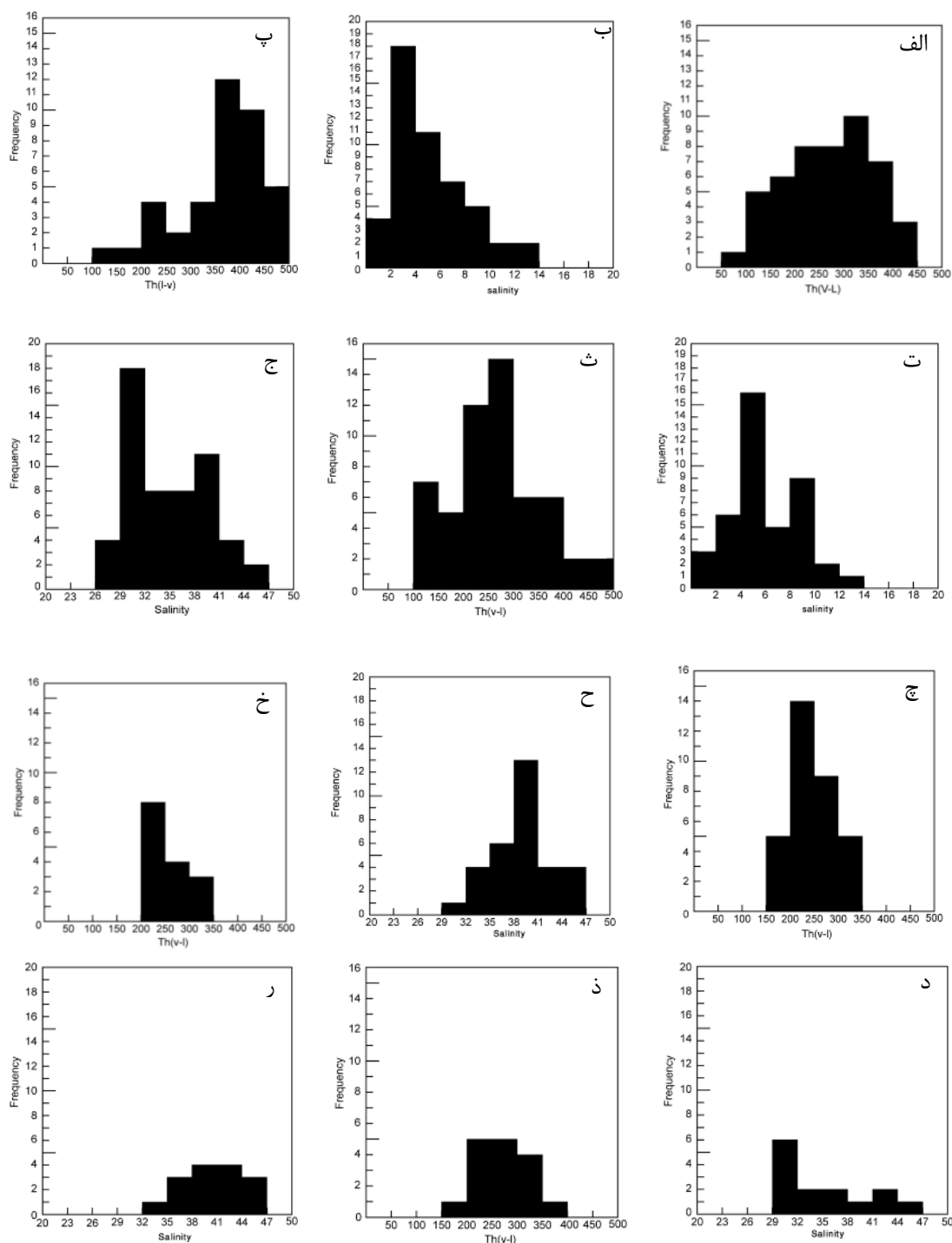
اطمینان از درستی داده برداری، نخست دستگاه برای شرایط گرمایش و سرمایش، با استفاده از موادی همانند بنزئیک اسید، نیترات سدیم، دی کرومات پتاسیم، کلروفرم، آب مقطر و میانبارهای قبلی، تنظیم شد و سپس دماسنجی‌های سرمایشی و گرمایشی روی نمونه‌های انتخابی کوارتز منطقه انجام گرفت. **میانبارهای ۲ فازی غنی از آبگون:** این نوع شارهای درگیر عموماً غنی از آبگون به همراه حباب کوچک گاز دیده می‌شوند. بررسی‌های گرمایشی نشان داد که دمای همگن‌شدگی این نوع از میانبارها از ۱۰۰ تا ۴۵۰ درجه سانتی‌گراد در تغییر است. همگن‌شدگی این نوع از میانبارهای شاری به صورت آبگون است. نمودار ستونی دماهای همگن‌شده‌ی وابسته به این گروه از میانبارها در شکل ۶ الف نشان داده شده است. این نمودار حاکی از آن است که داده‌های حاصل در دمای ۳۰۰ تا ۳۵۰ درجه‌ی سانتی‌گراد دارای قله است. پس از آزمایش‌های سرمایشی و ثبت دماهای ذوب آخرین قطعه یخ برای این گروه از میانبارها، شوری آنها با فرمول ارائه شده برای شارهای درگیر فاقد هالیت، با شوری کمتر از ۲۳/۲ درصد وزنی معادل NaCl، محاسبه شد [۲۴]. در آن فرمول، T_m معادل دمای نهایی ذوب یخ است.

$$\text{Salinity (Wt.\%)} = 0.00 + 1.78T_m - 0.0442T_m^2 + 0.000557T_m^3$$
 محاسبات نشان داد که دامنه‌ی شوری میانبارهای شاری این گروه، از ۰/۵ تا ۱۴ درصد وزنی معادل NaCl در تغییر است. نمودار ستونی شوری این میانبارها در شکل ۶ ب نشان داده شده است. این نمودار نشان می‌دهد که این داده‌ها در شوری ۲ تا ۴ درصد وزنی معادل NaCl دارای قله‌اند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که بیشترین تمرکز داده‌ها در دمای ۳۰۰ تا ۳۵۰ درجه‌ی سانتی‌گراد و در شوری متوسط ۳ است.

