Archive of SID

Journal of Economic Geology
Vol. 12, No. 3 (2020)
ISSN 2008-7306

زمین‌شناسی اقتصادی
جلد 12، شماره 3 (سال 1399)
صفحات 377 تا 397

مقاله پژوهشی

بررسی میان‌بارهای سیال در رگه‌های کانی‌سازی مس، کانی‌سازی فلوریت-باریت، زون دگرسانی و بررسی شرایط رخداد کانی‌سازی در شمال‌غرب گناباد، استان خراسان رضوی

صدیقه زیرجانی‌زاده[1*]، محمدحسن کریم‌پور[2و3]، سمیه سمیعی[1] و اعظم انتظاری هرسینی[4]

1) گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، مجتمع آموزش عالی گناباد، گناباد، ایران
2) گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
3) گروه پژوهشی اکتشاف ذخایر معدنی شرق ایران، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
4) گروه زمین‌شناسی، دانشگاه پیام‌نور، تهران، ایران

دریافت مقاله: 1396/12/02، پذیرش: 1398/10/18

چکیده

منطقه مورد بررسی در استان خراسان رضوی، شمال‌غرب گناباد و از نظر ساختاری جزو بلوک لوت محسوب می‌شود. واحدهای سنگی در منطقه شامل سنگ‌های دگرگونی، سنگ‌های آتشفشانی، دایک‌ها و توده‌های نیمه‌عمیق با ترکیب اسیدی-حدواسط و سنگ‌های رسوبی است. زون‌های دگرسانی شناسایی‌شده شامل سیلیسی، پروپیلیتیک، آرژیلیک و آرژیلیک پیشرفته است. بررسی میان‌بارهای سیال در دو منطقه حاوی کانی‌سازی رگه‌ای مس (کلاته‌نو) و رگه‌های فلوریت-باریت-گالن (جنوب‌شرقی منطقه مورد بررسی) و دو زون دگرسانی کوارتز-سریسیت-پیریت و آرژیلیک (به‌ترتیب در محدوده خاک رس کلاته‌نو و کائولن باغ‌سیاه و رخ‌سفید) انجام‌شد. دماسنجی در محدوده کانی‌سازی مس کلاته‌نو بر روی کانی کوارتز انجام شد. بر اساس تغییرات دمای همگن‌شدن و شوری، میان‌بارهای سیال در منطقه مس کلاته‌نو به دو گروه اصلی تفکیک شد. گروه اول شامل میان‌بارهای سیال با دمای همگن‌شدن 260 تا 300 درجه سانتی‌گراد و میزان شوری بین 1/5 تا 3/23 درصد وزنی معادل نمک طعام است. گروه دوم میان‌بارهای سیال با دمای همگن‌شدن 193 تا 240 درجه سانتی‌گراد، شوری بین 4/1 تا 5/86 درصد وزنی معادل است. بررسی‌های میان‌بارهای سیال در محدوده کانی‌سازی فلوریت (با بررسی دماسنجی بر روی کانی فلوریت و باریت)، دارای دمای همگن‌شدن بین 186 تا 326 درجه سانتی‌گراد و شوری کمتر از 7 درصد وزنی نمک طعام است. با بررسی میان‌بارهای سیال بر روی کانی کوارتز در زون دگرسانی کوارتز-سریسیت-پیریت، دو گروه سیال در شکل‌گیری زون دگرسانی شناسایی شدند که شامل سیال با دمای همگنی بین 289 تا 354 درجه سانتی‌گراد، شوری 10/86 تا 10/98 درصد وزنی نمک طعام و سیال با دمای همگن‌شدن بین 266 تا 337 درجه سانتی‌گراد، شوری 11/7 تا 13/07 درصد وزنی نمک طعام است. زون آرژیلیک دمای همگن‌شدن بین 186 تا 326 درجه سانتی‌گراد دارد. طیف حرارتی به‌دست آمده از این کانی‌سازی‌ها مشابه سیستم‌های اپی‌ترمال است.

واژه‌های کلیدی: *میان‌بارهای سیال، کانی‌سازی، دگرسانی، شمال‌غرب گناباد، بلوک لوت*

*مسئول مکاتبات: s.zirjanizadeh@gonabad.ac.ir

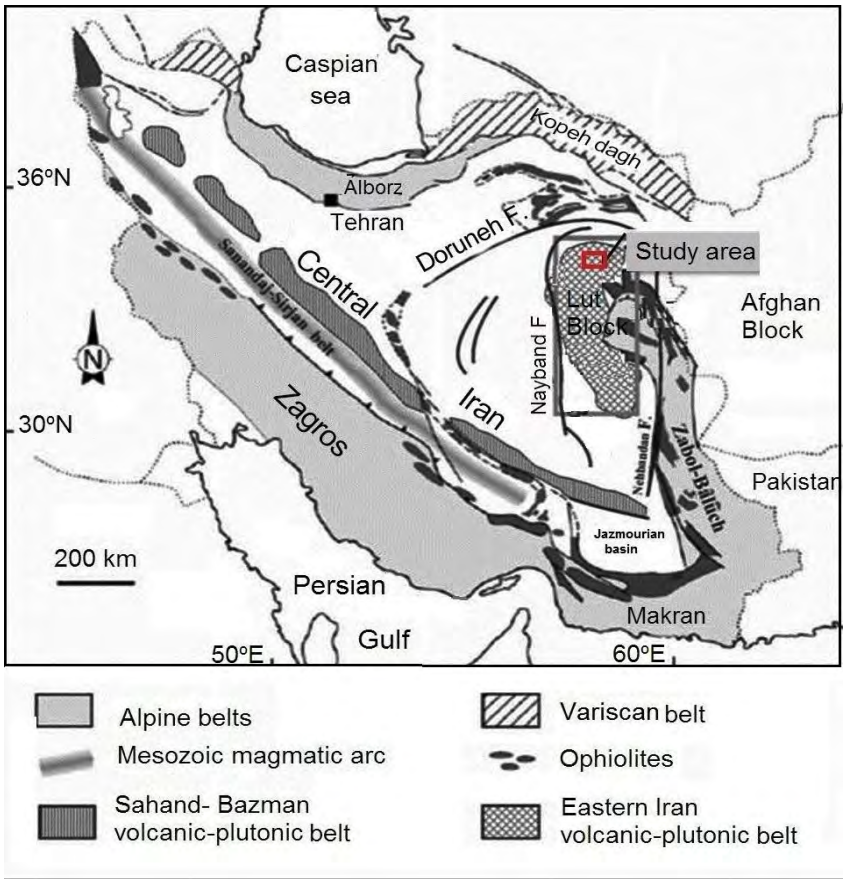
DOI: https://doi.org/10.22067/econg.v12i3.71129

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

مطالعات میان‌بارهای سیال می‌تواند ابزاری مهم برای شناخت شرایط فیزیکوشیمیایی سیال گرمابی مسئول دگرسانی و کانه‌زایی باشد. ویژگی‌های فیزیکی و ترکیب سیالات گرمابی که از بررسی سنگ‌نگاری و ریزدماسنجی میان‌بارهای سیال به‌دست می‌آید، شامل دما، فشار (یا عمق)، چگالی و ترکیب محلول‌های اصلی هستند (John et al., 2010). محدوده مورد بررسی در شمال‌غرب شهرستان گناباد، شمال جاده گناباد–بجستان و در فاصله مختصاتی بین ″30 °58 تا ″40 °58 طول‌های شرقی و ″25 °34 تا ″30 °34 عرض‌های شمالی قرار می‌گیرد. محدوده مورد بررسی از نظر تقسیمات ساختاری در شمال بلوک لوت واقع‌شده است (Berberian, 1981; Alavi, 1991) (شکل 1).



شکل 1. موقعیت جغرافیایی منطقه شمال‌غرب گناباد در نقشه زمین‌ساختی ایران (Berberian, 1981; Alavi, 1991)

Fig. 1. Location map of the northwest of Gonabad in the tectonic map of Iran (Berberian, 1981 and Alavi, 1991

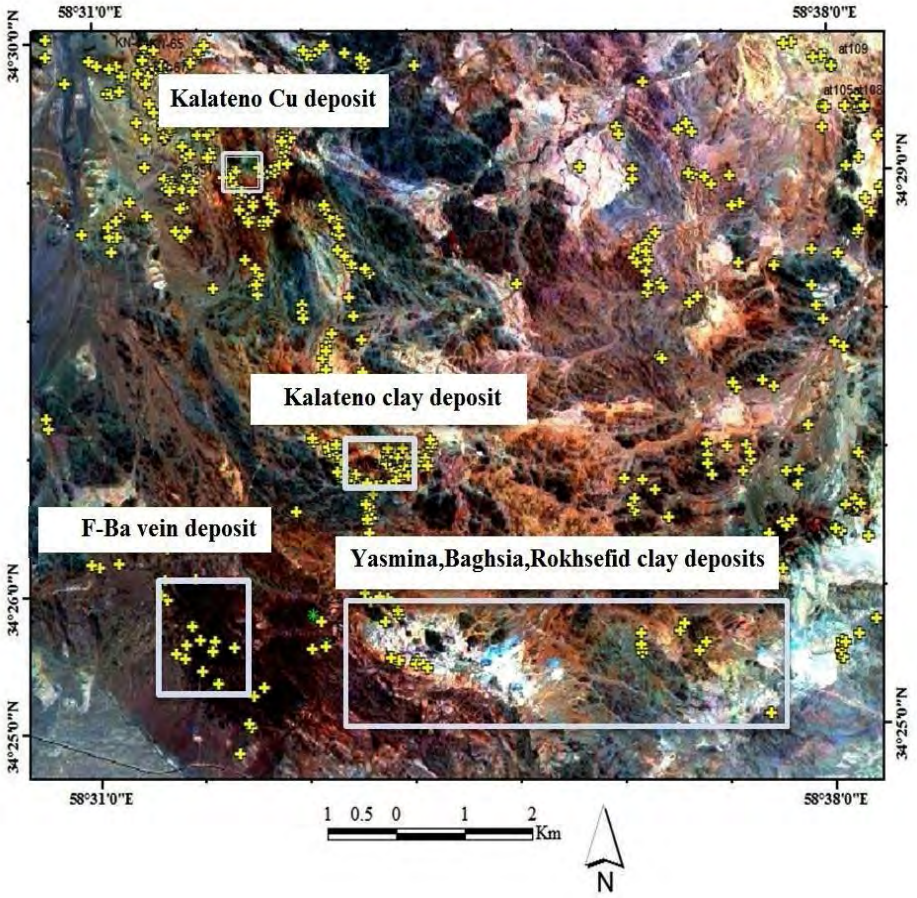
بلوک لوت مهم‌ترین ایالت فلززایی در شرق ایران است که شامل تنوعی از کانی‌سازی‌های مس (معدن مس-سرب-روی-نقره قلعه‌زری بیرجند) و مس-طلای پورفیری (محدوده اکتشافی شادان و ماهرآباد)، طلای اپی‌ترمال (محدوده اکتشافی هیرد و شیخ‌آباد) و کانی‌سازی رگه‌ای مس-سرب و روی است (Karimpour et al., 2007; Malekzadeh Shafaroudi, 2009; Moradi et al., 2011; Arjmandzadeh et al., 2011; Karimpour et al., 2011; Karimpour et al., 2012; Richards et al., 2012; Malekzadeh

www.SID.ir

Archive of SID

Shafaroudi et al., 2013; Najafi et al., 2014; Malekzadeh Shafaroudi et al., 2015; Samiee and Zirjanizadeh, 2019; Samiee et al., 2020). در شمال‌غرب گناباد، رخنمون قابل‌توجهی از فعالیت‌های آتشفشانی ترشیری با ترکیب کلی حدواسط به‌همراه نهشته‌های آذرآواری مشاهده می‌شود. حضور کانی‌سازی‌های رگه‌ای نوع سرب-روی (در محدوده کانی‌سازی فلورین جویمند) در نتیجه نفوذ دایک‌های متعدد، مس (کلاته نو) و کئولن (رخ‌سفید، باغ‌سیاه، یاسمینا و کلاته‌نو) در این منطقه حائز اهمیت است (شکل 2).

شمال‌غرب گناباد منطقه‌ای غنی از لحاظ خاک رس کائولینیتی است. در این پژوهش، ضمن بررسی زمین‌شناسی، دگرسانی و کانی‌سازی، ریزدماسنجی میان‌بارهای سیال، تعیین ویژگی‌های سیال یا سیالات گرمابی کانه‌دار و شرایط فیزیکوشیمیایی نهشت کانی‌ها در رگه‌های حاوی کانی‌سازی مس، فلوریت-باریت و همچنین زون‌های دگرسانی آرژیلیک و کوارتز-سریسیت-پیریت مورد بررسی قرار می‌گیرد.



