



# ۳۱مین همایش ملی بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران



مطالعات زمین‌شناسی، ژنز و سیالات درگیر منطقه قوری درق، جنوب غرب میاندوآب استان آذربایجان غربی

مریم معصومی\*<sup>۱</sup>، سیدغفور علوی<sup>۲</sup>، وارطان سیمونز<sup>۳</sup>، حسین ناصری<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup>کارشناسی ارشد، گروه علوم زمین، زمین‌شناسی اقتصادی، دانشگاه تبریز

<sup>۲</sup>استادیار، گروه علوم زمین، زمین‌شناسی اقتصادی، دانشگاه تبریز

<sup>۳</sup>دانشیار، گروه علوم زمین، زمین‌شناسی اقتصادی، دانشگاه تبریز

<sup>۴</sup>دانشجو دکترا، گروه علوم زمین، زمین‌شناسی اقتصادی، دانشگاه تبریز

E-mail: masoomiimaryam@gmail.com

\*نویسنده مسئول: مریم معصومی

## چکیده:

محدوده مورد مطالعه در شرق روستای قوری درق، جنوب غرب میاندوآب، استان آذربایجان غربی قرار دارد. این محدوده شامل بخش میانی حاشیه جنوبی غربی نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۰۰۰۰ قره‌آغاج است. در این محدوده کانی‌سازی طلا رخ داده که سنگ میزبان آن، مجموعه دگرگونه پرکامبرین پسین مرکب از شیست، آمفیبولیت و شیل سازند کهر می‌باشد. این سنگهای میزبان تحت تأثیر فرآیندهای دگرشکلی و گسلش متعدد قرار گرفته‌اند به گونه‌ای که گسل‌های امتدادلغز و نرمال متعددی به همراه شکستگی‌ها و دسته‌درزه‌های متعدد قابل مشاهده هستند. مطالعات پتروگرافی سیالات درگیر در داخل رگه‌های کوارتز نشانگر حضور غالب سه نوع سیال درگیر، شامل دوفازی مایع-بخار، تک فاز بخار و تک فاز مایع بود. آنالیز میکروترمومتری سیالات درگیر نشان داد که مقادیر شوری، دمای همگن‌شدن، و چگالی سیالات بدام افتاده در این سه نوع سیال درگیر به ترتیب در بازه ۲/۱ تا ۵/۵ درصد وزنی معادل نمک طعام، ۲۴۱ تا ۲۹۰ درجه سانتی‌گراد و ۰/۷ تا ۰/۸۵ g/cm<sup>3</sup> می‌باشد. حضور برش‌های گرمایی، سودومورف کوارتز بعد از کلسیت تیغه‌ای و همیافتی سیالات درگیر تک فاز مایع، تک فاز بخار و دوفازی مایع - بخار می‌تواند نشانگر وقوع پدیده جوشش باشد. یافته‌های حاصل از ریز دماسنجی حکایت از آن دارد که محلول‌های هیدروترمال منشأ متئوریک داشته‌اند. به نظر می‌رسد پدیده جوشش توأم با سرد شدن از دلایل اصلی ته‌نشینی فلزات بوده است. یافته‌های حاصل از مطالعه ساخت و بافت کانسنگ‌ها به همراه اطلاعات ریز دماسنجی راجع به شوری و دمای همگن شدن (پایین) سیالات حاکی از آن است که کانی‌سازی طلا در مناطق مورد مطالعه از نوع سولفیداسیون پایین می‌باشد.

کلیدواژه‌ها: سیالات درگیر، ژنز، قوری درق، قره‌آغاج.



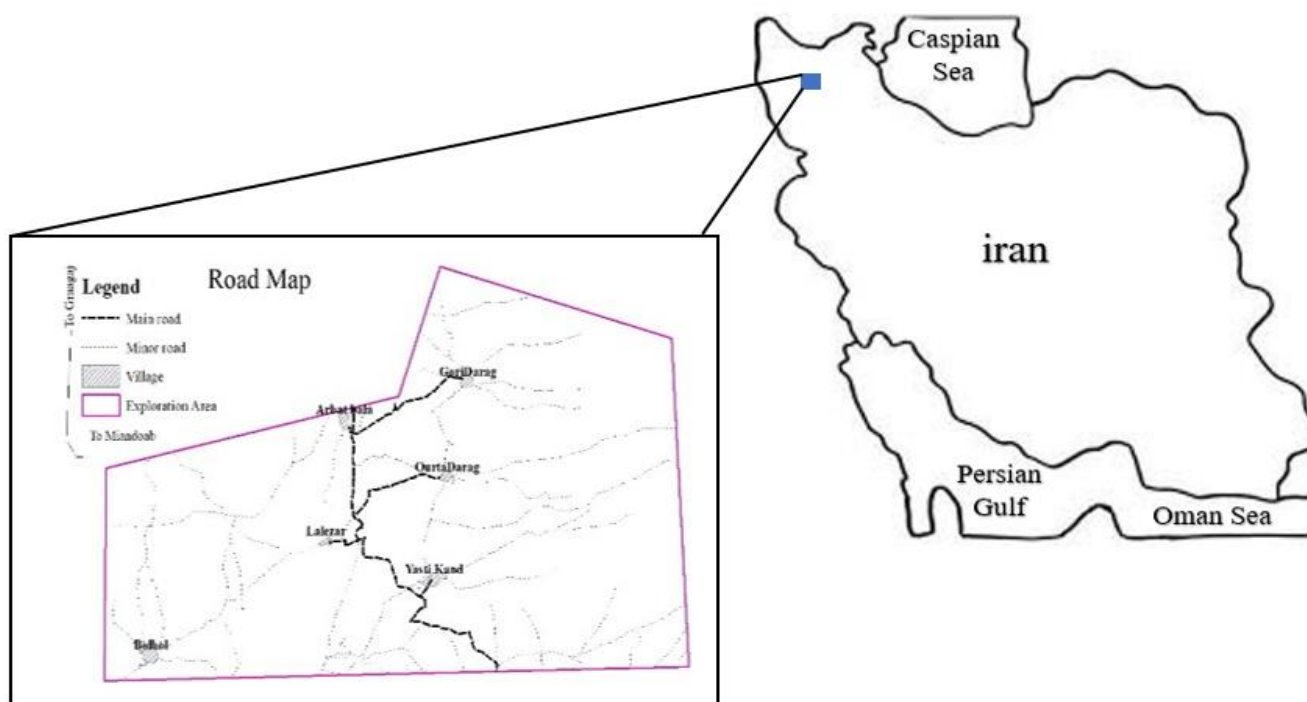
## Geology, genesis and fluid inclusion studies in Qouri Daragh area, southwest of Miandoab, West Azarbaijan province

### Abstract:

The studied area is located in the east of Ghorī Dargh village, southwest of Miandoab, West Azarbaijan province. This range includes the middle part of the south-west margin of the 1:20000 geological map of Qara-Aghaj. Gold mineralization has occurred in this area, and its host rock is the Late Precambrian complex composed of schist, amphibolite and shale of the Kaher Formation. These host rocks have been affected by many deformation and faulting processes, so that many strike-slip and normal faults can be seen along with many fractures and joints. Petrographic studies of the involved fluids inside the quartz veins indicated the predominant presence of three types of involved fluids, including two-phase liquid-vapor, single-phase vapor and single-liquid phase. Microthermometric analysis of involved fluids showed that salinity values, homogenization temperature, and density of trapped fluids in these three types of involved fluids ranged from 241 to 290 degrees Celsius and 0.7 to 0.85 g/cm<sup>3</sup>. The presence of hydrothermal fractures, quartz pseudomorphs after lamellar calcite and co-mingling of fluids involved in single liquid phase, single vapor phase and two liquid-vapor phases can indicate the occurrence of boiling phenomenon. The findings of microthermometry indicate that the hydrothermal solutions had a meteoric origin. It seems that the phenomenon of boiling combined with cooling was one of the main reasons for the precipitation of metals. The findings from the study of the structure and texture of the ores along with microthermometric information about the salinity and homogenization (low) temperature of the fluids indicate that the gold mineralization in the studied areas is of low sulphidation type.