میانبارهای دوفازی غنی از گاز: این شارهای درگیر بیشتر از حباب گاز تشکیل شده‌اند که مقداری مایع نیز قابل تشخیص است. شوری این نوع شارها همانند شارهای غنی از آبگون بر مبنای آخرین دمای ذوب یخ محاسبه شد. نمودار ستونی این شارها در شکل ۶ پ آورده شده است. این نمودار نشان می‌دهد که دمای همگن‌شدگی این گروه از میانبارها که به حالت گاز همگن می‌شوند، از حدود ۱۰۰ تا ۵۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد در تغییر است. نمودار یاد شده دارای قله در ۳۷۰ درجه‌ی سانتی‌گراد است. شوری این گروه از شارهای درگیر نیز به صورت نمودار ستونی درصد وزنی معادل NaCl در شکل ۶ ت

وزنی معادل NaCl، فراوان‌ترین میزان شوری ثبت شده است (شکل ۶ ر).

میانبارهای شاری چندفازی حاوی هالیت، سیلویت و کانی‌کدر این شاره‌های درگیر دارای دامنه دمایی ۱۵۰ تا ۴۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد هستند (شکل ۶ ذ) و نیز درجه‌ی شوری ۴۰ درصد



شکل ۶ نمودار فراوانی دمایی همگن‌شدگی و شوری گونه‌های مختلف میانبارهای شاری در کانی‌کوارتز رگه‌های کوارتز تورمالین منطقه باغو، الف و ب: دمایی همگن‌شدگی و شوری میانبارهای شاری دوفازی غنی از آب‌گون، پ و ت: دمایی همگن‌شدگی و شوری میانبارهای شاری دوفازی غنی از گاز، ث و ج: دمایی همگن‌شدگی و شوری میانبارهای شاری سه‌فازی، چ و ح: دمایی همگن‌شدگی و شوری میانبارهای شاری سیلویت، خ و د: دمایی همگن‌شدگی و شوری میانبارهای شاری حاوی کانی‌کدر، ذ و ر: دمایی همگن‌شدگی و شوری میانبارهای شاری چندفازی.