شکل 2. موقعیت مناطق مورد بررسی بر روی تصویر پردازش شده لندست 7 در شمال‌غرب گناباد

Fig. 2. Location of study areas on proccessed landsat7 image in the nortwest of Gonabad

زمین‌شناسی منطقه مورد بررسی

قدیمی‌ترین واحد که در منطقه شمال‌غرب گناباد رخنمون‌دارد، شیل و ماسه‌سنگ‌های ژوراسیک است. این مجموعه تحت تأثیر دگرگونی ناحیه‌ای اواسط ژوراسیک، در حد رخساره شیست

www.SID.ir

Archive of SID

سبز قرارگرفته و موجب تشکیل اسلیت و کوارتزیت شده است. سنگ‌های آتشفشانی بخش بزرگی از زمین‌شناسی محدوده را به‌خود اختصاص داده‌اند و ترکیب بیشتر آنها آندزیت، تراکی‌آندزیت، ریولیت، داسیت، ریوداسیت، توف سنگی و انواع توف با ترکیب اسیدی تا بازیک است. این سنگ‌ها با شدت‌های مختلف دگرسان شده‌اند (شکل‌های 3 و 4). توده‌های نیمه‌عمیق طیفی از مونزوگرانیت پورفیری تا دیوریت پورفیری (56 تا58 میلیون سال (Zirjanizadeh, 2015)) را شامل می‌شود و به‌صورت استوک و دایک رخنمون دارند (شکل‌های 4 و 5). گسل‌های اصلی در منطقه از نوع امتدادلغز است. سنگ‌نگاری واحدهای آتشفشانی به شرح زیر است:

بلور، توف سنگی-بلورین: بررسی توف‌ها نشان می‌دهدکه ترکیب آنها در جنوب منطقه ریولیتی-ریوداسیتی بوده و قسمت عمده آنها توف بلورین است. ترکیب توف‌ها در مرکز به سمت شمال ناحیه آندزیتی است (شکل 4) . در قسمت شمال‌شرقی منطقه، توف سنگی-بلورین نیز دیده می‌شود. قطعات سنگ یا بلور کربناتی و آرژیلیکی شده و در زمینه کاملاً سیلیسی-آرژیلیکی قرار دارند. قطعات سنگی (با ابعاد حداکثر 4mm)، 20 درصد سنگ را تشکیل می‌دهند.

آندزیت-تراکی آندزیت: بافت این واحدها پورفیری، گلومروپورفیری و میکرولیت پورفیری است. درشت‌بلورها شامل پلاژیوکلاز تا 25 درصد (به ابعاد 0/1mm)، هورنبلند با حاشیه اکسیدآهنی‌شده 5 درصد (به ابعاد 0/6mm) و آلکالی فلدسپات سرسیتی‌شده، سانیدین، تا 1 درصد، دیده می‌شود (شکل 3-A و B). زمینه شامل میکرولیت‌های پلاژیوکلاز 30 تا 35 درصد و کانی‌های کدر 10 تا 15 درصد است. کربنات کلسیم هم داخل پلاژیوکلاز و هم در زمینه تا 25 درصد دیده می‌شود.کلریت به‌صورت پراکنده کمتر از 3 درصد دیده می‌شود.

تراکیت: ویژگی این واحد، وجود بافت تراکیتی آن است (شکل 3-C). میکرولیت‌های پلاژیوکلاز نوع سانیدین تا90 درصد سنگ را شامل می‌شوند. هورنبلند با حاشیه سوخته که قالب آنها توسط کربنات کلسیم پرشده بین 3 تا 5 درصد (به ابعاد 0/3mm) دیده می‌شود؛ ضمن اینکه کوارتز کمتر از 1 درصد قابل‌مشاهده است. در این توده کربنات کلسیم به‌صورت رگچه‌های بسیار ظریف (به ابعاد کمتر از 0/1mm) و در زمینه تا 2 درصد دیده می‌شود.

ریولیت-ریوداسیت: بافت غالب ریولیت‌ها، پورفیری و همچنین بافت غربالی اطراف بعضی از بلورهای کوارتز و فلدسپات است (شکل 3-D و E). درشت‌بلورهای موجود شامل 2 کوارتز خلیجی 3 تا 5 درصد (0/0-4/2mm) آلکالی فلدسپات نوع سانیدین 15 تا 20 درصد (0/2 -1mm)، پلاژیوکلاز 10 درصد (0/2 -1/2mm) است. همچنین بیوتیت که اکسیدآهنی‌شده و کانی‌های کدر نیز به‌صورت درشت‌بلور حضور دارند. در ریولیت‌های شرق و شمال‌غرب منطقه تا 30 درصد کانی‌های اوپک (پیریت) دیده می‌شود. زمینه در این سنگ‌ها دانه‌ریز و در برخی قسمت‌ها به‌شدت سیلیسی‌شده است. بافت گلومروپورفیری بافت اصلی ریوداسیت‌های منطقه مورد بررسی است. درشت‌بلورها شامل بلورهای کوارتز 2 تا 3 درصد (در ابعاد 0/1- 0/5mm) ، پلاژیوکلاز 7 تا10 درصد (در ابعاد 0/2 -0/8mm)، بیوتیت 1 درصدو هورنبلند 5 درصد است. قسمت عمده سانیدین آلتره‌شده و تا 15 درصد به کانی‌های رسی تبدیل شده‌اند.

کانی‌سازی

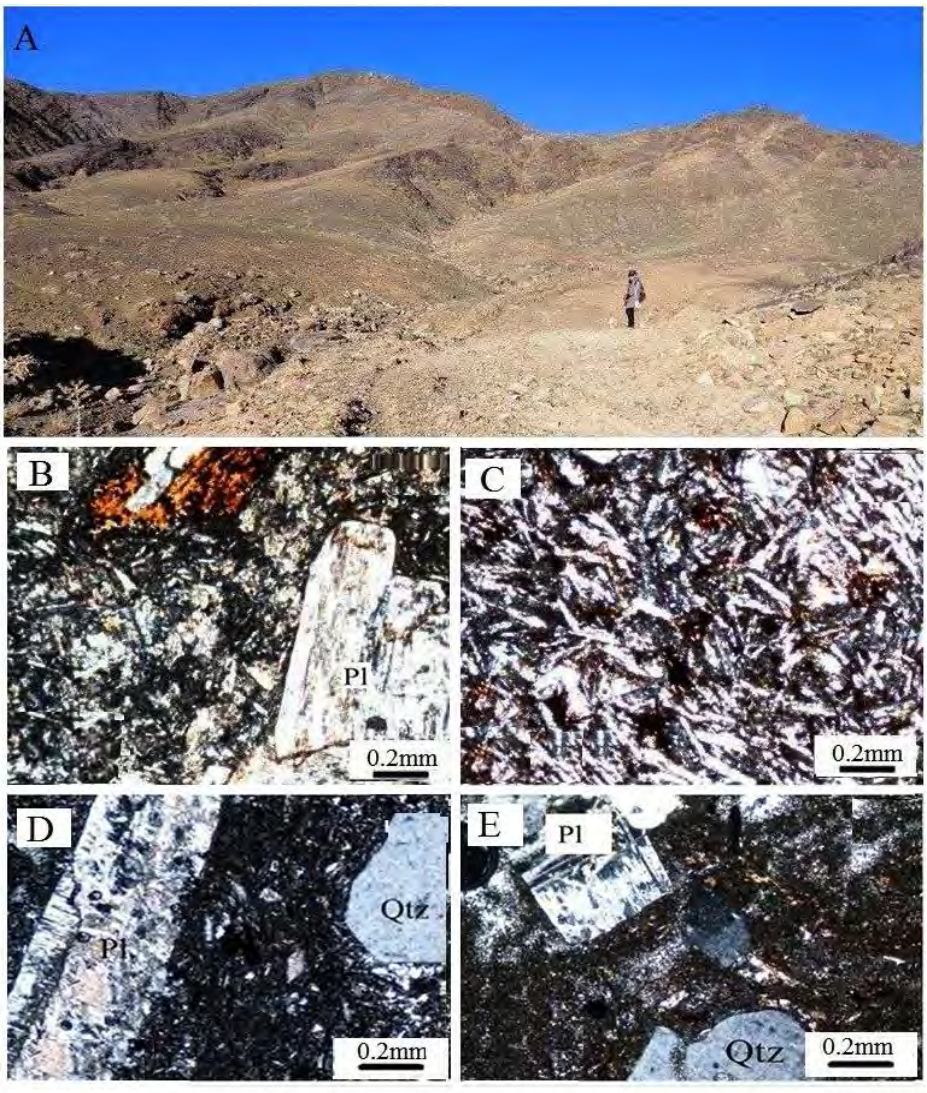
در منطقه مورد بررسی کانی‌سازی به شکل‌های رگه‌ای، رگچه‌ای و پراکنده (شکل A، B و C) دیده می‌شود.

کانی‌سازی رگه‌ای-رگچه‌ای در بخش‌های جنوب‌غرب و شمال‌غرب منطقه مورد بررسی دیده می‌شود. کانه‌زایی نوع رگه‌ای جنوب‌غرب منطقه، شامل رگه‌های فلوریت-باریت و باریت-گالن در سنگ میزبان دگرگون‌شده سازند شمشک است (شکل 6-A). راستای این رگه‌ها شمالی-جنوبی و شمال‌شرق- جنوب‌غرب، با شیب 85 درجه تا قائم و ضخامت رگه‌ها از کمتر از یک متر تا یک و نیم متر متغیر است.

www.SID.ir

Archive of SID

کانی‌های سولفیدی که در سطح دیده می‌شوند، شامل گالن و به مقدار خیلی کم از کالکوپیریت تشکیل‌شده است. کانی‌های ثانویه در حجم کمتر شامل کربنات مس (مالاکیت) و سیلیکات مس (کریزوکولا) در این رگه‌ها دیده می‌شوند. با توجه به شواهد صحرایی و بررسی‌های آزمایشگاهی، توالی پاراژنتیک فلوریت در شکل 7 نشان‌داده شده است.

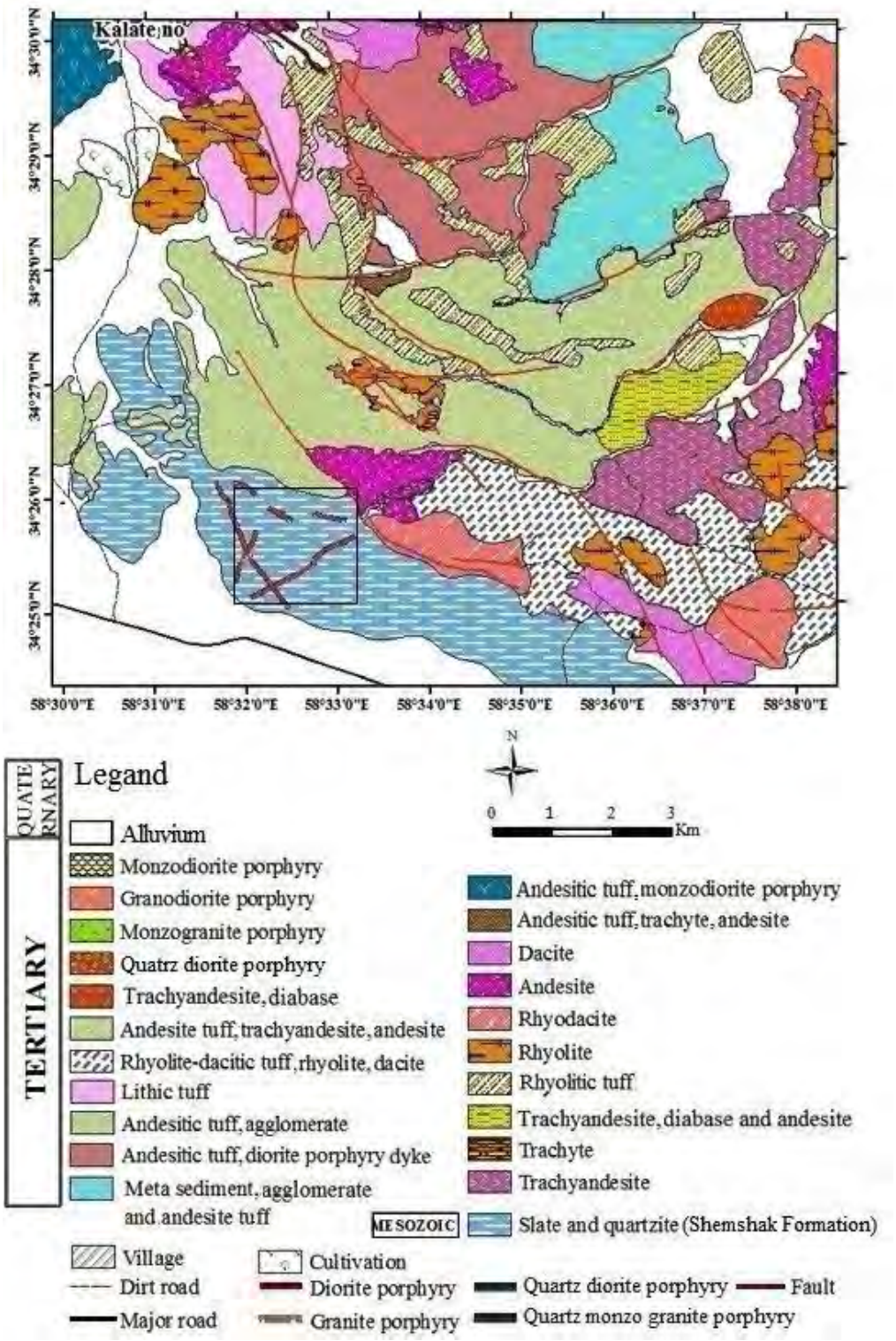


شکل 3. A: نمایی از رخنمون واحد آندزیتی در شمال‌غرب گناباد، دید به سمت شمال‌شرق. تصاویر پتروگرافی از واحدهای آتشفشانی، B: درشت‌بلورهای پلاژیوکلاز و بیوتیت در زمینه واحد آندزیت، C: بلورهای سانیدین و بافت تراکیتی در واحد تراکیت، D: بلورهای کوارتز و فلدسپات در در واحد ریولیتی و E: درشت‌بلورهای کوارتز و پلاژیوکلاز و بافت گلومروپورفیری در ریوداسیت. تمامی تصاویر در XPL، علایم اختصاری کانی‌ها از ویتنی و اوانز (Whitney and Evans, 2010) اقتباس‌شده است (Pl: پلاژیوکلاز، Qtz: کوارتز).

