



## مطالعه کانه زایی و پتروگرافی سیالات درگیر کانسار آهن سراب ۳ (شهرک - شرق تکاب)

محمد معانی جو<sup>۱</sup>، مهرداد فردوسی راشد<sup>۲\*</sup>

۱- دانشیار زمین شناسی اقتصادی، گروه زمین شناسی دانشگاه بوعلی سینا همدان

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد زمین شناسی اقتصادی دانشگاه بوعلی سینا همدان

\*mehrdad.rashed@gmail.com

maanijou@yahoo.com

### چکیده:

معدن سراب ۳، یکی از کانه زایی‌های مهم آهن از نظر علمی و نیز اقتصادی است که در زون سنندج- سیرجان و ایران مرکزی و در استان کردستان قرار گرفته است. کانی‌های اصلی تشکیل دهنده کانسار شامل مگنتیت با بافت توده ای، هماتیت با بافت ماریتی و تیغه ای، پیرویت با بافت دانه پراکنده و پرکننده فضای خالی، لیمونیت، گوتیت، پیریت و کالکوپیریت است. از جمله کانی‌های باطله در کانسار می‌توان به فلوگوپیت، کلسیت، اپیدوت، کلریت، تالک، کوارتز مقدار کمی گارنت اشاره کرد. کانه زایی در این کانسار در اثر نفوذ توده‌های دیوریتی - گرانودیوریتی در سنگ‌های کربناته سازند قم صورت گرفته است. مطالعات صحرایی و نیز شواهد کانی شناسی، آلتراسیون ها، سیالات درگیر و ایزوتوپ‌های پایدار گوگرد همگی دال بر کانه زایی سراب ۳ به صورت یک کانسار مرتبط با فعالیت‌های ماگمایی با ژنز اسکارنی دارد. نقش ساختارها در تشکیل این کانسار بسیار حائز اهمیت بوده به گونه‌ای که کانه زایی آهن کنترل گسلی دارد.

**کلید واژه‌ها:** سیالات درگیر، کانه زایی، معدن آهن، سراب.

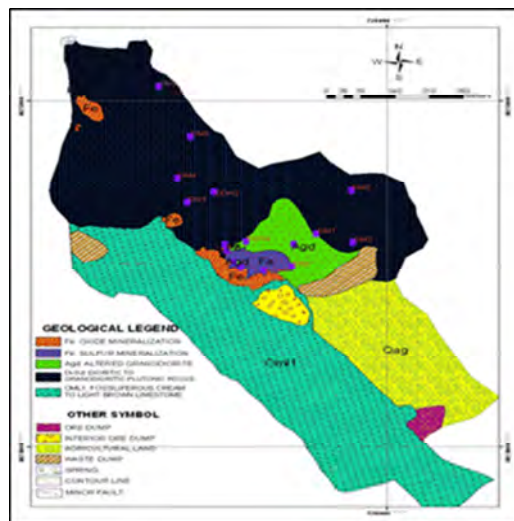
### مقدمه:

با توجه به اینکه اغلب ذخایر عظیم آهن کشورمان در زون ایران مرکزی قرار گرفته است اما در برخی نقاط دیگر مانند منطقه شهرک مجموعه‌ای از کانه زایی‌های مهم آهن دیده می‌شود. معدن سراب نیز یکی از توده‌های مگنتیتی این مجموعه است که ذخیره آن بیش از ۸ میلیون تن می‌باشد. این معدن در ورقه یکصد هزارم یاسوکند (قجور) در محدوده استانهای زنجان و کردستان قرار گرفته است. بر اساس نتایج حاصله از تلفیق نتایج مطالعات زمین شناسی صورت پذیرفته با نتایج فعالیت‌های اکتشافی انجام شده در معدن سراب، ذخیره کانسار سراب در بین سنگهای آذرین با ترکیب عمومی گرانودیوریت، تونالیت و دیوریت و سنگهای آهکی و دولومیتی قرار دارد.

سنگهای منطقه بیشتر از دگرگونه های اسلیت، فیلیت و به مقدار کمی اکتینولیت شیبست های کرتاسه، واحدهای گوناگون سازند قم دربرگیرنده مارن، سنگ آهک و سنگ های آذرین و مارنهای پلیوسن، پدید آمده است. توده های نفوذی گرانیتی و گرانودیوریتی-دیوریتی (دوران سوم) نیز در چند نقطه دگرگونه های کرتاسه و سازند قم را قطع نموده اند.