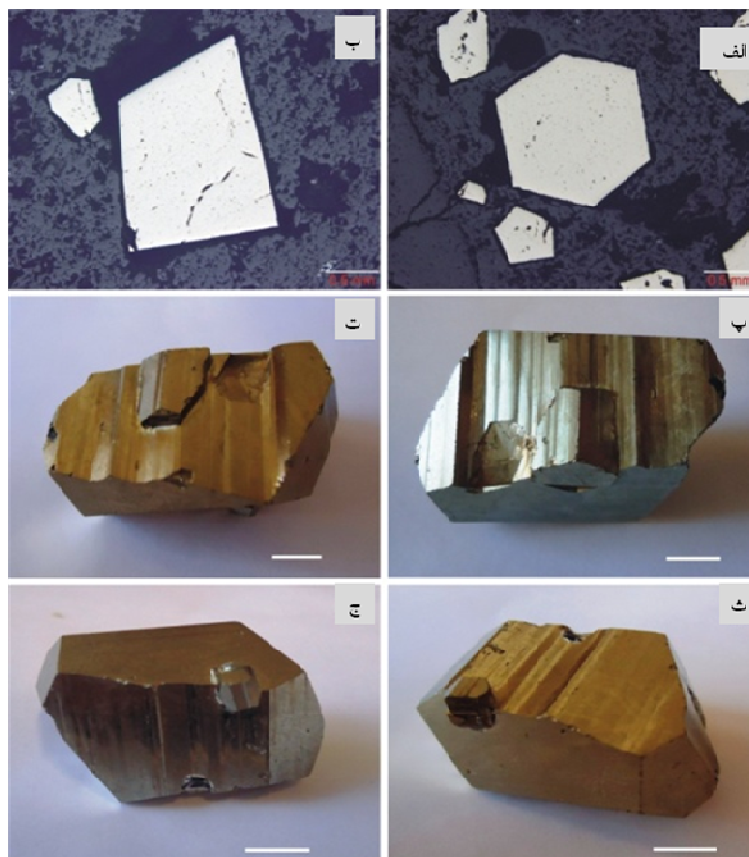
دماسنجی براساس ریخت‌شناسی پیریت

برای تعیین گستره‌ی دمای کانه‌زایی و دگرسانی کانسار طلای باغو، علاوه بر دماسنجی میانبارهای شاری، از ریخت‌شناسی بلورهای پیریت (شکل ۷) نیز استفاده شد. با توجه به بررسی‌های انجام شده [۲۵] معلوم شد که در دماهای کمتر یا مساوی ۲۵۰ درجه‌ی سانتی‌گراد، بلورهای سوزنی پیریت و با افزایش دما تا ۴۵۰ درجه‌ی سانتی‌گراد، بلورهای مکعبی با شیارهای فراوان و سطوح اندک هشت‌وجهی شکل می‌گیرند. بررسی بلورهای پیریت جمع‌آوری شده از مناطق دگرسانی منطقه‌ی باغو، نشان داد که انواع مکعبی با سطوح چندوجهی فراوان (pyritohedron) در نمونه‌ها رایج است. انواع سطوح شیاردار با تراکم زیاد همراه با انواع سطوح تخت و آینه‌ای نیز دیده می‌شوند. براین اساس، به نظر می‌رسد که این بلورها در گستره‌ی دمایی بین ۲۵۰ تا ۴۵۰ درجه‌ی سانتی‌گراد شکل گرفته‌اند. با توجه به گستره‌ی دمایی دگرسان (در حدود ۳۵۰ درجه سانتی‌گراد) تعیین دامنه‌ی دمایی کانه‌زای طلا بین ۳۰۰

تا ۴۵۰ درجه‌ی سانتی‌گراد منطقی به نظر می‌رسد.

شکل‌گیری شارهی کانی ساز

داده‌های ریز دماسنجی میانبارهای شاری کانی کوارتز، رگه‌های کوارتز- تورمالین منطقه‌ی باغو، در جدول‌های ۱ و ۲ ارائه شده‌اند. با نگاهی به داده‌ها و نیز الگوی توزیع آنها در نمودارهای فراوانی (شکل ۶)، می‌توان این داده‌ها را در سه گروه جمعیتی قرارداد. این شرایط می‌تواند ناشی از شکل‌گیری شارهی کانی‌ساز باشد که احتمالاً ضمن آزاد شدن مداوم از یک خاستگاه ماگمایی، عواملی از جمله: جوشش، سردشدگی و اختلاط شارها [۲۶] در شکل‌گیری آن دخالت داشته‌اند. داده‌های ترسیم شده در شکل ۸، نشان می‌دهند که گروهی از داده‌ها در گستره‌ی خط $T_h = T_s NaCl$ متمرکز شده‌اند، این الگوی توزیع، نشان دهنده‌ی آن است که شارهی مادر، یک آبگون اشباع از NaCl و در حال جوشش بوده است، ضمن آنکه این شرایط می‌تواند دال بر ناهمگن بودن (شاره+ بخار+ نمک) شارهی اولیه در منطقه باغو داشته باشد [۱۰].



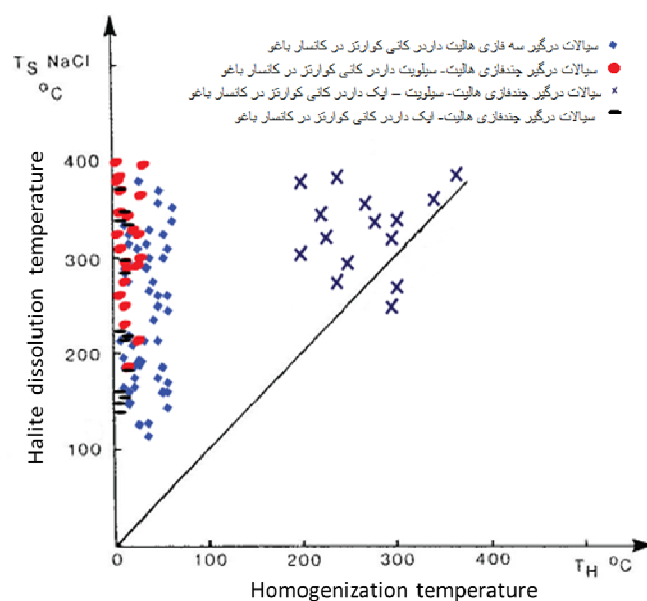
شکل ۷ در تصاویر الف و ب شکل چند وجهی بلور پیریت در مقطع میکروسکوپی به خوبی دیده می‌شود، تصاویر پ، ت، ث و ج هابیت پیریتوهدرال را در بلورهای مکعبی پیریت با سطوح (۲۱۰) و (۱۰۰) را با شیارهای فراوان نشان می‌دهند، مقیاس معادل ۵ میلی‌متر است.

جدول ۱ داده‌های ریزدماسنجی میانبارهای دو فاز ی مایع و بخار در کانی کوارتز منطقه ی باغو.