Fig. 3. A: View of andesitic unit outcrops in the northwest of Gonabad, look toward northeast. Petrographic images from extrusive exposed, BCoarse grains of biotite and plagioclase within groundmass of andesite unite, C: Sanidine crystals and trachytic texture in trachyite, D: Quartz and feldspar crystals in rhyolite, and E: Crystals of quartz and plagioclase, and glomerophyric texture in rhyodacite. All pictures in XPL, Abbreviations after Whitney and Evans (2010) (Pl: Plagioclase, Qtz: Quartz).

www.SID.ir

Archive of SID

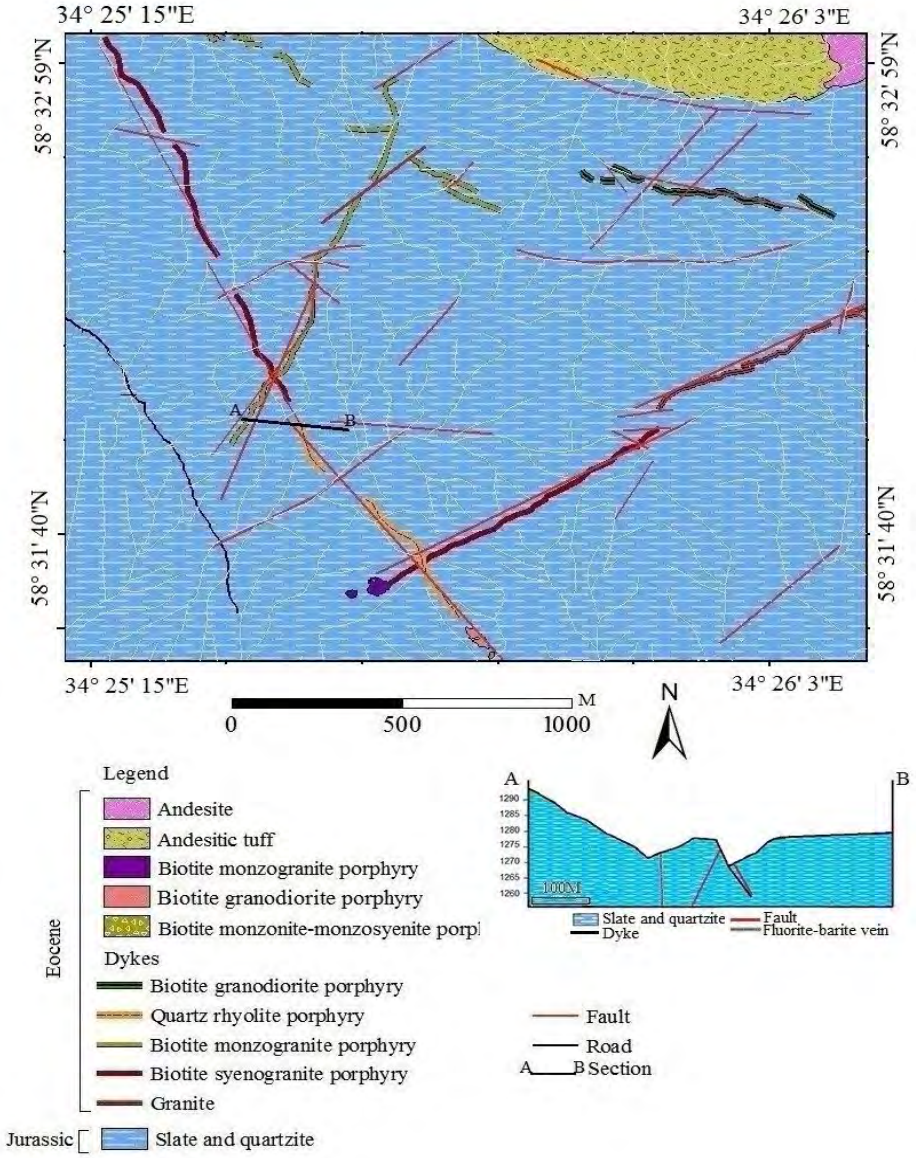


شکل 4. نقشه زمین‌شناسی شمال‌غرب گناباد (مستطیل موقعیت محدوده کانی‌سازی فلوریت را نشان می‌دهد)

Fig. 4. Geological map of the northwest of Gonabad (The rectangle shows the position of the fluorite mineralization)

www.SID.ir

Archive of SID



شکل 5. نقشه زمین‌شناسی محدوده کانی‌زایی فلوریت جویمند در شمال‌غرب گناباد

Fig. 5. Geological map of the Jumand fluorite mine in the northwest of Gonabad

در شمال‌غرب منطقه مورد بررسی (مس کلاته‌نو)، کانی‌سازی مس و پیریت مرتبط با توده‌های نیمه‌عمیق به‌صورت رگه-رگچه رخ‌داده است. کانی‌سازی مس درون واحد آذرآواری به‌صورت رگه‌ای با راستای شمال‌غرب–جنوب‌شرق و با گسترش 200 متری دیده می‌شود. ضخامت رگه اصلی به بیش از 40 سانتی‌متر می‌رسد (شکل 6-B). از مهم‌ترین رگه و رگچه‌ها می‌توان به رگه‌های کوارتز+ کربنات‌های مس-هماتیت-اکسیدهای آهن، رگه-رگچه‌های کوارتز-پیریت-گوتیت (شکل 8-A و B)، رگه-رگچه‌های کوارتز+ اکسیدآهن و رگه‌های کوارتز بدون کانی‌سازی اشاره‌کرد. بخش بیشتر کانی‌های سولفیدی در سطح اکسیده شده‌اند و در برخی بخش‌ها تا 20 درصد اکسید آهن ثانویه دیده می‌شود (شکل 6-

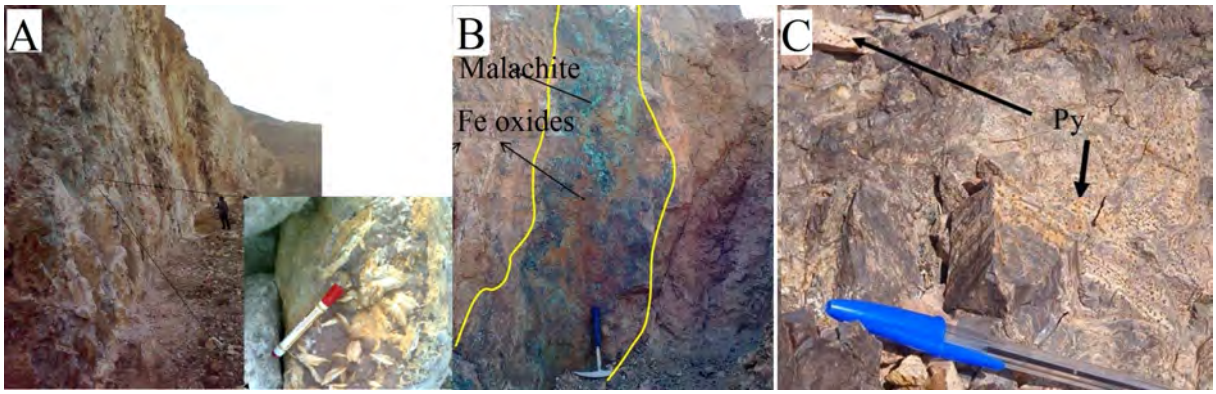
www.SID.ir

Archive of SID

B). بنابر شواهد صحرایی، دگرسانی سیلیسی، به‌صورت رگه‌ای و پراکنده، و پروپیلیتیک عمده‌ترین دگرسانی اطراف رگه‌هاست.

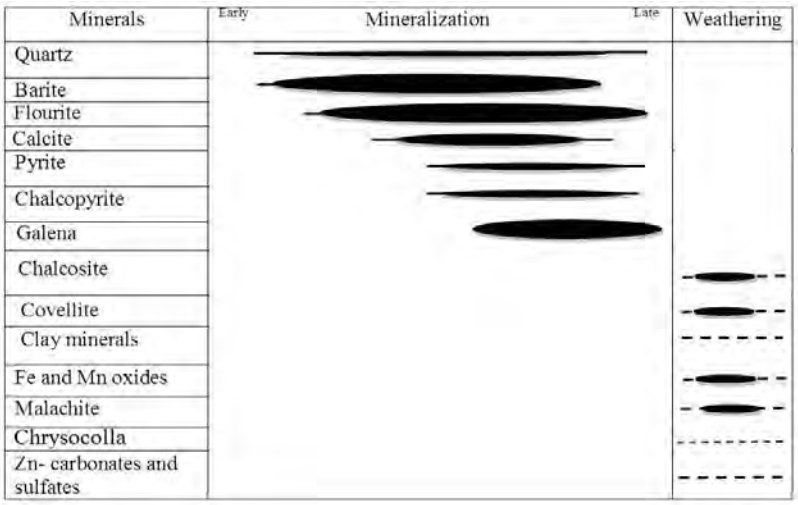
کانی‌سازی پراکنده در شمال‌غرب منطقه گسترش‌یافته است. کانی‌زایی پیریت، به‌صورت افشان، در متن سنگ‌های آتشفشانی و آذرآواری، در قسمت عمده‌ای از محدوده اکتشافی مس کلاته نو دیده می‌شود. کانی‌سازی پراکنده در واحدهای ریولیت و توف بلورین ریولیتی رخ‌داده است. در این واحدها، غالب‌های پیریت به‌خوبی در نمونه‌های دستی قابل‌مشاهده است (شکل C-6). پیریت در سطح به اکسیدهای آهن تبدیل‌شده است.

بر اساس بررسی‌های میکروسکوپی و شواهد صحرایی توالی همیافت در رگه حاوی کانی‌سازی مس کلاته‌نو در شکل 9 ترسیم‌شده است.



شکل 6. A: رگه حاوی فلوریت-باریت، B: رگه حاوی کانی‌سازی مس و اکسیدهای آهن و C: کانی‌سازی پیریت پراکنده در واحد ریولیتی در شمال‌غرب گناباد. علامت اختصاری کانی از ویتنی و اوانز (Whitney and Evans, 2010) اقتباس‌شده است (Py: pyrite).

