

ویژگی‌های سیالات کانه‌ساز در کانسار مس، نقره و طلای جارو (جنوب شرق اشتهارد-کرج)

زهرا صالحی^۱، نرگس سادات فرامرزی^{۲*}، فریبرز مسعودی^۳، سید محمد حسین رضوی^۴

۱- دانشجوی دکتری پترولوژی، دانشکده علوم، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، تهران، ایران

۲- کارشناس ارشد پترولوژی، واحد تحقیق و توسعه (R&D)، شرکت پارس کانی، تهران، ایران

۳- استاد پترولوژی، دانشکده علوم، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه شهید بهشتی تهران، تهران، ایران

۴- استاد پترولوژی، دانشکده علوم، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، تهران، ایران

* عهده‌دار مکاتبات: nargesfaramarzi@yahoo.com

دریافت مقاله ۱۳۹۲/۷/۷: پذیرش مقاله: ۱۳۹۲/۹/۲۰

چکیده

معادن متروکه مس جارو در کوه جارو و در ۶۰ کیلومتری جنوب شرق کرج قرار دارد. این کانسار در محدوده بین زون‌های ساختاری ارومیه-دختر و ایران مرکزی، در سنگ‌های ولکانیکی با ترکیب آندزیتی-آندزیتی بازالتی و در مجاورت گرانیتهای مردآباد به سن ائوسن میانی-الیگوسن واقع شده است. کانه‌سازی در این منطقه به صورت مس طبیعی، سولفیدی، کربناتی و اکسیدی-هیدروکسیدی با بافت رگه‌ای، پرکننده شکاف، برشی و افشان صورت گرفته است. شواهد ژئوشیمیایی حاکی از آن است که کانسار جارو علاوه بر مس از نظر نقره و حتی طلا نیز از پتانسیل نسبتاً خوبی برخوردار می‌باشد. در این کانسار از کوارتز که یکی از کانی‌های باطله و مناسب‌ترین کانی در مطالعات سیالات درگیر است به منظور بازسازی شرایط فیزیکیوشیمیایی سیال و تخمین دما، فشار، شوری، چگالی و ترکیب سیالات کانسار ساز استفاده شده است. سیالات درگیر مورد مطالعه در حدود ۵ تا ۳۰ میکرون و اغلب دوکی‌شکل و یا دارای شکل نامنظم هستند و از دو فاز غنی از گاز (V+L) و غنی از مایع (L+V) تشکیل شده‌اند. مقدار شوری آن‌ها بین ۶/۲ تا ۱۲ معادل درصد وزنی نمک و دمای همگن شدن (T_H) آن‌ها ۹۸/۲ تا ۱۶۱/۵ °C اندازه‌گیری شده است. چگالی این سیالات در حدود ۱ g/cm³ و فشار تشکیل آن‌ها کمتر از ۵۰ bar بدست آمده است. دمای همگن‌شدگی و درصد وزنی معادل نمک طعام در این سیالات نشان‌دهنده نقش کمپلکس‌های سولفیدی و آنیون‌های SO₄²⁻ و HS⁻ در انتقال فلزات کانسار ساز است که با شواهد کانی‌شناسی مانند حضور کانی‌های پیریت، کالکوپیریت و اسفالریت در کانسار جارو تایید می‌شود. همچنین شواهد حاصل به وجود منشأ اپی‌ترمال از نوع ذخایر حدواسط با کانه‌زایی Ag, Au, Zn و Pb برای این کانسار انجامیده است. از طرفی وجود سیالات دو فازی غنی از مایع در کنار سیالات دو فازی غنی از گاز و شوری پایین آن‌ها می‌تواند به دلیل پدیده جوشش و آمیختگی سیالات ماگمایی و جوی باشد. با توجه به فراوانی بافت رگه‌ای، برشی و پرکننده شکاف در کانسار مس جارو نمی‌توان نقش تکتونیک در تشکیل این کانسار را نادیده گرفت.

