مجله بلورشناسی و کانی شناسی ایران

سال بیست و ششم، شمارهٔ سوم، پاییز ۹۷، از صفحهٔ ۶۱۱ تا ۶۲۴

انجمن بلورشناسی و کانی شناسی ایران

کانی‌سازی و بررسی سیال‌های درگیر در بخش شمالی کانسار طلا- مس کوه زر، دامغان (منطقه فیروزه-قیچی)

پیام روحبخش[۱]، محمدحسن کریم‌پور[*۲،۱]، آزاده ملک‌زاده شفارودی[۲،۱]

۱- گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد

۲- گروه پژوهشی اکتشاف ذخایر معدنی شرق ایران، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد

(دریافت مقاله: ۹۶/۵/۴، نسخه نهایی: ۹۶/۱۰/۲)

چکیده: کانسار طلا- مس کوه زر در ۱۰۰ کیلومتری جنوب شرق شهرستان دامغان قرار دارد. این منطقه از نظر ساختاری بخشی از کمربند ماگمایی البرز (AMA) محسوب می‌گردد. قدیمی‌ترین واحدهای سنگی در منطقه فیروزه-قیچی شامل سینوگرانیت و تورمالین بیوتیت گرانودیوریت می‌شود. این واحدها مورد نفوذ استوک‌های کوارتز مونزونیت پورفیری قرار گرفته‌اند. پیروکسن دیوریت پورفیری و هورنبلند دیوریت پورفیری جوانتر از همه واحدهای سنگی نام برده هستند. آن‌ها مورد نفوذ دایک‌های سینوگرانیتی و مونزوگرانیتی قرار گرفته‌اند. همه واحدها دستخوش دگرسانی‌های کوارتز-سرسیت-پیریتی (QSP)، پروپلیتی، آرژیلی و سیلیسی-تورمالینی شده‌اند. بررسی‌های کانی‌شناسی صورت گرفته نشان می‌دهد که هفت گروه اصلی رگچه شامل نوع I:کوارتز-پیریت-کالکوپیریت-تورمالین، نوع II:کوارتز-کلریت-پیریت-تورمالین، نوع III:کوارتز-پیریت، نوعIV:کوارتز-پیریت-کالکوپیریت، نوع V: کوارتز-تورمالین-پیریت، نوع VI:تورمالین-پیریت و نوع VII:پیریت-کالکوپیریت-کلریت-تورمالین در منطقه وجود دارد. همچنین سنگ‌نگاری سیال‌های درگیر نشان می‌دهد که در کانسار کوه زر، بیشتر سیال‌های درگیر اولیه از نوع دو فازی مایع-بخار LV و تک فازی مایع L غنی از مایع هستند. بررسی‌های دماسنجی نشان می‌دهد که گستره دمای همگن‌شدگی و شوری برای سیال‌های درگیر رگچه نوع I از ۴۲۸ تا ۴۸۶ ^{o}C و ۱۴٫۴ تا ۱۶٫۷ Wt.%NaCl، سیال‌های درگیر رگچه نوع II از ۴۳۶ تا ۵۰۰ ^{o}C و ۲۲٫۵ تا ۲۳ Wt.%NaCl، سیال‌های درگیر رگچه نوع III ۳۶۷ تا ۴۷۹ ^{o}C و ۱۵٫۳ تا ۲۳٫۵ Wt.%NaCl، سیال‌های درگیر رگچه نوع IV از ۳۶۳ تا ۴۰۷ ^{o}C و ۱۶٫۱ تا ۱۷٫۴ Wt.%NaCl و سیال‌های درگیر رگچه نوع V از ۴۲۱ تا ۵۱۶ ^{o}C و ۲۰٫۲ تا ۲۱٫۴ Wt.%NaCl است. بررسی سیال‌های درگیر نشان می‌دهد که دو نوع سیال ماگمایی با دمای یکسان اما شوری مختلف در تشکیل کانسار نقش داشته‌اند. همچنین پدیده جوشش منجر به ته نشست فلزات، ناپایداری کمپلکس‌ها و کانی‌سازی در کانسار کوه زر شده است. دمای بالا و شوری متوسط سیال‌های درگیر، تنوع دگرسانی‌ها و گسترش آن‌ها و انواع کانی‌سازی، مشابه کانسارهای مس پورفیری است.

واژه‌های کلیدی: *کانی‌سازی؛ سیال‌های درگیر؛ محلول ماگمایی؛ کوه زر؛ مجموعه ماگمایی البرز؛ دامغان.*

مقدمه

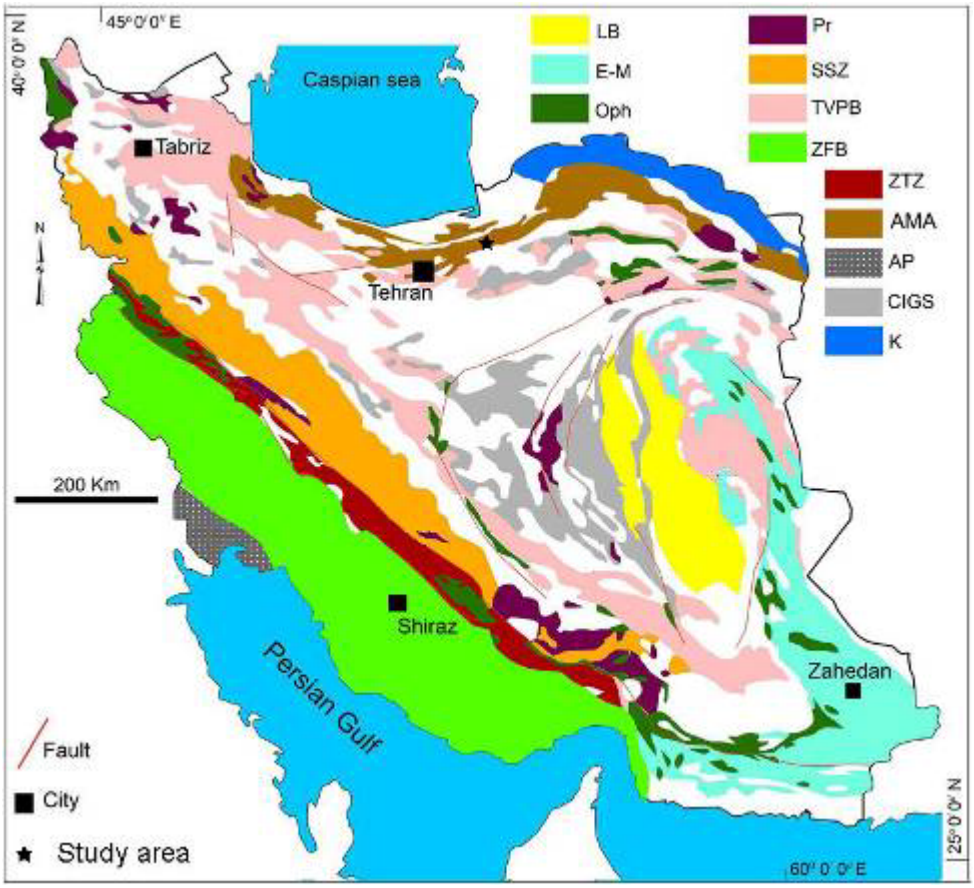
منطقه مورد بررسی فیروزه-قیچی (باغو) در بخش شمالی کانسار طلا- مس کوه زر در فاصله حدود ۴۰۰ کیلومتری شرق تهران و ۱۰۰ کیلومتری جنوب شرق شهرستان دامغان بین مختصات جغرافیایی ´۳۹ °۵۴ تا ´۴۰ °۵۴ طول شرقی و ´۲۴ °۳۵ تا ´۲۷ °۳۵ عرض شمالی و در برگه ۱:۱۰۰،۰۰۰ معلمان [۱] قرار دارد. منطقه مورد بررسی از نظر زمین ساختاری بخشی از پهنه فلززایی ترود-چاه شیرین در کمربند ماگمایی

*نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۱۵۵۱۰۵۱۶۰، نمابر: ۰۵۱۳۸۷۹۶۴۱۶، پست الکترونیکی: karimpur@um.ac.ir

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-03-28]

[DOI: 10.29252/ijcm.26.3.611]

البرز محسوب می‌شود که در شرق این کمربند واقع است [۲، ۳] (شکل ۱). وجود ۲۳ تونل قدیمی در منطقه، آثار پراکنده‌ای از سرباره‌های ذوب، مغزه‌های حفاری و دیگر کنده کاری‌ها و ترانشه‌ها بیانگر اهمیت منطقه فیروزه-قیچی از دیرباز است. کانسار کوه زر در قرون گذشته تا صفویه به عنوان معدن طلا و در دهه اخیر به عنوان معدن فیروزه مورد بهره‌برداری قرار گرفته است. بر اساس آمار موجود تا سال ۱۳۶۷، ۸۰۵۰ گرم فیروزه از این کانسار استخراج شده است و مقدار ذخیره احتمالی باقی مانده ۴۰۵۷۰ کیلوگرم برآورد می‌شود [۴]. از جمله پژوهش‌های پیشین در این منطقه، علاوه بر تهیه نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰،۰۰۰ معلمان [۱]، می‌توان به بررسی‌های سطحی انجام شده در این منطقه با عنوان منطقه باغو اشاره کرد. بررسی دگرگونی‌های سنگ‌شناسی و ماگمایی و روابط آن با کانی‌سازی طلا در منطقه باغو [۵]، بررسی کانی‌شناسی، دگرسانی و سنگ‌زمین‌شیمیایی طلای منطقه باغو [۶]، بررسی زمین‌شیمی و خاستگاه کانسار فیروزه باغو، [۷]، زمین‌شیمی و خاستگاه کانسار طلای کوه زر دامغان (باغو) [۸] بررسی سنگ-شناسی، زمین‌شیمیایی و خاستگاه فیروزه باغو [۹]، و در آخر بررسی کانه‌زایی طلا در منطقه باغو [۱۰] از آن جمله‌اند. این پژوهش برای نخستین بار با هدف بررسی سیال‌های درگیر و تعیین ویژگی‌های سیال گرمابی کانه‌دار در بخش عمقی کانسار کوه زر با استفاده از نتایج ریزدماسنجی میانبارهای سیال انجام شد. با توجه به نوع ذخیره‌ی کانسار کوه زر و پتانسیل بالای معدنی در پهنه فلززایی ترود-چاه شیرین به نظر می‌رسد که بررسی دقیق این ذخیره علاوه بر جنبه علمی-پژوهشی می‌تواند الگوی اکتشافی مناسبی برای ذخایر دیگر در این پهنه فلززایی و در ایران فراهم نماید.