Fig. 6. A: Vein contains fluorite – barite; B: Vein contains copper mineralization and iron oxides; C: Dissiminated mineralization of pyrite in rhyolite unite in the northwest of Gonabad. Abbreviations after Whitney and Evans (2010) (Py: pyrite)

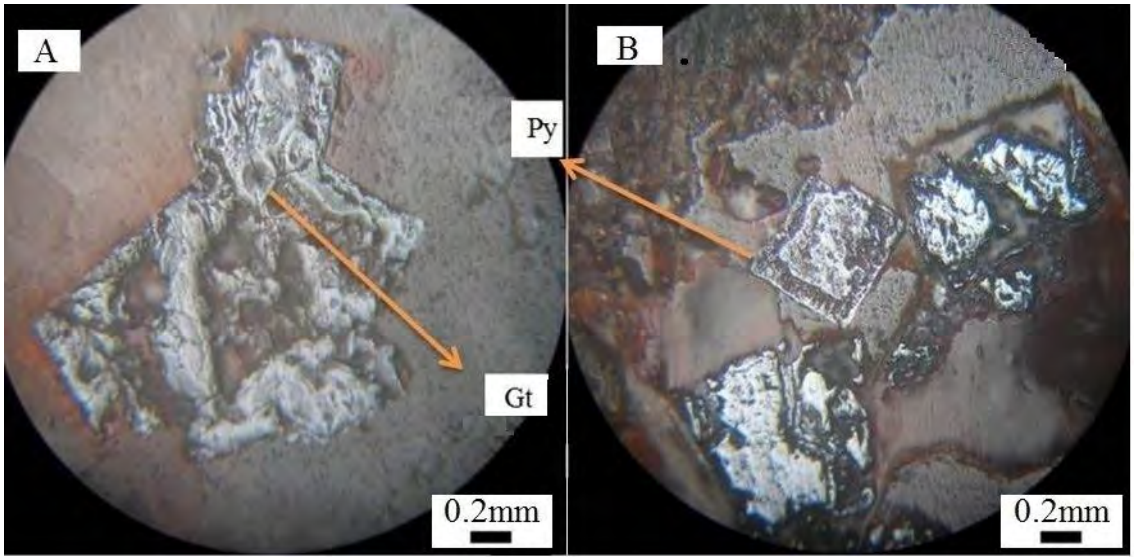


شکل 7. توالی پاراژنتیک کانی‌سازی در کانسار فلوریت جویمند، شمال‌غرب گناباد

Fig. 7. Paragenetic sequence of mineralization at Jumand fluorite ore deposit in the northest Gonabad

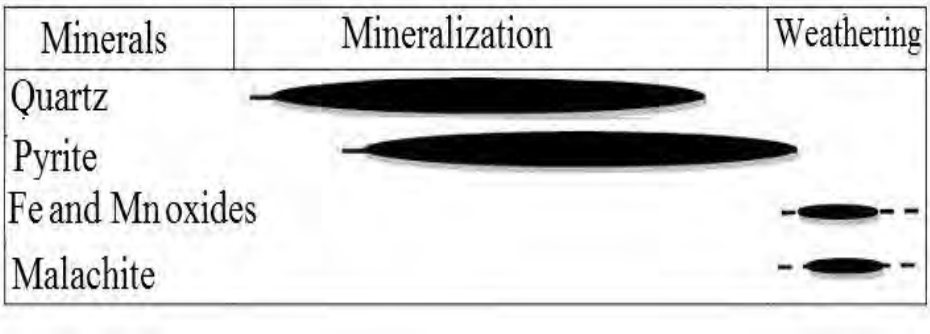
www.SID.ir

Archive of SID



شکل 8. A: کانی‌سازی پیریت در رگه کوارتز+پیریت+گوتیت و B: تبدیل پیریت به گوتیت در منطقه شمال‌غرب گناباد. علایم اختصاری کانی از ویتنی و اوانز (Whitney and Evans, 2010) اقتباس‌شده است (Py : پیریت; Gt: گوتیت).

Fig. 8. A: Pyrite mineralization at quartz + pyrite + goethite vein and B: pyrite altered to goethite in the northwest of Gonabad. Abbreviations are after Whitney and Evans (2010) (Gt: goethite; Py: pyrite).



شکل 9. توالی پاراژنتیک کانی‌سازی در رگه کانی‌سازی مس کلاته‌نو در شمال‌غرب گناباد

Fig. 9. Paragenetic sequence of mineralization at Copper vein in Kalateno deposit in the northwest of Gonabad

دگرسانی

در این منطقه چهار نوع دگرسانی اصلی در سطح شناسایی‌شده است که عبارتند از: 1- پروپلیتیک، 2- آرژیلیک، 3- کوارتز– سریسیت-پیریت و 4- سیلیسی. این چهار نوع دگرسانی بر اساس فراوانی کانی‌های حاصله به چند زیر زون تفکیک شده‌اند (شکل 10 و 11).

دگرسانی آرژیلیک

این دگرسانی در مرکز و شمال و اغلب در جنوب منطقه مورد بررسی قابل‌مشاهده است و اغلب واحدهای داسیتی، ریولیتی و ریوداسیتی و توف‌ها را تحت‌تأثیر قرارداده است (شکل 11). بررسی‌های صحرایی نشان می‌دهد که گسل‌ها در گسترش این زون نقش داشته‌اند. بر اساس بررسی‌های ایزوتوپ اکسیژن، دگرسانی آرژیلیک تحت‌تأثیر محلول‌های ماگمایی تشکیل‌شده

www.SID.ir

Archive of SID

است که منشأ این محلول‌ها دایک‌های گرانیتی رخنمون‌یافته درون سازند شمشک است (Zirjanizadeh, 2015). این دگرسانی‌ها در زیر کلاهک سیلیسی رخ‌داده و بنابراین با ظاهری خشن و تیره قابل‌شناسایی است؛ مگر در محل برداشت کائولن که باعث پدیداری آن در سطح زمین شده است و محدوده دگرسانی به‌صورت خاک نرم و به رنگ سفید و گاهی زرد در نتیجه اکسیداسیون سولفیدها دیده می‌شود. در مناطق با شدت کمتر تنها قالبی از پلاژیوکلاز و فلدسپارهای پتاسیم دیده می‌شود که به کانی‌های رسی دگرسان شده‌اند (شکل A-10).

دگرسانی کوارتز-سریسیت-پیریت

زون کوارتز-سریسیت-پیریت، با رخنمون کوچکی در مرکز محدوده (حدود 200 متر) و به رنگ سفید تا سبز کم‌رنگ و گاهی قهوه‌ای (به‌علت اکسیده شدن کانی‌های سولفیدی و اکسیدی) مشخص می‌شود. این دگرسانی واحد مونزودیوریت-پورفیری را تحت‌تأثیر خود قرارداده است. این زون در سطح توسط آرژیلیک سوپرژن پوشیده می‌شود و از عمق 7 تا 8 متری به بعد نمایان می‌شود. کانی‌های شاخص این زون کوارتز، سریسیت و پیریت و کانی‌های رسی است. کوارتز، مهم‌ترین کانی این دگرسانی، در متن سنگ و همچنین به‌صورت رگچه مشاهده می‌شود و مقدار آن بین 20 تا 30 درصد است. فلدسپات‌های پتاسیم و پلاژیوکلازها به سریسیت و کانی‌های رسی تبدیل شده‌اند (شکل B-10).

دگرسانی سیلیسی

حضور سیلیس به‌صورت اپال، ژاسپروئید و همچنین بلوری تقریباً تمام منطقه را پوشش می‌دهد؛ ولی شدت آن در جنوب منطقه مورد بررسی بیشتر است. این زون، واحدهای سنگی توف، داسیت، ریوداسیت، دایک‌های اسیدی، توده‌های نفوذی نیمه‌عمیق و همچنین واحدهای آتشفشانی اسیدی-حدواسط (واحد ریولیتی شمال‌غرب منطقه) را تحت‌تأثیر قرارداده است. سیلیسی‌شدن برحسب شدت و شکل آن به حالت رگه‌ای، پراکنده در زمینه و کلاهک سیلیسی (بخش بالایی دگرسانی آرژیلیک) دیده می‌شود.

دگرسانی پروپیلیتیک

دگرسانی پروپیلیتیک، با شدت‌های متفاوت، واحدهای آندزیتی و آذرآواری را تحت‌تأثیر قرارداده و در صحرا به رنگ سبز مشهود است. کانی‌های اصلی این زون شامل کلریت، اپیدوت، کلسیت، کوارتز (شکل C-10) و مقادیری سریسیت است. کلریت به حالت جانشینی در کانی‌های مافیک (اغلب هورنبلند و بیوتیت)، به‌صورت پراکنده در متن دیده می‌شود. کانی‌های مافیک از 20 تا بیش از 80 درصد به کلریت، کلسیت و اپیدوت تبدیل شده‌اند. در مناطق با شدت دگرسانی پروپیلیتیک شدیدتر، اپیدوت به‌صورت رگه، رگچه و درشت‌بلور دیده می‌شود (شکل D-10).

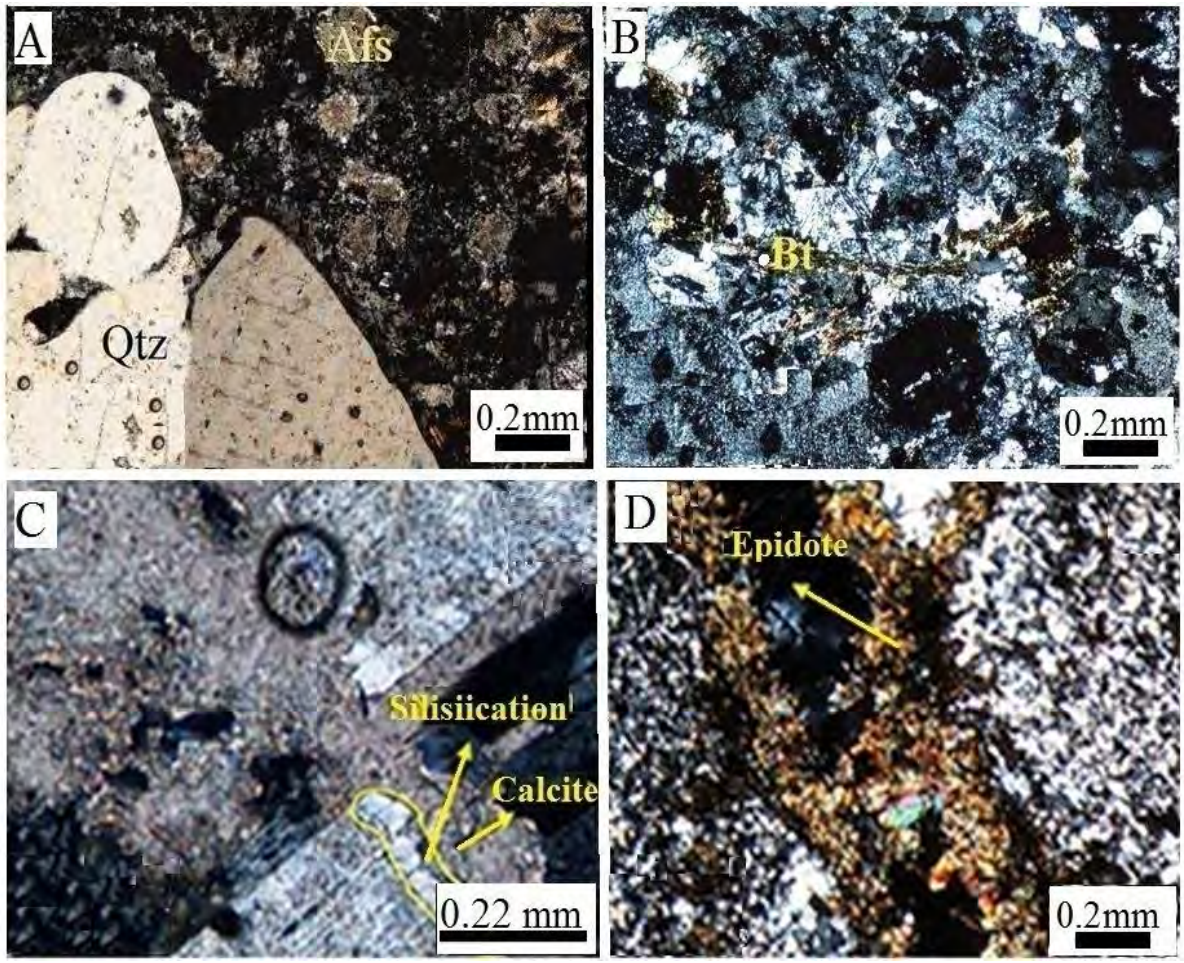
روش مطالعه

بررسی‌های سنگ‌نگاری و ریزدماسنجی میان‌بارهای سیال پس از انجام بررسی‌های کانی‌شناسی و تعیین موقعیت کانی‌ها در توالی پاراژنتیک کانسارها انجام‌شد. برای این منظور، تعداد 10 مقطع دوبرصیقل با ضخامت 150 تا200 میکرون از کانی‌های فلوریت، کوارتز و باریت تهیه‌شد. طی این بررسی‌ها، حدود 126 میان‌بار (36 میان‌بار سیال در کانی باریت (رگه‌های فلوریت-باریت-کانی‌سازی فلزی)، 44 میان‌بار سیال در کانی کوارتز (رگه‌های کوارتز همراه با کانی‌سازی مس)، 22 میان‌بار سیال در کانی فلوریت (رگه‌های فلوریت-باریت-کانی‌سازی فلزی) و 24 میان‌بار سیال در کانی کوارتز (زون‌های دگرسانی) مورد آزمایش ریزدماسنجی قرارگرفت. بررسی میان‌بارهای سیال با استفاده از میکروسکوپ پلاریزان نور عبوری المپیوس و سامانه سرمایش-گرمایش لینکام مدل THM600 با کنترل‌کننده حرارتی TMS94 و سردکننده LNP، با استفاده از استاندارد (Roedder, 1984, 1992) در گروه زمین‌شناسی دانشگاه فردوسی مشهد انجام‌شد. گستره تغییرات دمایی در این دستگاه بین 190- تا 600+ درجه سانتی‌گراد است و دستگاه توسط میان‌بارهای سنتزشده در دماهای 56/6- درجه سانتی‌گراد، صفر

www.SID.ir

Archive of SID

درجه سانتی‌گراد و 374/1+ درجه سانتی‌گراد کالیبره‌شد. دقت اندازه‌گیری طی عملیات سرمایش در حدود 0/2± درجه سانتی‌گراد و طی عملیات گرمایش حدود 2± °C در زیر 350 و 4± درجه سانتی‌گراد در بالای 350 درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد. سرعت عملیات سرمایش بین 2 تا 3 درجه سانتی‌گراد در دقیقه و سرعت عملیات گرمایش بین 5 تا 8 درجه سانتی‌گراد در دقیقه متغیر بود. شوری سیالات به‌دام افتاده در میان‌بارهای سیال بر اساس دمای نهایی ذوب یخ (Tm-ice) و معادله بودنار (Bodanar, 1993) محاسبه‌شد. محاسبه چگالی با استفاده از نرم‌افزار فلینکور (Brown and Lamb, 1989) انجام‌شد.