واژه‌های کلیدی: کانسار جارو، سیالات درگیر، میکروترمومتری، اپی‌ترمال

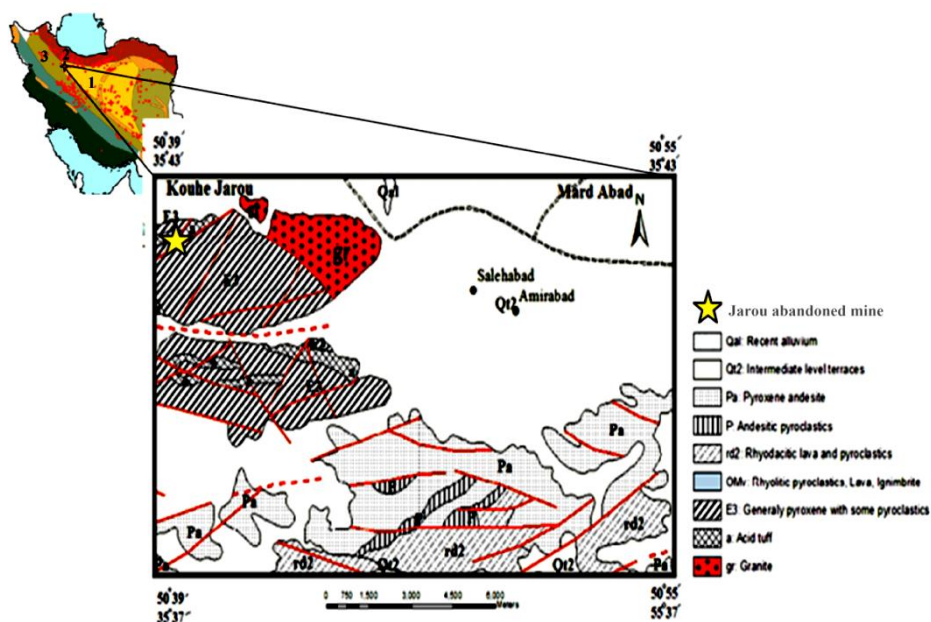
۱- مقدمه

قدیمی ایران است که سابقه فعالیت‌های باستانی دارد و آثار سرباره مس در اطراف آن به چشم می‌خورد. این کانسار نه تنها از نظر مس، بلکه از نظر نقره و طلا نیز از پتانسیل اقتصادی خوبی برخوردار است (صالحی، ۱۳۹۳). گرانیتهای مردآباد و دیگر سنگ‌های آذرین مشاهده شده در این منطقه عاری از عناصر اقتصادی ذکر شده هستند (صالحی، ۱۳۹۳). به نظر می‌رسد محلول‌های گرمایی پس از ماگماتیسیم، نقش مهمی در کانه‌زایی مس داشته‌اند. از طرفی نمی‌توان نقش گسل‌های اصلی چون گسل گوموش‌داش، گسل جارو و چندین گسل فرعی دیگر را در تسهیل کانه‌زایی نادیده گرفت. کانه‌زایی در کانسار کوه جارو عمدتاً با ماهیت آزاد (مس طبیعی به صورت پراکنده)، سولفیدی (بورنیت، کالکوپیریت، گالن، اسفالریت، پیریت، کالکوسیت، کولین، کربناتی (سروزیت، مالاکیت و آزوریت)، سیلیکات آبدار مس (کریزوکلا) و اکسی-هیدروکسیدی (مگنتیت، همتایت و گوتیت) صورت گرفته است. از کانی‌های باطله مشاهده شده در این کانسار می‌توان به کوارتز، اپال، کلسیت، باریت و کلریت اشاره کرد. به طور کلی

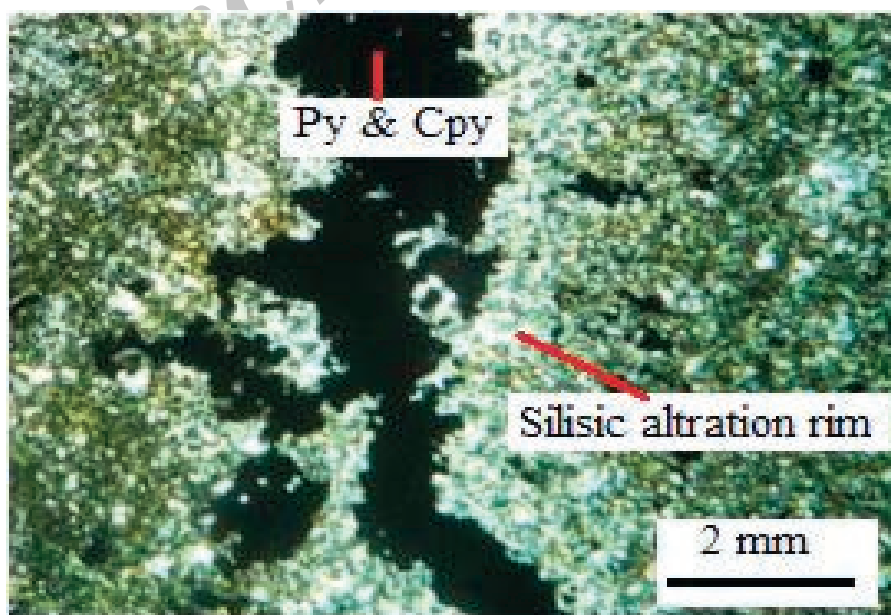
کوه جارو در جنوب غرب کرج و جنوب شرق اشتهارد قرار دارد و جزء پهنه فلزایی ساوه-کاشان-نابین و بخشی از محل اتصال کمربند آتشفشانی-نفوذی ارومیه دختر و ایران مرکزی است (شکل ۱). این منطقه دیر زمانی است که به لحاظ دارا بودن نشانه‌ها و معادن متروکه عناصر فلزی (مس، سرب، روی، آهن، نقره و طلا) و غیرفلزی (باریت، شن و ماسه) مورد توجه می‌باشد. معادن غیرفعال جارو، چاقو، بوجعفر، قزل چشمه شرقی و غربی، بیدستان، افشارآباد چشمه شاهدوست و غیره نمونه‌هایی از کانسارهای این منطقه به شمار می‌آیند. کانسار جارو به سن ائوسن میانی-الیگوسن در شرق گرانیتهای مردآباد و در پهنه ولکانیکی شامل سنگ‌های تراکیتی، تراکی آندزیتی، آندزیتی بازالتی، توف‌های ریولیتی تا داسیتی و اینگمبیرت رخمون دارد. معادن متروکه مس جارو یکی از معادن رگه‌ای