## مقدمه:

محدوده مورد مطالعه بخشی از زون ایران مرکزی را شامل می‌شود که در نیمه غربی آن بخش‌های از زون ماگمایی ترشیری و در بخش شرقی و شمال شرقی سنگ‌های دگرگونی رخمون دارد. این محدوده به بیان دقیق‌تر از نظر تقسیمات محیط تکتونو-ماگمایی ایران و خاورمیانه بین دو زون ساختاری ارومیه - دختر و ایران مرکزی قرار گرفته است. مهم‌ترین سیمای کانی سازی در این منطقه زون‌های کانهدار رگه‌ای و رگچه‌ای است. این منطقه در بین طول‌های جغرافیایی  $38^{\circ}40'46''$  تا  $38^{\circ}54'46''$  شرقی و عرض‌های جغرافیایی  $36^{\circ}59'49''$  تا  $37^{\circ}3'47''$  شمالی واقع شده است. دسترسی به این محدوده از طریق جاده آسفالت میبندوآب-باروق به طول ۴۸ کیلومتر تا روستای اربط و سپس جاده خاکی به طول ۲ کیلومتر از روستای اربط تا روستاهای قوری‌درق و یاستی‌کند امکان‌پذیر می‌باشد. روستاهای قوری‌درق، اربط سفلی و یاستی‌کند نزدیک‌ترین آبادی‌ها به محدوده کانی‌سازی بوده و به ترتیب در شمال، مرکز، و جنوب محدوده واقع هستند. نقشه راه‌های دسترسی به محدوده مورد مطالعه در شکل ۱ آورده شده است. هدف‌های مهم این کار پژوهشی، بررسی دقیق توده‌های نفوذی منطقه، تهیه نقشه ۱:۲۰۰۰۰ منطقه، میانبرهای سیال، تعیین ژنز، چگونگی نهشت کانسنگ و تیپ کانی‌سازی بررسی شده است.



شکل ۱- راه‌های دسترسی به منطقه مورد مطالعه



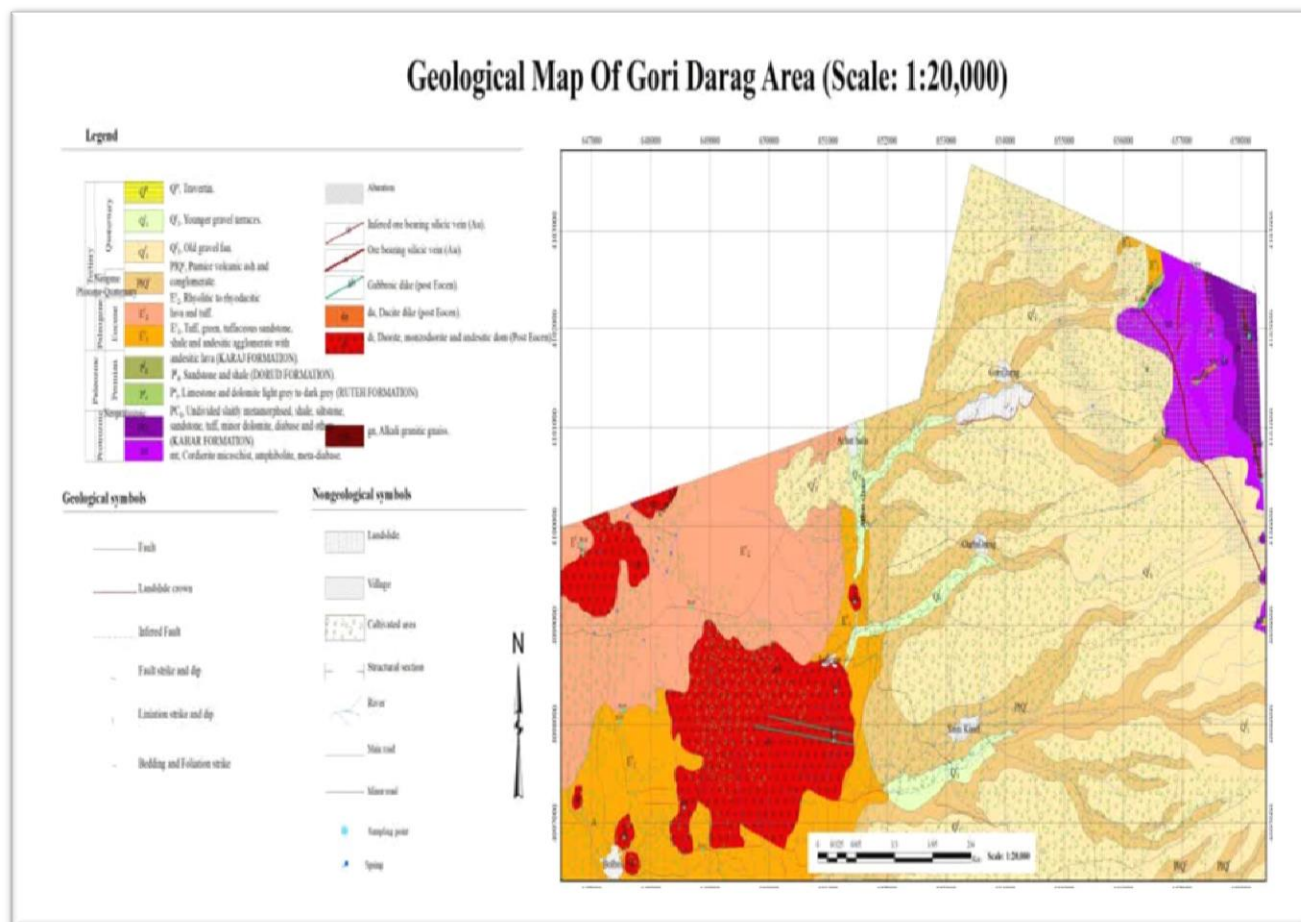
انجمن بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران

# ۳۱مین همایش ملی بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران



## روش بررسی:

روش مطالعه در منطقه شامل مراحل زیر است: تهیه نقشه زمین‌شناسی در مقیاس ۱:۲۰۰۰۰ (شکل ۲). از محدوده معدنی قوری‌درق است. طی پیمایش‌های صحرایی، وضعیت کلی منطقه بررسی گردید. بررسی درزه‌ها و جهت‌گیری رگه‌ها در منطقه برداشت شد و حدود ۱۶ نمونه دستی از انواع واحدهای رخمون یافته منطقه برداشت شد. طی مطالعات آزمایشگاهی از نمونه‌های برداشت‌شده حدود ۲۰ عدد مقطع نازک، ۱۵ عدد مقطع صیقلی جهت مطالعه عناصر در دانشگاه پیام نور تهیه گردید. و تعداد ۴ بسته نمونه که به صورت لب پری از رگه-رگچه‌ها برداشت‌شده بود به آزمایشگاه تحقیقات زمین‌شناسی و کانی‌شناسی جهت ICP\_AES ارسال شد. دماسنجی بر روی ۵۶ سیال درگیر انجام و نمودارهای مربوطه ترسیم گردید. مشاهده و اندازه‌گیری پارامترهای دمایی با استفاده از آزمایشات توسط استیج لینکام مدل THMS600 میکروسکوپ المپوس BX51 صورت گرفته است. برای کالیبره کردن دستگاه از سولفات سدیم استفاده گردید. جهت فریز کردن نمونه از گاز ازت مایع استفاده‌شده است. بازه‌ی حرارتی استیج از ۱۹۰- تا ۶۰۰+ درجه‌ی سانتی‌گراد می‌باشد.