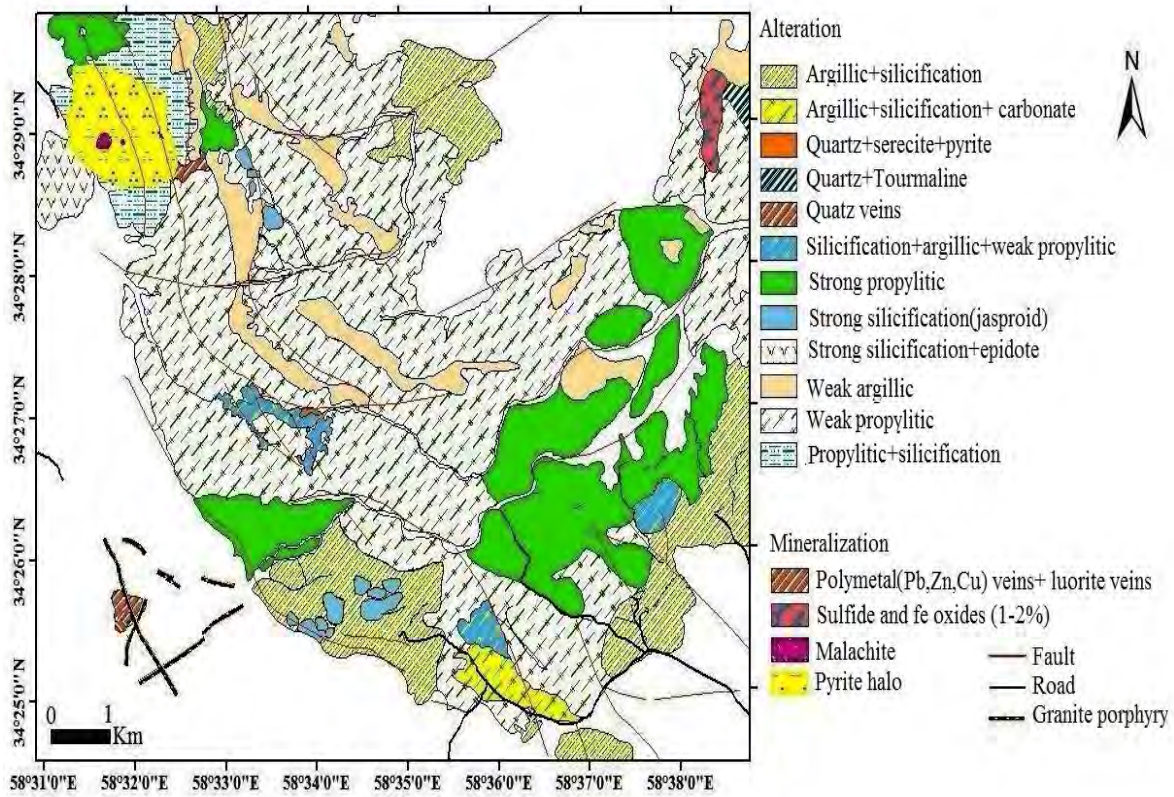


شکل 10. A: دگرسانی آرژیلیک، تبدیل آلکالی‌فلدسپارها به کانی‌های رسی در واحد گرانیت، B: دگرسانی کوارتز-سریسیت-پیریت در واحد مونزودیوریت پورفیری، C: شکسته‌شدن بلور پلاژیوکلاز و پر شدن با کلسیت و کوارتز و D: رگچه اپیدوت در واحد تراکیت در شمال‌غرب گنابـاد. تمام تصاویر در نور (XPL). علایم اختصاری از ویتنی و ایوانز (Whitney and Evans , 2010) اقتباس‌شده است (Qtz : کوارتز، Afs: آلکالی فلدسپار، Bt : بیوتیت).

Fig. 10. A: Alkali feldspar altered to clays in granite unite, B: quartz-serecite- pyrite alteration in monzodiorite porphyry, C: plagioclase crystals were broken and filled by calcite and quartz, and D: Epidote vein in trachyte unite in the northwest of Gonabad. All pictures were taken under XPL light Abbreviations after Whitney and Evans (2010) (Qtz: quartz, Afs: alkali feldspar, Bt: biotite).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل 11. نقشه دگرسانی و کانی‌سازی شمال‌غرب گناباد

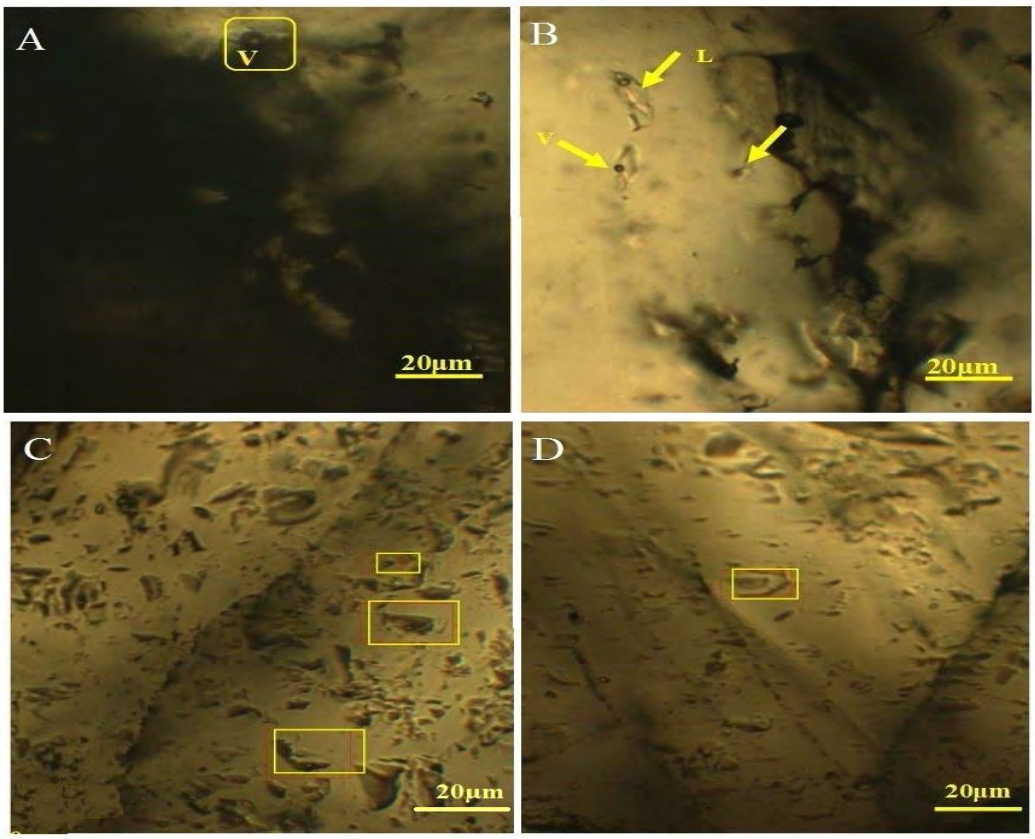
Fig. 11. Alteration and mineralization map of the northwest of Gonabad

سنگ‌نگاری میان‌بارهای سیال

بررسی میان‌بارهای سیال در منطقه شمال‌غرب گناباد، با بررسی میان‌بارهای سیال بر روی 10 نمونه و در کانی‌های فلوریت، باریت و کوارتز صورت گرفت. این نمونه‌ها از رگه‌های فلوریت-باریت-کانی‌سازی فلزی، رگه‌های کوارتز همراه با کانی‌سازی مس و دگرسانی آرژیلیک برداشت شدند. در این بررسی‌ها نوع سیال درگیر، فاز غالب، شکل، طول، عرض و قطر آنها اندازه‌گیری شد. طبق معیارهای رودر (Roedder, 1984) و ون دن کرخوف و هین (Van den Kerkhof and Hein, 2001)، از لحاظ ژنتیکی میان‌بارها به سه شکل اولیه، ثانویه و ثانویه کاذب مشاهده شدند که برای اطمینان از صحت داده‌ها، اندازه‌گیری‌ها بر روی میان‌بارهای اولیه انجام‌شد. میان‌بارهای سیال ثانویه از میان‌بارهای سیال اولیه اندازه کوچک‌تری دارند. میان بارهای سیال ثانویه به‌صورت فازهای L+V و تک‌فازهای V و همچنین میان‌بارهای سیال اولیه به‌صورت فازهای L+V و تک‌فاز غنی از V دیده می‌شود (شکل 12-A، B، C و D). میان‌بارهای سیال نوع L+V فراوانی بیشتری نسبت به سایر میان‌بارهای سیال دارند. شکل میان‌بارهای سیال از بیضوی تا کشیده و نامنظم در تغییر هستند. بزرگ‌ترین میان‌بارهای سیال، به‌صورت فازهای L+V بوده و حداکثر طول آنها به 10 میکرومتر می‌رسد (شکل 12-B)؛ اما بیشترین اندازه آنها بین 4 تا 7 میکرومتر است. اندازه قطرحباب گاز 3 تا 4 میکرومتر است. به‌دلیل کوچک و ریزبودن میان‌بارهای سیال، شوری سیال درگیر به تعداد کمتر و محدودتری اندازه‌گیری شد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل 12. تصاویر پتروگرافی میان‌بارهای سیال اولیه در منطقه شمال‌غرب گناباد، A و B: میان‌بارهای سیال اولیه غنی از مایع (L+V) در کانی فلوریت، C: میان‌بارهای سیال غنی از مایع (L+V) در کانی کوارتز (زون دگرسانی کوارتز-سریسیت-پیریت و D: میان‌بارهای سیال اولیه غنی از مایع در کانی باریت

Fig. 12. Petrographic photomicrographs of the primary fluid inclusions in the northwest of Gonabad area, A and B: liquid-rich (L+V type) primary fluid inclusion in fluorite, C: liquid-rich (L+V type) fluid inclusions in quartz (quartz-sericite-pyrite alteration), and D: liquid-rich (L+V type) fluid inclusions in barite

بررسی‌های ریزدماسنجی

بررسی میان‌بارهای سیال در منطقه اکتشافی، در سه بخش کانی‌سازی فلوریت، زون‌های دگرسانی و محدوده کانی‌سازی مس (کلاته‌نو) انجام‌شد (جدول1).

میان‌بارهای سیال در حریم کانی‌سازی فلوریت-باریت-کانی‌سازی فلزی

اندازه‌گیری دما و شوری میان‌بارهای سیال در این منطقه بر روی کانی‌های فلوریت، باریت و کوارتز انجام‌شد. از لحاظ سنگ‌نگاری میان‌بارهای سیال اولیه به شکل‌های بیضوی و بی شکل با اندازه متوسط 8 تا 12 میکرون بوده و شامل انواع مایع + بخار (L+V) و فاز مایع (L) هستند (شکل12-A و B). اندازه اغلب میان‌بارهای سیال نوع L کمتر از 5 میکرون است. سیالات ثانویه نیز در ابعاد کمتر از 5 میکرون حضور دارند.

