

## بررسی مینرالوگرافی، کانی شناسی و مراحل کانه زایی در کانسارپلی متال مسکنی

بهمن مختارزاده محمدی\*<sup>۱</sup>، هاشم باقری<sup>۲</sup>، رضا شمس پور دهکردی<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی زمین شناسی اقتصادی دانشگاه اصفهان، زمین شناسی اقتصادی، دانشگاه اصفهان

۲- عضو هیئت علمی زمین شناسی دانشگاه اصفهان، زمین شناسی اقتصادی، دانشگاه اصفهان

۳- عضو هیئت علمی زمین شناسی دانشگاه اصفهان، زمین شناسی اقتصادی، دانشگاه اصفهان

(\*عهده دار مکاتبات - Mokhtarzadehbahman@yahoo.com)

### چکیده

مطالعات میکروسکوپی بر روی مقاطع صیقلی، نازک و نازک دوبر صیقل تهیه شده از نمونه های موجود در رگه های کانه دار کانسار مسکنی انجام گرفت. در مقاطع صیقلی کانه های کالکوسیت، نیکلین، کالکوپیریت، راملزبرژیت و مالاکیت مشاهده شدند که کانه راملزبرژیت در اطراف نیکلین قابل مشاهده است که نشان دهنده ته نشست نیکل و افزایش میزان آرسنیک در محلول های کانه دار می باشد. در مطالعات مقاطع نازک کانی های اولیوین، میکرولیت های پلاژیوکلاز، کربناتی شدن و سیلیسی شدن مشاهده می شود که بیانگر ماگمای آندزیتی است. مطالعه مقاطع نازک دوبر صیقل نشان داد که بیشتر سیالات درگیر از نوع دو فازی غنی از مایع (L + V) هستند. از نظر ژنتیکی انواع مطالعه شده اولیه هستند. در این مطالعات بر اساس آزمایش انجماد، دمای ذوب آخرین یخ سیالات درگیر (T<sub>lm</sub>) از ۱/۶- تا ۱۸/۵- درجه سانتی گراد و شوری آن ها ۲۲/۵ - ۲ درصد وزنی معادل نمک طعام محاسبه شد. در آزمایش گرم کردن، دمای همگن شدن اکثر سیالات درگیر در محدوده ۱۶۰- تا ۱۳۰- درجه سانتی گراد به دست آمد. نحوه آرایش کانه ها در مقاطع صیقلی، نمودار دمای همگن شدن - شوری سیالات درگیر، نمودار دمای همگن شدن - شوری سیالات درگیر همراه خطوط کنترلی با چگالی ثابت و نمودار چگالی - دمای همگن شدن برای محاسبه فشار نشان می دهد که سیالات کانه ساز دارای حداقل دو منشاء کاملاً متفاوت می باشد که این امر می تواند بیانگر کانه زایی در حداقل دو مرحله اصلی جداگانه یا سیالات کانه زا با حداقل دو منشاء کاملاً متفاوت باشد. احتمالاً یکی از آن ها منشاء ولکانیکی و دیگری منشاء شورابه های حوضه ای را نشان می دهد.

**واژگان کلیدی:** کانسار مسکنی، مینرالوگرافی، کانی شناسی، سیالات درگیر.

### ۱- مقدمه

کانسارها و نشانه های معدنی مس در ایران، وابستگی تنگاتنگی با سیستم ماگمایی جوانتر از کرتاسه دارند. ویژگی های کلی این کانسارها عبارتند از: ۱- بیشتر کانسارها و نشانه های معدنی مس در ایران متعلق به ترشیری اند. ۲- کانسارها و نشانه های معدنی مس در پیوند با سنگ های کرتاسه و یا قدیمی تر، بسیار نادرند. ۳- وابستگی مشخص بین کانسارها و نشانه های معدنی مس در ایران و سنگ های ماگمایی به ویژه سنگ های ولکانیک و نیمه عمیق با سن ائوسن تا میوسن، با ترکیبی حدواسط تا اسیدی دیده می شود. ۴- تنوع کانی سازی و دمای تشکیل کانی های مس بسیار گسترده است. ۵- کانی سازی در سنگ های میزبان به صورت رگه ای، رگه ای فشرده، افشان واسکارنی است (خویی، ۱۳۸۸). کانسار مس، نیکل، کبالت و اورانیوم مسکنی در ۲۲ کیلومتری غرب انارک و ۱۸ کیلومتری جنوب روستای عشین و ۶ کیلومتری شرق روستای تالمسی در مختصات جغرافیایی ۵۳ درجه و ۲۷ دقیقه طول شرقی و ۳۳ درجه و ۱۹ دقیقه و ۳۰ ثانیه عرض شمالی واقع است (شکل ۱).