واحد های گوناگون سنگی منطقه به ترتیب از قدیم به جدید در برگیرنده سنگهای دگرگون شده آهک و سنگهای ولکانیکی کرتاسه، تخریبی های ماسه سنگی و کنگلومرای ائوسن، کنگلومرای الیگوسن، مارن، آهک و سنگ های ولکانیکی (شامل توف، توف برش، داسیت، ایگنمبریت و ولکانیک برش) الیگومیوسن، مارن و ماسه سنگ، آهک، توف برش، گچ و نمک میوسن، مارن، کنگلومرا و توف برش پلیوسن، توده های نفوذی ژرف و نیمه عمیق ترشیری و نهشته های آواری کواترنری است.

توده های نفوذی متعددی با ترکیب گرانیت، گرانودیوریت تا دیوریت و همچنین شماری دایک حد واسط واحدهای سنگی منطقه را در نقاط مختلف قطع نموده اند.



شکل ۱- نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه با مقیاس ۱/۱۰۰۰ (گزارش معدن، ۱۳۹۰)

### روش مطالعه:

طی بازدیدهای صحرایی از منطقه مورد مطالعه تعداد ۶ نمونه جهت مطالعه سیالات درگیر و تعداد ۱۲ نمونه جهت مقطع صیقلی و نازک-صیقلی، ۱۷ نمونه جهت مقطع نازک برداشت شد که همگی این نمونه‌ها بمنظور مطالعه آمادسازی شدند.

بحث:

کانه زایی آهن در سراب غالباً بصورت مگنتیت و کمتر هماتیت، گوتیت و لیمونیت است. همراه مگنتیت گانگ‌های کلیستی دیده می‌شود. با وجود اینکه بلورهای کلسیت موجود در کانسنگ مگنتیتی تا حدودی ریز می‌باشند اما امکان مطالعه سیالات درگیر موجود در آن‌ها را به ما می‌دهند.

ارتباط زایشی بین سیالات درگیر و ماده معدنی

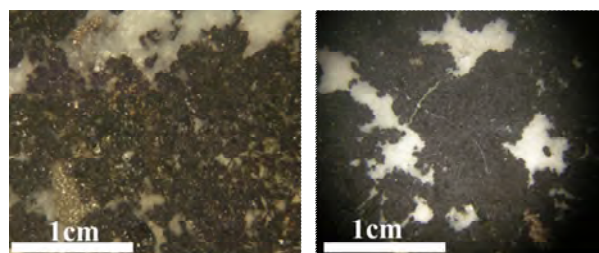
همیشه باید به رابطه سیال درگیر و فرایند تشکیل ماده معدنی توجه کرد، زیرا زمانی می‌توان نتایج ترمومتری را به ژنز ماده معدنی نسبت داد که این دو با هم همزاد باشند. جهت تشخیص منشا زمانی بین ماده معدنی و سیال درگیر بایست به مراحل مختلف تشکیل سیال درگیر دارای کانی نوزاد و نیز همزادی تشکیل سیالات و کانی میزبان توجه کرد. همانطور که در شکل ۲ دیده می‌شود هم زمانی کلسیت با کانسنگ مگنتیتی دیده می‌شود.

پتروگرافی سیالات درگیر

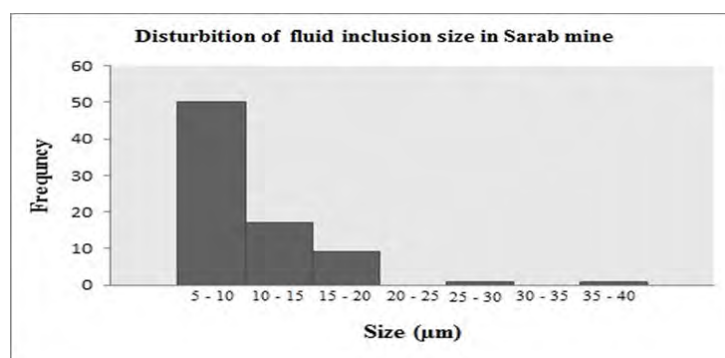
در مطالعه پتروگرافی، مشخصات نوری از قبیل شکل و اندازه میانبارهای سیال (Shape \* Size)، رده بندی ژنتیکی (اولیه، ثانویه، ثانویه کاذب)، محتویات میانبارهای سیال (L+V+S) نسبت V/L، نوع کانی‌های دختر (با توجه به شکل کریستالی و مورفولوژی ظاهری)، پدیده‌هایی مانند Leakage و Necking down مورد بررسی قرار می‌گیرد.