می‌شود و در نهایت در خارجی‌ترین بخش این رگه‌ها کوارتز تشکیل شده است. در اغلب مقاطع مطالعه شده دانه‌های بسیار کوچکی از کالکوپیریت را می‌توان در زمینه سیلیسی نیز مشاهده کرد. با توجه به مطالب فوق به نظر می‌رسد مطالعه سیالات درگیر درون کوارتز در رگه‌های مذکور کلید ارزشمندی برای بازسازی شرایط فیزیکیوشیمیایی سیال و تخمین دما، فشار، شوری، چگالی و ترکیب سیالات کانسار ساز در منطقه مطالعاتی باشد.

دگرسانی‌های سیلیسی، پروپیلیتی (کلریت، اپیدوت، پیریت و کلسیت)، کلریتی (کلریتی شدن آمفیبول‌ها و بیوتیت‌ها) و سربستی (سربست و کوارتز) از مهمترین دگرسانی‌های رایج در کانسار جارو است (صالحی، ۱۳۹۳). در این منطقه رگه‌های سیلیسی-سولفیدی در بخش‌های خرد شده و شکستگی‌های سنگ میزبان تشکیل شده‌اند (شکل ۲). رگه‌های مذکور از درون به سمت بیرون ابتدا از پیریت و کالکوپیریت تشکیل شده، سپس هاله واکنشی از جانشینی سولفیدها در سنگ درونگیر مشاهده



شکل ۱- موقعیت معدن متروکه جارو نسبت به زون‌های ساختاری مختلف ایران (۱: ایران مرکزی ۲: البرز ۳: ارومیه دختر). نقاط دایره در نقشه ایران نشان‌دهنده گسترش کانه‌زایی مس در سنوزوئیک است



شکل ۲- رگه متشکل از کالکوپیریت، پیریت و اکسید آهن در کانسار جارو، دگرسانی سیلیسی در اطراف این رگه مشاهده می‌شود. نور XPL

۲- ابزار و روش تحقیق

می‌شوند.

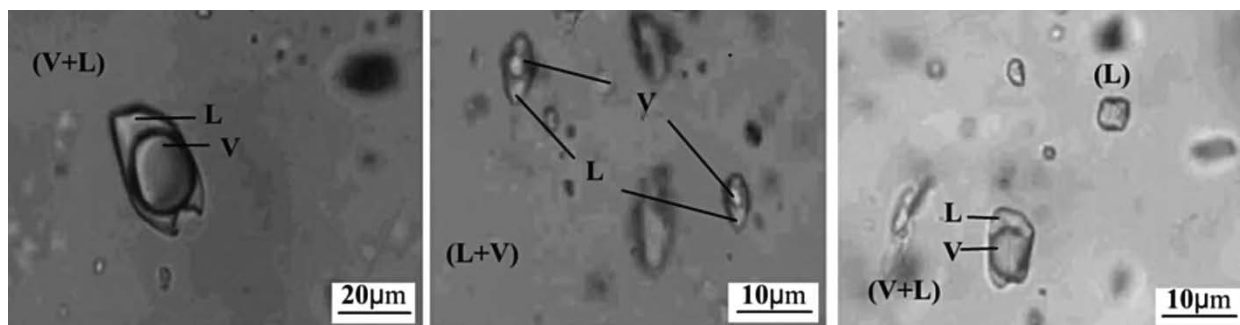
نتایج حاصل از میکروترمومتری سیالات درگیر مورد مطالعه در جدول ۱ ارائه شده است. مقدار شوری سیال معادل درصد وزنی نمک طعام (بر اساس معادله Shepherd et al., 1985) بین ۶/۲ تا ۱۲ معادل درصد وزنی نمک و دمای همگن شدن (T_H)، ۹۸/۲ تا ۱۶۱/۵ درجه سانتی‌گراد بدست آمده است. در دماهای اندازه‌گیری شده یک نقطه اوج در ۱۱۰ تا ۱۱۵ درجه سانتی‌گراد مشاهده می‌شود. لازم به ذکر است دمای همگن‌شدگی دمایی است که در آن تمامی فازهای جامد و مایع نمونه بصورت محلولی همگن در می‌آید و معرف حداقل درجه حرارت تشکیل کانسار می‌باشد. مقادیر شوری و دمای همگن‌شدگی سیالات درگیر اندازه‌گیری شده نسبت به فراوانی آن‌ها در شکل ۴ نشان داده شده است.