دمای همگن‌شدن میان‌بارهای سیال در کانی فلوریت بین 184 تا 360 درجه سانتی‌گراد به‌دست آمد. چگالی متوسط بین 0/68 تا 0/92 گرم بر سانتی‌متر مکعب که دمای آخرین قطعه یخ ثبت‌شده[1] به‌طور متوسط بین 2/9- تا4/3- درجه سانتی‌گراد،

1. TFM

www.SID.ir

Archive of SID

به‌دست آمد. بر این اساس میزان شوری محاسبه‌شده بر اساس براون و لمب (Brown and Lamb, 1989) معادل 0 تا3/2 درصد وزنی نمک طعام است (شکل A-12 و A-13). دمای همگن‌شدن میان‌بارهای سیال در کانی کوارتز (نمونه Geo30) : کانی‌های همیافت با کوارتز در این نمونه شامل گالن اکسیدهای آهن و مالاکیت است) بین 245 تا 300 درجه سانتی‌گراد به‌دست آمد. چگالی متوسط 0/8 گرم بر سانتی‌متر مکعب که دمای آخرین قطعه یخ ثبت‌شده به‌طور متوسط بین 0/9- تا6/2- درجه سانتی‌گراد به‌دست آمد. بر این اساس میزان شوری محاسبه‌شده معادل 1/6 تا 9/2 درصد وزنی نمک طعام است (شکل A-13). دمای همگن‌شدن میان‌بارهای سیال در کانی باریت (نمونه bigtrench : کانی‌های همیافت با باریت در این نمونه شامل کالکوپیریت، کالکوسیت و کولیت است) بین 184 تا 328 درجه سانتی‌گراد به‌دست آمد (شکل A-13). چگالی متوسط 0/7 تا0/9 گرم بر سانتی‌متر مکعب که دمای آخرین قطعه یخ ثبت‌شده به‌طور متوسط بین 2/4- تا 4/2-درجه سانتی‌گراد به‌دست آمد. بر این اساس میزان شوری محاسبه‌شده معادل 0/7 تا 0/9 درصد وزنی نمک طعام است (شکل A-14).

جدول 1. نتایج بررسی‌های میکروترمومتری میان‌بارهای سیال اولیه در منطقه شمال‌غرب گناباد

Table 1. Result of micro-thermometric measurements of primary fluid inclusions in the northwest of Gonabad

Sample	P(bar)	NaCl (wt.% equiv.)	TM	TFM	Homogenization temperature (C°)	Dominant phase	Fluid type	Density (g/cm3)
Geof31	13 to 32	3.9 to 5.9	-3.2 to -2.3	-55 to -57	193 to 240	L	L+V	0.9
Geo30	36 to 81	1.6 to 9.2	-6.2 to 0.9	-55 to -57	245 to 300	L	L+V	0.8
Geo31	26 to 97	2.2 to 3.2	1.3 to 1.9	-55 to -57	228 to 363	L	L+V	0.6 to 0.9
GeoF2	140 to 180	5.1 to 6.9	-4.3 to -1.3	-54 to -57	340 to 360	L	L+V	0.7
big Trench	11 to 49	4 to 6.9	-4.2 to -2.4	-48 to -56	184 to 328	L	L+V	0.7 to 0.9
F4	18 to 84	0 to 3.2	-1.9 to 0.0	-53 to -56	209 to 309	L	L+V	0.7 to 0.9
SFPY	47 to 118	11 to 13	-9.2 to -7.3	-55 to -57	266 to 354	L	L+V	0.7 to 0.9
S17	47 to 161	6.7 to 11	-7.6 to -5.2	-55 to -57	203 to 336	L	L+V	0.7 to 0.9
K1					186 to 326	L	L+V	

میان‌بارهای سیال در حریم کانی‌سازی مس کلاته‌نو

در این محدوده از منطقه مورد بررسی، تغییرات دما–شوری با بررسی میان‌بار سیال بر روی رگه‌های کوارتز و کوارتز-پیریت-مالاکیت بررسی‌شد. بر اساس تغییرات دما–شوری، دو نوع

www.SID.ir

Archive of SID

سیال کانی‌ساز شناسایی‌شد که شامل گروه اول: میان‌بارهای سیال با دمای همگن‌شدن 260 تا300 درجه سانتی‌گراد (شکل B-13)، چگالی بین 0/61 تا 0/85 گرم بر سانتی‌متر مکعب که دمای آخرین قطعه یخ ثبت‌شده به‌طور متوسط بین 0/9- تا 7/2- درجه سانتی‌گراد به‌دست آمد. میزان شوری محاسبه‌شده بر اساس بین 1/5 تا 3/23 درصد وزنی معادل NaCl است. گروه دوم: میان‌بارهای سیال با دمای همگن‌شدن 193 تا 240 درجه سانتی‌گراد، و چگالی بین 0/76 تا 0/91 گرم بر سانتی‌متر مکعب است که دمای آخرین قطعه یخ ثبت‌شده به‌طور متوسط بین 2/3- تا 3/6- درجه سانتی‌گراد به‌دست آمد و میزان شوری محاسبه‌شده بین 4/1 تا 5/86 درصد وزنی معادل نمک طعام است (شکل B-14). با استفاده از نمودار (Hass, 1971) و دمای به‌دست آمده از نتایج دماسنجی، عمق به‌دام افتادن سیال برای گروه اول میانگین 400 تا 1000 متر و برای سیالات گروه دوم میانگین200 تا متر400 به‌دست آمد.

محدوده زون آرژیلیک (میان‌بارهای سیال در محدوده کائولن رخ‌سفید-باغ‌سیاه)

میان‌بارهای سیال مشاهده‌شده بر اساس معیارهای ارائه‌شده توسط رودر (Roeder, 1984) و گلدستین و رینولد (Goldstein and Reynolds, 1994)، شامل انواع مایع+ بخار (L+V) هستند. بیشتر میان‌بارهای سیال دوفازی غنی از مایع هستند. بررسی‌ها بر روی میان‌بارهای سیال اولیه (P) با اندازه حداکثر 5 تا 6 میکرون انجام‌شد. نمودار هیستوگرام فراوانی دمای همگن شدن میان‌بارهای سیال در منطقه مورد بررسی با استفاده از نرم‌افزارSpss ترسیم شد (شکل C-10). بر اساس بررسی‌های میکروترمومتری، دو گروه میان‌بارهای سیال دو فازی (L+V) شناسایی‌شد که به‌طور کلی دارای دمای همگن‌شدن (T_h) بین 186 تا 326 سانتی‌گراد هستند. گروه اول، تغییرات دمای همگن‌شدن بین 186 تا 256 درجه سانتی‌گراد و عمق تشکیل حدود 250 متر را نشان می‌دهند و گروه دوم، دمای همگن‌شدن بین 275 تا 326 درجه سانتی‌گراد و عمق تشکیل حدود 500 متر را دارند (شکل C-13 و C-14). این شواهد نشان می‌دهد که حداقل دو نوع سیال و در صورت دقیق‌تر شدن، سه نوع سیال هیدروترمالی در شکل‌گیری زون آرژیلیک در این ناحیه نقش داشته است. این مسئله توسط کلاهک سیلیسی برشی‌شده نیز تأیید می‌شود. تغییرات شوری به‌علت ریزبودن سیال ها قابل اندازه‌گیری نیست.

میان‌بارهای سیال در منطقه خاک ص نعتی کلاته‌نو (زون دگرسانی کوارتز- سرسیت-پیریت)

بررسی میان‌بارهای سیال بر روی زون دگرسانی کوارتز-سریسیت-پیریت و کانی‌سازی سولفید-کوارتز در محدوده معدنی خاک صنعتی کلاته‌نو صورت‌گرفت. میان‌بارهای سیال مشاهده‌شده، شامل فاز مایع+ بخار (L+V) هستند و فاز جامد مستقل مشاهده نشد. بیشتر میان‌بارهای سیال دو فازی غنی از مایع هستند. بررسی میان‌بارهای سیال این ناحیه نشان می‌دهد که در این ناحیه نیز دو نوع سیال گرمابی نقش داشته‌اند. گروه اول، میان‌بارهای سیال دو فاز (غنی از مایع) با دمای همگن‌شدن بین 289 تا 354 درجه سانتی‌گراد، شوری 10/86 تا10/98 درصد وزنی نمک طعام و میانگین عمق تقریبی 600 متر هستند. گروه دوم، میان‌بارهای سیال با دمای همگن‌شدن بین 266 تا 337 درجه سانتی‌گراد، شوری 11/7 تا 13/07 درصد وزنی نمک طعام (شکل C-13 و C-14) و میانگین عمق تقریبی 600 متر هستند.

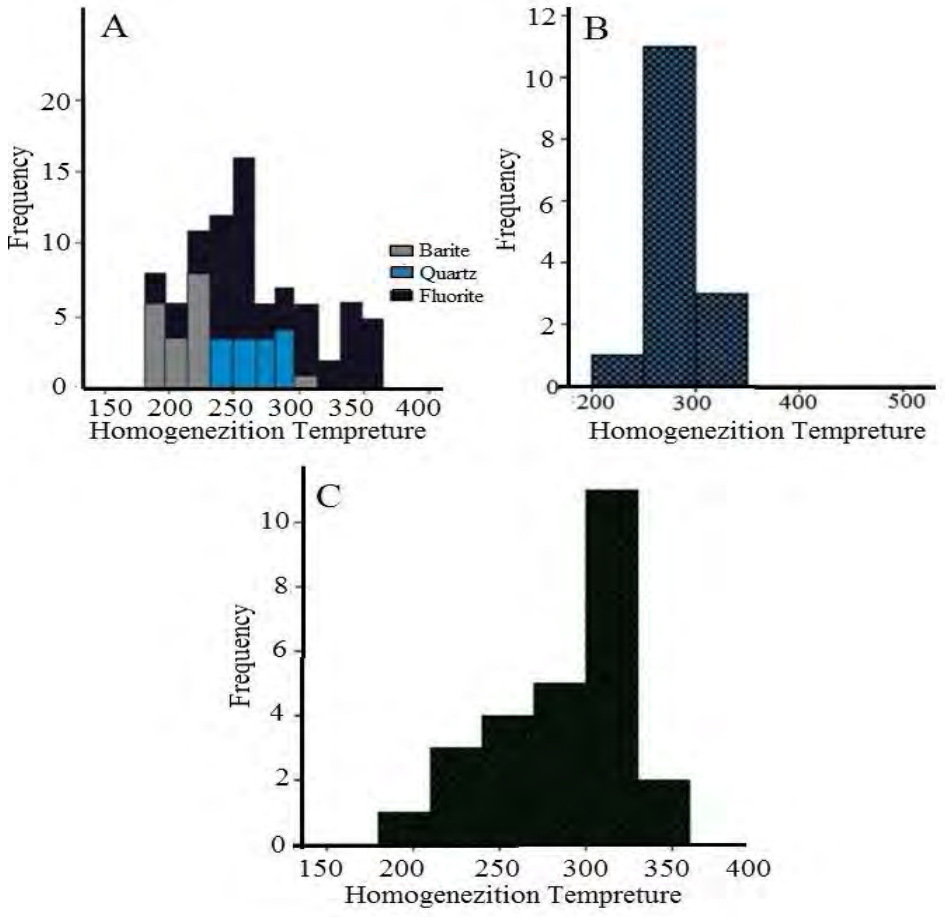
رابطه میان‌بار سیال با نوع کانی‌سازی

بر اساس زیرجانی‌زاده (Zirjanizadeh, 2015) بررسی‌های ایزوتوپ پایدار بر روی رگه‌های باریت-فلوریت-کانی‌سازی فلزی، عناصر کانه‌ساز از دایک‌های گرانیتی غنی از فلوئور که در داخل سازند شمشک نفوذکرده است، تأمین شده است. لذا انتظار می‌رود، شکل‌گیری کانسارهای هیدروترمال صورت‌گیرد؛ درحالی‌که محدوده دمایی اندازه‌گیری‌شده کمتر از حدی است که نشان‌دهنده منشأ ماگمایی باشد. اما بررسی سیالات درگیر نشان داد که فرایند اختلاط با آب‌های سطحی در تشکیل این کانی‌سازی دخالت داشته‌اند

www.SID.ir

Archive of SID

(شکل A-15 و B) و لذا بررسی‌های دماسنجی محدوده دمایی کانسارهای اپی‌ترمال را نشان می‌دهد. در منطقه حاوی کانی‌سازی مس (کلاته‌نو)، کانی‌سازی به شکل‌های رگه‌ای، رگچه‌ای و پراکنده دیده می‌شود. کانی‌سازی مس درون توف‌ها به‌صورت رگه‌ای و با گسترش 200 متری دیده می‌شود. ضخامت رگه اصلی به بیش از 1 متر می‌رسد. بیشترین میزان کانی‌سازی پراکنده در واحدهای ریولیت و توف بلورین ریولیتی دیده می‌شود. بر اساس نمودار دما–شوری و مقایسه آن با نمودار شکل A-15 مشاهده می‌شود که دو نوع سیال گرمابی با دمای همگن‌شدن و شوری متفاوت در این منطقه روندهای فیزیکی اختلاط را نشان می‌دهند (شکل A-15 و B). تغییرات شوری در حقیقت به‌وسیله اختلاط سیال کنترل می‌شود. بنابراین اندازه‌گیری شوری برای تخمین حضور دو سیال و اختلاط بین آنها خیلی مهم است. چگالی میان‌بارهای سیال در منطقه مورد بررسی با استفاده از نرم‌افزار FLINCOR (Brown and Lamb, 1989)، 0/61 تا 0/936 گرم برسانتی‌متر مکعب محاسبه‌شد که بیشترین فراوانی در محدوده 0/74 و 0/76 گرم بر سانتی‌متر مکعب است.