Sa. N _(LV)	Th	Tm _{ice}	salinity	Sa. N _(VL)	Th	Tm _{ice}	Salinity
۱	۵۵۰	-۴/۱	۶/۶	۱	۴۸۰/۶	-۶/۵	۹/۹
۲	۳۰۲	-۱/۹	۳/۲	۲	۲۳۴/۶	-۲/۶	۴/۳
۳	۳۷۵	-۲/۲	۳/۷	۳	۱۰۰	-۲/۶	۴/۳
۴	۲۱۱	-۱/۵	۲/۶	۴	۲۴۷	-۱/۴	۲/۴
۵	۳۳۳	-۲/۵	۴/۲	۵	۲۴۵/۵	-۶/۷	۱۰/۱
۶	۳۵۵	-۲/۱	۳/۵	۶	۳۰۱/۱	-۲/۲	۳/۷
۷	۲۶۷	-۱	۱/۷	۷	۳۹۷	-۵/۷	۸/۸
۸	۲۴۵	-۱/۶	۲/۷	۸	۴۱۰	-۴	۶/۴
۹	۲۸۷	-۱/۴	۲/۴	۹	۵۳۰	-۲/۱	۳/۵
۱۰	۲۹۰	-۳/۶	۵/۹	۱۰	۳۴۸/۱	-۳/۲	۵/۳
۱۱	۲۹۴	-۳/۱	۵/۱	۱۱	۳۲۷	-۰/۵	۰/۹
۱۲	۳۰۸	-۱/۴	۲/۴	۱۲	۳۹۹	-۱/۲	۲/۱
۱۳	۲۶۸	-۷/۶	۸/۷	۱۳	۴۴۷	-۵/۶	۸/۷
۱۴	۱۴۹	-۵/۶	۲/۴	۱۴	۴۰۸	-۳/۲	۵/۳
۱۵	۱۵۲	-۱/۴	۲/۱	۱۵	۳۴۸	-۶/۵	۹/۹
۱۶	۱۷۵	-۱/۲	۳/۵	۱۶	۳۷۹	-۵	۷/۷
۱۷	۱۱۱/۷	-۲/۱	۱/۷	۱۷	۳۵۱	-۳/۵	۵/۷
۱۸	۳۴۳/۹	-۱	۸/۵	۱۸	۳۵۰	-۳/۹	۶/۳
۱۹	۳۰۷	-۵/۵	۱۱/۱	۱۹	۴۷۷	-۳/۷	۶/۰
۲۰	۲۰۰	-۷/۵	۱۲/۳	۲۰	۳۹۱	-۶/۲	۹/۵
۲۱	۱۱۴	-۸/۵	۱۳/۷	۲۱	۴۹۰	-۱	۱/۷
۲۲	۱۵۵	-۹/۸	۱/۷	۲۲	۴۴۶	-۳	۵/۰
۲۳	۲۰۷	-۱	۵/۱	۲۳	۴۲۸	-۹/۲	۱۳/۱
۲۴	۲۴۵	-۳/۱	۲/۲	۲۴	۳۹۸	-۳/۲	۵/۳
۲۵	۱۳۳/۹	-۵/۷	۸/۸	۲۵	۲۹۷/۵	-۵/۹	۹/۱
۲۶	۳۵۰	-۴/۱	۶/۶	۲۶	۱۷۵	-۳/۱	۵/۱
۲۷	۳۹۰	-۵/۲	۸/۱	۲۷	۴۲۹/۲	-۷/۲	۱۰/۷
۲۸	۴۲۶	-۱/۵	۲/۶	۲۸	۴۱۶	-۵	۷/۹
۲۹	۲۸۰	-۴/۲	۶/۷	۲۹	۴۲۴	-۲/۴	۴/۰
۳۰	۳۹۸	-۲/۴	۴/۰	۳۰	۵۲۱	-۵/۵	۸/۵
۳۱	۴۴۸	-۱/۹	۳/۲	۳۱	۴۰۵	-۲/۶	۴/۳
۳۲	۳۹۱	-۲/۱	۳/۵	۳۲	۵۱۸	-۱/۵	۲/۶
۳۳	۳۰۶	-۴/۱	۶/۶	۳۳	۳۸۰	-۳/۳	۵/۴
۳۴	۱۹۸	-۳/۹	۶/۳	۳۴	۳۵۵	-۲/۸	۴/۶
۳۵	۳۱۰	-۲/۹	۴/۸	۳۵	۴۵۲/۶	-۳/۲	۵/۳
۳۶	۲۴۶	-۴/۱	۶/۶	۳۶	۴۹۳/۱	-۳	۵/۰
۳۷	۲۳۳	-۲/۷	۴/۵	۳۷	۳۵۷/۶	-۶/۵	۹/۹
۳۸	۱۶۴	-۳/۵	۵/۷	۳۸	۳۸۷/۱	-۵/۱	۸/۰
۳۹	۲۸۸	-۱/۹	۳/۲	۳۹	۲۹۰	-۲	۳/۴
۴۰	۱۵۳	-۱/۲	۲/۱	۴۰	۲۲۸	-۱	۱/۷
۴۱	۴۱۸/۸	-۳/۴	۵/۶	۴۱	۴۴۰	-۳/۱	۵/۱
۴۲	۳۷۳/۹	-۳	۵/۰	۴۲	۳۷۳	-۲/۵	۴/۲
۴۳	۳۱۸	-۲	۳/۴				
۴۴	۲۸۳	-۱	۱/۷				
۴۵	۳۳۰	-۱/۳	۲/۲				

جدول ۲ داده‌های ریزدماسنجی میانبارهای سه و چند فاز در کانی کوارتز منطقه‌ی باغو.