به منظور تعیین چگالی سیال از نمودار دمای همگن شدن - شوری به همراه خطوط کنتوری با چگالی ثابت (Bodnar et al., 1993) استفاده شده است. طبق این نمودار چگالی سیالات درگیر نمونه‌های مورد مطالعه حدود 1 g/cm^3 می‌باشد (شکل ۵). با در اختیار داشتن شوری سیال و میزان چگالی آن می‌توان میزان فشار را بر اساس نمودار Shepherd et al., (1985) اندازه‌گیری کرد (شکل ۶). همانطور که در این شکل ملاحظه می‌شود؛ سیالات با شوری حدود ۱۰ درصد وزنی نمک طعام، دمای همگن‌شدگی حدود ۱۰۰ تا ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد و چگالی 1 g/cm^3 فشاری کمتر از ۵۰ bar را متحمل شده‌اند. از آنجائیکه دمای همگن شدن تابعی از ترکیب، دمای به دام افتادن سیال و فشار است می‌بایست برای محاسبه دمای واقعی به تله افتادن سیال ابتدا تصحیح فاکتورهای فشار، چگالی و ترکیب سیال را لحاظ نمود. به دلیل اینکه کانسار مورد مطالعه در عمق کم نهشته شده است، چگالی ترکیب اثر چندانی بر درجه حرارت همگن‌شدگی ندارد و می‌توان از آن صرف نظر کرد. همچنین از آنجائیکه فشار بیشتر در زمان به تله افتادن سیال درگیر به اختلاف بین دمای همگن شدن و دمای واقعی به تله افتادن می‌انجامد، به دلیل پایین بودن فشار در سیالات درگیر مورد مطالعه (کمتر از ۵۰ بار) نیازی به تصحیح آن نیست (شکل ۷). با استفاده از نمودار Pirajno, (2009) که بر اساس دمای همگن‌شدگی و درصد وزنی نمک طعام در سیالات درگیر ارائه شده است می‌توان به کمپلکس موثر در حمل فلزات کانسار جارو پی برد. همانطور که در شکل ۸ مشاهده می‌شود سیالات درگیر مورد مطالعه در محدوده مربوط به کمپلکس‌های سولفیدی قرار می‌گیرند و می‌توان نتیجه گرفت که HS^- یا SO_4^{2-} مهمترین آنیون‌های حمل کننده در کمپلکس سولفیدی بوده‌اند. مشاهده کانی‌های پیریت، کالکوپیریت و اسفالریت در کانسار جارو این مطلب را تایید می‌کند. همچنین بر اساس دمای همگن‌شدگی - شوری و با استفاده از نمودار Wilkinson, (2001) می‌توان تا حدودی ژنز کانسار را تخمین زد. همانطور که در شکل ۹ مشاهده می‌شود، نمونه‌های مورد مطالعه در محدوده کانسارهای اپی‌ترمال قرار می‌گیرند. مقایسه تغییرات شوری و دمای همگن‌شدگی سیالات درگیر کوارتز در کانسار جارو نیز نشان‌دهنده اختلاط محلول‌های گرمایی کانسار ساز با سیالات جوی در نزدیکی سطح زمین است (شکل ۱۰).

طی مطالعات صحرایی تعداد ۶ نمونه سنگی از رگه‌های سیلیسی موجود در کانسار جارو برداشت شد. از این نمونه‌ها در دانشگاه خوارزمی تهران مقطع دو بر صیقل با ضخامت ۱۲۰ تا ۱۵۰ میکرون تهیه و آماده‌سازی به روش چسب سرد انجام شد. از آن پس، مطالعات پتروگرافی سیالات درگیر با استفاده از میکروسکوپ نوری زایس مدل Axioplan 2 در دانشگاه خوارزمی تهران صورت گرفت. برای مطالعات پتروگرافی از عدسی شیئی X ۵۰ و منشورهای جانبی با قدرت بزرگنمایی ۱۰۰۰ و ۱۴۰۰ استفاده و نمونه‌ها بر اساس الگوهای رده‌بندی (Roedder, 1984) Van Den Kerkhof & Goldstein & Reynolds, (1994) و Hein, (2001) رده‌بندی شد. مطالعات میکروترمومتری نیز با استفاده از سیستم سرمایش - گرمایش لینکام مدل THM600 و کنترل کننده حرارتی TMS94 و سرد کننده LNP در دانشگاه خوارزمی انجام شد. در این مطالعه حدود ۸۰ میانبار انتخاب و مورد آزمایش میکروترمومتری قرار گرفت. دقت اندازه‌گیری دستگاه طی سرد کردن در حدود $\pm 0.1^\circ \text{C}$ و نرخ طی عملیات گرمایش $\pm 2^\circ \text{C}$ ، نرخ عملیات سرد کردن 10°C تا 15°C و نرخ عملیات گرم کردن 2°C تا 10°C در ثانیه می‌باشد.