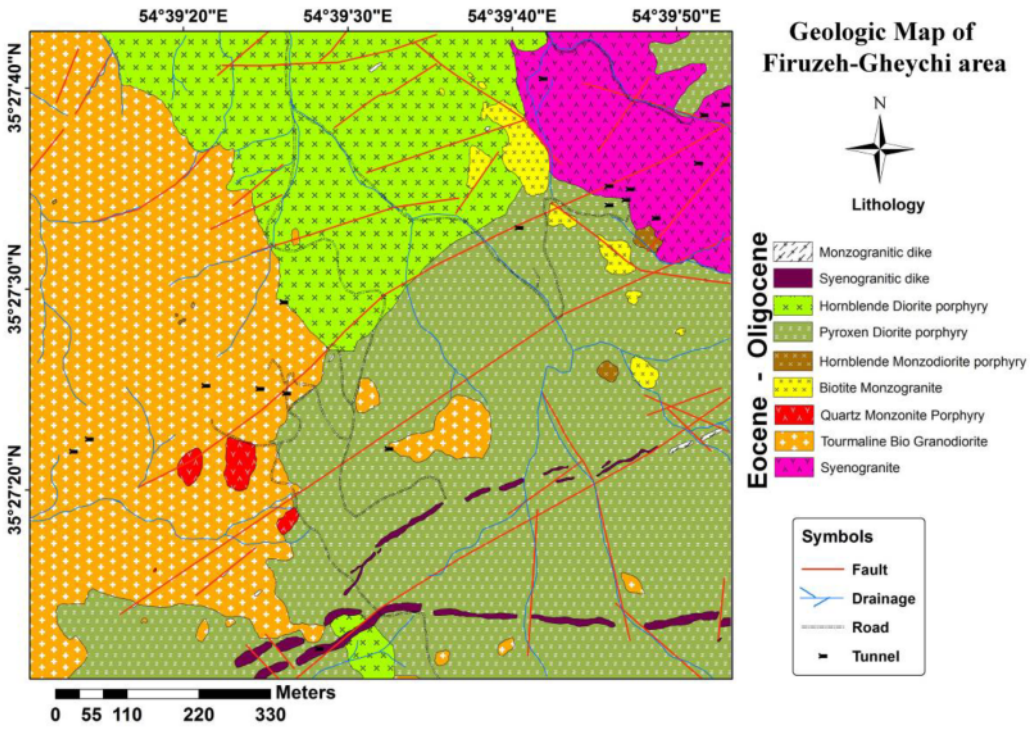
شکل۱ الف) نقشه عناصر ساختاری اصلی ایران برگرفته از مراجع [۳،۲] با اندکی تغییرات) AMA : کمربند ماگمایی البرز، AP : صفحه عربستان، CIGS: پهنه تدریجی زمین‌شناسی و ساختاری ایران مرکزی، E-M: ایران-مکران شرق، K: کپه داغ، LB پهنه طبس، Oph: کمربندهای افیولیتی، Pr: پی‌سنگ پرکامبرین، SSZ: پهنه سنندج-سیرجان، TVPB: کمربند آتشفشانی- نفوذی ترشیاری، ZFB: کمربند چین‌خورده زاگرس، ZTZ: پهنه روراندگی زاگرس

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-03-28]

[DOI: 10.29252/ijcm.26.3.611]

زمین شناسی منطقه

زمین‌شناسی منطقه بر اساس نقشه ۱:۱۰۰،۰۰۰ معلمان [۱]، شامل سنگ‌های تراکی آندزیت، داسیت، داسیت-آندزیت دگرسان شده، توده‌های کوارتز دیوریتی و کوارتز مونزودیوریتی همه به سن ائوسن-الیگوسن هستند. در صورتی که بر اساس بررسی‌های صورت گرفته در این پژوهش، سنگ‌های تراکی آندزیت در واقع توده پیروکسن دیوریت پورفیری و سنگ‌های داسیت و داسیت-آندزیت دگرسان شده، توده هورنبلند دیوریت پورفیری و سینوگرانیت هستند (شکل ۲). واحد سینوگرانیت در شمال شرق منطقه رخنمون دارد و بافت آن، دانه‌ای و در برخی موارد پورفیری است و در قسمت‌های پورفیری آن، درشت بلورهایی از کوارتز، پلاژیوکلاز و فلدسپات قلیایی دیده می‌شود. در اثر دگرسانی آرژیلی و حضور کانی‌های رسی، این واحد در صحرا رنگ سفید روشن به خود گرفته است. پیروکسن دیوریت پورفیری و هورنبلند دیوریت پورفیری در اثر دگرسانی پروپلیتی ضعیف تا متوسط، به رنگ خاکستری مایل به سبز در صحرا قابل مشاهده است. این واحدها به ترتیب در شرق و شمال منطقه واقع شده‌اند. بافت این واحدها پورفیری است و درشت بلورهایی از پلاژیوکلاز و پیروکسن در واحد پیروکسن دیوریت پورفیری و درشت بلورهایی از پلاژیوکلاز، آلکالی فلدسپات قلیایی و هورنبلند در واحد هورنبلند دیوریت پورفیری دیده می‌شود. هر دوی این واحدها خود مورد نفوذ دایک‌های سینوگرانیتی و مونزوگرانیتی با روند شمال شرق-جنوب غرب و شرقی-غربی قرار گرفته‌اند. همچنین بر اساس بررسی‌های صورت گرفته در این پژوهش، بیشترین بخش توده‌های کوارتز دیوریتی و کوارتز مونزودیوریتی توصیف شده در نقشه ۱:۱۰۰،۰۰۰ معلمان، توده تورمالین بیوتیت گرانودیوریت است. این توده به رنگ سفید مایل به خاکستری، بافت دانه‌ای دارد و با حضور بلورهایی از کوارتز، پلاژیوکلاز، قلیایی فلدسپات، بیوتیت و سرانجام حضور تورمالین‌های سیاه‌رنگ دانه پراکنده به شکل ستونی و شعاعی شناسایی می‌شود. این واحد به طور گسترده در نیمه غربی منطقه رخنمون دارد و دگرسانی غالب آن پروپلیتی ضعیف بوده و در برخی موارد دگرسانی سریسیتی ضعیف تا متوسط، آژیلی و سیلیسی- تورمالینی نیز در آن قابل مشاهده است (شکل ۲). این واحد خود توسط استوک‌هایی از واحد کوارتز مونزونیت پورفیری در قسمت جنوب شرق منطقه، مورد نفوذ قرار گرفته است. دگرسانی در کوارتز مونزونیت پورفیری از نوع پروپلیتی ضعیف است. توده‌های بیوتیت مونزوگرانیت و هورنبلند مونزودیوریت پورفیری در شمال شرق منطقه رخنمون دارند. بافت بیوتیت مونزوگرانیت از نوع دانه‌ای



شکل۲ نقشه زمین‌شناسی منطقه فیروزه-قیچی.

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-03-28]

[DOI: 10.29252/ijcm.26.3.611]

بوده و کانی‌های کوارتز، پلاژیوکلاز، فلدسپات قلیایی و بیوتیت در آن دیده می‌شود. دگرسانی این واحد از نوع آرژیلی است. در واحد هورنبلند مونزودیوریت پورفیری، درشت بلورهایی از کوارتز، پلاژیوکلاز، فلدسپات قلیایی و هورنبلند دیده می‌شوند. دگرسانی این واحد از نوع پروپلیتی ضعیف است. توده‌های سینوگرانیت و تورمالین بیوتیت گرانودیوریت خاستگاه اصلی دگرسانی و کانی‌سازی در منطقه بوده و بیشتر تونل‌های منطقه فیروزه-قیچی در این دو واحد حفر شده‌اند.