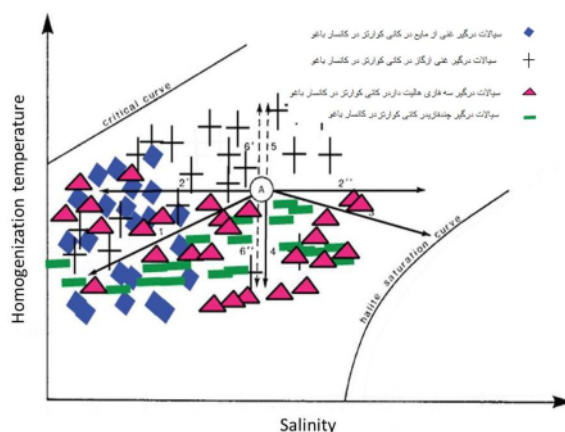
Sa.N.	T _h	T _{m_{halite}}	Salinity	Sa.N.	T _h	T _{m_{halite}}	T _{m_{sylvite}}	Salinity
۱	۲۹۳٫۸	۳۳۴٫۶	۴۱٫۰	۱	۲۲۳٫۹	۳۸۸٫۱	۱۶۳٫۲	۴۶٫۲
۲	۳۵۲٫۶	۱۹۴	۳۱٫۶	۲	۱۸۷٫۵	۳۶۶٫۶	۱۱۳٫۶	۴۴٫۱
۳	۲۹۴٫۶	۲۱۵٫۵	۳۲٫۷	۳	۲۳۹٫۹	۳۱۱٫۹	۲۰۱٫۵	۳۹٫۱
۴	۱۸۴	۲۹۲٫۱	۳۷٫۷	۴	۳۴۰٫۱	۳۷۷٫۲	۱۶۶٫۴	۴۵٫۰
۵	۵۴۰٫۱	۲۰۰	۳۱٫۹	۵	۱۷۹٫۹	۳۶۲٫۲	۱۸۵٫۶	۴۳٫۵
۶	۵۶۰٫۱	۱۶۷	۳۰٫۶	۶	۲۷۵٫۶	۳۵۵٫۶	۲۵۲٫۳	۴۴٫۱
۷	۳۶۰٫۱	۱۹۰٫۵	۳۱٫۴	۷	۱۸۹٫۶	۳۱۷٫۵	۱۹۰٫۲	۳۹٫۶
۸	۲۷۴	۲۸۰٫۵	۳۶٫۷	۸	۱۹۰	۲۹۶٫۵	۲۱۵٫۱	۳۷٫۹
۹	۲۴۰	۲۹۰	۳۷٫۴	۹	۲۱۳٫۴	۳۲۰٫۶	۱۹۶٫۵	۳۹٫۹
۱۰	۲۹۴٫۷	۲۱۸٫۸	۳۲٫۹	۱۰	۲۲۹	۲۶۱	۲۲۶	۳۵٫۴
۱۱	۲۷۰	۳۲۰	۳۹٫۸	۱۱	۲۱۹٫۱	۲۵۰٫۲	۱۵۳٫۲	۳۴٫۷
۱۲	۲۴۵٫۲	۳۱۵٫۱	۳۹٫۴	۱۲	۲۶۱٫۳	۲۹۰٫۴	۲۶۷٫۷	۳۷٫۴
۱۳	۲۳۱٫۹	۱۵۱٫۵	۲۹٫۷	۱۳	۲۲۸٫۱	۲۵۰٫۱	۱۹۷٫۳	۳۴٫۷
۱۴	۱۵۸	۲۰۸	۳۲٫۳	۱۴	۲۱۹٫۱	۲۲۵٫۵	۲۱۳٫۱	۳۳٫۲
۱۵	۳۰۱٫۵	۳۱۵٫۶	۳۹٫۴	۱۵	۲۲۹٫۵	۲۷۳٫۶	۲۵۱٫۷	۳۶٫۲
۱۶	۱۶۴٫۱	۱۷۷٫۱	۳۰٫۸	۱۶	۲۱۵٫۳	۱۸۲٫۷	۱۷۰٫۳	۳۱٫۰
۱۷	۱۲۹٫۳	۱۹۰٫۱	۳۱٫۴	۱۷	۲۷۶٫۴	۳۱۲٫۵	۱۷۴٫۵	۳۹٫۱
۱۸	۱۲۰٫۹	۱۶۰٫۲	۳۰٫۱	۱۸	۲۹۸٫۹	۳۲۵٫۷	۱۸۴٫۲	۴۰٫۲
۱۹	۱۸۵٫۲	۱۷۸٫۲	۳۰٫۸	۱۹	۳۱۶٫۲	۳۰۵٫۹	۲۰۵٫۸	۳۸٫۸
۲۰	۱۱۵٫۹	۱۶۹٫۹	۳۰٫۵	۲۰	۳۰۹	۳۱۹	۲۲۰٫۸	۳۹٫۷
۲۱	۲۰۲٫۱	۱۹۴	۳۱٫۶	۲۱	۲۴۲	۳۲۰٫۱	۱۲۰٫۸	۳۹٫۹
۲۲	۲۳۸	۳۷۹	۴۵٫۲	۲۲	۲۵۳٫۴	۳۱۱٫۳	۱۷۳٫۱	۳۹٫۱
۲۳	۲۹۳	۳۰۹	۳۸٫۹	۲۳	۱۷۶٫۱	۳۱۹٫۵	۱۱۶٫۱	۳۹٫۷
۲۴	۲۳۱	۴۲۸	۵۰٫۶	۲۴	۲۳۲٫۲	۲۸۵	۱۹۱٫۲	۳۷٫۱
۲۵	۱۴۰	۴۲۵	۵۰٫۳	۲۵	۲۳۶٫۵	۲۹۹٫۶	۱۵۱٫۵	۳۸٫۱
۲۶	۳۲۴	۳۱۰	۳۸٫۹	۲۶	۲۲۷	۲۰۸	۱۶۹٫۲	۳۲٫۳
۲۷	۴۸۲	۱۹۱٫۵	۳۱٫۵	۲۷	۲۵۰٫۱	۳۲۰	۳۱۷٫۴	۳۹٫۸
۲۸	۴۲۰	۲۱۳٫۸	۳۲٫۶	۲۸	۳۰۰	۲۹۹	۲۸۰٫۹	۳۸٫۱
۲۹	۴۰۰	۲۸۸	۳۷٫۳	۲۹	۲۳۶٫۵	۴۲۳٫۲	۱۴۶	۵۰٫۱
۳۰	۳۹۵	۱۳۰٫۱	۲۸٫۹	۳۰	۳۲۵٫۴	۳۵۳٫۹	۳۲۸٫۱	۴۲٫۸
۳۱	۲۷۵٫۵	۳۱۱٫۸	۳۹٫۱	۳۱	۲۴۱٫۱	۴۲۱٫۹	۱۴۵	۵۱٫۱
۳۲	۴۵۰٫۹	۳۲۹٫۹	۴۰٫۶	۳۲	۲۶۷٫۷	۳۸۵	۲۲۸	۴۵٫۸
۳۳	۱۱۵٫۸	۱۱۶٫۸	۲۸٫۵	۳۳	۲۷۴	۲۹۲٫۷	۲۲۹٫۵	۳۷٫۶
۳۴	۱۰۹٫۴	۱۲۰	۲۸٫۶	۳۴	۴۲۰	۳۸۷	۲۶۳	۴۶٫۱
۳۵	۲۹۱	۳۰۱٫۸	۳۸٫۳	۳۵	۱۹۴٫۵	۳۷۵٫۴	۱۶۲٫۳	۴۴٫۹
۳۶	۲۲۵	۱۷۱٫۱	۳۶٫۱	۳۶	۲۷۳٫۲	۳۴۵٫۳	۲۰۱٫۶	۴۲٫۰
۳۷	۳۱۶٫۵	۱۲۸٫۸	۲۸٫۹	۳۷	۲۲۱	۳۳۸	۳۲۷	۴۱٫۳
۳۸	۳۸۴٫۳	۲۶۱٫۱	۳۵٫۴	۳۸	۲۵۰٫۵	۲۸۸٫۹	۱۶۰٫۳	۳۷٫۳
۳۹	۳۷۵٫۴	۲۵۵٫۷	۳۵٫۰	۳۹	۳۰۲٫۱	۲۶۵٫۵	۱۸۷	۳۵٫۱
۴۰	۳۷۹٫۹	۲۳۶٫۷	۳۳٫۹	۴۰	۲۳۶٫۹	۲۷۰٫۲	۲۹۹٫۱	۳۶٫۱
۴۱	۱۲۵٫۵	۱۷۵٫۹	۳۰٫۷	۴۱	۲۹۹٫۷	۲۵۴	۲۱۹٫۳	۳۴٫۹
۴۲	۳۲۴٫۴	۲۱۵٫۴	۳۲٫۷	۴۲	۳۶۷٫۶	۳۹۷٫۱	۱۸۲	۴۵٫۲
۴۳	۱۱۵٫۴	۲۵۳٫۳	۳۴٫۹	۴۳	۲۹۷٫۹	۳۱۸	۱۱۹٫۳	۳۹٫۶
۴۴	۲۹۳٫۹	۳۶۰٫۱	۳۶٫۶	۴۴	۳۴۵٫۴	۳۵۰	۱۹۵٫۹	۴۲٫۴