## ۲- زمین شناسی منطقه

به بخش گسترده‌ای از ایران که میان دو زمیندرز تتیس کهن، در شمال و تتیس جوان، در جنوب قرار دارند می‌توان ایران میانی نام داد. فرهودی و علوی محل زمیندرز تتیس جوان را منطبق بر مرز جنوب غربی کمان ماگمایی ارومیه - بزمان می‌دانند. در اواخر پالئوزوئیک و در طی مزوزوئیک، ایران میانی زیر رژیم کششی بوده ولی از کرتاسه پسین به دنبال سرانجام گرفتن و بسته شدن تتیس جوان، ایران میانی میان دو کمربند زاگرس و کپه داغ به تله افتاده و از آن زمان به بعد، زیر رژیم فشارشی قرار گرفته است. دو ویژگی عمده در این پهنه یکی چین خوردگی، دگرگونی و پلوتونیسیم شدید مزوزوئیک و دوم، تکاپوی شدید آتشفشانی سنوزوئیک است (آقا نباتی، ۱۳۸۵). محدوده کانسار تاقدیس نامتقارنی با امتداد شمال غرب - جنوب شرق را به نمایش می‌گذارد که توسط گسله‌های شمال غرب - جنوب شرقی، شمال شرق - جنوب غربی و شرق - شمال شرقی به هم ریخته شده و جابه جایی در آن صورت گرفته است (مختارزاده محمدی، ۱۳۸۹ و Romanko and et al., 1984). در هسته تاقدیس دگرگونه‌های سازند درختک رخنمون دارد.

محدوده کانسار مسکنی در داخل واحد تراکی آندزیت - آندزیت زیرین قرار دارد که با مرز گسلیده شمال غرب - جنوب شرقی بر روی مجموعه دگرگونه درختک قرار داشته و خود با دو گسله تقریباً شرقی - غربی و شمال غرب - جنوب شرقی به صورت یک بلوک مثلثی شکل رخنمون دارد (شکل ۱).