۳- بحث

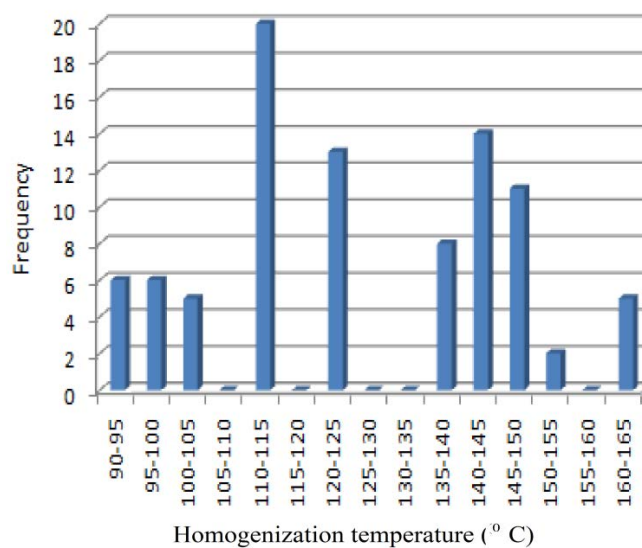
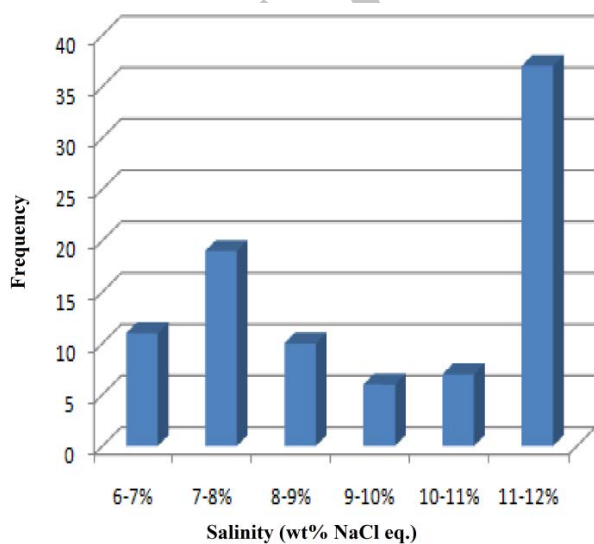
یکی از راه‌های مطالعه منشأ و دمای کانه‌زایی، مطالعه سیالات درگیر است. فرایند کانی‌سازی توسط عوامل مهمی از قبیل حرارت، فشار، pH و عملکرد آب‌های جوی کنترل می‌شود (Prajno, 1980). در مطالعات سیالات درگیر، پارامترهایی از قبیل شکل، اندازه، فراوانی، نوع سیالات درگیر (اولیه و ثانویه) و نوع سیالات از لحاظ ژنتیکی مورد بررسی قرار می‌گیرد. بطور کلی از لحاظ شکل ظاهری، سیالات درگیر کوارتزهای مطالعاتی را می‌توان با توجه به پارامترهای (Roedder, 1984) و Shepherd et al., (1985) به ترتیب فراوانی به دو نوع سیالات درگیر دوکی‌شکل و سیالات درگیر دارای شکل نامنظم تقسیم‌بندی کرد (شکل ۳). از لحاظ اندازه، این سیالات غالباً ریز تا متوسط و در حدود ۵ تا ۳۰ میکرون هستند. بر اساس نوع و درصد فازهای موجود (Shepherd et al., 1985)، اکثراً از سیالات درگیر دو فازی غنی از مایع (L+V) و غنی از گاز (V+L) تشکیل شده‌اند. علاوه بر سیالات دوفازی ذکر شده، به ندرت سیالات درگیر تک فازی (L) نیز در کوارتزهای مورد مطالعه قابل شناسایی است. بر مبنای زایش یا زمان به تله افتادن (Shepherd et al., 1985)، به ترتیب فراوانی سه نوع سیال درگیر اولیه، ثانویه و ثانویه کاذب در نمونه‌ها تشخیص داده شده‌اند. مطالعات میکروترمومتری تنها بر روی سیالات درگیر اولیه صورت گرفته است زیرا تشکیل این نوع سیالات درگیر در شرایطی همزمان با رشد بلور آغاز و با ادامه رشد آن پایان می‌یابد. در نتیجه ماهیت سیال به خوبی نشانگر ماگمایی است که در آن شناور بوده است. این سیالات به فراوانی و بصورت پراکنده در متن کانی میزبان (کوارتز) دیده



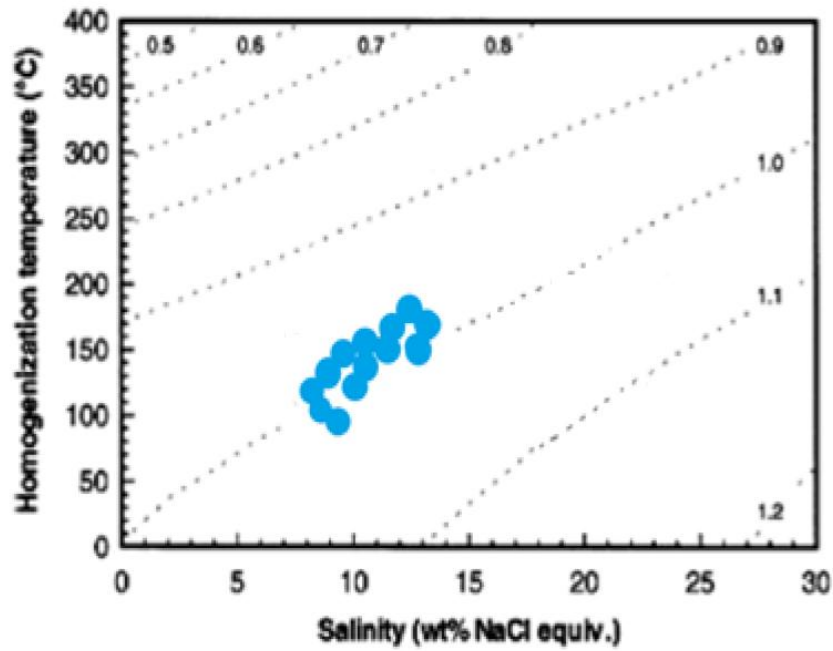
شکل ۳- سیالات درگیر اولیه در کوارتزهای رگه‌ای کانسار چارو، در کوارتزهای مورد مطالعه سیالات دو فازه غنی از گاز (V+L) در کنار سیالات دو فازه غنی از مایع (L+V) و تک فازی (L) مشاهده می‌شوند