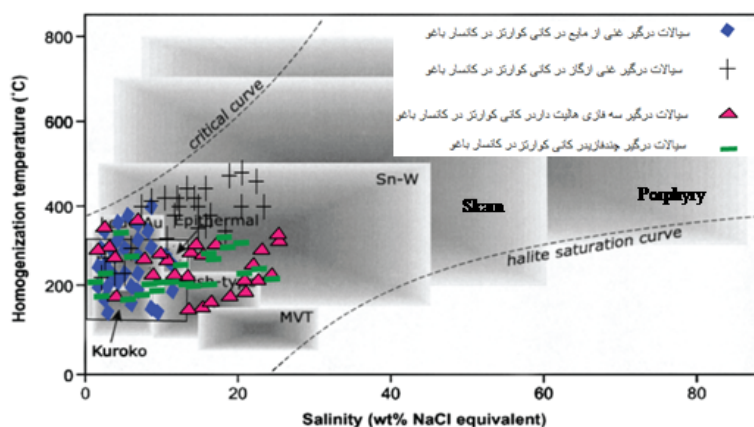
شکل ۸ نمودار دمای انحلال نمک در مقابل دمای همگن‌شدگی.

همراه با ایجاد حباب بوده است [۱۵]. الگوی توزیع میانبارهای دو فازی حاکی از جوشش محدود و سردشدگی شاره در بخش-های بالایی سامانه‌ی کانی‌ساز است. این فرایند باعث خروج فاز بخار و تمرکز املاح در فاز مایع و در نتیجه منجر به افزایش شوری میانبارهای شاری به دام افتاده در این مرحله شده است [۲۶]. برای آشنایی با محیط کانه‌زا در منطقه‌ی باغو از نمودار ارائه شده توسط [۲۷] استفاده شد. چنانکه توزیع داده‌ها در شکل ۱۰ نشان می‌دهد و براساس پژوهش‌های انجام شده [۲۸-۳۴]، می‌توان گفت که احتمالاً محیط کانی‌سازی این منطقه منطبق بر بخش پائینی یک سامانه دمایی و راگرمایی و در ارتباط با بخش بالایی یک سامانه پورفیری باشد.