شکل ۲- نقشه ۱:۲۰۰۰۰ منطقه مورد مطالعه



# ۳۱مین همایش ملی بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران



بحث و برداشت:

مطالعات سیالات درگیر:

بررسی سیالات درگیر برای تعیین دماسنجی، تعیین نوع املاح، مقدار شوری محلول کانه‌دار و بررسی محیط کانه‌زایی در کانسارهای مختلف به کار می‌رود. برای این منظور لازم است بررسی‌های دقیق همبرزادی انجام شود و کانی‌هایی انتخاب شوند که از محلول کانه‌دار تشکیل شده باشند. برای بررسی سیالات درگیر منطقه قوری درق ۵ نمونه کوارتز شفاف که با کانی‌سازی همراه بوده و آثار کانی‌سازی در آن دیده شده است برداشت شد سپس مقاطع دوبرصیقل تهیه شد. کوارتز به علت رخداد زمین‌شناسی گسترده، شفافیت و به دام انداختن میانبارهای سیال نسبتاً بزرگ‌تر بهترین گزینه برای بررسی سیالات درگیر است (Shepherd et al., 1985). [1] دماسنجی بر روی ۵۶ نمونه سیال درگیر از مقاطع دو برصیقل بررسی شد و نمودارهای مربوطه ترسیم و شرایط فیزیکوشیمیایی سیالات درگیر کانه‌ساز تعیین شد (جدول ۱)

جدول ۱- نتایج آنالیز میکروترنومتری سیالات درگیر در بلورهای کوارتز منطقه قوری درق

| No. | Phases | $T_{H(L-V)} (C)$ | Wt% NaCl |
|-----|--------|------------------|----------|
| 1   | L+V    | 241              | 2.5      |
| 2   | L+V    | 251              | 3.5      |
| 3   | L+V    | 257              | 4.5      |
| 4   | L+V    | 261              | 4.5      |
| 5   | L+V    | 264              | 3.5      |
| 6   | L+V    | 268              | 5.5      |
| 7   | L+V    | 272              | 5.5      |
| 8   | L+V    | 281              | 4.5      |
| 9   | L+V    | 262              | 2.2      |
| 10  | L+V    | 270              | 2.5      |
| 11  | L+V    | 259              | 2.5      |
| 12  | L+V    | 265              | 2.1      |
| 13  | L+V    | 270              | 2.2      |
| 14  | L+V    | 260              | 2.5      |
| 15  | L+V    | 262              | 2.1      |
| 16  | L+V    | 275              | 2.2      |
| 17  | L+V    | 280              | 2.5      |
| 18  | L+V    | 265              | 2.5      |
| 19  | L+V    | 275              | 2.1      |
| 20  | L+V    | 290              | 2.5      |
| 21  | L+V    | 255              | 2.5      |
| 22  | L+V    | 275              | 2.1      |
| 23  | L+V    | 280              | 2.2      |
| 24  | L+V    | 290              | 2.5      |
| 25  | L+V    | 265              | 2.2      |
| 26  | L+V    | 270              | 2.2      |



# ۳۱مین همایش ملی بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران

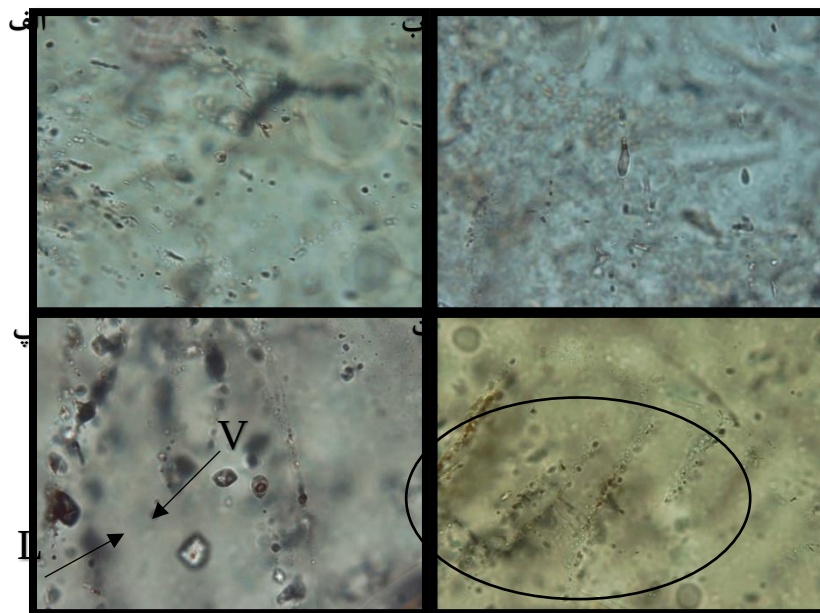


|    |     |     |     |
|----|-----|-----|-----|
| 27 | L+V | 285 | 2.3 |
| 28 | L+V | 260 | 2.5 |
| 29 | L+V | 260 | 2.1 |
| 30 | L+V | 275 | 2.1 |
| 31 | L+V | 290 | 2.8 |
| 32 | L+V | 280 | 2.7 |
| 33 | L+V | 280 | 2.7 |
| 34 | L+V | 280 | 2.7 |
| 35 | L+V | 260 | 2.5 |
| 36 | L+V | 265 | 2.1 |
| 37 | L+V | 260 | 2.1 |
| 38 | L+V | 275 | 2.2 |
| 39 | L+V | 280 | 2.2 |
| 40 | L+V | 255 | 2.5 |
| 41 | L+V | 260 | 2.5 |
| 42 | L+V | 260 | 2.5 |
| 43 | L+V | 260 | 2.5 |
| 44 | L+V | 270 | 2.2 |
| 45 | L+V | 270 | 2.1 |
| 46 | L+V | 275 | 2.2 |
| 47 | L+V | 290 | 2.5 |
| 48 | L+V | 290 | 2.6 |
| 49 | L+V | 285 | 2.6 |
| 50 | L+V | 285 | 2.6 |
| 51 | L+V | 260 | 2.5 |
| 52 | L+V | 240 | 2.5 |
| 53 | L+V | 255 | 2.1 |
| 54 | L+V | 255 | 2.1 |
| 55 | L+V | 250 | 2.5 |
| 56 | L+V | 260 | 2.5 |