اندازه :

حجم میانبارهای سیال متأثر از ابعاد فضاهای موجود در بین سطوح بلوری و یا فضاهای ناشی از شکستگی، رشد موازی بلور و غیره است. اندازه اغلب میانبارهای سیال در آن حدی نیست که بتوان با چشم غیرمسلح آنها را دید (حاج علیلو، ۱۳۸۷). اندازه بیشترین سیالات درگیر دیده شده در نمونه‌های سراب بین ۵ تا ۲۰ میکرون می‌باشد که فراوان‌ترین آن‌ها بین ۵ تا ۱۰ میکرون می‌باشند. میانبارهای سیال با ابعاد ۲۵ تا ۴۰ میکرون به ندرت در نمونه‌ها دیده می‌شوند (شکل ۳).



شکل ۲- حضور کلسیت و پیریت در زمینه مگنتیت



شکل ۳- نمودار فراوانی اندازه سیالات درگیر در معدن سراب

### انواع سیالات درگیر در معدن سراب:

میانبارهای موجود در نمونه‌ها شامل انواع: (A) دو فاز غنی از مایع، (B) سه فاز متشکل از مایع آبگین+حباب بخار+هالیت (C) تک فاز مایع، (D) تک فاز گاز

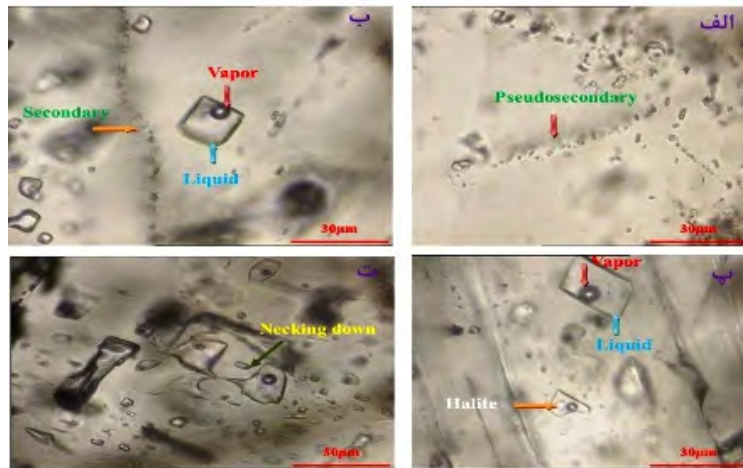
میانبارهای نوع A به صورت دوفازی غنی از مایع بوده یا به عبارت دیگر متشکل از مایع آبگین و حباب بخار هستند، حباب بخار حدود ۱۵ الی ۳۰ درصد حجم سیال درگیر را اشغال کرده است در واقع درجه پرشدگی این نوع از سیالات درگیر در حدود ۸۵ الی ۷۰ درصد است. سیالات درگیر غنی از مایع بیشتر به اشکال بلور منفی (به تبعیت از کانی میزبان) و کشیده مشاهده می‌شوند. سیالات درگیر نوع B و یا چند فاز متشکل از مایع آبگین+حباب بخار+هالیت است. مایع آبگین بیشتر حجم سیال درگیر را تشکیل داده است (در حدود ۶۰ الی ۷۰ درصد). در بیشتر موارد حباب بخار بزرگتر از بلور نمک بوده و حجمی در حدود ۲۰ الی ۳۰ درصد از سیال درگیر را تشکیل داده است. این تیپ از سیالات درگیر در نمونه‌ها مشاهده می‌شود. در سیالات درگیر این نمونه (که دارای بیشترین میزان شوری در میان سایر نمونه می‌باشد) فاز جامد هالیت مشاهده می‌شود که می‌توان دلایل زیر را برای این امر بیان داشت:

الف) این سیالات درگیر مربوط به مرحله‌ای از کانه زایی بوده‌اند و در شرایط زمانی و عمقی محبوس شده‌اند که هنوز اختلاط با آب های جوی صورت نگرفته است. ب) فرایند جوشش موجب به دام افتادن مایعی با شوری بالا در این سیالات درگیر شده زیرا اصولاً فرایند جوشش یک مایع با شوری متوسط را به دو فاز یکی بخار و دیگری مایع با شوری بالا تبدیل می‌کند (Roedder and



(Bodnar, 1980) احتمالاً این نوع از سیالات درگیر در سایر نمونه‌ها نیز حضور داشته است اما به دلیل ریز بودن و یا فراوانی کم آن‌ها مشاهده نشده‌اند.