با توجه به دامنه‌ی نخستین دمای ذوب یخ میانبارهای شاری از 23°C تا 37°C ، می‌توان نتیجه گرفت که سامانه‌ی شاری کانی‌ساز [۱۰] در منطقه‌ی باغو احتمالاً از نوع $\text{H}_2\text{O} + \text{NaCl}$ گیری‌های شارهای کانی‌ساز منطقه باغو، براساس [۲۶، ۱۰] دما همگن‌شدگی شارهای در مقابل شوری آنها ترسیم شد (شکل ۹). با توجه به الگوی توزیع میانبارها در این شکل، می‌توان دریافت که شکل‌گیری شارهای کانی‌ساز در منطقه‌ی باغو تحت تاثیر روندهای سردشدگی، اختلاط با شارهای سطحی سردتر و با شوری پائین و نیز جوشش صورت گرفته است. البته با توجه به الگوی توزیع شارهای چند فازی، می‌توان گفت که جوشش شارهای مادر به دلیل غنی بودن از مواد فرار، احتمالاً



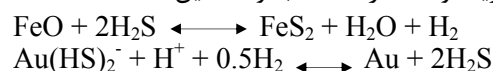
شکل ۹ نمودار دمای همگن‌شدگی در مقابل شوری برای نشان دادن تحولات انجام شده بر روی سیال کانی‌ساز.



شکل ۱۰ نمودار شوری- دمای همگن‌شدن شاخص کانسارهای مختلف [۲۶].

برداشت

بررسی‌های سنگ‌نگاری و ریزدماسنجی میانبارهای شاری در کانی کواتز، رگه‌های کواتز- تورمالین منطقه باغو حاکی از تغییرات گسترده در محتویات فازی، دمای همگن‌شدگی و نیز شوری میانبارهای شاری در منطقه باغو شده است. این شرایط می‌تواند حاکی از دخالت خاستگاه‌های مختلف در شکل‌گیری گرماب منطقه‌ی مورد نظر باشد. بر پایه الگوی پراکندگی داده‌ها در شکل ۱۰، چنین به نظر می‌رسد که میانبارهای شاره‌ی چند فازی حامل فازهای نوزاد نمک، با شوری و دمای نسبتاً بالا از یک شاره‌ی با خاستگاه ماگمایی حاصل شده باشند، که می‌تواند با شرایط کانه‌زایی نوع پورفیری همخوانی داشته باشد. میانبارهای شاری با شوری زیر ده درصد معادل نمک طعام و دمای همگن‌شدگی تا حدود 350°C دلالت بر یک سامانه سطح دمایی (ابی ترمال) دارد و میانبارهای شاری با شوری بالای ۱۰٪ و دمای نسبتاً پائین، احتمالاً می‌تواند دلیل بر دخالت یک شاره‌ی حوضه‌ای، در سامانه‌ی کانی‌ساز منطقه باغو باشد. با نگاهی به الگوی توزیع داده‌های میانبارهای شاری در شکل ۹، می‌توان چنین برداشت کرد که سامانه‌ی کانی‌ساز در منطقه‌ی مورد بررسی، تحت تاثیر فرایندهای سردشدگی، جوشش و اختلاط شکل‌گرفته است. فرایند جوشش باعث شده است تا H_2S به درون فاز بخار راه یابد و طی واکنش شاره با سنگ دیواره و سولفورزدایی شاره، از طریق واکنش‌های زیر کانی‌های پیریت و طلا در منطقه باغو ته‌نشین کنند:



مراجع

[۱] درویش زاده ع.، "زمین‌شناسی ایران"، نشر امروز، انتشارات امیرکبیر، (۱۳۷۰)، ۹۰۱ صفحه.

[۲] هوشمند زاده ع.، علوی نائینی م.، حقی پور ع.، "تحول پدیده‌های زمین‌شناسی ناحیه طرود (از پرکامبرین تا عهد حاضر)"، (۱۳۵۷).

[۳] رشید نژاد عمران ن.، "بررسی تحولات سنگ‌شناسی و ماگمایی و ارتباط آن با کانی‌سازی طلا در منطقه باغو (جنوب جنوب خاور دامغان)"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت معلم، (۱۳۷۱)، ۲۵۳ صفحه.

[۴] قربانی ق.، "پترولوژی سنگ‌های ماگمایی جنوب دامغان"، رساله دکتری، دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده علوم زمین، (۱۳۸۴).

[5] Jeffery P.G., Hutchison D., "Chemical Methods of Rock analysis", Pergamon Series in Analytical Chemistry Volume 4 (1981) p 379.

[۶] مرادی س.، "مطالعه کانه‌زایی طلا در منطقه باغو، جنوب شرق دامغان، استان سمنان"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد زمین‌شناسی گرایش اقتصادی، (۱۳۹۰)، ۱۱۹ صفحه.

[۷] قربانی ق.، وثوقی عابدینی م.، قاسمی ح. ا.، "دما- فشارسنجی توده‌های گرانیتوئیدی منطقه طرود- چاه شیرین (جنوب دامغان)"، مجله بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، (۱۳۸۴) شماره ۱ ص ۹۵ تا ص ۱۰۶.

[۸] خلیلی خ.، مکی زاده م. ع.، "رخداد تورمالین در معدن طلا - مس کوه زر (باغو) جنوب استان سمنان"، مجله پترولوژی، (۱۳۹۱) شماره ۹ ص ۵۷ تا ص ۷۰.

[۹] لیاقت س.، شیخی و.، نجاران م.، "مطالعه پترولوژی، ژئوشیمیایی و ژئزئیروز باغو- دامغان"، مجله علوم دانشگاه تهران، (۱۳۸۷) شماره ۲ ص ۱۳۳ تا ص ۱۴۲.

[10] Shepherd T.J., Rankin A.H., Alderton D.H.M., "A practical guide to fluid inclusion studies", Blackie (1985) 239pp.