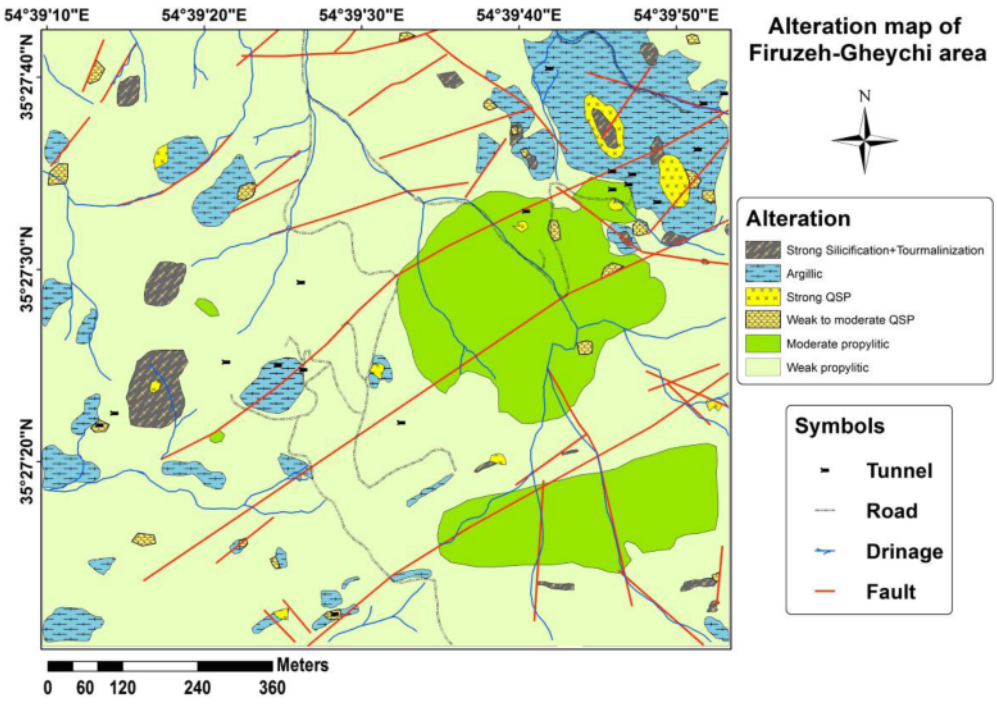
روش بررسی

پس از بررسی‌های صحرایی سطحی و تونل‌های زیرزمینی قابل ورود، در مجموع ۱۲۰ نمونه برداشت شد. به منظور بررسی‌های سنگ‌شناسی، دگرسانی، کانی‌شناسی و توالی همبرزایی، تعداد ۵۷ مقطع نازک، ۱۵ قطعه صیقلی و ۱۸ مقطع نازک-صیقلی آماده شدند. سپس نقشه زمین‌شناسی، دگرسانی و کانی‌سازی منطقه در نرم افزار Arc Gis تهیه گردید. جهت بررسی سیال-های درگیر، تعداد یازده نمونه از رگچه‌های داخل تونل‌های موسوم به قیچی۱، موحد و اردکانی مربوط به پهنه دگرسانی کوارتز-سرسیت-بیریتی (QSP) انتخاب شد. کانی کوارتز مهمترین همبرزاد همراه با کانی‌سازی در رگچه‌ها بوده است و لذا تعداد ۹ نمونه از کوارتز برای تهیه مقطع دوبرصیقل (ضخامت حدود ۱۰۰ میکرون) انتخاب شد. بررسی‌های سنگ-نگاری توسط میکروسکوپ قطبشی و با عدسی۵۰ انجام شد و دماسنجی سیال‌های درگیر به وسیله دستگاه سردکننده و گرم کننده لینکام مدل THMSG 600 در دانشگاه فردوسی مشهد برای همه نمونه‌ها صورت گرفت. گستره دمایی دستگاه بین ۱۲۰- تا ۶۰۰+ درجه سانتی‌گراد و با دقت $^{\circ}C$ ۱± است. مقدار شوری در سیستم H2O-NaCl [۱۱] و چگالی و فشار سیال-های درگیر با استفاده از نرم افزار FLINCOR [۱۲] محاسبه شد.

دگرسانی

۶ پهنه دگرسانی در منطقه فیروزه – قیچی شناسایی شده است (شکل ۳). این پهنه‌های دگرسانی به ترتیب عبارتند از:

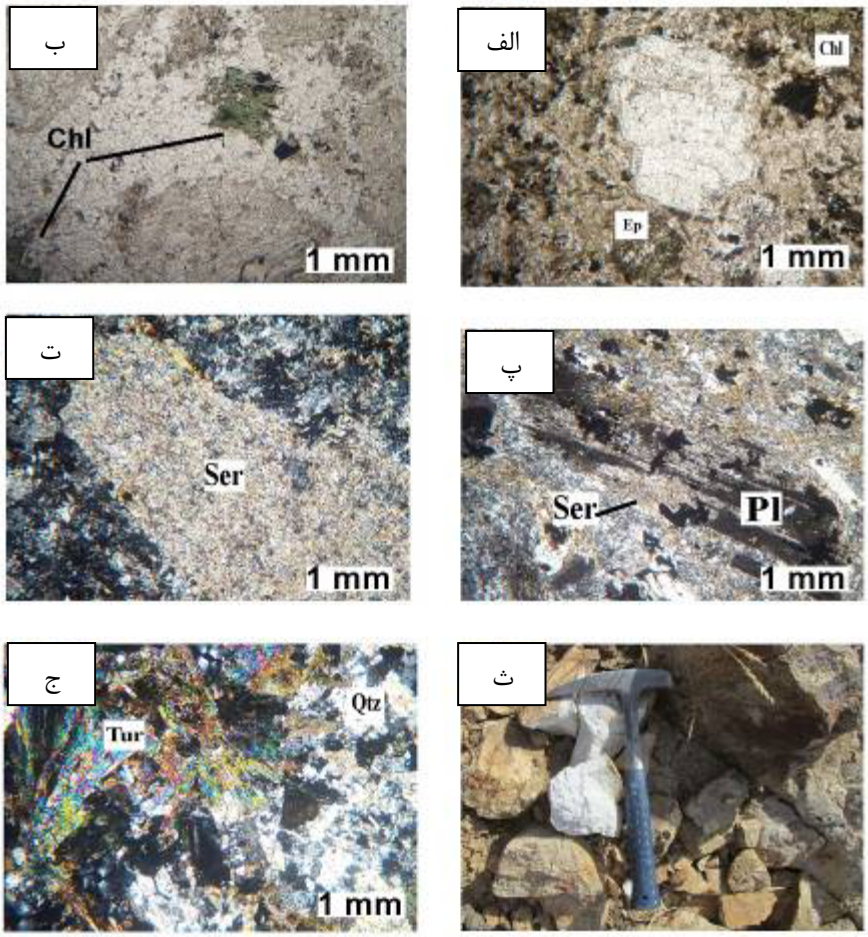
الف) دگرسانی پروپلیتی ضعیف که بیشترین گسترش را نسبت به دیگر پهنه‌های دگرسانی در منطقه دارد و در همه منطقه گسترده است. این پهنه دگرسانی به جز واحد سینوگرانیت در همه واحدهای سنگی منطقه دیده شده و در صحرا به رنگ سبز کم رنگ دیده می‌شود. ویژگی بارز این دگرسانی تبدیل ۳ تا ۱۰ درصد پلاژیوکلازها به اپیدوت و ۸ تا ۱۰ درصد به کربنات، تبدیل ۳ تا ۴ درصد هورنبلندها به کلریت، ۱ تا ۵ درصد بیوتیت‌ها به کلریت، تبدیل ۲ تا ۱۰درصد کلینوپیروکسن ها به اپیدوت، تبدیل ۵ درصد فلدسپات قلیایی به کربنات و حضور حدود ۱ تا ۴ درصد اکسیدآهن است (شکل ۴ الف).



شکل۳ نقشه دگرسانی منطقه فیروزه-قیچی .

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-03-28]

[DOI: 10.29252/ijcm.26.3.611]



شکل ۴ دگرسانی‌های منطقه فیروزه-قیچی الف) حضور کانی‌های اپیدوت با برجستگی بالا و کلریت به رنگ سبز، مشخصه دگرسانی پروپلیتی ضعیف در مقطع نازک(PPL). ب) تبدیل بیش از ۳۰ درصد پلاژیوکلازها به کلریت، مشخصه دگرسانی پروپلیتی متوسط در مقطع نازک(PPL). پ) دگرسانیQSP متوسط با تبدیل پلاژیوکلاز به سریسیت در مقطع نازک(XPL). ت)دگرسانی QSP شدید با تبدیل بیش از ۳۰ درصد فلدسپات قلیایی به سریسیت در مقطع نازک(XPL). ث) نمونه دستی از سنگ دگرسان از نوع آرژیلیک به رنگ سفید. ج) نمایی از دگرسانی سیلیسی-تورمالینی در مقطع نازک(XPL). Qtz: کوارتز، Tur:تورمالین، Chl:کلریت، Ep: اپیدوت،Pl :پلاژیوکلاز، Ser: سریسیت . (علائم اختصاری برگرفته از مرجع [۱۳].

دگرسانی پروپلیتی متوسط در بخش‌های شرق و جنوب شرق منطقه حضور دارد. تنها واحد پیروکسن دیوریت پورفیری دستخوش این دگرسانی شده است. این دگرسانی با تبدیل حدود ۳۰ درصد پلاژیوکلازها به کربنات و کلریت و تبدیل ۱۰ تا ۱۲ درصد کلینوپیروکسن‌ها به اپیدوت شناسایی می‌شود. مقدار اکسیدآهن دگرسانی پروپلیتی متوسط حدود ۲ تا ۳ درصد است.

دگرسانیQSP ضعیف تا متوسط به طور محدود و پراکنده در بخش‌هایی از شرق، شمال غرب و جنوب غرب، توده‌های سینوگرانیت، پیروکسن دیوریت پورفیری، بیوتیت مونزوگرانیت و تورمالین بیوتیت گرانودیوریت را دچار کرده است. مشخصه کانی‌شناسی این پهنه وجود کوارتز به صورت پراکنده در متن سنگ و رگچه‌ای، تبدیل پلاژیوکلاز و فلدسپات قلیایی به مقدار ۴ تا ۱۵ درصد به سریسیت و ۴ تا ۵ درصد به کانی رسی و حضور ۸ تا ۱۰ درصد قالب پیریت (پیریت کاملا اکسید شده) است.

دگرسانیQSP شدید در سطح زمین به علت حضور اکسیدهای آهن ثانویه برآمده از اکسایش سولفیدها، با رنگ زرد روشن کمی مایل به قهوه‌ای مشخص می‌شود. این دگرسانی بیشتر در شمال شرق منطقه و در واحد سینوگرانیت دیده می-شود. تفاوت این دگرسانی با دگرسانیQSP ضعیف تا متوسط، تبدیل پلاژیوکلاز و فلدسپات قلیایی به مقدار بیش از ۱۵ درصد به سریسیت است (شکل ۴ ب).