به هر حال چون این تیپ از سیالات درگیر فقط در یک نمونه که آن هم در ارتباط مستقیم با کانسنگ مگنتیتی نبوده است نمی‌توان تفاسیر مربوط به آن را به تمام منطقه مورد مطالعه تعمیم داد و کل نمونه‌ها و در نتیجه کانسار را براساس آن تفسیر کرد. در شکل ۴ تصاویر مربوط به سیالات درگیر دیده می‌شود.



شکل ۴- الف) سیالات درگیر ثانویه کاذب ریزی که در یک روند خطی قرار گرفته‌اند. ب) میانبارهای دو فاز متشکل از فاز گاز و مایع آبگین، میانبارهای ثانویه ریز در روند خطی (بزرگنمایی ۸۰۰ برابر) پ) میانبارهای دو فاز متشکل از فازهای گاز-مایع که غنی از مایع می‌باشند و سه فاز مایع آبگین+حباب بخار+هالیت. ( پدیده Necking down (باریک شدگی).  
کانه زایی

کانه زایی در سراب در اثر نفوذ توده گرانیته - گرانودیوریتی در ارتباط با فعالیت‌های تکتونیکی الیگومیوسن خصوصاً میوسن پایانی در داخل سنگ‌های کربناته مربوط به سازند قم به سن الیگومیوسن، اتفاق افتاده است. زون اصلی کانه زایی که به صورت مگنتیت رخ داده است در قسمت تحتانی کانسار قرار گرفته و قسمت اعظم آن از تاثیر اکسیداسیون توسط آب‌های سطحی تا حد بسیار زیادی در در امان مانده است. کانی‌شناسی این زون که ذخیره اصلی کانسار را در بر می‌گیرد (۸/۷۰۰۷/۸۵ تن آهن مگنتیتی با میانگین عیار آهن کل ۵۳/۷۴ درصد، FeO معادل ۳۲/۸۷ درصد) شامل مگنتیت پیریت، کاکوپیرت، پیروتین است و کانی‌های باطله آن شامل کلسیت و فلوگوپیت است. نمونه‌هایی از کانسنگ مگنتیتی در شکل ۵ آمده است.



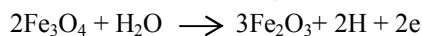


شکل ۵- الف) کانسنگ مگنتیتی بدون اکسیداسیون ثانویه همراه با گانگ‌های کلسیتی و پیریتی فراوان ب) کانسنگ مگنتیتی با بافت متراکم در زون تحتانی کانسار بدون اکسیداسیون پ) کانسنگ مگنتیتی با درجه پایین اکسیداسیون در قسمت بالایی کانسار که تحت تاثیر آب‌های جوی قرار گرفته است کانی‌های اولیه مگنتیت به هماتیت، گوتیت و لیمونیت تبدیل شده‌اند. هماتیت با فرمول کلی  $Fe_2O_3$  به طور کلی می‌تواند به دو صورت تشکیل شود:

(۱) به صورت اولیه تحت شرایط فوگاسیته بالای اکسیژن از مذاب اکسیدهای آهن تشکیل می‌گردد.

(۲) به صورت ثانویه در محیط‌های تحت هوازدگی به وجود می‌آید.

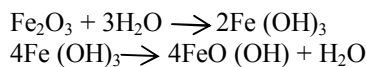
اکسیداسیون مگنتیت به هماتیت، در حضور آب، با واکنش زیر همراه است (شهاب پور ۱۳۸۰):



این واکنش به پتانسیل اکسیداسیون - احیاء و pH بستگی دارد.