## پتروگرافی سیالات درگیر:

در نمونه مطالعه شده اغلب قریب به اتفاق میانبرهای سیال دارای ابعاد کمتر از ۵ میکرون هستند و این موضوع باعث مشکل شدن پتروگرافی میانبرهای سیال میشود. در این نمونه تعداد میانبرهای سیال ثانویه بسیار زیاد است و این نکته نشان می‌دهد که محل نمونه‌برداری دارای تکتونیک بسیار فعالی بوده است و احتمالاً بتوان سنگ‌ها و درزهای زیادی را در منطقه نمونه‌برداری مشاهده کرد. از پدیده‌های جالب در مطالعه میانبرها، وجود میانبرهای سیال با فاز گاز در حالت حرکت یا همان میانبرهای ناپایدار است. این نوع میانبرها نشان‌دهنده‌ی عدم به تعادل رسیدن فاز بخار با فاز مایع درون میانبر سیال است. اکثر میانبرهای مشاهده‌شده در این نمونه از نوع میانبرهای دو فاز غنی از مایع (V+L) می‌باشد. درجه‌ی پرشدگی (degree of filling) این میانبرها بین ۷۰ تا ۹۵ درصد است. بیشتر میانبرها، دارای درجه‌ی پرشدگی بیش از ۸۰ درصد هستند. این نکته نشانگر غنی بودن سیالات کانه دار از آب می‌باشد. شکل منفی بلور کوارتز (negative shape) در میانبرهای سیال به چشم می‌خورد. پدیده‌ی باریک شدگی (necking down) در میانبرهای سیال این نمونه وجود دارد. وجود میانبر سیال با دو فاز مایع (آب و دی اکسید کربن مایع) در این نمونه نشان می‌دهد که سیال کانه دار در مسیر حرکت خود از سنگ‌های کربناته عبور کرده است.

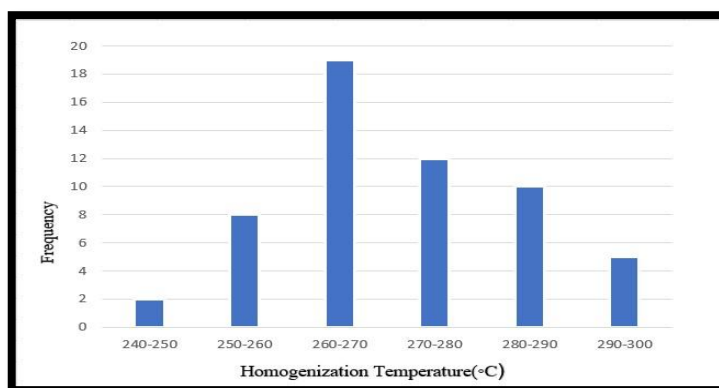
سیالات درگیر در منطقه مورد مطالعه دارای شکل‌های کروی (ت)، کشیده (ب)، نامنظم (الف) منفی بلور (پ) می‌باشند شکل ۳.



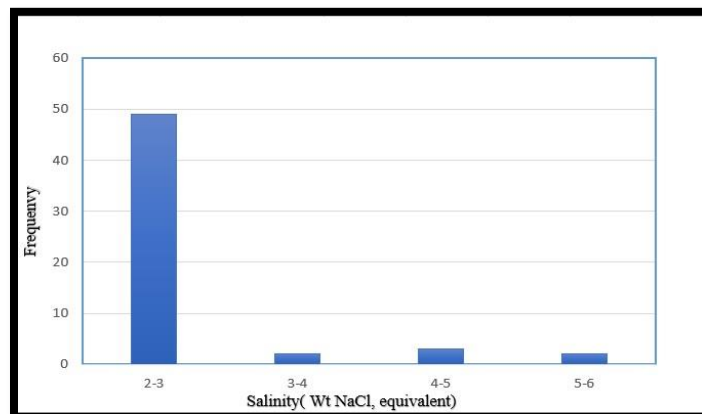
شکل ۳- تصاویر میکروسکوپی از انواع سیالات درگیر با میزبان کوارتز در منطقه قوری درق.

(الف) میانبرهای سیال دوفازی غنی از مایع به شکل نامنظم و به صورت تجمعی. (ب) شکل کشیده مربوط میانبرهای سیال دوفازی (neck down). (پ) شکل منفی بلور مربوط به میانبر سیال دوفازی. (ت) میانبرهای سیال دوفازی و به صورت تجمعی.

دمای همگن شدن بر روی ۵۶ میانبر سیال دوفازی غنی از مایع و گاز صورت گرفته است. دمای همگنی میانبرهای سیال در محدوده دمایی بین  $241^{\circ}$  تا  $290^{\circ}$  (درجه سانتی‌گراد) متغیر است. اما بیشترین فراوانی دمای همگنی میانبرهای سیال مربوط به بازه دمایی ۲۶۰ تا ۲۷۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد (شکل ۴). بر اساس مطالعاتی که بر روی نمونه‌ها انجام شده، درجه شوری میانبرهای سیال در محدوده بین ۲,۱ تا ۵,۵ درصد وزنی معادل NaCl می‌باشد اما بیشترین فراوانی مربوط به شوری‌های بازه ۲ تا ۳ درصد وزنی معادل NaCl می‌باشد (شکل ۵).

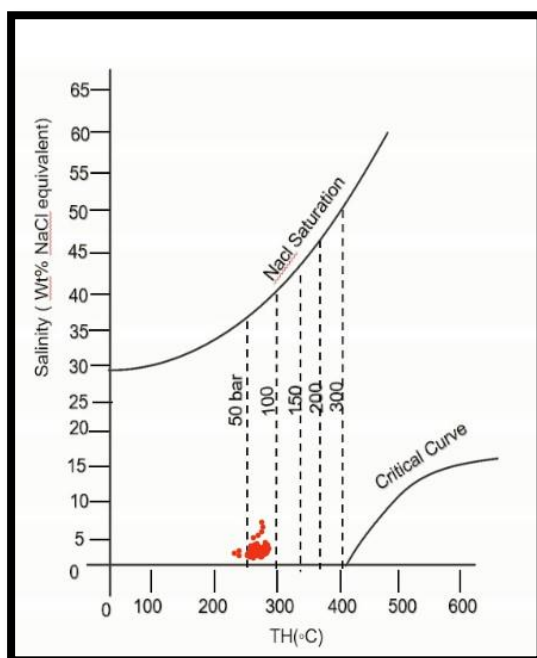


شکل ۴- هیستوگرام دمای همگن شدن میانبرهای سیال دوفازی غنی از مایع و گاز



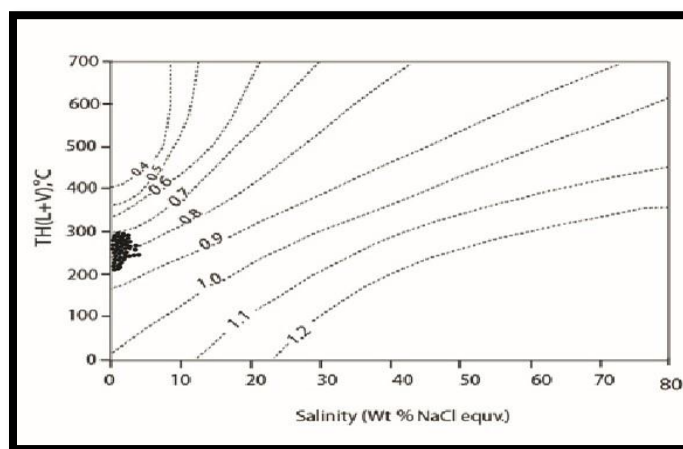
شکل ۵- هیستوگرام میزان شوری میانبرهای سیال دوفازی در مقابل فراوانی آنها