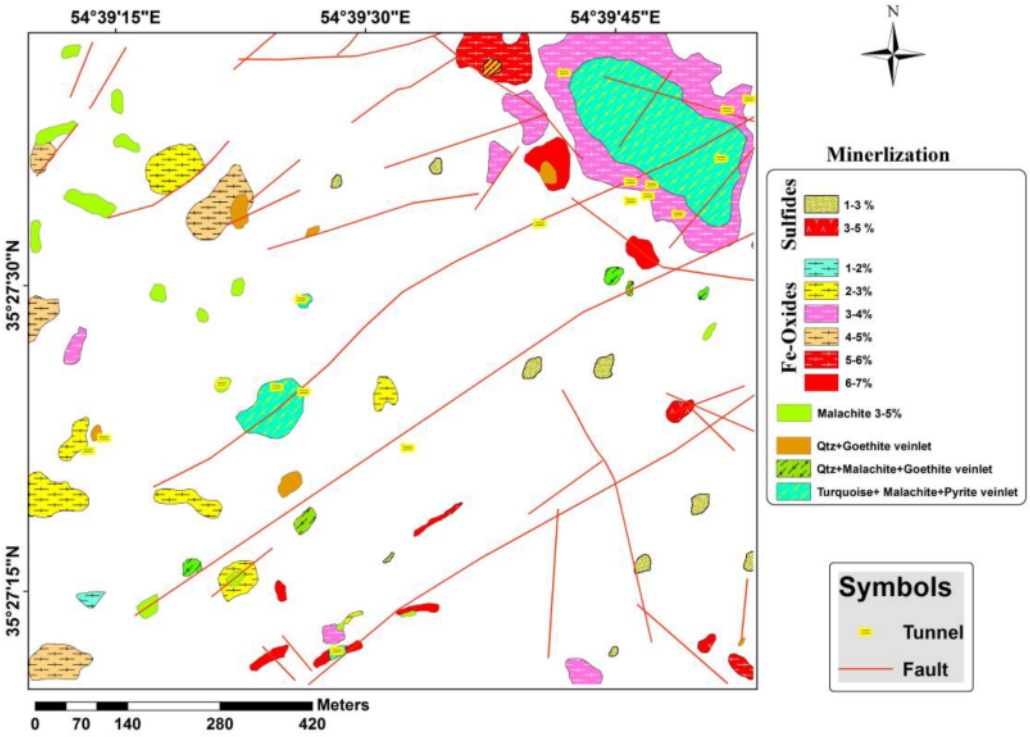
[Downloaded from ijcm.ir on 2024-03-28]
[DOI: 10.29252/ijcm.26.3.611]

دگرسانی آرژیلی به طور پراکنده در نیمه غربی و به ویژه در شمال شرق منطقه قابل مشاهده است. این دگرسانی واحدهای سینوگرانیت، بیوتیت مونزوگرانیت و تورمالین بیوتیت گرانودیوریت را متاثر کرده است. این دگرسانی در اثر تبدیل پلاژیوکلازها و فلدسپات‌های قلیایی سنگ به مقدار بیش از ۳۰ درصد به کانی‌های رسی تشکیل شده است و در صحرا رنگ سفید از خود نشان می‌دهد. این دگرسانی در برخی قسمت‌ها به دلیل حضور اکسیدهای آهن ثانویه ناشی از اکسید شدن سولفیدها رنگ مایل به نارنجی به خود گرفته است.

دگرسانی سیلیسی شدید - تورمالینی به طور منطقه و پراکنده در بخش شمال شرق، غرب و شمال غرب محدوده و همراه با واحدهای سنگی سینوگرانیت، بیوتیت مونزوگرانیت، هورنبلند دیوریت پورفیری و به طور ویژه در تورمالین بیوتیت گرانودیوریت دیده می‌شود. حضور کوارتزهای ریزبلور ثانویه به مقدار ۷۰ تا ۸۵ درصد زمینه سنگ و ۱۰ درصد تورمالین پراکنده و رگچه‌ای در سنگ، ویژگی بارز این دگرسانی است (شکل ۴ پ).

کانی‌سازی

بر اساس بررسی‌های صحرایی و میکروسکوپی، کانی‌سازی منطقه فیروزه-قیچی به دو شکل پراکنده و رگچه‌ای قابل مشاهده است. باتوجه به شکل ۵، کانی‌سازی در سطح شامل پیریت به صورت پراکنده بین ۱ تا ۵ درصد در نیمه شرقی به ویژه جنوب شرق منطقه در واحد پیروکسن دیوریت پورفیری با دگرسانی پروپلیتی ضعیف دیده می‌شود. پیریت در بیشتر قسمت‌ها تا ۹۰ درصد به گوتیت و هماتیت تبدیل شده است لذا پراکندگی اکسیدهای آهن نیز در نقشه کانی‌سازی بیان شده است (شکل ۵). مقدار اکسیدآهن در منطقه فیروزه-قیچی بین ۱ تا ۷ درصد متغیر بوده و مقادیر بین ۱ تا ۳ درصد در مرکز و نیمه غربی منطقه و مقادیر بالاتر، بیشتر در شمال شرق منطقه قابل مشاهده است (شکل ۵). کانی‌سازی مالاکیت به مقدار ۳ تا ۵ درصد در شمال غرب و در واحد تورمالین بیوتیت گرانودیوریت تشکیل شده است. رگچه کوارتز-گوتیت در شمال غرب و جنوب غرب منطقه رخنمون دارد (شکل ۵). رگچه‌های کوارتز-مالاکیت-گوتیت در نواحی شمال شرق و جنوب غرب دیده می‌شوند. همچنین کانی‌سازی‌های فیروزه، مالاکیت و پیریت رگچه‌ای بیشتر در شمال شرق و در واحد سینوگرانیت و به مقدار کمتر در جنوب غرب و نزدیک به مرکز منطقه تشکیل شده است. ضخامت این رگچه‌ها از ۱ میلی‌متر تا ۵ سانتی‌متر متغیر بوده و تراکم آن‌ها ۱ رگچه در متر مکعب است.

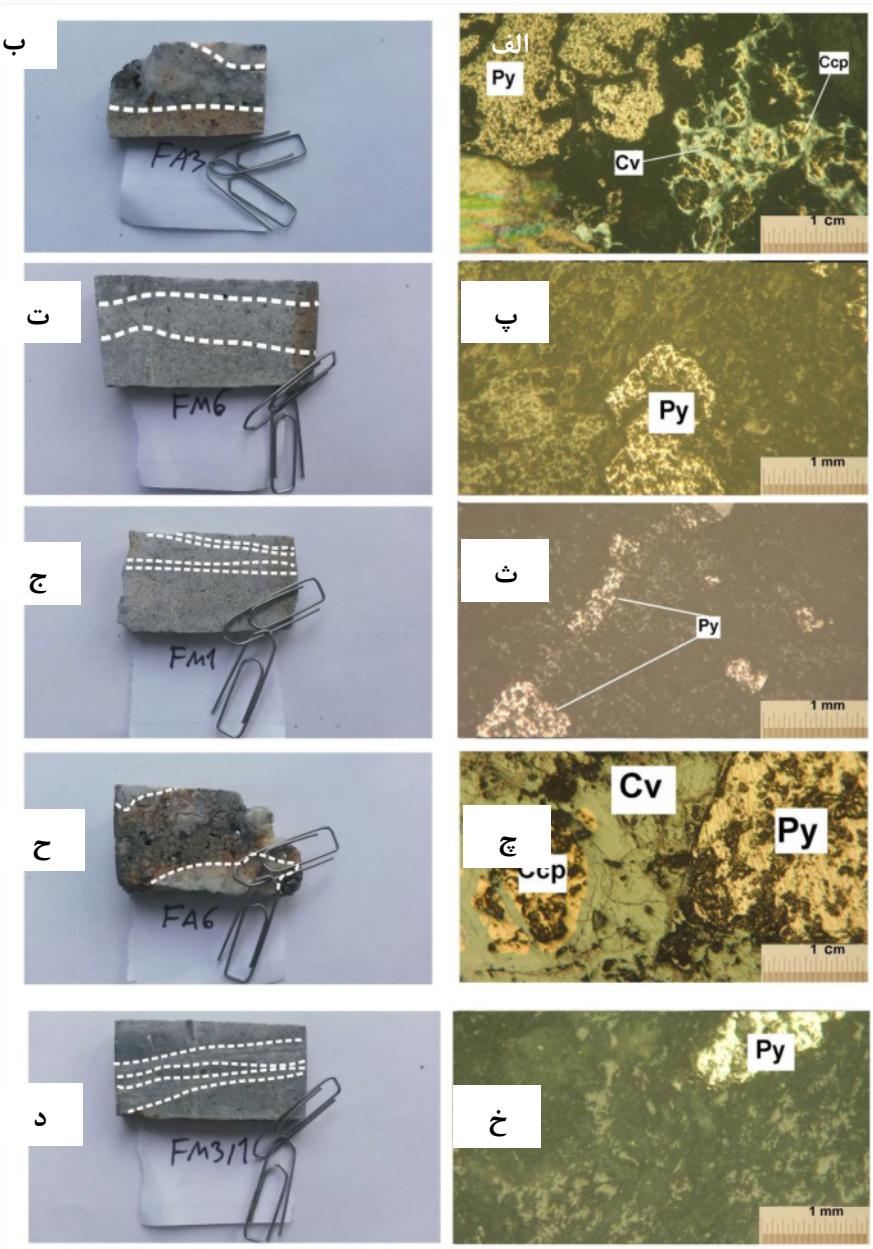


شکل ۵ نقشه کانی‌سازی منطقه فیروزه-قیچی.

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-03-28]

[DOI: 10.29252/ijcm.26.3.611]

در بخش عمقی کانسار (تونل‌ها)، کانی‌سازی به شکل داربستی دیده می‌شود. به این ترتیب، ۷ نوع رگچه براساس ترکیب کانی‌شناسی شناسایی شد: نوع I: کوارتز-پیریت-کالکوپیریت-تورمالین. نوع II: کوارتز-کلریت-پیریت-تورمالین. نوع III: کوارتز-پیریت. نوع IV: کوارتز-پیریت-کالکوپیریت. نوع V: کوارتز-تورمالین-پیریت. نوع VI: تورمالین-پیریت و نوع VII: پیریت-کالکوپیریت-کلریت-تورمالین. این رگچه‌ها در توده‌های کوارتز مونزونیت پورفیری با دگرسانی QSP و تورمالین بیوتیت گرانودیوریت با دگرسانی سیلیسی-تورمالینی دیده و شناسایی شدند (شکل ۶).