## ۳- روش تحقیق، بحث و بررسی

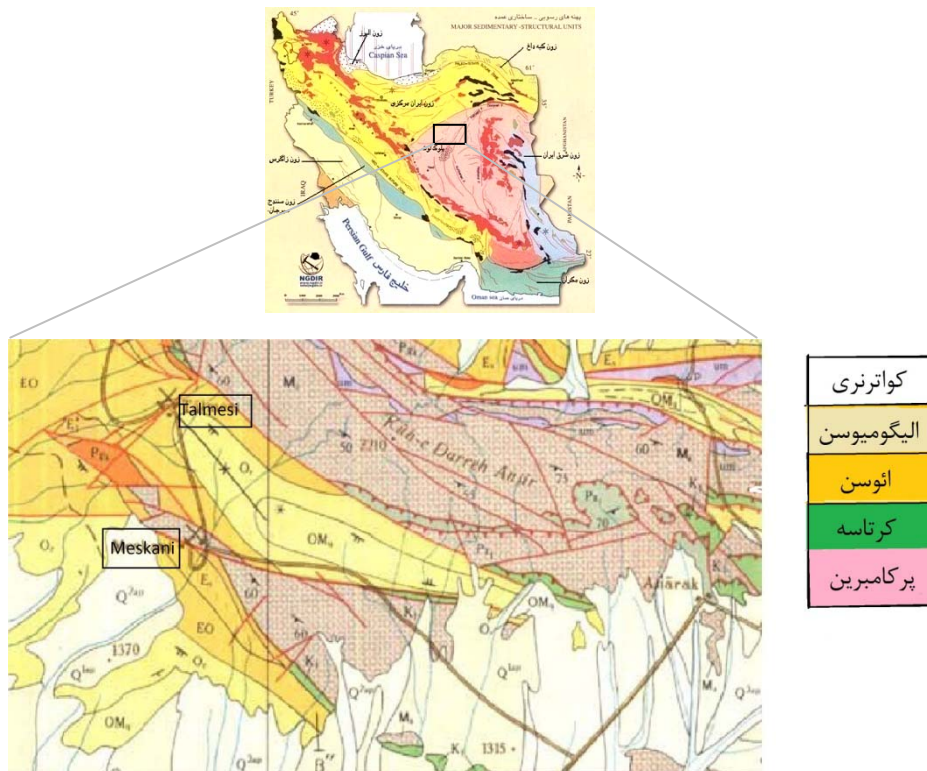
### ۳-۱- آماده سازی نمونه ها

پس از نمونه برداری، مقاطع صیقلی، نازک صیقلی و نازک به منظور مطالعات میکروسکوپی و بررسی کانه‌ها تهیه شد. مقاطع نازک دوبر صیقل نیز به منظور مطالعه سیالات درگیر آماده شد که این مطالعه شامل دو مرحله سرد کردن برای به دست آوردن شوری و گرم کردن برای به دست آوردن دمای کانی سازی می‌باشد و همان طور که در ادامه بحث به آن پرداخته خواهد شد از این دو مطالعه نتایج مشابه‌ای حاصل آمد که مؤید یکدیگر بودند.

### ۳-۲- مینرالوگرافی و کانی شناسی

در مطالعات کانی شناسی بر روی مقاطع صیقلی و نازک صیقلی کانه‌های نیکلین ( $NiAs$ )، کالکوسیت ( $Cu_2S$ ) کالکوپیریت ( $CuFeS_2$ )، راملزبرژیت ( $NiAs_2$ ) و مالاکیت (شکل ۲ ه) مشاهده گردید که کانه راملزبرژیت در اطراف نیکلین (شکل ۲- قسمت ج) به صورت حاشیه‌ای می‌باشد. در این مقاطع همان طور که در زیر نشان داده شده است کانی کالکوسیت (شکل ۲- قسمت‌های الف و ب) در حالی مشاهده می‌شود که تحت هجوم محلول‌های نیکل دار قرار گرفته و به این ترتیب در حال جانشین شدن با نیکلین می‌باشد بنابراین این طور می‌توان استنباط کرد که ما در این منطقه شاهد دو فاز کانه‌زایی هستیم. فاز اول مربوط به ولکانیسم ائوسن و به صورت سولفیدی شکافه پرکن و فاز دوم نیز مربوط به شورابه‌های حوضه‌ای حاوی سیالات نیکل و آرسنیک‌دار می‌باشد پس کالکوسیت و کالکوپیریت مربوط به فاز اول کانه‌زایی بوده و نیکلین و راملزبرژیت مربوط به فاز دوم کانه‌زایی می‌باشند.

حضور راملزبرژیت به صورت کانه حاشیه‌ای در اطراف نیکلین نیز نشان دهنده ته نشین شدن نیکل و افزایش نسبت آرسنیک در محلول‌های کانه‌دار می‌باشد. مطالعه مقاطع نازک نیز بیانگر ولکانیک‌های برشی می‌باشد که کم و بیش دچار آلتراسیون سیلیسی و کربناته شده‌اند. خرده‌های برش از ولکانیک و توف تشکیل شده‌اند و پلی‌ژنیک می‌باشند. در این مقاطع بافت‌حفره‌ای (آمیگدالوئیدال) (شکل ۳ ج و د)، در حالی که حفرات با کلسیت و کوارتز پر شده‌اند کاملاً مشهود است. از مطالعه این مقاطع این گونه بر می‌آید که سیلیسی شدن مقدم بر کربناته شدن می‌باشد.