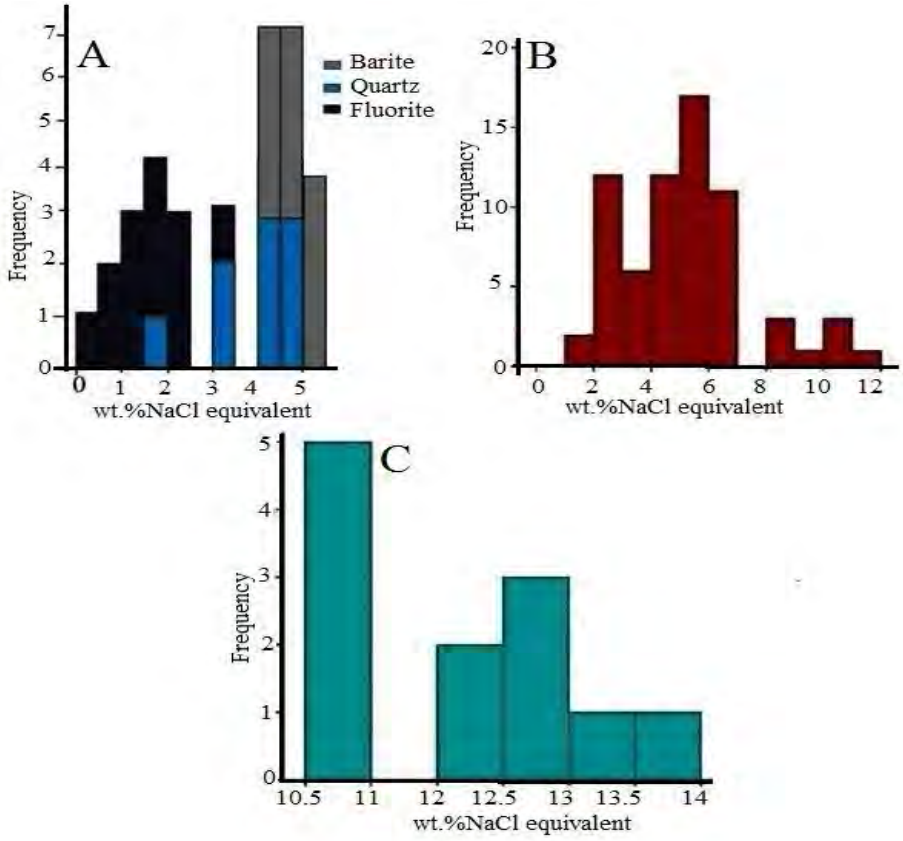


شکل 13. نمودار هیستوگرام فراوانی دمای همگن‌شدن میان‌بارهای سیال در منطقه شمال‌غرب گناباد، A: محدوده کانی‌سازی فلوریت، B: کانسار مس کلاته‌نو و C: محدوده دگرسانی آرژیلیک و کوارتز-سریسیت- پیریت (B و C: دماسنجی بر روی کانی کوارتز انجام‌شده است).

Fig. 13. Histograms showing frequency distribution of homogenization temperature (Th) in the northwest of Gonabad A: flourite mineralization area, B: Kalatehno copper deposit, and C: Quartz-sericite-pyrite alteration area (B and C: Microthermometric has done on quartz mineral).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل 14. هیستوگرام فراوانی کلی شوری سیال‌های درگیر منطقه شمال‌غرب گناباد. A: محدوده کانی‌سازی فلوریت، B: محدوده کانی‌سازی مس کلاته‌نو و C: محدوده دگرسانی آرژیلیک و کوارتز-سریسیت-پیریت. (B و C: دماسنجی بر روی کانی کوارتز انجام‌شده است).

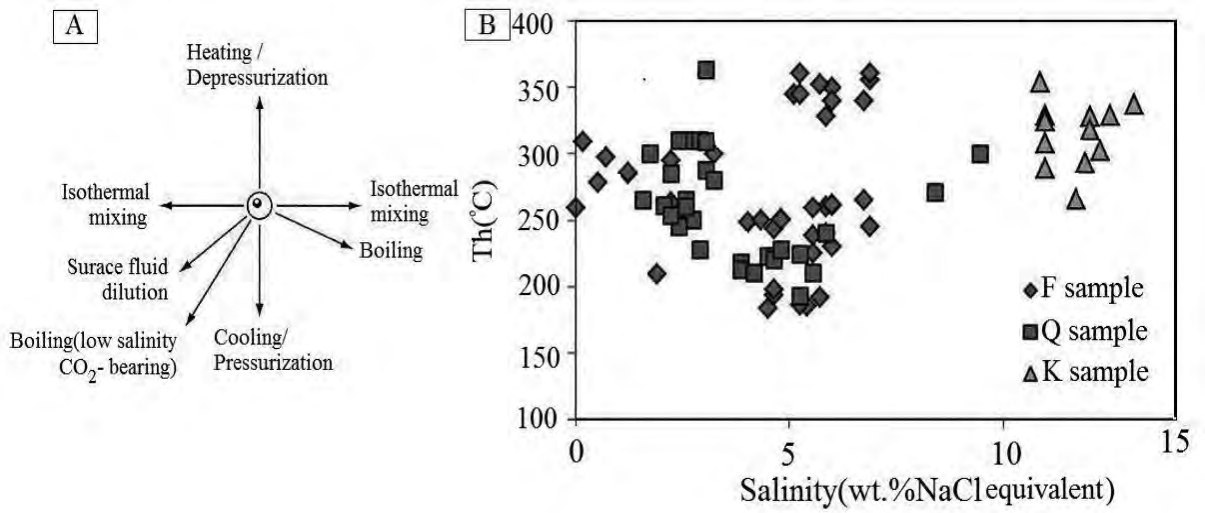
Fig. 14. Histograms showing frequency distribution of salinity (wt.% NaCl equiv.) for fluid inclusions in the northwest of Gonabad. A: Flourite mineralization, B: Kalatehno copper deposit, and C: Quartz-sericite-pyrite alteration area (B and C: Microthermometric has done on quartz mineral).

برای تخمین عمق به‌تله افتادن سیال درگیر در زمان جوشش می‌توان از نمودار عمق - دمای همگن‌شدن-شوری سیالات درگیر (Haas, 1971) استفاده کرد. بر این اساس عمق کانی‌سازی حدود 200 تا 800 متر است (شکل 16). بر اساس نمودار دمای هموژنیزه‌شدن در برابر شوری (شکل 17)، کانی‌سازی در محدوده اپی‌ترمال قرار می‌گیرد. از ویژگی‌های سیستم‌های اپی‌ترمال آن است که دمای هموژنیزه‌شدن آنها بسیار نزدیک به دمای به‌دام افتادن‌شان است و از آنجا که فشار آنها در حین به‌دام افتادن بسیار پایین است، نیازی به تصحیح ندارد (Wilkinson, 2001). در شکل 17، کانسارهای مختلف با توجه به دمای همگن‌شدن و شوری از یکدیگر تفکیک شده‌اند (Wilkinson, 2001). در میان‌بارهای سیال در کانسارهای مس پورفیری، سیالات با دما و شوری بالا (طیف حرارتی از 200 تا 700 درجه سانتی‌گراد و شوری 0 تا 70 درصد وزنی NaCl) منشأ نزدیک به سیستم پورفیری را درنظر می‌گیرند که معمولاً شوری بالا، با حرکت سیالات به‌سمت بالا و دور شدن از سیستم پورفیری و نزدیکی به سیستم اپی‌ترمال به 1 تا 5 درصد نمک طعام کاهش می‌یابد. طیف حرارتی به‌دست آمده با اپی‌ترمال قابل‌مقایسه است. تغییرات شوری میان‌بارهای سیال می‌تواند در نتیجه اختلاط، به‌تله افتادن میان‌بارهای سیال در

www.SID.ir

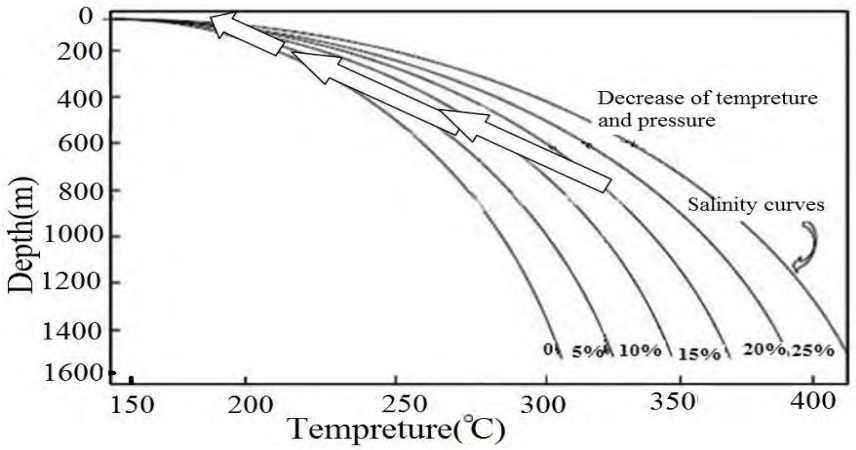
Archive of SID

مراحل مختلف کانه‌زایی و یا به‌واسطه حذف انتخابی آب بعد از به‌دام افتادن توسط سازوکار تفریق باشد (Hall et al., 1974; Shepherd et al., 1985; Frantz et al., 1992; Hall et al., 1996). نمونه‌ها از نهشته‌های حاوی فلوریت-گالن، شوری کمتر از 7 درصد و دمای همگن‌شدن بین 164 تا 295 درجه سانتی‌گراد دارد که مشابه کانی‌سازی فلوریت نوع اپی‌ترمال است.



شکل 15. A: نمودار شماتیک نشان‌دهنده روند دمای همگن‌سازی سیالات در برابر شوری در طی فرایندهای مختلف تکامل سیالات (Wilkinson, 2001)، B: دمای همگن‌شدن سیالات در برابر شوری در نمونه‌های مورد بررسی در شمال‌غرب گناباد. (K sample: دگرسانی آرژیلیک و کوارتز-سریسیت-پیریت، Q sample: کانی‌سازی مس کلاته‌نو، F sample: کانی‌سازی فلوریت)

Fig. 15. A: Schematic diagram showing the trend of fluids homogenization temperature versus salinity during various processes of fluids evolution (Wilkinson, 2001), and B: Homogenization temperature -salinity plot for fluid inclusions in studied samples from the northwest of Gonabad. (K sample: Argillic and quartz-sercite-pyrite alteration, Q sample: Kalateno copper mineralization, F sample: Fluorite mineralization)

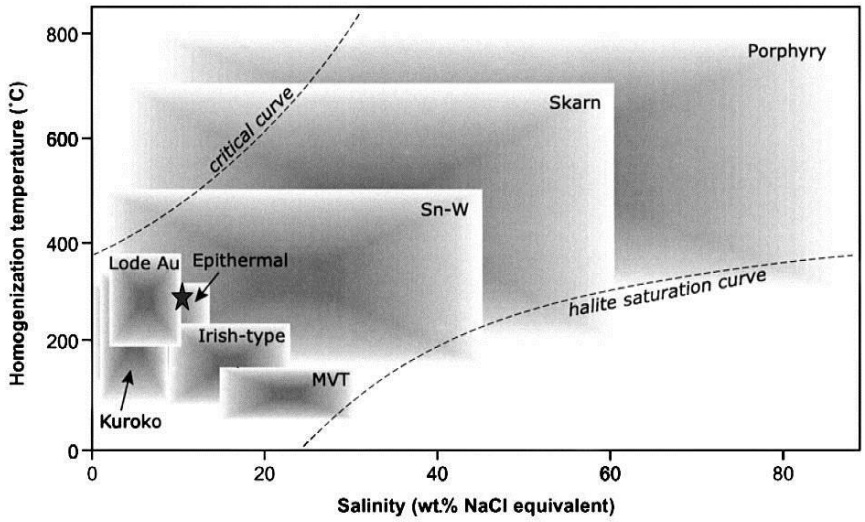


شکل 16. روند تغییرات درجه حرارت و تخمین حداقل عمق تشکیل میان‌بارهای سیال در شمال‌غرب گناباد (Haas, 1971)