شرایطی از قبیل حضور توأم فلویید اینکلوزن دو فاز غنی از مایع و گاز و تک فاز گاز در منطقه قوری درق نشانگر فرآیند جوشش، سیالات درگیر در زمان به تله افتادن فشار هیدروستاتیک را تجربه می‌کرده‌اند. به‌منظور دستیابی به حداقل فشاربخار ممکن در  $T_H$  به دام افتادن میانبرهای سیال از نمودار استفاده‌شده است. همان‌طور که در نمودار مشاهده می‌شود فشار هیدروستاتیک سیال در دمای  $T_H$  در بیشتر نمودارهای منطقه قوری درق تقریباً بین ۴۰ تا ۱۰۰ می‌باشد (شکل ۶).



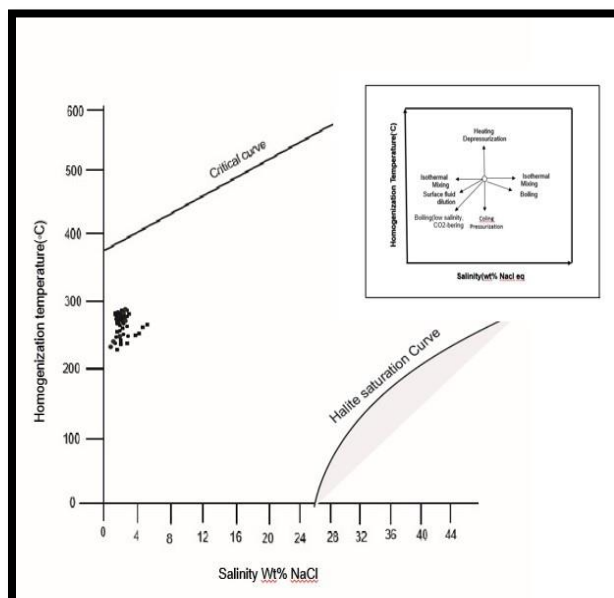
شکل ۶- نمودار دومتغیره  $T_H$  در برابر Salinity (Shepherd et al, 1985). که الگوی توزیع یافته‌های مربوط به میانبرهای سیال منطقه قوری درق نسبت به منحنی‌های بحرانی و اشباع هالیت نشان داده‌شده است.

یافته‌های حاصل از دمای همگنی میانبارهای سیال همراه با یافته‌های شوری آن‌ها صرف نظر از شرایط به تله افتادن آن‌ها، چگالی سیال را تعیین می‌کنند (Bodnar, 1983). [ 2 ]، ترسیم نتایج حاصل از میکروترمومتری منطقه قوری درق بر روی نمودار دومتغیره دمای همگن شدن در مقابل شوری ارائه شده توسط (Wilkinson, 2001). [ 3 ] نشان می‌دهد که چگالی بیشتر نمونه‌ها در محدوده ۰٫۷ تا ۰٫۸۵  $\text{gr/cm}^3$  مکعب قرار می‌گیرد (شکل ۷).



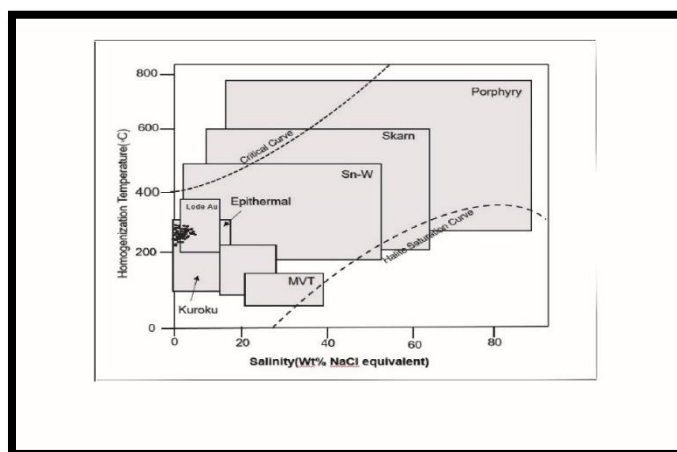
شکل ۷- نمودار تغییرات دما در برابر شوری (Wilkinson, 2001)، که در آن میانبارهای سیال رگه سیلیسی منطقه قوری درق چگالی‌هایی در محدوده ۰٫۷ تا ۰٫۸۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب را نشان می‌دهند.

برای تعیین نمودن روند تکاملی میانبارهای سیال یافته‌های میکروترمومتری قوری درق بر روی نمودار شوری در مقابل دمای همگن شدن سیالات با فرآیندهای طبیعی از قبیل جوشش و یا سرد شدن و ارتباط این فرآیندها با یکدیگر از یک مدل شماتیک و ترسیم یافته‌های حاصل از مطالعات میکروترمومتری سیالات درگیر استفاده نموده‌ایم (شکل ۸).



شکل ۸- نمودار دمای همگن شدن در برابر درصد شوری (Shepherd et al., 1985; Wilkinson, 2001) ، که در آن روند تکاملی سیالات کانه‌ساز در منطقه مورد مطالعه به‌خوبی نشان داده شده است. بر اساس این شکل فرآیندهای سرد شدن و جوشش مهم‌ترین مکانسیم‌های مؤثر در این نهشت کانسنگ‌ها است.

با استفاده نمودن از نتایج حاصل از دمای همگن شدن و شوری سیالات درگیر می‌توان به ژنز احتمالی کانه‌زایی موجود در منطقه قوری‌درق پی برد. با ترسیم نمودن یافته‌های حاصل بر روی نمودار (شکل ۳-۵۲): به نظر می‌رسد که ژنز احتمالی کانه‌زایی در منطقه مورد مطالعه غالباً از نوع اپی‌ترمال سولفیداسیون پایین باشد (شکل ۹).