شکل ۱: تصویر بخشی از نقشه زمین شناسی ۱/۲۵۰۰۰۰ منطقه انارک، وضعیت سنگ چینه ای و موقعیت معادن تالمسی و مسکنی

وجود میکروولیت‌های فلدسپاتی که در زمینه دارای یک جهت می‌باشند (بافت جریان‌ی) (شکل ۳ ج و د) و همین‌طور الیوین دگرسان شده (که با کلسیت و کوارتز پر شده‌اند) (شکل ۳ الف و ب) گویای سنگ آندزیت تا آندزیت بازالت می‌باشد.

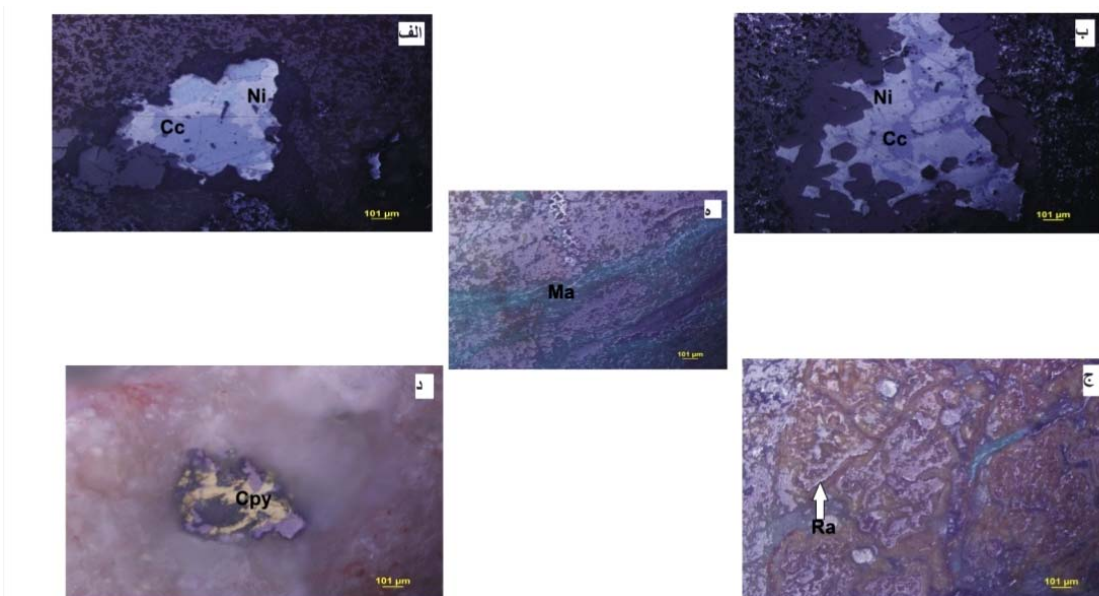
### ۳-۳- مطالعات سیالات درگیر

#### ۳-۳-۱- میکروترمومتری

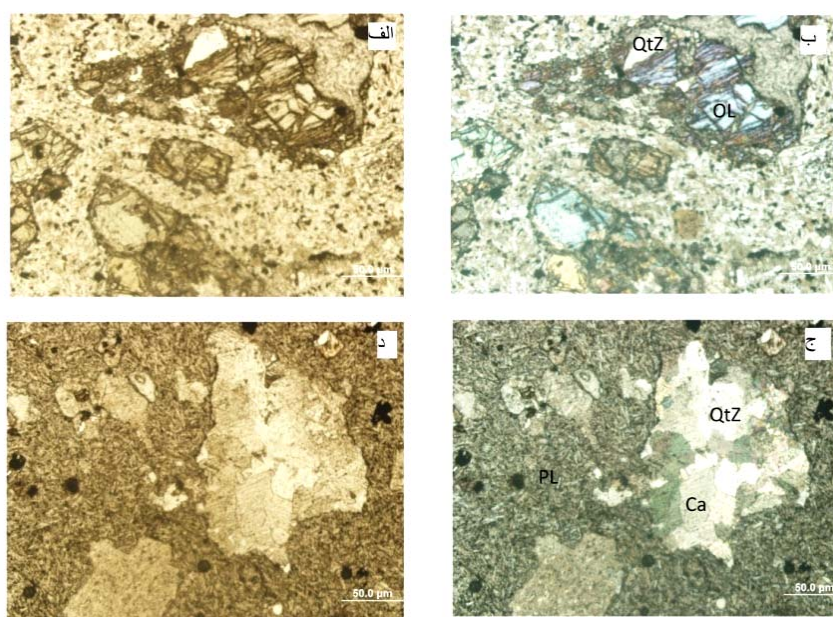
این روش عبارتست از مطالعه غیر مخرب برای تعیین دما و میزان شوری ترکیب سیالاتی که کانی میزبان از آن‌ها ساخته شده است که توسط آزمایشات سرد کردن و گرم کردن انجام می‌شود. در آزمایش انجماد، سیال درگیر سرد می‌شود تا فاز مایع آن به فاز جامد تبدیل شود. پس از سرد کردن، دوباره نمونه گرم می‌شود تا جایی که آخرین بلور یخ نیز ذوب می‌شود و دمایی که در آن آخرین بلور یخ ذوب می‌شود، به دمای ذوب آخرین قطعه یخ ( $T_{Lm}$ ) معروف است. مقدار شوری با استفاده از نمودارها و جداولی که به وسیله شفرد و همکاران (Shepherd and et al., 1985) ارائه شده است، قابل اندازه گیری است.