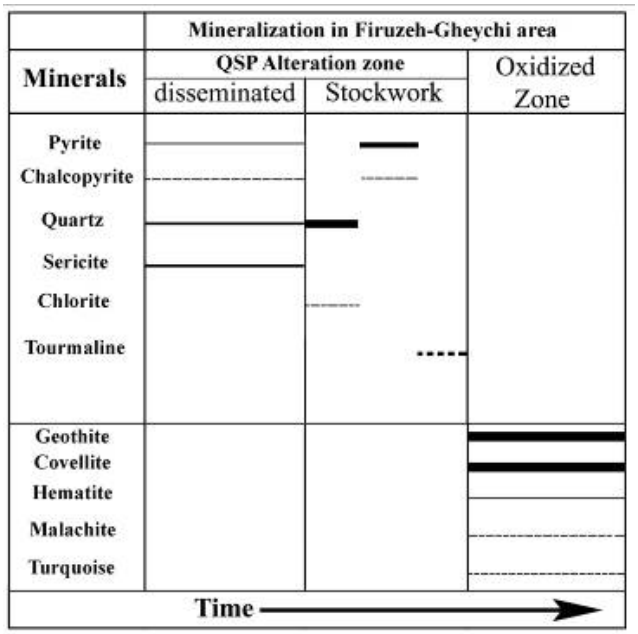
شکل ۶ تصاویر نمونه دستی و مقاطع میکروسکوپی رگچه‌های مختلف در منطقه فیروزه-قیچی. الف) رگچه کوارتز-پیریت-کالکوپیریت-تورمالین در نور بازتابی، ۲۰ تا ۲۵ درصد کالکوپیریت به کوولیت تبدیل شده است. ب) نمونه دستی رگچه نوعI پ)رگچه کوارتز-کلریت-پیریت-تورمالین در نور بازتابی که پیریت شکلدار کاملا مشخص است. ت) نمونه دستی رگچه نوعII ث) رگچه کوارتز-پیریت در نور. ج) نمونه دستی رگچه نوعIII چ) رگچه کوارتز-پیریت-کالکوپیریت در نور بازتابی. کالکوپیریت تا ۸۰ درصد به کوولیت تبدیل شده است. ح) نمونه دستی رگچه نوعIV خ) رگچه کوارتز-تورمالین-پیریت در نور بازتابی د) نمونه دستی رگچه نوعV. Py:پیریت، Cv: کوولیت، Ccp: کالکوپیریت. (علائم اختصاری برگرفته از مرجع [۱۳]

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-03-28]

[DOI: 10.29252/ijcm.26.3.611]

تراکم رگچه‌ها بین ۱ تا ۲ رگچه در متر مکعب است. ضخامت رگچه‌ها از ۰٫۰۵ میلی‌متر تا ۱٫۵ سانتی‌متر متغیر است. پیریت مهمترین کانی سولفیدی رگچه‌ها است. پیریت‌ها بیشتر شکل‌دار تا نیمه شکل‌دار هستند و از ۳ تا ۷۰ درصد کل رگچه‌ها را به خود اختصاص می‌دهند. این پیریت‌ها بین کمتر از ۵ تا بیش از ۹۰ درصد به گوتیت تبدیل شده‌اند و بیشتر در وسط رگچه‌ها حضور دارند. در این بخش‌ها، نخست کوارتز و سپس پیریت تشکیل شده است. از طرفی، در برخی نمونه‌ها همرشدی کوارتز با دیده می‌شود. در مجموع، به نظر می‌رسد که پیریت همزمان تا کمی پس از کوارتز در رگچه‌ها تشکیل شده است. مقدار کالکوپیریت در رگچه‌ها بین ۱ تا ۱۵ درصد است. این کانی بی‌شکل بوده و بین ۱۰ تا ۹۰ درصد به کوولیت تبدیل شده است. مراحل کانه زایی و همبرزایی کانی‌سازی در شکل۷ بررسی شده است.

سیال‌های درگیر با هدف بازسازی شرایط فیزیکو- شیمیایی سیال کانسارساز و چگونگی کانی‌سازی در منطقه و دستیابی به یک مدل اکتشافی مستدل بررسی شدند. علاوه بر این، به واسطه بررسی سیال‌های درگیر، اطلاعات روزافزونی در مورد نقش فازهای سیال در فرایندهای رسوبی، میانزایی، دگرگونی و ماگمایی بدست می‌آیند [۱۴]. در واقع هر سیال درگیر نتیجه به دام افتادن حجم کوچکی از یک سیال درون بلور است. این سیال‌ها یا در امتداد نواحی رشد و در هر نقص بلوری که طی رشد درون یک بلور ایجاد می‌شود (سیال‌های درگیر اولیه) یا طی رشد و همزمان با رشد بلور (سیال‌های درگیر اولیه) و یا در ترک‌ها و شکستگی‌های دیرزاد کانی (سیال‌های درگیر ثانویه و ثانویه کاذب) بدام می‌افتند [۱۵]. بنابراین می‌توان گفت که سیال‌های درگیر ترکیب سیال و شرایط تشکیل کانی را نشان می‌دهند [۱۶]. پیش از سیال‌های درگیر باید بررسی‌های دقیق همبرزایی انجام شود و کانی‌هایی انتخاب شوند که تشکیل آن-ها از محلول کانه‌دار تایید شده باشد. در کانسار کوه زر، کانی کوارتز مهمترین و فراوان‌ترین کانی همراه با کانی‌سازی سولفیدی بوده که با سیال کانه‌ساز منطقه در ارتباط هستند لذا بررسی سیال‌های درگیر برای ۹ نمونه مربوط به رگچه‌های نوع I تا V انجام شد که خلاصه نتایج در جدول ۱ ارائه شده است. سیال‌های درگیر از نظر ظاهری دارای اشکال ۶ ضلعی نامنظم، لوزی شکل، میله‌ای شکل، بی شکل، مثلثی شکل، مستطیلی شکل، دوکی شکل، مخروطی و... هستند. بر اساس رده‌بندی مرجع [۱۴]، بیشتر سیال‌های درگیر اولیه از نوع دو فازی مایع-بخار (LV) و تک فازی مایع (L) شناسایی شدند. همچنین اثری از شوری چون هالیت، سیلویت و... دیده نشد که این موضوع نشان می‌دهد که میزان شوری سیال‌های کانه ساز در این منطقه کم است. در کل، مقدار سیال‌های درگیر LV از بقیه انواع بیشتر است. همچنین فعالیت‌های زمین‌شناختی در این منطقه پس از تشکیل سیال‌های درگیر اولیه، موجب تشکیل سیال‌های درگیر ثانویه از نوع تک فازی L با ابعاد کمتر از ۵ میکرون و ثانویه کاذب از نوع دو فازی LV و تک فازی L شده است.



شکل۷ توالی همبرزایی کانی‌های فلزی و غیر فلزی در بخش شمالی کانسار کوه زر (منطقه فیروزه-قیچی).

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-03-28]

[DOI: 10.29252/ijcm.26.3.611]

جدول ۱ خلاصه نتایج بررسی سیال‌های درگیر کانسار کوه زر (منطقه فیروزه-قیچی) در کانی کوارتز.

شماره نمونه	نوع رگچه	n	اندازه (μm)	$T_h(C^o)$	$T_m(C^o)$	شوری (wt. % equiv)	چگالی (gr/cm^3)
FA3	I	۱۴	۶-۱۰	۴۳۵-۴۸۶	-۱۲٫۷ تا -۱۰٫۵	۱۴٫۴-۱۶٫۶	۰٫۵۹-۰٫۶۸
FG1	I	۹	۵-۶	۴۲۸-۴۶۴	-۱۲٫۸ تا -۱۲	۱۵٫۹-۱۶٫۷	۰٫۶۵-۰٫۷۱
FM6	II	۶	۵-۶	۴۳۶-۵۰۰	-۲۱٫۶ تا -۲۰٫۲	۲۲٫۵-۲۳	۰٫۷۰-۰٫۷۸
FM2	III	۸	۲-۵	۳۶۷-۴۰۸	-۲۱٫۴ تا -۲۰	۲۲٫۳-۲۳٫۳	۰٫۸۲-۰٫۸۷
FA1	III	۱۲	۶-۱۳	۴۳۱-۴۷۹	-۱۲٫۶ تا -۱۱٫۴	۱۵٫۳-۱۶٫۵	۰٫۶۲-۰٫۷۰
FM1	III	۹	۴-۵	۴۲۵-۴۵۰	-۲۱٫۸ تا -۲۰	۲۲٫۳-۲۳٫۵	۰٫۷۷-۰٫۸۰
FG5	III	۷	۵	۴۰۵-۴۳۸	-۲۱٫۷ تا -۱۹	۲۱٫۶-۲۳٫۵	۰٫۷۸-۰٫۸۲
FA6	IV	۱۲	۴-۵	۳۶۳-۴۰۷	-۱۳٫۶ تا -۱۲	۱۶٫۱-۱۷٫۴	۰٫۷۴-۰٫۷۹
FM3-1	V	۱۳	۵	۴۲۱-۵۱۶	-۱۸٫۷ تا -۱۷	۲۰٫۲-۲۱٫۴	۰٫۶۴-۰٫۷۹

بررسی سیال‌های درگیر

ریز دماسنجی

ریزدماسنجی امکان تعیین کمی دمای کمینه به‌دام افتادن یک سیال درگیر (که در برخی موارد دمای ته‌نشست کانی میزبان گرمابی است)، تعیین شوری و تعیین و تشخیص برخی مواد فرار و گازها از جمله دی اکسید کربن را ممکن می‌سازد [۱۷].