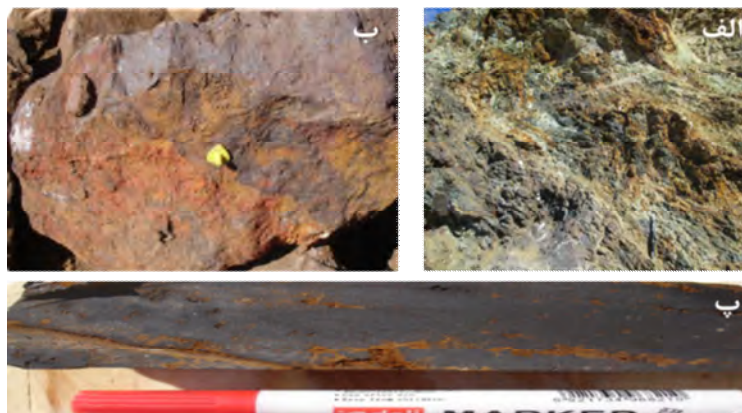
در کانسنگ هماتیتی در سراب اکسیداسیون مگنتیت به هماتیت در زیر میکروسکوپ به صورت جانشینی منطقه ای با هسته‌هایی از مگنتیت باقی مانده به شکل زونینگ (مارتیتی شدن) قابل مشاهده است. در مطالعات میکروسکوپی با توجه به بافت‌های موجود، تمامی هماتیت‌ها ثانویه هستند و بر اثر اکسیداسیون مگنتیت ایجاد شده‌اند. گاهی هماتیت کاملاً جایگزین مگنتیت شده است و سنگ دیگر، هیچگونه خاصیت مغناطیسی ندارد. در این حالت ساختمان داخلی مگنتیت با رخ‌های اکتائوری حفظ شده است. گوتیت حاضر در منطقه به نظر می‌رسد حاصل دگرسانی کانی‌های اولیه مگنتیت یا هماتیت باشد. گوتیت جزء پایدارترین کانی‌های اکسید آهن می‌باشد و به صورت کلی به دو روش از کانی‌های آهن‌دار بوجود می‌آید:

(۱) از طریق اکسیداسیون هماتیت



(۲) از طریق اکسیداسیون سولفید آهن (پیریت)

با توجه به اینکه هم اکسیدهای آهن و هم سولفیدهای آهن در منطقه حضور دارد لذا می‌توان ادعا کرد گوتیت از هردوی آن‌ها نشئت گرفته است. لیمونیت با فرمول شیمیایی  $FeOOH.nH_2O$  اکسید آهن آبداری است که در نمونه دستی به صورت توده‌های متراکم به رنگ زرد تا زرد قهوه‌ای است. لیمونیت در اثر تغییر و تجزیه به هماتیت تبدیل می‌شود (پیشلر و ریگراف ۱۳۷۴). در شکل ۶، تصاویر نمونه‌های دستی از کانسنگ مگنتیتی که به هماتیتی، گوتیت و لیمونیت تبدیل شده‌اند آمده است هم‌چنین در شکل ۷ مقاطع میکروسکوپی از کانسنگ آهن دیده می‌شود.

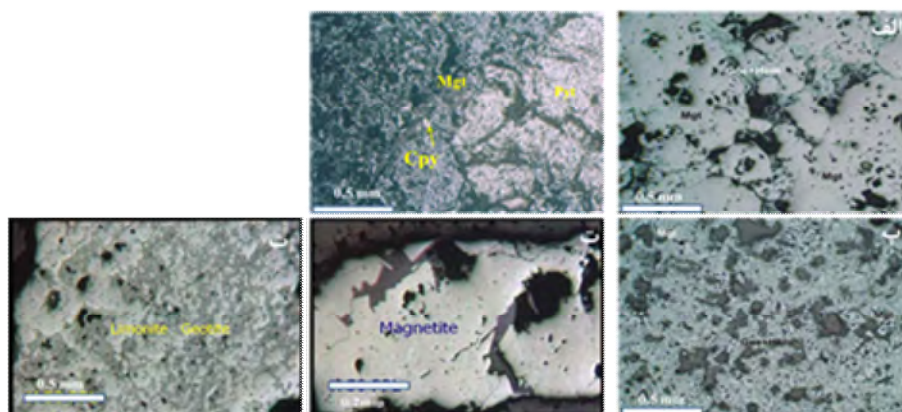


شکل ۶- الف) قسمت فوقانی کانسار که تحت تاثیر فرایندهای اکسیداسیون ثانویه قرار گرفته است. ب و پ) کانسنگ هماتیتی و تا حدی گوتیتی حاصل از اکسیداسیون کانی‌های اولیه آهن (مگنتیت و به مقدار کمتر سولفیدهای آهن) در قسمت فوقانی کانسار.