جدول ۱- نتایج بدست آمده از آزمایش‌های میکروترمومتری سیالات درگیر کوارتز در کانسار مس چارو

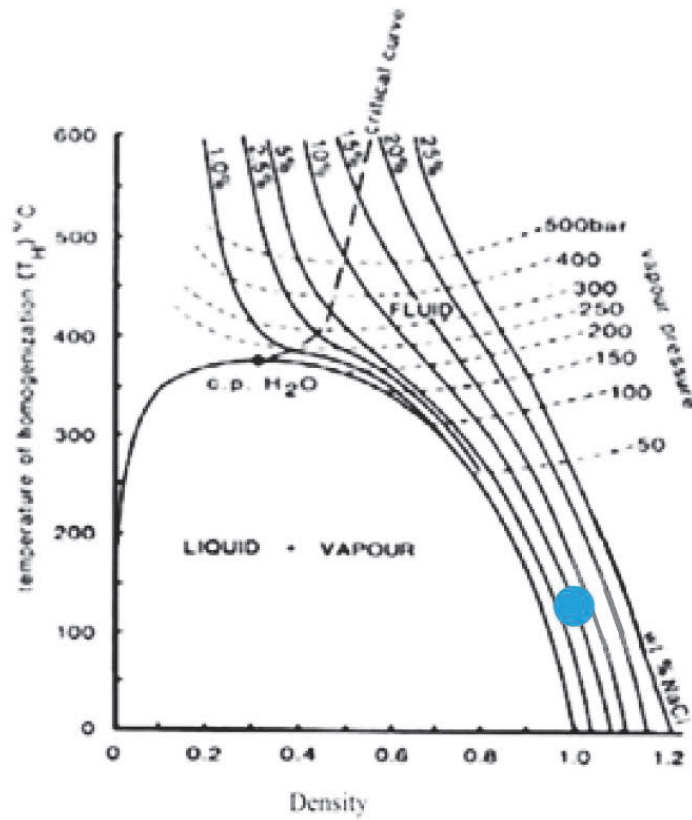
Sample No.	Number of studied fluids	T _{ice}	T _H	Salinity (wt% NaCl eq.)	Phases type
1-S11	7	-51	124	11.5	L+V
2-S11	5	-52	161.5	7.1	V+L
3-S11	10	-56	142.4	8.3	L+V
4-S11	5	-	101.2	11.8	L+V
5-S11	4	-	141.5	7.5	L+V
6-S11	9	-	149	6.2	L+V
1-S13	6	-54	121	9.3	V+L
2-S13	8	-55	136	7.8	L+V
3-S13	13	-53	114	11.2	L+V
4-S13	2	-53	148	7.0	V+L
1-S18	2	-54	154	6.5	L+V
2-S18	6	-	92.5	12.1	V+L
3-S18	7	-52	112.5	10.5	L+V
4-S18	6	-	98.2	12.0	V+L



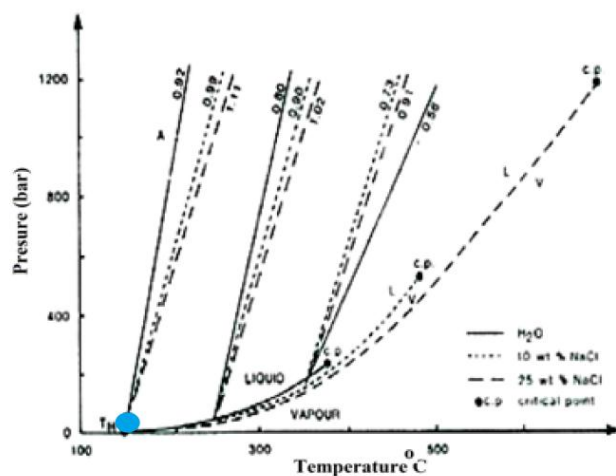
شکل ۴- مقادیر شوری و دمای همگن‌شدگی سیالات درگیر اندازه‌گیری شده در برابر فراوانی