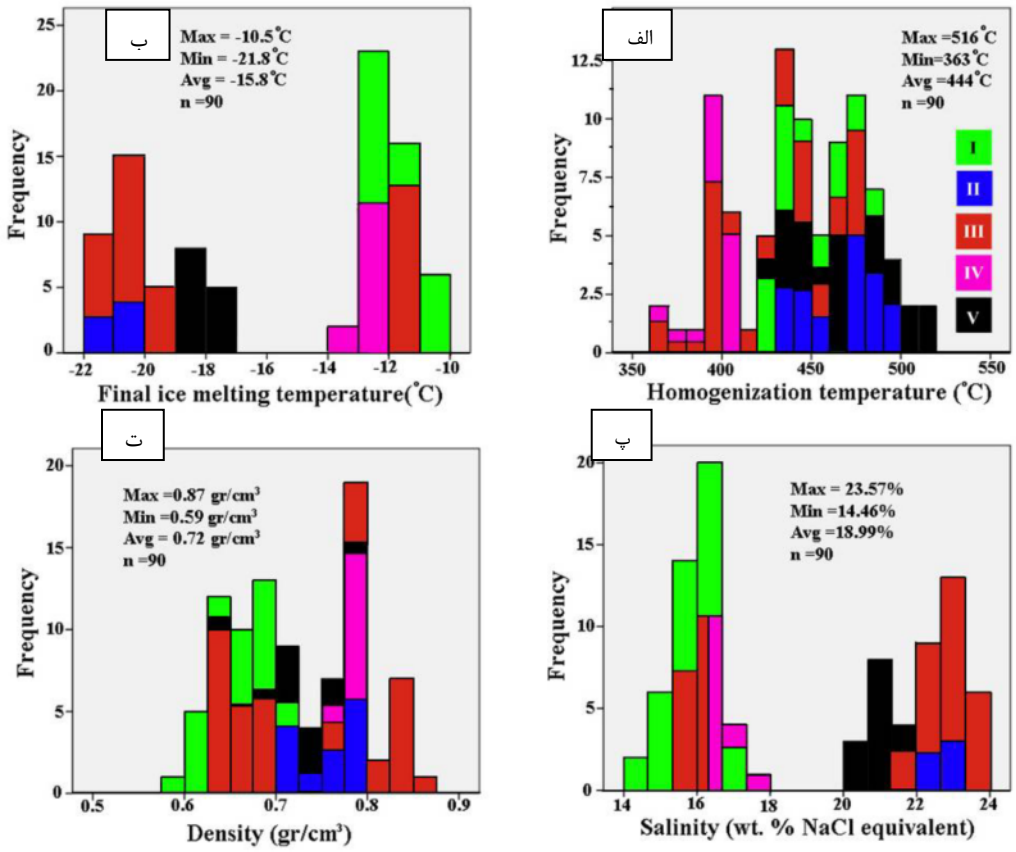
با توجه به نمودارستونی دمای همگن‌شدگی (Th)، (شکل ۸ الف) گستره دمای همگن شدگی از ۳۶۳ تا ۵۱۶ درجه سانتی‌گراد (متوسط ۴۴۴ درجه سانتیگراد) بوده و در همه نمونه‌ها همگن‌شدگی به فاز مایع صورت گرفته است. همگن شدگی به فاز مایع نشان می‌دهد که سیالي که میانبارها از آن به دام افتاده‌اند به احتمال زیاد به صورت مایع بوده است [۱۸]. دمای همگن‌شدگی در میانبارهای رگچه نوع I از ۴۲۸ تا $^{\circ}C$ ۴۸۶ در تغییر است و بیشترین فراوانی دمای همگن‌شدگی مربوط به گستره ۴۳۰ تا $^{\circ}C$ ۴۴۰ و ۴۷۰ تا $^{\circ}C$ ۴۸۰ است. دمای همگن‌شدگی سیال‌های رگچه نوع II از ۴۳۶ تا $^{\circ}C$ ۵۰۰ در تغییر است و بیشترین فراوانی دمای همگن‌شدگی مربوط به گستره ۴۷۰ تا $^{\circ}C$ ۴۸۰ است. دمای همگن‌شدگی میانبارهای رگچه نوع III در گستره ۳۶۷ تا $^{\circ}C$ ۴۷۹ است. بیشترین فراوانی دمای همگن‌شدگی مربوط به گستره ۴۳۰ تا $^{\circ}C$۴۴۰ است. دمای همگن‌شدگی در میانبارهای رگچه نوع IV از ۳۶۳ تا $^{\circ}C$ ۴۰۷ در تغییر است و بیشترین فراوانی دمای همگن-شدگی مربوط به گستره ۳۹۰ تا $^{\circ}C$ ۴۰۰ است. دمای همگن-شدگی سیالات رگچه نوع V از ۴۲۱ تا $^{\circ}C$ ۵۱۶ در تغییر است ولی در گستره دمایی ۴۳۰ تا $^{\circ}C$۴۴۰ و ۴۸۰ تا $^{\circ}C$ ۴۹۰ بیشترین فراوانی را دارند (شکل ۸ الف).

دمای همگذاری (T_{fm}) سیال‌های درگیر اندازه‌گیری شده در نمونه‌های دوفازی اولیه بین ۵۵٫۹- تا ۵۸٫۶- درجه سانتی-گراد است که نشان می‌دهد که سیال مسؤول کانی‌سازی در کانسار کوه زر احتمالاً دارای ترکیب H_2O-NaCl-$CaCl_2$ بوده است چرا که دمای همگذاری در این سیستم برابر با ۵۵- درجه سانتی‌گراد است [۱۶]. در مواردی T_{fm} اندازه‌گیری شده از دمای همگذاری سیستم H_2O-NaCl-$CaCl_2$ (۵۵- درجه سانتی‌گراد) پایین‌تر است، که احتمالا به سبب حضور نمک‌های دیگری از قبیل Mg و K در سیستم است [۱۹].

دمای نهایی ذوب (T_m) بین۱۰٫۵- تا ۲۱٫۸- درجه سانتی-گراد (متوسط ۱۵٫۸- درجه سانتی‌گراد) متغیر است (شکل ۸ ب). گستره دمایی ذوب یخ در میانبارهای رگچه نوع I از ۱۲٫۸- تا $^{\circ}C$ ۱۰٫۵- است و بیشترین فراوانی آن مربوط به ۱۲- تا $^{\circ}C$۱۱- می‌باشد. دمای ذوب یخ در سیال‌های رگچه نوع II در گستره ۲۱٫۶- تا $^{\circ}C$ ۲۰٫۲- است و بیشترین فراوانی مربوط به گستره دمایی ۲۱- تا $^{\circ}C$ ۲۰- است. گستره دمایی ذوب یخ در میانبارهای رگچه نوع III از ۲۱٫۸- تا $^{\circ}C$ ۱۱٫۴- است و بیشترین فراوانی مربوط به گستره ۲۱- تا $^{\circ}C$۲۰- است. گستره دمایی ذوب یخ در میانبارهای رگچه نوع IV از۱۳٫۶- تا $^{\circ}C$۱۲- است و بیشترین فراوانی آن مربوط به۱۱- تا $^{\circ}C$ ۱۲- است. دمای ذوب یخ در میانبارهای رگچه نوع V از ۱۸٫۷- تا $^{\circ}C$۱۷- در تغییر است و بیشترین فراوانی مربوط به گستره ۱۷- تا $^{\circ}C$۱۸- است (شکل ۸ ب).

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-03-28]

[DOI: 10.29252/ijcm.26.3.611]



شکل ۸ نمودارهای ستونی مربوط به سیال‌های درگیر کانسار کوه زر (منطقه فیروزه-قیچی). الف) دمای همگن شدگی. ب) آخرین دمای ذوب شدگی. پ) مقدار شوری. ت) چگالی.

بر اساس سیستم H_2O-NaCl [۱۱]، مقدار شوری بین ۱۴٫۴ تا ۲۳٫۵ (متوسط۱۸٫۹) درصد وزنی معادل NaCl بوده است (شکل ۸ پ). برای سیال‌های رگچه نوع I، شوری از ۱۴/۴ تا ۱۶٫۷ Wt.%NaCl در تغییر است و بیشترین شوری در گستره ۱۶ تا ۱۶٫۶ Wt.%NaCl است. شوری میانبارهای رگچه نوع II ۲۲٫۵ تا ۲۳ Wt.%NaCl است. گستره شوری میانبارهای رگچه نوع III بین ۱۵٫۳ تا ۲۳٫۵ Wt.%NaCl است و بیشترین شوری مربوط به گستره ۲۲٫۶ تا ۲۳٫۲ Wt.%NaCl است. برای سیال‌های رگچه نوع IV، شوری از ۱۶٫۱ تا ۱۷٫۴ Wt.%NaCl در تغییر است و در گستره ۱۶٫۱ تا ۱۶٫۶ Wt.%NaCl بیشترین مقدار شوری را دارد. بیشترین فراوانی شوری برای سیال‌های رگچه نوع V در گستره ۲۰٫۲ تا ۲۱٫۴ Wt.%NaCl است و بیشترین شوری در گستره ۲۰٫۶ تا ۲۱٫۲ Wt.%NaCl است (شکل ۸ پ).

چگالی سیال‌های درگیر اولیه بر اساس معادله مرجع [۱۲] بین ۰٫۵۹ تا ۰٫۸۷گرم بر سانتی‌متر مکعب (شکل ۸ ت) و فشار سیال بین ۱۶۵ تا ۵۴۷ بار بدست آمد. گستره چگالی سیال-های رگچه نوع I بین ۰٫۵۹ تا ۰٫۷۱گرم بر سانتی متر مکعب بوده و بیشترین چگالی بین ۰٫۶۷ تا ۰٫۷گرم بر سانتی‌متر مکعب است. گستره چگالی سیال‌های رگچه نوع II بین۰٫۷۰تا ۰٫۷۸ گرم بر سانتی متر مکعب بوده و بیشترین چگالی بین ۰٫۷۷ تا ۰٫۷۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب است. چگالی میان-بارهای رگچه نوع III بین۰٫۶۲ تا ۰٫۸۷گرم بر سانتی‌متر مکعب بوده و بیشینه آن بین ۰٫۷۷ تا ۰٫۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب است. چگالی در میانبارهای رگچه نوع IV بین ۰٫۷۴ تا ۰٫۷۹ گرم بر سانتی‌متر مکعب در تغییر بوده و بیشترین فراوانی مربوط به ۰٫۷۷ تا ۰٫۷۹ گرم بر سانتی متر مکعب است. گستره چگالی میانبارهای رگچه نوع V بین ۰٫۶۴ تا ۰٫۷۹ گرم بر

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-03-28]
[DOI: 10.29252/ijcm.26.3.611]

سانتی‌متر مکعب بوده که بیشینه آن بین ۰/۷۷ تا ۰/۷۹ است (شکل ۸ ت).

برداشت

کانسار کوه زر در پهنه ترود-چاه شیرین و در بخش شرقی کمربند ماگمایی البرز شکل گرفته است. به عقیده حسن‌زاده [۲۰] کمربندهای ماگمایی البرز و ارومیه-دختر هر دو بخش-های جدا شده از کمان ماگمایی واحد نئوتتیس هستند. مجموعه ماگمایی البرز به فرورانش سنگ کره اقیانوسی تتیس به زیر خردقاره ایران مرکزی و در پی آن، برخورد قاره‌ای عربستان و خردقاره ایران در کرتاسه پسین- سنوزوئیک پیشین نسبت داده می‌شود [۲۱-۲۴].