### نتیجه گیری:

سیالات درگیر موجود در کلسیت‌ها در سراب از نظر شکل ظاهری بصورت تبلور منفی به تبعیت از بلور کلسیت و هم‌چنین میانبرهای سیال با اشکال کشیده می‌باشند که نوع اول غالب‌تر است. انواع میانبرهای موجود در نمونه‌ها شامل دو فاز غنی از مایع، سه فاز متشکل از مایع آبگین+حباب بخار+هالیت، تک فاز مایع، تک فاز گاز می‌باشد. با وجود اینکه سیالات درگیر ثانویه و ثانویه کاذب در نمونه‌ها دیده می‌شود اما غالب سیالات درگیر موجود در نمونه‌های مطالعه شده اولیه می‌باشند. براساس مطالعات کانی‌شناسی می‌توان ابراز داشت که منشا زون هماتی-گوتیتی-لیمونیتی قرار گرفته بر روی زون مگنتیتی در سراب ناشی از تاثیر فرایندهای سوپرژن است که کانسنگ مگنتیتی را تبدیل کرده است و نه بالا بودن فوگاسیته اکسیژن در ماگمای اولیه. همانطور که اشاره شد منشا هماتیت بیشتر از اکسیداسیون مگنتیت می‌باشد و نه اکسیداسیون سولفید آهن. با این وجود بیشتر ذخیره سراب از تاثیر فرایندهای سوپرژن در امان مانده و ذخیره اصلی آن را مگنتیت تشکیل می‌دهد.



شکل ۷ - الف) نمونه مورد مطالعه از قسمت فوقانی اکسید شده کانسار است و در آن فاز اصلی اکسید آهن تشکیل دهنده نمونه، مگنتیت می‌باشد و هماتیت و گوتیت ناشی از آلتراسیون مگنتیت (هماتیت به مقدار اندک ممکن است به صورت اولیه نیز باشد) اندک بوده، حداکثر ۵ درصد برآورد می‌شود. در نمونه هماتیت بصورت ذرات ریز تیغه‌ای-سوزنی میکرونی مشاهده می‌شود. مقدار گانگ در نمونه کمتر از ۵ درصد بوده و ترکیبات سولفیدی و آپاتیت وجود ندارد. ب) سمت راست تصویر پیروتیت (پیروتین) به رنگ خاکستری تا گرمی روشن و سمت چپ تصویر بلورهای خاکستری روشن مگنتیت نمایان است. ضمناً یک عدد بلور ریز دانه در وسط تصویر به رنگ زرد بسیار کم رنگ با ترکیب کالکو پیریت مشاهده می‌شود. (نمونه از کانسنگ بدون اکسیداسیون) پ) مگنتیت فاز اصلی نمونه و کانه آهن‌دار غالب در سنگ است با این وجود مقدار اکسید و هیدروکسیدهای آهن ثانوی از منشاء آلتراسیون مگنتیت به صورت ذرات ریز هماتیت و گوتیت به حدود ۲۵ تا ۲۰ درصد برآورد می‌شود. در این نمونه ترکیبات سولفیدی و آپاتیت مشاهده نمی‌شود (نمونه مربوط به قسمت فوقانی کانسار). ت) بلورهای مگنتیت که تا حد بسیار کمتری دچار اکسیداسیون شده است و ث) نمایی دیگر از مقطع "ت" که کانی‌های مگنتیت تا حد زیادی به هماتیت و گوتیت تبدیل شده‌اند، (نمونه مربوط به قسمت فوقانی کانسار).

### منابع:

- ۱- شرکت کیمیا معادن سپاهان، (۱۳۹۰)، گزارش پایانی عملیات اکتشافات تکمیلی معدن سنگ آهن سراب.
- ۲- شگرد و همکاران ترجمه وارطان سیمونز، (۱۳۸۶)، راهنمای عملی برای مطالعات سیالات درگیر، انتشارات دانیال، ۲۸۸ صفحه.



۳- قربانی، م.، (۱۳۸۲)، دیباچه ای بر زمین شناسی اقتصادی ایران، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور. ۶۹۵ صفحه.

References:

- 1) Bodnar, R.J. and Vityk, M. O. (1994) Interpretation of microtermometric data for H<sub>2</sub>O-NaCl fluid inclusions. In Fluid Inclusions in Minerals, Methods and Applications, B. De Vivo and M. L. Frezzotti, eds., pub. by Virginia Tech, Blacksburg, VA, p. 117-130.
- 2) Ramdohr, P., (1980). The ore mineral & their intergrowth, pergamon press Pp. 1207.