در آزمایش گرم کردن، سیال درگیر تا دمایی گرم می‌شود که همه فازهای آن به یک فاز اصلی تبدیل شود که این دما را دمای همگن شدن ( $T_H$ ) می‌نامند. نمودار دمای همگن شدن-شوری به همراه خطوط کنتوری با چگالی ثابت، نموداریست که می‌توان توسط آن چگالی سیال را تعیین کرد (Bodnar, 1983). در این آزمایش نمونه‌ها تا سقف ۲۶۷ درجه سانتی‌گراد گرم شدند (جدول ۱) و همه سیالات مورد مطالعه طی گرم کردن به فاز مایع همگن شدند. با توجه به همگن شدن همه سیالات درگیر مورد مطالعه به فاز مایع، می‌توان نتیجه گرفت که پدیده جوشش رخ نداده یا حداقل در نمونه‌های مورد مطالعه دیده نشده است. تنها در دو مورد دمای همگن شدن به بیش از ۳۲۰

درجه سانتی‌گراد رسید (جدول ۲) که احتمالاً حاصل پدیده نشت و قابل نظر کردن می‌باشد. نوع سیالات درگیر کانسار مسکنی بیشتر جزو سیالات درگیر دو فازی غنی از مایع (L + V) هستند. نوع میانبارهای مشاهده شده در این منطقه از نوع اولیه هستند.



شکل ۲: الف) Cc (کالکوسیت) که توسط نیکلین احاطه شده است. ب) Cc (کالکوسیت) که تحت هجوم محلول‌های نیکل دار قرار گرفته است. کالکوسیت مربوط به فاز اول و نیکلین مربوط به فاز دوم می‌باشد. ج) راملزبرژیت (Ra) در اطراف نیکلین مشاهده می‌شود که نشان دهنده ته‌نشست نیکل و افزایش درصد آرسنیک در محلول‌های کانه دار می‌باشد. د) Cpy (کالکوپیریت) و کالکوسیت در کنار هم دیده می‌شوند. ه) مالاکیت به فرمول  $Cu_2CO_3(OH)_2$  که کربنات آبدار مس و کانی ثانویه معمول در زون اکسیدان می‌باشد که بیان‌گر حضور محلول‌های کانه ساز کربناته و شکافه پرکن می‌باشد.