با توجه به موقعیت زمین‌ساختی مناسب و تشکیل ماگما در پهنه فرورانش، حضور توده‌های کوارتز مونزونیت پورفیری به عنوان خاستگاه کانی‌سازی، دگرسانی‌های گسترده QSP، پروپلیتی و آرژیلی، کانی‌سازی پیریت و کالکوپیریت، حضور فیروزه، مالاکیت و کوولیت به عنوان مهمترین کانی‌سازی‌های مس در پهنه اکسیدان، بی‌هنجاری‌های زمین‌شیمیایی عناصر طلا و مس در منطقه مورد بررسی در ارتباط با توده‌های نفوذی، به نظر می‌رسد که سیستم کانی‌سازی در کانسار طلا-مس کوه زر احتمالا از نوع طلا- مس پورفیری باشد.

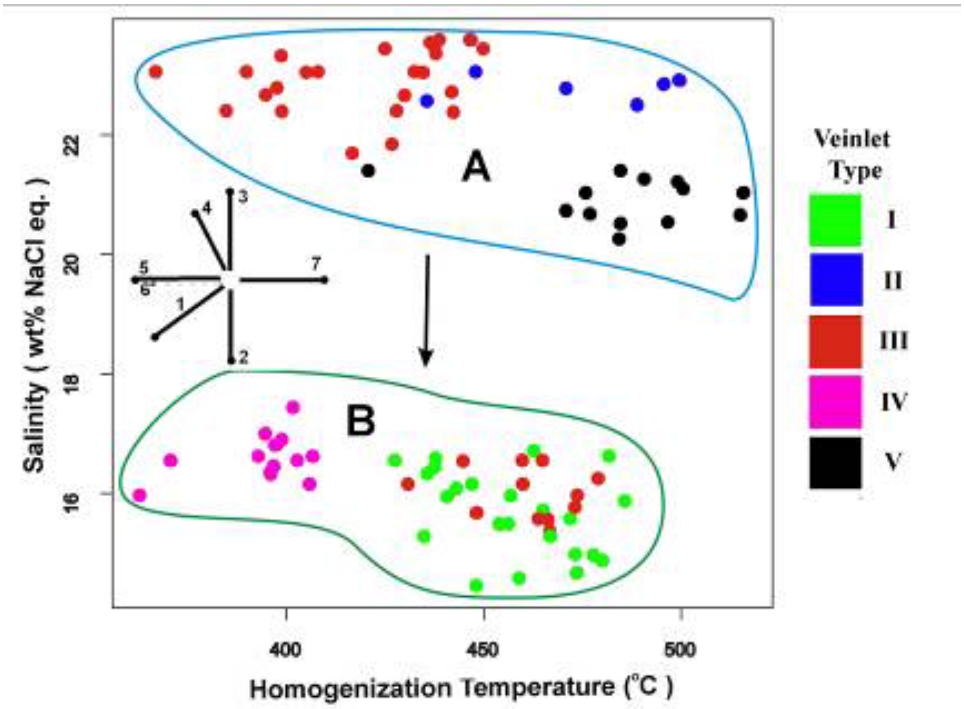
بر اساس نمودار شوری- دمای همگن‌شدگی [۱۴]، به طور کلی دو نوع سیال کانه‌ساز تشخیص داده شد: ۱) سیال A با شوری متوسط ۲۰ تا ۲۴ درصد وزنی معادل NaCl و ۲) سیال B با شوری متوسط ۱۴ تا ۱۸ درصد وزنی معادل NaCl. رگچه‌های نوع II وV در گستره سیال A، رگچه‌های نوع I و IV در گستره سیال B و سرانجام رگچه نوع III در هر دو گستره سیال A و B قرار می‌گیرد. دمای همگن شدگی سیال-های هر دو گستره A و B یکسان است. بنابراین، روند آمیختگی سیال A با سیال B با شوری کمتر و دمای یکسان تایید می‌شود (شکل ۹). هر چند که گستره دمای همگن شدگی سیال‌های همه رگچه‌ها یکسان است، اما سیال‌های رگچه‌های I و IV شوری کمتر دارند، در حالی که سیال‌های رگچه‌های II وV شوری بیشتری دارند و احتمالا نخست تشکیل شده‌اند. رگچه نوع III آمیختگی سیال با شوری بیشتر با سیال با شوری کمتر را در یک گستره دمایی یکسان همخوان با روند کلی بیان شده تایید می‌کند. به عقیده راسک و همکارش [۲۵]، سیال‌های درگیر دوفازی، با شوری بین ۱۵ تا ۲۵ Wt.%NaCl که غنی در مایع هستند، ممکن است در بخش‌های عمیق‌تر سیستم‌های مس پورفیری یافت شوند، جایی‌که فشار به اندازه کافی برای ممانعت از جدایش فازی بالاست و پدیده جوشش رخ می‌دهد. از طرفی وجود دو مجموعه سیال درگیر با شوری بالا و شوری پایین در یک سیال کانسارساز از دیگر نشانه‌های فرآیند جوشش در سیستم گرمابی مولد کانی‌سازی است [۲۷،۲۶]. همچنین همزیستی سیال‌های درگیر دوفازی غنی از مایع و غنی از بخار در کوارتزهای این ناحیه، نشان‌دهنده پدیده جوشش هنگام کانی‌سازی است. پدیده جوشش باعث تغییراتی در شرایط فیزیکوشیمیایی محلول کانه‌دار مثل کاهش دما، افزایش PH و غیره می‌شود که لازمه ته‌نشست فلزات، ناپایداری کمپلکس‌ها و تشکیل کانی-هاست. اغلب در نتیجه فرآیند جوشش، قسمتی از مس موجود در محلول می‌تواند به صورت کالکوپیریت نهشته شود [۲۸]. معمولا برای بدست آوردن دمای واقعی تشکیل کانسار، فشار ستون چینه‌ای که آن زمان بر کانی‌سازی وارد بوده لازم است و باید بر دمای همگن شدگی بدست آمده، تصحیح فشار صورت گیرد. اما از آنجا که شواهد فرآیند جوشش دیده می‌شود، تصحیح فشار لازم نیست، زیرا در زمان جوشش، سیال‌های درگیر روی منحنی مایع- بخار قرار می‌گیرند. بنابراین دمای همگن شدگی بدست آمده برای کانسار کوه زر می‌تواند همان دمای واقعی تشکیل کانی‌سازی باشد.

باتوجه به نمودار دمای همگن شدگی نسبت به شوری، سیال‌های درگیر مربوط به کانی‌سازی از نظر خاستگاه در گستره آب‌های ماگمایی قرار می‌گیرند [۲۹] (شکل ۱۰). حضور دگرسانی غالب کوارتز-سرسیت-پیریت، نیز حضور سیال‌های گرمابی با خاستگاه ماگمایی را تایید می‌کند. چرا که در این دگرسانی، سیال‌های ماگمایی غالب هستند. اندازه‌گیری دمای همگذاری نشان‌دهنده حضور کاتیون‌های Ca^{+2}، Na^{+} و احتمالاً Mg^{+2} و K^{+} در فاز مایع سیال‌های درگیر این کانسار است.

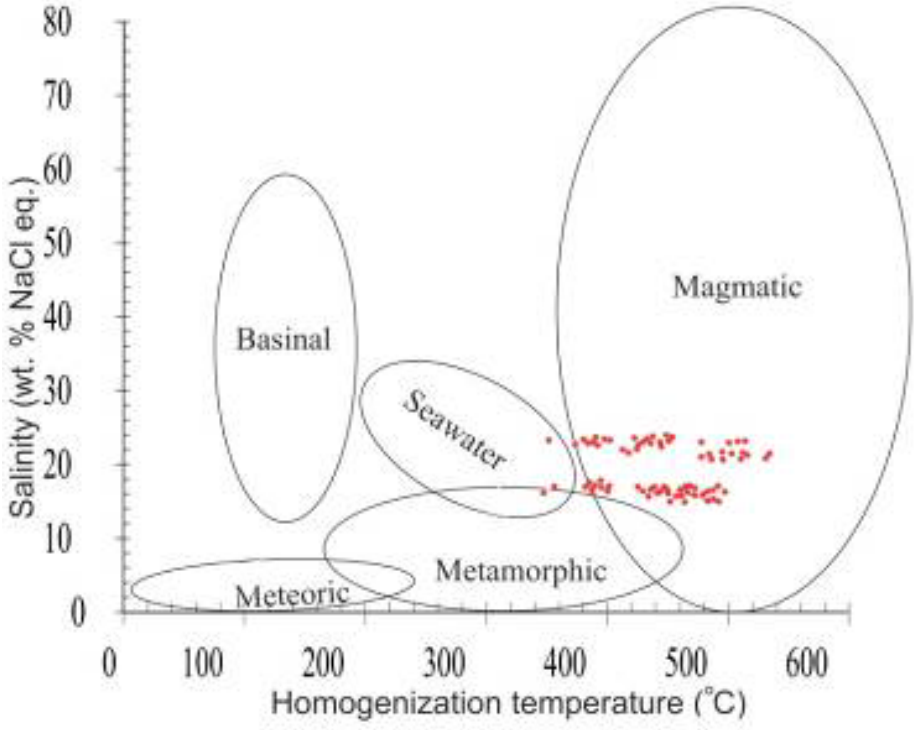
ویکینسان [۳۰] معتقد است که تغییرات دمای همگن شدگی و شوری سیال در کانسارهای مختلف به گونه‌ای است که با مقایسه آنها می‌توان عناصر مختلف بدام افتاده را بر حسب دمای همگن‌شدگی و درجه شوری، رده‌بندی کرد. بر این اساس، نمونه‌های مورد بررسی در گستره کانسارهای پورفیری و بین خط منحنی اشباع هالیت و خط بحرانی که فقیر از نمک طعام است، قرار می‌گیرند (شکل ۱۱).