- [24] Bodnar R.J., Vityk M. O., "Interpretation of microthermometric data for H_2O - NaCl fluid inclusions. in fluid inclusion in minerals, methods and applications", B. De vivo and M.L.Frezzotti, eds., pub. By Virginia Tech, Blacksburg (1994) 117-130.
- [25] Murowchick J.B., Barnes H.L., "Effects of temperature and degree of supersaturation on pyrite morphology", American Mineralogist 72(1987) 1241-1250.
- [26] Baker T., Lang J.R., "Fluid inclusion characteristics of intrusion-related gold Mineralization, Tombstone tungsten magmatic belt, Yukon Territory, Canada", Mineralium Deposita 36 (2001), 563-582.
- [27] Wilkinson J.J., "Fluid inclusion in hydrothermal ore deposits", Lithos 55(2001) 229-272.
- [28] Hedenquist J. W., Lowenstern J.B., "The role of magmas in the formation of hydrothermal ore deposits", Nature 370(1994) 519- 527.
- [۲۹] آزادی م.، میر محمدی م. ص.، هزارخانی ا.، "بررسی‌های سنگ‌شناسی و میانبارهای شاری در کانسار مس پورفیری کهنک"، مجله بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، شماره ۱ (۱۳۹۳) ص ۱۵۵-۱۷۲.
- [30] Alizadeh Sevari B., Hezarkhani A., "Fluid evolution of the magmatic hydrothermal porphyry copper deposit: Based on fluid inclusion and stable isotope studies at Darrehzar, Iran", ISRN geology 2014 (2014) 10 pages.
- [31] Harris A.C., Golding S.D., White N.C., " Bajo de La Alumbrera copper –gold deposit: stable isotope evidence for a porphyry – related hydrothermal system dominated by magmatic aqueous fluids", Economic Geology 100 (2005) 863-886.
- [32] Gonzalez-Partida E., Levresse G., "Fluid inclusion evolution at the La Verde porphyry copper deposit", Geochemical Exploration 78-79 (2002) 623- 626.
- [33] Morales Ruano S., Both R.A., Golding S.D., "A fluid inclusion and stable isotope study of the Moonta copper – gold deposits, South Australia: evidence for fluid immiscibility in a magmatic hydrothermal system", Chemical Geology 192(2002) 211-226.
- [34] Bodnar R.J., "Fluid-inclusion evidence for a magmatic source for metals in porphyry copper deposits, in J.F.H. Thompson ed. Magmas, fluids and ore deposits", Mineralogical Association of Canada, Short Course Series 23(1995) 139-152.
- [11] Wang Y. M., Sasaki M., "Fluid inclusion studies of the Chinkuashih high-sulfidation gold–copper deposits in Taiwan", Chemical Geology (1999) 154- 155-167
- [12] Goldstein R. H., "Fluid inclusions in sedimentary and diagenetic systems", Lithos 55 (2001) 159–193.
- [13] Touret J.L.R., "Fluids in metamorphic rocks", Lithos 55 (2001) 1–25.
- [14] Munz I. A., "Petroleum inclusions in sedimentary basins:systematics, analytical methods and applications", Lithos 55(2001) 195–212.
- [15] Hossain I., Tsunogae H.M., "Geothermobarometry and fluid inclusions of dioritic rocks in Bangladesh: Implications for emplacement depth and exhumation rate", Journal of Asian Earth Sciences 34 (2009) 731–739.
- [16] Canet, C., S. I. Franco, R. M. Prol-Ledesma , E. González-Partida, R. E. Villanueva-Estrada(2011) A model of boiling for fluid inclusion studies: Application to the Bolaños Ag–Au–Pb–Zn epithermal deposit, Western Mexico. Journal of Geochemical Exploration
- [۱۷] کریم پور م. ح.، زاو خ.، "دماسنجی و و شرایط فیزیکوشیمیایی محلول‌دار بر مبنای کلریت و سیالات درگیر در معدن مس قلعه زری"، مجله بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، شماره ۱ (۱۳۸۵) ص ۱-۲۶.
- [۱۸] میرزایی رایینی ر.، احمدی ع.، میرنژاد ح.، "بررسی‌های کانی‌شناسی و شاره‌های درگیر در کانسار چند فلزی ماهور شرق بلوک لوت، ایران مرکزی"، مجله بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، شماره ۲ (۱۳۹۱) ص ۳۰۷-۳۱۸.
- [۱۹] اشراقی ص.ع.، جلالی الف.، " نقشه زمین‌شناسی چهارگوش معلمان با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰"، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، (۱۳۸۵) شماره ۶۹۶۰.
- [20] Bodnar R.J., "Introduction to fluid inclusions. In I. Samson, A. Anderson, & D. Marshall, eds. Fluid Inclusions: Analysis and Interpretation", Mineral. Assoc. Canada, Short Course 32 (2003) 1-8.
- [21] Roedder E., "Fluid inclusion: Reviews in Mineralogy.", Mineralogical Society of America, 12 (1984) 644 pp.
- [22] Van den Kerkhoff A. M., Hein U. F., "Fluid inclusions petrography", Lithos 55 (2001) 27–47
- [23] Roedder E., "Fluid inclusion evidence on the genesis of ores in sedimentary and volcanic rocks", In K. H. Wolf(ed)". Handbook of Stratabound and Stratiform ore Deposits, Elsevier, Amsterdam., Vol. 2 (1976) P. 67-110.