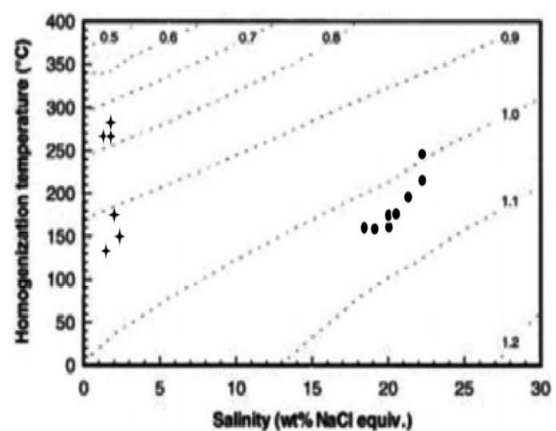
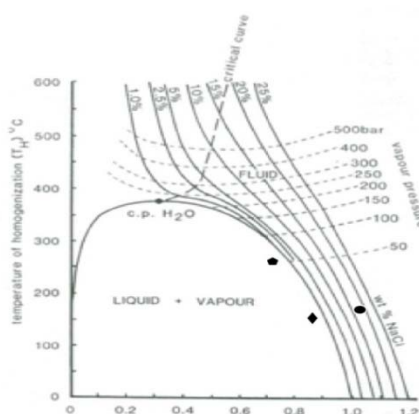
شکل ۳: الف) الیوین که در حال جانشینی با کوارتز و کلسیت است (بدون آنالیزور). ب) با آنالیزور. ج) حفره ای در میان میکروولیت‌های پلازیوکلاز جهت دار که با کلسیت و کوارتز پر شده است (بافت حفره ای) (با آنالیزور). د) بدون آنالیزور.

جدول ۱: مربوط به ایستگاه ۱

درصد شوری	دمای همگن شدن ( $T_H$ ) $^{\circ}C$	دمای ذوب نهایی ( $T_{lm}$ ) $^{\circ}C$	فراوانی
۲/۵	۲۴۳	-۲/۲	۱
۲/۵	۱۴۶	-۲/۲	۱
۲/۵	۱۴۰	-۲/۲	۱
۲	۱۴۴/۵	-۱/۶	۱
۲	۱۴۴/۹	-۱/۶	۱
۲/۲	۲۶۷	-۲	۱
۲/۱	۲۶۷	-۱/۸	۱
۲/۲	۲۶۵	-۲	۱

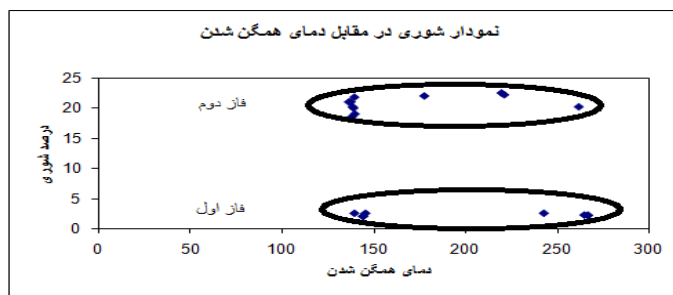
جدول ۲: مربوط به ایستگاه ۲

درصد شوری	دمای همگن شدن ( $T_H$ ) $^{\circ}C$	دمای ذوب نهایی ( $T_{lm}$ ) $^{\circ}C$	فراوانی
۲۰	۱۳۹/۵	-۱۵/۳	۱
۲۰/۲	۱۳۹	-۱۵/۵	۱
۱۹	۱۴۰/۲	-۱۵	۲
۲۱	۱۳۸	-۱۶	۳
۱۸/۵	۱۳۸/۵	-۱۴/۸	۱
۲۲	۱۷۸	-۱۸	۱
۲۱/۸	۱۴۰	-۱۷/۵	۱
۲۲/۵	۲۲۰	-۱۸/۵	۱
۲۲/۲	۲۲۱/۵	-۱۷/۸	۱
-	۱۳۵	-	۱
-	۱۳۷	-	۱
۲۱	۱۳۷	-۱۶	۱
۲۰/۲	۲۶۲	-۱۵/۵	۱
-	بیش از ۳۲۰	-	۲



شکل ۵: نمودار دما-چگالی جهت تعیین مقدار فشار با توجه به شوری

شکل ۴: چگالی میانبارهای مورد مطالعه بر حسب  $g.cm^{-3}$ ، نمودار اقتباس از (Bodnar, 1983)