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-03-28]

[DOI: 10.29252/ijcm.26.3.611]



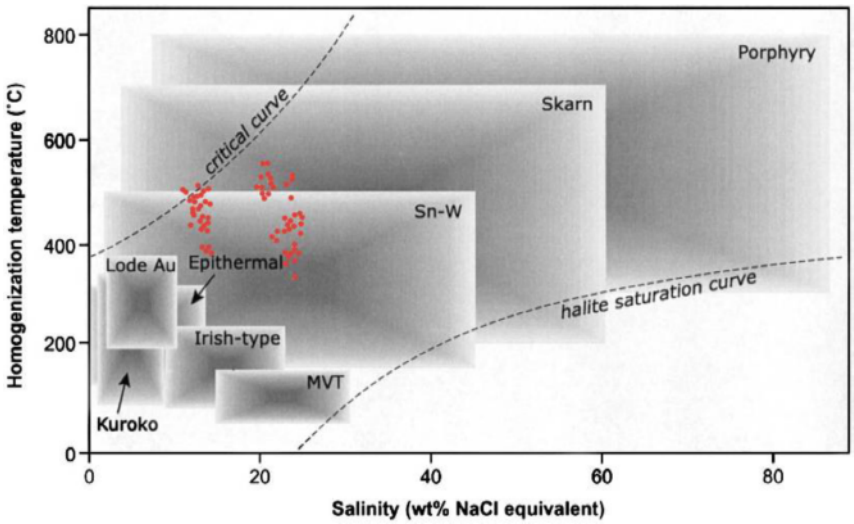
شکل ۹ نمودار شوری نسبت به دمای همگن شدگی انواع سیال‌های درگیر کانسار کوه زر (منطقه فیروزه-قیچی). روندهای ممکن تکامل سیال در نمودار دما-شوری برگرفته از مرجع [۱۷] است. روند ۱- آمیختگی سیال A با سیال سردتر و شوری کمترB. روندهای ۲ و ۳- آمیختگی سیال A با سیال‌های دیگر با شوری مختلف ولی دمای یکسان. روند ۴- شوری فاز باقی‌مانده در اثر جوشش افزایش پیدا کرده است. روند ۵- سردشدگی سیال. روند ۶- باریک شدگی سیال‌های درگیر و روند ۷- تراوش سیال‌های درگیر طی گرمایش.



شکل ۱۰ دمای همگن شدگی نسبت به شوری برای سیال‌های درگیر کانسار کوه زر در نمودار مرجع [۲۹]

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-03-28]

[DOI: 10.29252/ijcm.26.3.611]



شکل ۱۱ بستگی دمای همگن شدگی- شوری سیال‌های درگیر کانسار کوه زر در نمودار مرجع [۳۱] که نشان می‌دهد که این کانسار در رده کانسارهای پورفیری قرار می‌گیرد.

در پایان گفتنی است که از آن‌جا که کمربند ماگمایی البرز به سن سنوزوئیک در یک حوضه کششی پشت کمانی ناشی از فرورانش عمیق صفحه عربستان به زیر صفحه ایران مرکزی تشکیل شده و بستر مناسبی برای کانی‌سازی‌های مختلف آن زمان است، لذا شناخت هر چه بیشتر این نوع ذخایر از نظر چگونگی تشکیل و خاستگاه عناصر و محلول کانه‌دار و ارتباط آن با توده‌های نفوذی و ساختارهای زمین‌شناسی گام مثبتی در جهت اکتشاف بهتر آن‌هاست.

قدردانی

این پروژه با حمایت مالی دانشگاه فردوسی مشهد در ارتباط با طرح پژوهشی شماره ۲۷۱۲۶/۳ در تاریخ ۹۲/۰۲/۲۰ انجام شده است. از آقایان مهندس حاجی‌میرزا جان، شعبانی و برآبادی که برای انجام عملیات صحرایی این پروژه کمک کردند تقدیر و تشکر می‌گردد.

مراجع

[1] Eshragi S.A, Jalali. A, "*Geological map of Moalleman, 1:100,000 scale"*, Geological Survey of Iran, (2006).

[2] Maghfouri S., Hosseinzadeh M.R., Moayyed M., Movahednia M., Choulet F., *"Geology, mineralization and sulfur isotopes geochemistry of the Mari Cu (Ag) Manto-type deposit, northern Zanjan, Iran"*, Ore Geology Reviews, V. 81, Part 1, (2017) 10–22.

[3] Alavi M., *"Tectonic map of the Middle East*", Geological Survey of Iran, Tehran, (1991).

[4] Khakzad A., "*Overview of Economic Geology of Semnan Province*", Faculty of Earth Sciences, Beheshti University, (1988) Inedited

[5] Rashid Nejad Omran N., "*Petrography and magmatic changes study and Relationship with Au mineralization in Baghu area, (S-SE of Damghan)*", M.Sc. Thesis, Tarbiat Moallem Unuversity, Tehran, Iran, (1993) 256 pp

[6] Ahmadi Shad A., "*Mineralogy, Alteration and lithogeochemical study in gold of the Baghu area (Kuh Zar, Damghan*)", M.Sc. Thesis, Shahid Beheshti Unuversity, Tehran, Iran, (1998) 201 pp

[7] Najjaran M., "*Geochemistry and genesis of Baghu turquoise deposit (Damghan)*", M.Sc. Thesis, Shiraz Unuversity, Shiraz, Iran, (2000) 150 pp.

[8] Shakeri A., "*Geochemistry and genesis of Kuh Zar Au deposit (Baghu)*", M.Sc. Thesis, Shiraz Unuversity, Shiraz, Iran, (2000) 295 pp

[9] Liaghat S., sheykhi V. and Najjaran M., "*Petrology, gheochemistry and genesis of Baghu turquoise, Damghan*", Journal of Science, University of Tehran, (2008) 133-142

[10] Moradi S., "*Study of gold mineralization in Baghoo region, south east of Damghan (Semnan)*", M.Sc. Thesis, Damghan University, (2011) 103 pp.

[11] Bodnar R.J., "*Revised equation and table for determining the freezing point depression of H_2O-NaCl solutions"*, Geochimica et Cosmochimica Acta, V. 57, (1993) 683–684.

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-03-28]

[DOI: 10.29252/ijcm.26.3.611]

[12] Brown P.E., Lamb W.M., "*P-V-T properties of fluids in the system H_2O-CO_2-NaCl: New graphical presentations and implications for fluid inclusion studies"*, Geochim. Acta, V. 53, (1989) 1209-1221.
[13] Whitney D.L., Evans B.W., *"Abbreviations for names of rock-forming minerals: American Mineralogist"*, V. 95, (2010) 185–187
[14] Shepherd T.J., Ranbin A.H. and Alderton D.H.M., "*A Practical Guide to Fluid Inclusion Studies, Blackie*", Glasgow, (1985) 239 p.
[15] Kerkhof F. and Hein U., "*Fluid inclusion petrography"*, Lithos 55, (2001) 27–47
[16] Siemens H., " *Texture, microstructure and strength of hematite ore, experimentally deformed in the temoerature range 600°-1100°C and at strain rates between 10-4 -10-6 s-1*", Journal of Structural Geology, V.25, (2003) 1371-1391
[17] John D.A., Ayuso R.A., Barton M.D., Blakely R.J., Bodnar R.J., Dilles J.H., Gray F., Graybeal F.T., Mars J.C., McPheeD.K., Seal R.R., Taylor R.D., Vikre P.G., "*Porphyry Copper Deposit Model*", Scientific Investigations Report, USGS, (2010) 169 p.
[18] Kinsland G.L., "*Formation temperature of fluorite in the Lockport dolomite in Upper New York State as indicated by fluid inclusion studies with a discussion of heat sources*", Economic Geology, 72(5), (1977) 849-854.
[19] Valenza K., Moritz R., Mouttaqi A., Fontignie D. and Sharp Z., "*Vein and karst barite deposits in the Western Jebilet of Morocco:fluid inclusion and isotope (S, O, Sr) evidence for regional fluid mixing related to central Atlantic Rifting*", Economic Geology, 95(3), (2000) 587-606.
[20] Hassanzadeh J., *Exhumation of the west-central Alborz Mountains, Iran, Caspian subsidence, and collision- related tectonics*", Geology, 29.(6), (2001) 559-562
[21] Alavi M., "*Tectonics of the Zagros orogenic belt of Iran: new data and Interpretations"*,Tectonophysics 229, (1994) 211–238
[22] Berberian F., Berberian M., *"Tectono-plutonic episodes in Iran"*. In: Delany F.M., Gupta H.K. (Eds.), Zagros Hindukosh, Himalaya Geodynamic Evolution, American Geophysical Union, Washington, DC,(1981) 5–32.
[23] Berberian F., Muir I.D., Pankhurst R.J., Berberian M., *"Late Cretaceous and early Miocene Andean type plutonic activity in northern Makran and central Iran"*, Journal of the Geological Society of London 139, (1982) 605–614.
[24] Golonka J., *"Plate tectonic evolution of the southern margin of Eurasia in the Mesozoic and Cenozoic"*, Tectonophysics 381, (2004) 235–273.
[25] Rusk B.G., Reed M.H., "*Fluid Inclusion Evidence for Magmatic-Hydrothermal Fluid Evolution in the Porphyry Copper- Molybdenum Deposit at Butte, Montana*", Economic Geology, 103(2), (2008) 307–334.
[26] Simmons S.F. and Browne P.R.l., "*Saline fluid inclusions in sphalerite from the Broadlands-Ohaaki geothermal system: A coincidental trapping of fluid boiled toward dryness*" Economic Geology, V. 92, (1997) 485-489.
[27] Scott A. M. and Watanabe Y., "*extreme boiling model for variable salinity of the Hokko low- sulfidation epithermal Au prospect, southwestern Hokkaido, Japan*", Mineralium Deposita, V. 33, (1998) 563-578
[28] Afshooni S.Z., Mirnejad H., Esmaeily D. and Asadi H.H., "*Mineral chemistry of hydrothermal biotite from the Kahang porphyry copper deposit (NE Isfahan), Central Province of Iran*", Ore Geology Reviews, 54(1), (2013) 214–232.
[29] Kesler S.E., *"Ore-forming fluids: Elements"*,1(1), (2005) 13-18.
[30] Roedder E., "*Fluid inclusions*", Mineralogical Society of America, Review in mineralogy 12, (1984) 644 p.
[31] Wilkinson J.J., "*Fluid inclusions in hydrothermal ore deposits*", Lithos 55, (2001) 229-272.

[Downloaded from ijcm.ir on 2024-03-28]

[DOI: 10.29252/ijcm.26.3.611]