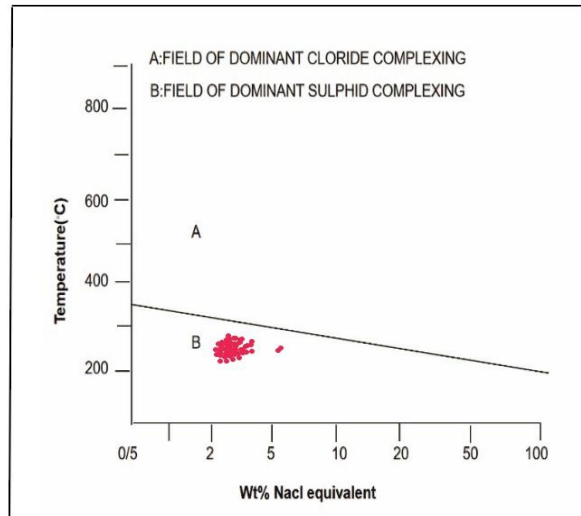
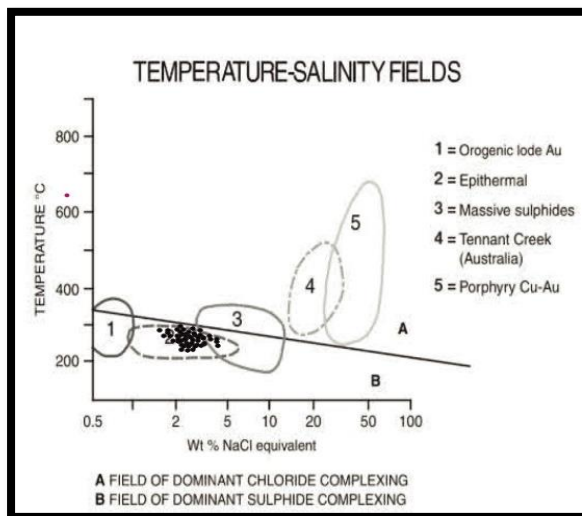
شکل ۹- نمودار همگن شدن در مقابل درصد شوری میانبارهای سیال برای تعیین نمودن ژنز احتمالی موجود در منطقه مورد مطالعه (Wilkinson, 2001).

جهت تعیین نمودن نوع کمپلکس‌های مؤثر در حمل فلزات گران‌بها و پایه از نمودار (شکل ۱۰ و ۱۱) استفاده گردید. مطابق این نمودار کمپلکس‌های سولفیدی نقش مؤثری در حمل فلزات کانسنگی در رگه- رگچه‌های سیلیسی منطقه مورد مطالعه داشته است.

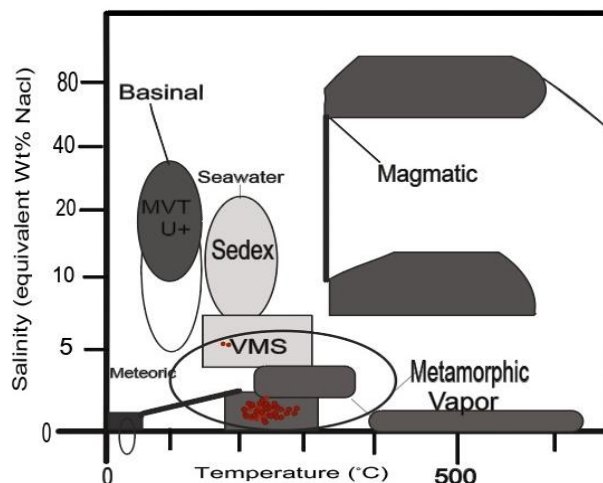


انجمن بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران

# ۳۱مین همایش ملی بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران



شکل ۱۰- نمودار تعیین نوع کمپلکس بر اساس درصد شوری در مقابل دمای همگن شدن سیالات درگیر (Piranjo, 2009). [ 4 ]  
 شکل ۱۱- یکی دیگر از نمودارهای تعیین نوع کمپلکس بر اساس درصد شوری در مقابل دمای همگن شدن سیالات درگیر  
 با پلات نمودن داده‌های حاصل از مطالعات فلوییدها در نمودار شماتیک (شکل ۱۲). سیالات گرمایی از نوع جوی (Meteoric) تشخیص داده می‌شود. آب‌های جوی دارای دمای پایین هستند و نیز می‌توانند از طریق گسل‌ها و درزه‌ها به اعماق زمین نفوذ کنند و در صورت قرار گرفتن در نزدیکی توده‌های نفوذی فعال یا در حال سرد شدن، دما و قابلیت انحلال آن‌ها زیادتر می‌شود و فلزات را از سنگ‌های مسیر شسته و حمل می‌نماید و در صورت مساعد بودن شرایط آن‌ها را رسوب می‌دهد. مهم‌ترین عامل مؤثر نهشت فلزات در این منطقه در درجه اول جوشش و در درجه دوم سرد شدن سیالات می‌باشد. منشأ آبی‌ترمال منطقه مورد مطالعه نسبت به منشأ فلوییدهای تشکیل‌دهنده کانسارهای هیدروترمالی که آب‌های جوی منشأ میانبارهای سیال در منطقه می‌باشد.





شکل ۱۲- نمودار دمای همگن در برابر شوری سیالات و مدل شماتیک جهت تعیین نمودن منشأ فلوئیدها

## ژنز کانی‌سازی طلای قوری درق:

(Robert et al., 1997). [ 5 ] با طبقه‌بندی زمین‌شناسی ذخایر طلا در ۱۶ دسته، خصوصیات مختلف هر دسته را بررسی کرده‌اند. آن‌ها نسبت  $Au/Ag$  در هر نهشته را نیز ذکر کرده‌اند که این نسبت می‌تواند معیار مهمی برای تشخیص دسته‌های مختلف باشد. با توجه به اینکه نسبت  $Au/Ag$  در منطقه مورد مطالعه به‌طور متوسط برابر  $1/13$  و همچنین این نکته که کانی‌سازی قوری درق با ذخایر پلاسما قدیمی و اسکارن شباهتی ندارد پس پتانسیل قوری درق با ۴ دسته از ذخایر طلا بر اساس نسبت  $Au/Ag$  شباهت دارد: طلای اپی‌ترمال آدولاریا\_ سیریسیت ( نوع فقیر از فلزات پایه ) ( $Au/Ag=10.1-1.10$ ) طلای پراکنده استوک‌ورک غیر کربناته (  $Au/Ag$  بیشتر از یک)، رگه‌ای کربناته- کوارتز با میزبان گرینستون (  $Au/Ag= 5.1-10.1$  ) و رگه‌ای کربناته- کوارتز با میزبان توریدیت (  $Au/Ag$  بیشتر از ۵) که دسته سوم و چهارم در رده ذخایر مزوترمال ( کوهزایی ) جا می‌گیرند ( Foster, 1993 ). [ 6 ] اشاره کرد که در طول عمر زمین دو دوره برای کانی‌سازی طلا وجود داشته است: ۱- ذخایر کوارتز رگه‌ای مزوترمال آرکئن ۲- ذخایر اپی‌ترمال، مزوترمال و مرتبط با توده نفوذی مزوزوئیک تا کواترنری.

بنابراین فاستر ذخایر اصلی طلا را شامل ذخایر طلای اپی‌ترمال، تیپ کوهزایی و تیپ مرتبط با توده نفوذی می‌داند که هریک با ویژگی‌های خاص خود از دیگری متمایز می‌شوند. بررسی ذخایر طلای ایران نیز نشان می‌دهد که همه ذخایر طلای ایران در حالت کلی متعلق به یکی از سه تیپ اشاره شده، می‌باشند. بر اساس مطالعات صحرایی، سیالات‌درگیر، دگرسانی و شواهدی که ذکر می‌شود طلای کانی‌سازی قوری درق بیشترین شباهت را با ذخایر تیپ اپی‌ترمال دارد و با ذخایر تیپ کوهزایی و تیپ مرتبط با توده نفوذی تفاوت‌هایی دارد.

کانی‌سازی طلای قوری درق با ذخایر تیپ کوهزایی تفاوت‌های زیر را دارد:

۱- دمای تشکیل ذخایر تیپ کوهزایی بین  $180^{\circ}C - 600^{\circ}C$  است که کانی‌سازی عمدتاً بین  $350^{\circ}C - 200^{\circ}C$  رخ داده است. درحالی که بر اساس مطالعات سیالات‌درگیر کانی‌سازی در منطقه در دمای بین  $290^{\circ}C - 241^{\circ}C$  رخ داده است.