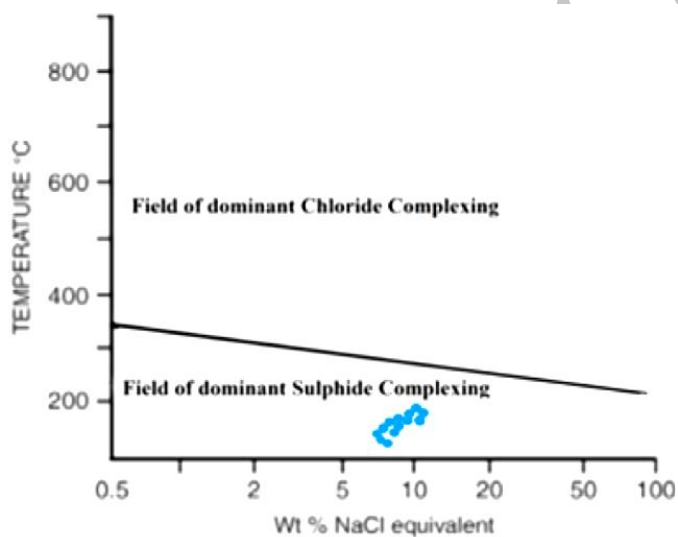
شکل ۵- نمودار دمای همگن‌شدگی در برابر شوری به همراه خطوط کنتوری با چگالی ثابت (Bodnar et al., 1993) و موقعیت میانگین سیالات کوارتز کانسار چارو بر روی آن



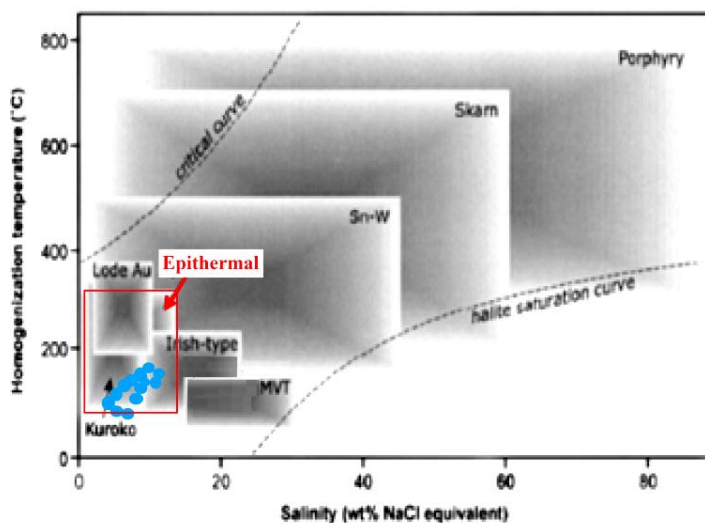
شکل ۶- نمودار دمای همگن‌شدگی - چگالی به منظور تعیین فشار با توجه به شوری سیالات درگیر (Shepherd et al., 1985)



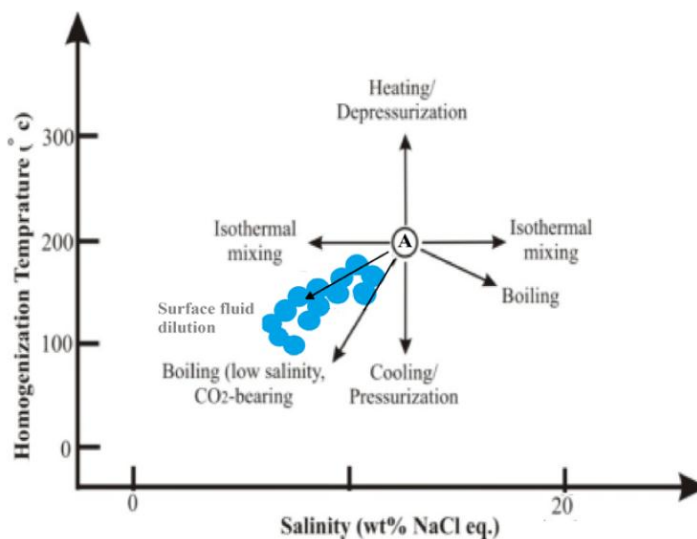
شکل ۷- نمودار دمایی همگن‌شدگی- فشار جهت تصحیحات فشار (Shepherd et al., 1985) و موقعیت میانگین سیالات کوارتز کانسار چارو بر روی آن



شکل ۸- نمودار دمایی همگن‌شدگی- شوری سیالات به منظور تعیین کمپلکس (آنیون) موثر در حمل عناصر کانسارساز (Pirajno et al., 2009)



شکل ۹- تعیین ژنز کانسار بر اساس دمای همگن شدن- شوری سیالات درگیر (Wilkinson, 2001)



شکل ۱۰- مدل شماتیک برای نشان دادن روندهای حاصله از فرایندهای مختلفی که دما و شوری یک سیال درگیر با ترکیب A را تحت تاثیر قرار می‌دهند (Wilkinson, 2001)

آندزیتی بازالتی عبور کرده و در مسیر خود با سیالات جوی آمیخته شده‌اند. وجود سیالات دو فاز غنی از مایع در کنار سیالات دو فاز غنی از گاز تاییدی بر پدیده جوشش و آمیختگی سیالات ماگمایی و جوی است (Wilkinson, 2001). آمیختگی این سیالات بارور با سیالات جوی در نزدیکی سطح زمین، مواجه شدن با فضاها گسسته سنگ میزبان و شکستگی‌های موجود در آن و در نهایت کاهش فشار سیال به ته‌نشست فلزات همراه انجامیده است. وجود بافت‌های رگه‌ای، برشی و پرکننده شکاف در کانسار مس جارو تاییدی بر این ادعا است.