شکل ۶: نمودار پراکندگی دمای همگن شدن در مقابل درصد شوری (مختارزاده محمدی و باقری، ۱۳۸۹)

#### ۴- نتیجه گیری

مطالعات مینرالوگرافی حاکی از حداقل دو مرحله کانه زایی است که در شکل ۲ الف و ب نیز دیده می‌شود کالکوسیت مربوط به فاز اول کانه زایی و شکافه پرکن و مربوط به ولکانیسم ائوسن و نیکلین که در این اشکال در حال جانشین شدن با کالکوسیت می‌باشد به همراه محلول های نیکل، آرسنیک، کبالت و اورانیوم دار مربوط به مرحله دوم کانه زایی است. مطالعات کانی شناسی مقاطع نازک نیز حاکی از سنگ در برگیرنده آندزیتی است که مربوط به مرحله ولکانیسم، کربناتی و سیلیسی شدن که مربوط به دگرسانی ثانویه و هجوم سیالات است. دمای همگن شدن اکثر سیالات درگیر حدود ۱۴۰ درجه سانتی گراد می‌باشد و همین طور با بررسی (شکل ۴ و ۵) مشخص می‌شود که سه گروه مشخص از سیالات درگیر با چگالی و فشار متفاوت قابل شناسایی است که می‌تواند بیانگر عملکرد سیالات کانه ساز با سه ویژگی متفاوت (چگالی، فشار و دما) باشد بررسی شکل ۵ نشان می‌دهد که دو گروه از سیالات درگیر دارای فشار کمتر از ۵۰ بار و یک گروه دارای فشار حدود ۵۰ بار است. با توجه به نمودار شکل ۶ مشاهده می‌شود که حداقل دو گروه از سیالات درگیر با شوری مجزا قابل تشخیص است با نظر به نتایج به دست آمده برای دمای همگن شدن و درصد شوری، منشاء سیالات کانه ساز دارای حداقل دو منشاء متفاوت بوده و یا دو مرحله اصلی کانی زایی جداگانه (فاز اول و فاز دوم) می‌باشد. احتمالاً آن دسته از سیالات که تقریباً دارای دمای بالاتر - شوری پایین تر هستند بیانگر سیال کانه ساز با منشاء ولکانیکی بوده و دسته دیگر که تقریباً دارای دمای پایین تر - شوری بالاتر هستند بیانگر سیال کانه ساز با منشاء شورابه های حوضه‌ای می‌باشد.

#### ۵- منابع

۱. آقا نباتی، ع. ۱۳۸۵، زمین شناسی ایران، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ۵۸۶ صفحه.
۲. خوبی، ن. قربانی، تاجبخش، ۱۳۸۷، کانسارهای مس در ایران، سازمان زمین شناسی کشور، تهران، ۴۲۱ صفحه.
۳. مختارزاده محمدی، ب.، باقری، ه.، ۱۳۸۹، مطالعه سیالات درگیر کانسار مس، نیکل، کبالت و اورانیوم مسکنی، چهاردهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران و بیست و هشتمین گردهمایی علوم زمین، دانشگاه ارومیه، ۶ صفحه.
4. Bagheri, H. Moore, F. and Alderton, D.H.M., 2007, Cu-Ni-Co-As (U) mineralization in the Anarak area of Central Iran, Journal of Asian Earth Sciences, 29, p. 651 - 665.
5. Bodnar, R., 1983, A method of calculating fluid inclusion volumes based on vapor bubble diameters and P-V-T-X properties of inclusion fluid, Econ. Geol., 78, p. 535-542.
6. Romanko, E. Kokorin, Yu, Krivyakin, B. Susov, M. Morozov, I. and Sharkovski, M., 1984, Outline of metallogeny of Anarak area (Central Iran), Technoexport Report, TE/No, 19, 143 pp.
7. Shepherd, T. Rankin, A.H. and Alderton, D.H.M., 1985, A Practical Guide to Fluid Inclusion Studies, Blackie, USACHapman & Hall New York, 239pp.