۲- در ذخایر تیپ کوهزایی بافت ساروجی دیده می‌شود که این بافت در منطقه دیده نشده است.

۳- کانی‌سازی در تیپ کوهزایی اکثراً مرتبط با پهنه‌های برشی ( شیر زون‌های ) شکل‌پذیر ( خمیری ) و شکننده ( شکن ) است درحالی که کانی‌سازی در این منطقه با این پهنه‌ها مرتبط نیست.

۴- آب مؤثر در کانی‌سازی ذخایر تیپ کوهزایی عمدتاً آب دگرگونی است درحالی که در کانی‌سازی قوری درق بر اساس مطالعات صورت گرفته آب‌های جوی دیده می‌شود.



# ۳۱مین همایش ملی بلورشناسی و کانیشناسی ایران



۵- کانه‌های آرسنوپیریت و پیروتیت در ذخایر تیپ کوهزایی وجود دارند، درحالی‌که این کانه‌ها در پتانسیل طلای قوری‌درق وجود ندارند.

۶- سیالات مرتبط با کانیشازی در ذخایر تیپ کوهزایی غنی از  $\text{CO}_2$  هستند زیرا سیالات ترکیبی از  $\text{H}_2\text{O}$ - $\text{CO}_2$  آبگون - کربنی هستند درحالی‌که بر اساس مطالعات سیالات درگیر در منطقه،  $\text{CO}_2$  در سیالات وجود ندارد.

۷- در ذخایر تیپ کوهزایی، دگرسانی کربناتی شدید است ولی در منطقه قوری‌درق کربناتی شدن شدید نیست.

۸- دگرسانی‌های تورمالینی و لیستونیتی که در ذخایر تیپ کوهزایی دیده می‌شوند، در منطقه کانیشازی قوری‌درق مشاهده نشده‌اند.

۹- کانیشازی در ذخایر تیپ کوهزایی مرتبط با گسل‌های معکوس است ولی در منطقه قوری‌درق کانیشازی با گسل‌های نرمال مرتبط است. وجود بافت‌های دروزی و کلوفرم در منطقه نشانگر جریان آزاد سیالات گرمابی در مسیر حرکت است که نشان می‌دهد شکستگی‌ها به سطح زمین راه‌یافته‌اند و درواقع نشانگر بیشتر بودن فشار سیال نسبت به فشار لیتوستاتیک در زمان کانیشازی است که منطبق با سازوکارهای کششی است و کانه در فضاها باز شکستگی‌های نرمال تشکیل شده است. تشکیل کانه در گسل‌های نرمال از خصوصیات ذخایر اپی ترمال است.

کانیشازی طلای قوری‌درق با ذخایر تیپ مرتبط با توده نفوذی تفاوت‌های زیر را دارد:

۱- کانه‌های آرسنوپیریت، پیروتیت، بورنیت، مولیدنیت و بیسموتینیت از جمله کانه‌های موجود در ذخایر تیپ مرتبط با توده نفوذی هستند که هیچ کدام در پتانسیل طلای قوری‌درق یافت نشده‌اند.

۲- دگرسانی‌های تورمالینی و گرایزنی) مخصوصاً تورمالینی (شاخص ذخایر تیپ مرتبط با توده نفوذی هستند که در منطقه کانیشازی قوری‌درق مشاهده نشده‌اند.

۳- سیالات مرتبط با کانیشازی در ذخایر تیپ مرتبط با توده نفوذی یا غنی از  $\text{CO}_2$  و دارای شوری کمتر از ۱۰ و یا دارای هالیت و شوری بالاتر از ۳۰ هستند درحالی‌که بر اساس مطالعات سیالات درگیر، شوری سیالات طلادار در منطقه قوری‌درق بین ۲٫۱ تا ۵٫۵ بوده و در سیالات  $\text{CO}_2$  و هالیت وجود ندارد.

۴- ذخایر تیپ مرتبط با توده نفوذی در مکان‌هایی واقع هستند که در آنجا ابتدا فروورانش و سپس برخورد رخ داده است که با وضعیت منطقه قوری‌درق سازگاری ندارد زیرا در منطقه کانیشازی قوری‌درق، برخورد رخ نداده است.

۵- ذخایر تیپ مرتبط با توده نفوذی ارتباط فضائی - زمانی با سنگ‌های آذرین آکالن دارند که در منطقه این حالت دیده نمی‌شود.



# ۳۱مین همایش ملی بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران



۶- در ذخایر تیپ مرتبط با توده نفوذی، مقدار سولفید بینهایت پائین (غالباً کمتر از یک درصد حجمی) است درحالی که در منطقه قوری درق مقدار سولفید قابل توجه تر است.

بسیاری از خصوصیات کانی سازی طلای قوری درق مشابه ذخایر طلای اپی ترمال است که شواهد آن در ادامه ذکر می گردد. شواهد اولیه دیگری که کانی سازی قوری درق را به ذخایر اپی ترمال نزدیک می کند عبارت است از:

۱- دمای کانی سازی در منطقه براساس مطالعات سیالات درگیر از  $241^{\circ}\text{C}$  تا  $290^{\circ}\text{C}$  بوده که در محدوده ذخایر اپی ترمال است.

۲- دگرسانی کلریتی شدن در منطقه که با کانی سازی مرتبط است براساس ( Guilbert and park, 1997 ) . [ 7 ] شاخص ذخایر اپی ترمال می باشد.

با توجه به اینکه کانی سازی اصلی طلا در قوری درق بصورت رگه ای و رگچه ای می باشد، بنابراین می توان کانی سازی طلای قوری درق را طلای رگه ای تیپ اپی ترمال دانست. در ( جداول ۲). ویژگی های ذخایر طلای تیپ اپی ترمال سولفیداسیون پایین با کانی سازی طلای قوری درق مقایسه شده است. بر اساس جداول مذکور کانی سازی قوری درق طلای رگه ای تیپ اپی ترمال و مشابه ذخایر طلای سولفیداسیون پایین است.

جدول ۲- مقایسه کانی سازی قوری درق با ذخایر طلای اپی ترمال سولفیداسیون پایین ( Sillitoe, 1989 [ 8 ] Stanton, 1972 [ 9 ]

( [ 10 ] Henley, 1991

| تیپ<br>ویژگی ها      | ذخایر طلای اپی ترمال سولفیداسیون پایین                                                                                                                                                                       | کانی سازی قوری درق                                                                                                                                       |
|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| منشأ سیالات کانه ساز | عمدتاً منشأ آبهای جوی است ولی امکان اختلاط با سیالات ماگمایی وجود دارد                                                                                                                                       | براساس مطالعات صورت گرفته، منشأ سیالات آبهای جوی می باشند. تشکیل قسمت اعظم کانی سازی در شرایط رگه ای نیز این مسئله را اثبات می کند.                      |
| سنگ میزبان           | متغیر ماده معدنی معمولاً درون چند واحد سنگ شناسی مختلف سنگ میزبان، سنگهای آتشفشانی و سنگهای رسوبی همراه آنها و ذخیره عمدتاً در سنگهای آتشفشانی اسیدی تا حد واسط مخصوصاً آندزیت، ریوداسیت و ریولیت قرار دارد. | سنگ میزبان مجموعه دگرگونه پرکامبرین پسین مرکب از شست، آمفیبولیت و شیل سازند کهر می باشد                                                                  |
| دما                  | ۱۰۰ تا ۳۲۰ درجه سانتی گراد، عموماً ۱۵۰ تا ۲۵۰ درجه سانتی گراد.                                                                                                                                               | براساس مطالعات سیالات درگیر دمای کانی سازی از $241^{\circ}\text{C}$ تا $290^{\circ}\text{C}$ است. این دمای پایین نشان دهنده کانی سازی اپی ترمال می باشد. |