تقدیر و تشکر

از آقای دکتر عبدالرحیم هوشمندزاده به دلیل راهنمایی‌های ارزشمندشان بی‌نهایت سپاسگزار می‌شود.

مراجع

صالحی، ز.، ۱۳۹۳، "پترولوژی و ژئوشیمی سنگ‌های آذرین جنوب شرق اشتهارد و نگرشی بر کانی‌زایی منطقه" رساله دکترا، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، ۲۷۰ صفحه.

Albinson, T., Norman, D. I. and Chomiak, B., 2001, "Controls on formation of low-sulfidation epithermal deposits in Mexico: Constrain from fluid inclusion and stable isotope data", *Society of Economic geologist, Special Publication 8*, P. 1-32.

Bodnar, R. J., 1993, "Revised equation and table for determining the freezing point depression of H₂O-NaCl solutions", *Geochim Cosmochim Acta* 57: P. 683-684.

Goldstein, R. H., and Reynolds T. J., 1994, "Systematic of

نتیجه‌گیری

دمای همگن‌شدگی و شوری بدست آمده از مطالعه سیالات درگیر کوارتز در کانسار جارو نشان‌دهنده منشاء اپی‌ترمال است. مشاهده کانی‌های پیریت، کالکوپیریت و اسفالریت در این کانسار و مطالعه سیالات درگیر کوارتز آن نشان‌دهنده اهمیت نقش کمپلکس‌های سولفیدی و آنیون‌های SO_4^{2-} یا HS^- در انتقال عناصر کانسارساز در این منطقه است. بر اساس تقسیم‌بندی Hedenquist et al., (2000) کانسارهای اپی‌ترمال فلزات قیمتی به سه گروه سولفیدی شده زیاد، سولفیدی شده کم و حدواسط تقسیم می‌شوند. کانسارهای سولفیدی شده کم به طور عمده شامل کانسارهای Ag-Au، Au-Ag و Ag-Pb-Zn هستند که در دمای کمتر از 033 درجه سانتی-گراد ناشی از ماگماتیسم کالکوالکان تا آلکان تشکیل می‌شوند (Simmons et al., 2005). کانسارهای Au-Ag به طور کلی شوری پایین (> 5) دارند و در عمق کمتر از 400 متر تشکیل می‌شوند (Albinson et al., 2001). در حالیکه سیال‌های کانه‌دار در ذخایر Ag-Pb-Zn شوری بین 10 تا 20 درصدی را نشان می‌دهند و در اعماق بیش از 400 متری تشکیل می‌شوند (Simmons et al., 2005). با مقایسه نتایج حاصل از این مطالعه با موارد ذکر شده می‌توان نتیجه گرفت که کانسار اپی‌ترمال جارو از نوع ذخایر حدواسط است که می‌تواند از نظر Ag، Au، Zn و Pb اقتصادی باشد. مورد اخیر با شواهد ژئوشیمیایی نیز همخوانی دارد. با توجه به شوری پایین و دمای همگن‌شدگی نسبتاً گسترده سیالات کوارتزی در کانسار جارو می‌توان نتیجه گرفت که نمی‌توان یک منشاء ماگمایی محض را برای کانه‌زایی آن در نظر گرفت. به نظر می‌رسد فلزات کانسارساز پس از ماگماتیسم، در این منطقه توسط سیالات گرمابی صعود کننده از میان سنگ میزبان آندزیتی و

- 2000, "Exploration for epithermal gold deposits", *Reviews in Economic Geology*, vol 13, P. 245-277.
- Pirajno, F., 1980**, "Hydrothermal mineral deposits", *Springer Verlag*. 13: P.218.
- Pirajno, F., 2009**, "Hydrothermal processes and mineral systems", *Springer, New York*, P.1273.
- Roedder, E., 1984**, "Fluid inclusions", *Rev Miner* 12: P.646.
- Shepherd, T.J., Rankin, A. H., Alderton, D.H. M., 1985**, "A practical guide to fluid inclusion studies", *Blackie, Glasgow* P. 239.
- Simmons, S. F., White, N. C., John, D. A., 2005**, "Geological fluid inclusions in diagenetic materials", *Society for Sedimentary Geology Short Course 31*: P.199.
- Hedenquist, J.W., Arribas, A. and Gonzalez-Urien, E.,** cal characteristics of epithermal precious and base metal deposits", *Economic Geology 100th Anniversary*, P. 485-522.
- Van Den Kerkhof, A. M, Hein, U. F., 2001**, "Fluid inclusion petrography", In: *Andersen T, Frezzotti ML, Burke EAJ ed. Fluid inclusions: phase relationships-methods applications (special issue)*. *Lithos* 55: 1-4, P. 320.
- Wilkinson, J. J., 2001**, "Fluid inclusions in hydrothermal ore deposits", *Lithos* 55: P. 229-272.

Archive of SID