انجمن بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران

# ۳۱مین همایش ملی بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران



دانشگاه تبریز

|                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                |
|---------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| انواع دگرسانی             | سریسیتی $\pm$ آرژیلیتی (ایلپیت، گاه کانولینیت)، آدولاریا فراوان، پروپیلیتی کلریتی شدن (در اثر هوازدگی، سنگ دیواره به همراه لیمونیت‌های زرد رنگ، جاروسیت، آلونیت، هماتیت، گوتیت و کانولینیت آرژیلیتی شده مجموعه هوازده را می‌سازند                                                          | دگرسانی‌هایی مانند سریسیتی، کلریتی، سیلیسی، پروپیلیتیک و دگرسانی غالب آرژیلیتی می‌باشد.                                                                                                        |
| باطله‌ها                  | کوارتز یا کالسدونی موجود است. کربنات موجود است و معمولاً منگنزدار رودوکروزیت است. باریت و یا فلوریت بطور موضعی (محلی) حضور دارند و باریت در بالای توده معدنی یافت می‌شود. آدولاریا حضور دارد (در رگه‌ها یا به صورت پراکنده.                                                                | اکثراً کوارتز است.                                                                                                                                                                             |
| کانی‌شناسی                | اسفالریت، گالن و تتراندريت معمول هستند. مس عمدتاً به صورت کالکوپیریت حضور دارد. همچنین پیریت $\pm$ کولین دیده می‌شود. ممکن است هماتیت یافت شود بیسموتین وجود ندارد. سلسنیدها حضور دارند.                                                                                                   | کالکوپیریت، پیریت، اسفالریت، مس، طلا، بورنیت، لیمونیت، کوپریت، هماتیت گوتیت وجود دارند که کالکوپیریت نسبتاً فراوان است. تبدیل کالکوپیریت و پیریت به گوتیت و هماتیت و لیمونیت بسیار فراوان است. |
| ساخت                      | کانی‌سازی بصورت پرشدگی فضاهای خالی و حفرات است و رگه‌ها، دیواره‌های بسیار واضحی دارند. کانی‌سازی در نزدیک سطح ممکن است استوک ورکی یا پراکنده باشد، رگه‌ها اکثراً کوارتزی                                                                                                                   | رگه-رگچه‌ای، پرکننده فضای خالی غالب است.                                                                                                                                                       |
| شیمی سیالات<br>کانه‌ساز   | سیالات دارای pH نزدیک به خنثی ولی ممکن است در اثر جوشش حالت قلیایی پیدا کنند. شوری صفر تا ۱۳ درصد (اکثراً کمتر از ۳) درصد وزنی معادل NaCl. شوری غیر معمول در دامنه ۵ تا ۱۲ درصد وزنی معادل NaCl با مقادیر نسبتاً زیاد فلزات پایه مرتبط است. کمپلکس‌های کلریدی برای حمل فلزات پایه مناسبند. | بر اساس مطالعات سیالات درگیر شوری سیالات بین ۲،۱ تا ۵،۵ هست که نشان دهنده شوری پایین سیالات است. pH سیال به علت وجود دگرسانی سریسیتی و کلریتی خنثی می‌باشد.                                    |
| سن سنگ میزبان             | سن سنگ میزبان بیش از یک میلیون سال                                                                                                                                                                                                                                                         | مربوط به پرکامبرین پسین                                                                                                                                                                        |
| مقدار کانی‌های<br>سولفیدی | ۱ تا ۲۰ درصد حجمی، معمولاً کمتر از ۵ درصد حجمی عمدتاً به صورت پیریت نسبت گوگرد به کانی سولفیدی پایین.                                                                                                                                                                                      | مقدار کانی سولفیدی کمتر از ۱۰ درصد و عمدتاً به صورت پیریت و کالکوپیریت.                                                                                                                        |
| بافت                      | بافت حفره‌ای دروزی (حفرات بلوردار)، کوارتز و کلسدون نواری                                                                                                                                                                                                                                  | بافت حفره‌ای و پرکننده فضای خالی (پرشدن حفرات به وسیله کوارتز) دیده می‌شود.                                                                                                                    |
| عمق                       | بین صفر تا ۱۰۰۰ متر                                                                                                                                                                                                                                                                        | کمتر از ۱۰۰۰ متر.                                                                                                                                                                              |



# ۳۱مین همایش ملی بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران



## نتیجه گیری:

براساس مطالعات پتروگرافی بر روی سیالات درگیر، سیالات مطالعه شده جهت ترموبارومتري از نوع سیالات درگیر نوع اولیه می- باشند. به علت شوری پایین سیالات درگیر و منشأ جوی آن و وجود شواهدی مانند جوشش به عنوان مهمترین عامل ته‌نشینی فلزات در منطقه و شواهد بافتی، کانی‌سازی سولفیدی منطقه مورد مطالعه از نوع اپی‌ترمال سولفیداسیون پایین معرفی می‌گردد.

## تشکر و قدردانی:

از دانشگاه پیام نور تبریز جهت انجام آنالیزهای سیالات درگیر و از شرکت آذر مس کاران جهت یاری رساندن به این پروژه کمال تشکر را داریم.

## مراجع:

- [1] Shepherd, R. G. (1985). Regression analysis of river profiles. *The Journal of Geology*, 93(3), 377-384.
- [2] Bodnar, R. J., 1983. A method of calculation fluid inclusion volumes based on vapor bubble diameters and PVTX properties of inclusion fluid. *Econ. Geol.*, 78, 535- 542.
- [3] Wilkinson, J. J., 2001. Fluid inclusions in hydrothermal ore deposits. *Lithos*, 55(1). 229-272.
- [4] Piranjo, F., 2009. Hydrothermal processes and mineral system. Springer Science, New York, 123p.
- [5] Robert, F., poulsen, K. H. D., Dube, B., 1997. Gold deposits and their geological classification *Geochemical Exploration* 97, 209-220.
- [6] Foster, R.P., 1993. Gold metallogeny and exploration, Blackie and Son. Ltd., 432.
- [7] Guilbert, J. M. and Park, C. F., 1997. The geology of ore deposited. Freeman and Company, New York, 985 p
- [8] Sillitoe, R. H. (1989). Gold deposits in western Pacific Island arcs: the magmatic connection.
- [9] Stanton, R. L., 1972. Ore petrology. Mc Graw- Hill, New York, 699 p.
- [10] Henley, R.W., 1991, Epithermal gold deposits in volcanic terranes. In Foster, R.P. (ed.), Gold metallogeny and exploration, Blackie, Glasgow

[ 11 ] رضایی، ح. و فنودی، م. ۱۳۸۸، تهیه نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ منطقه قره آغاج