Fig. 16. The variations trend in temperature and the estimated minimum depth of the fluid inclusions formation in the northwest of Gonabad (Haas, 1971)

www.SID.ir

Archive of SID



شکل 17. تصویر موقعیت شوری و درجه حرارت همگن‌شدن میان‌بارهای سیال مورد بررسی در شمال‌غرب گناباد (نماد ستاره) در نمودار دمای همگن شدن-شوری کانسارهای مختلف (Wilkinson, 2001)

Fig. 17. Th-salinity plot for fluid inclusions (star symbol) in the northwest of Gonabad in the chart of homogenization temperature –salinity for the variety of deposits (Wilkinson, 2001)

نتیجه‌گیری

محدوده مورد بررسی تحت‌تأثیر محلول‌های هیدروترمالی دگرسان‌شده است که نشان از ارتباط آن با کانه‌زایی در منطقه مورد بررسی دارد. بر اساس بررسی دما و شوری سیالات درگیر، در زون‌های کانی‌سازی و دگرسانی منطقه مورد بررسی، حداقل دو نوع سیال هیدروترمال با دمای هموژن‌شدن و شوری متفاوت در آن ناحیه نقش‌داشته است. در کانسارهای اپی‌ترمال شکل‌گرفته، دما، شوری کم سیالات درگیر و کنترل ساختاری در زون‌های کانی‌سازی مشابه سیستم‌های اپی‌ترمال است، عناصر فلزی از ماگمای مادر توسط محلول‌های ماگمایی جدا شده و به سمت بالا حرکت می‌کند. آب‌های جوی در امتداد درز و شکستگی‌ها و گسل‌ها به عمق راه پیداکرده است و با محلول ماگمایی مخلوط می‌شوند و فرایند همرفتی-مخلوط‌شدگی سیال ایجاد می‌شود و سرانجام بر اثر عواملی چون کاهش دما و تغییرات pH و غیره کانی‌سازی در فضای مناسب مانند گسل‌ها شکل‌گرفته است. حضور کانسارهای اپی‌ترمال در منطقه در کنار سایر شواهد مثل وجود توده‌های نفوذی نیمه‌عمیق، دگرسانی بسیار گسترده آرژیلیک، پروپیلیتیک و غیره می‌تواند با ذخایر بزرگ‌تری در عمق (ذخایر پورفیری)، در ارتباط باشند.

References

Alavi, M., 1991. Sedimentary and structural characteristics of the Paleo–Tethys remnants in northeastern Iran. Geological Society of American Bulltin, 103(8): 983–992.

Arjmandzadeh, R., Karimpour, M.H., Mazaheri, S.A., Santos, J.F., Medina, J.M. and Homam, S.M., 2011. Sr–Nd isotope geochemistry and petrogenesis of the Chah-Shaljami granitoids (Lut block, eastern Iran). Journal of Asian Earth Sciences, 41(3): 283–296.

Berberian, M., 1981. Towards a paleogeography

www.SID.ir

Archive of SID

and tectonic evaluation of Iran. Canadian Journal of Earth Sciences, 18(2): 210–265.

Bodnar, R.J., 1993. Revised equation and table for determining the freezing point depression of H_2O–NaCl solutions. Geochimica et Cosmochimica Acta, 57(3): 683–684.

Brown, P.E. and Lamb W.M., 1989. P-V-T properties of fluids in the system H_2O+CO_2+NaCI: New graphical presentations and implications for fluid inclusion studies. Geochimica et Cosmochimica Acta, 53(6): 1209–1221.

Frantz, J.D., Popp, R.K. and Hoering, T.C., 1992. The compositional limits of fluid immiscibility in the system H_2O-NaCl-CO_2 as determined with the use of synthetic fluid inclusions in conjunction with mass spectrometry. Chemical Geology, 98(2–3): 237–255.

Goldstein, R.H. and Reynolds, T.J., 1994. Systematics of fluid inclusions in diagenetic materials. Society for Sedimentary Geology, Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Short Course 31, Tulsa, Oklahoma, 199 pp.

Haas, J.L., 1971. The effect of salinity on the maximum thermal gradient of a hydrothermal system at hydrostatic pressure. Economic Geology, 66(6): 940–946.

Hall, W.E., Friedman, I. and Nash, J.T., 1974. Fluid inclusion and light stable isotope study of the Climax molybdenum deposits, Colorado. Economic Geology, 69(6): 884–901.

Hall, G.E.M., Vaive J.E., Beer R. and Hoashi M., 1996. Phase selective leaches for use in exploration geochemistry. In: G.F. Bonham-Carter, A.G. Galley and G.E.M. Hall (Editors), EXTECH I: a multidisciplinary approach to massive sulphide research in the Rusty Lake-Snow Lake greenstone belts, Manitoba, Geological Survey of Canada, Bulletin, 426, pp. 169–200.

John, D.A., Ayuso, R.A., Barton, M.D., Blakely, J.M., Bodnar, J.R., Dilles, H.J., Gray, F., Graybeal, T.F., Mars, C.J., McPhee, K.D., Seal, R.S., Taylor, D.R. and Vikre G.P., 2010. Porphyry copper deposit model. In: D.A. John (Editor), Rolla, MO: U.S. Geological Survey, Scientific Investigation Report 2010–5070–B, 186 pp.

Karimpour, M.H., Malekzadeh Shafaroodi, A., Mazaheri, S.A. and Heydariyan, M.R., 2007. Magmatism and different mineralization of Cu-Sn-W in Lut Block. 15th Congress of Crystallography and Mineralogy of Iran, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

Karimpour, M.H., Malekzadeh Shafaroudi, A., Stern, C.R. and Farmer, L., 2012. Petrogenesis of Granitoids, U–Pb zircon geochronology, Sr–Nd isotopic characteristic, and important occurrence of Tertiary mineralization within the Lut Block, eastern Iran. Journal of Economic Geology, 4(1): 1–27. (in Persian with English abstract)

Karimpour, M.H., Stern C.R., Farmer, L., Saadat, S. and Malekezadeh Shafaroodi, A., 2011. Review of age, Rb-Sr geochemistry and petrogenesis of Jurassic to Quaternary igneous rocks in Lut Block, Eastern Iran, Geopersia, 1(1): 19–36.

Malekzadeh Shafaroudi, A., 2009. Geology, mineralization, alteration, geochemistry, Microthermometry, radioisotope and Petrogenesis of intrusive rocks copper-gold porphyry Maherabad and Khopik. Ph.D. Thesis, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, 535 pp. (in Persian with English abstract)

Malekzadeh Shafaroudi, A., Karimpour, M.H. and Golmohammadi, A., 2013. Zircon U– Pb geochronology and petrology of intrusive rocks in the C-North and Baghak districts, Sangan iron mine, NE Iran. Journal of Asian Earth Sciences, 64(5): 256–271.

Malekzadeh Shafaroudi, A., Karimpour, M.H. and Stern, C.R., 2015. The Khopik porphyry copper prospect, Lut Block, Eastern Iran: Geology, alteration and mineralization, fluid inclusion, and oxygen isotope studies. Ore Geology Reviews, 65(2): 522–544.

Moradi M., Karimpour M.H. and Salati A., 2011. Geology and geochemistry of intrusive rocks of eastern Najm Abad (Gonabad). Journal of Advanced Applied Geology, 1(1): 1–10. (in Persian with English abstract)

Najafi, A., Karimpour, M.H., Ghaderi, M., Stern, Ch. and Farmer, L., 2014. U-Pb zircon geochronology, Rb-Sr and Sm-Nd isotope geochemistry, and petrogenesis of granitiod rocks at Kaje prospecting area, northwest Ferdows: Evidence for upper Cretaceous magmatism in Lut block. Journal of Economic

www.SID.ir

Archive of SID

Geology, 6(4): 107–135. (in Persian with English abstract)

Richards, J.P., Spell, T., Rameh, E., Razique, A. and Fletcher, T., 2012. High Sr/Y magmas reflect arc maturity, high magmatic water content, and porphyry Cu ± Mo ± Au potential: examples from the tethyan arcs of central and eastern Iran and western Pakistan. Economic Geology, 107(22): 295–332.

Roedder, E., 1984. Fluid inclusions. In: P.A. Ribbe (Editor), Reviews in Mineralogy. Mineralogical Society of America, Virginia, 646 pp.

Roedder, E., 1992. Fluid inclusion evidence for immiscibility in magmatic differentiation. Geochimica et Cosmochimica Acta, 56(1):5–20.

Samiee S., Ghaderi M. and Zirjanizadeh S., 2020. Geochemistry, Fluid Inclusion and Sulfur Isotopes Studies of Hydrothermal Breccia Gold Mineralization in the Khunik Area, Khorasan Jonoubi Province (Iran). Journal of Economic Geology, 11(3): 473–495. (in Persian with English abstract)

Samiee S. and Zirjanizadeh S., 2019. Geology, mineralogy and geochemistry of Koodakan 2 prospecting area, South of Birjand, East of Lut Block. Journal of Economic Geology, 11(2): 339–355. (in Persian with English abstract)

Shepherd, T.J., Rankin A.H. and Alderton, D.H.M., 1985. A practical guide to fluid inclusion, Blackie & Sons, Glasgow, 239 pp.

Zirjanizadeh, S., 2015. Mineralogy, Geochemistry and Petrogenesis of igneous rocks northeast Gonabad, Ph.D. Thesis, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, 259 pp. (in Persian with English abstract)

Wilkinson, J. J., 2001., Fluid inclusions in hydrothermal ore deposits, Lithos, 55(1–4): 229–272.

Whitney, D.L. and Evans, B.W., 2010. Abbreviations for names of rock-forming minerals. American Mineralogist, 95(1): 185–187.

Van den Kerkhof, A.M. and Hein, U.F., 2001. Fluid inclusion petrography. Lithos, 55(1–4): 27–47.

www.SID.ir

Archive of SID

Journal of Economic Geology
Vol. 12, No. 3 (2020)
ISSN 2008-7306

زمین‌شناسی اقتصادی
جلد 12، شماره 3 (سال 1399)
صفحات 35 و 36

The study of fluid inclusions and genesis of mineralization in the northwest of Gonabad, the Southern Khorasan Razavi province

Sedigheh Zirjanizadeh[1]*, Mohmmad Hassan Karimpour[2&3], Somayeh Samiee[1] and Azam Entezari Hersini[4]

1) Department of Geology, Faculty of Sciences, University of Gonabad, Gonabad, Iran
2) Department of Geology, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
3) Research Center for Ore Deposit of Eastern Iran, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
4) Department of Geology, Payame Noor University, Tehran, Iran

Submitted: Feb. 21, 2018
Accepted: Jan. 08, 2020

Keywords: *Fluid inclusion, mineralization, alteration, North West Gonabad, the Lut Block*

Introduction

The study area is located in the Khorasan Razavi Province, NW of Gonabad between 58° 33″- 58 ° 38″ to the east and 25° 34″ - 25° 38″ to the north. Geotectonically, the area is located in the northern part of the Lut Block. The Lut Block is the main metallogenic province in the east of Iran (Karimpour et al., 2012). There is a significant outcrop of Tertiary intermediate volcanic and pyroclastic rocks in the northwest of Gonabad. This region is rich in clay (kaolin) mineralization. The source of these kaolin deposits (argillic alteration) is related to a granitic dyke that intruded into the Shemshak Formation.

Geology

According to studies most of the rocks in this region are volcanic rocks which mainly consist of trachyte, andesite, trachyandesite, dacite, rhyodacite, pyroclastics rocks of agglomerate and tuff and some subvolcanic masses and dykes of acidic to intermediate compositions. Sedimentary rocks in the study area are slightly metamorphosed. The oldest metamorphic rock is exposed in the south- east of the study area which consists of Jurassic slates and quartzite. At this area green schist facies have led to the formation of slate and quartzite. The intrusive bodies, composition are monzogranite porphyry to diorite porphyry. The main fault zones which make specific types of structure are strike-slip.

Alteration and mineralization

The volcanic and subvolcanic rocks have been affected by hydrothermal fluids via the phenomenon which has caused alteration in the rocks. The alteration zones are propylitic, silicification, argillic, and quartz-sericite-pyrite. The silicification has occurred with higher intensity in the northern and central parts of the investigated area. Propylitic alteration has spread all over the area with higher intensity in the northwest and southern parts of the study area. The clay mineral deposits (argillic zones) have been mined. The mineralogical compositions of this clay deposits are quartz, kaolinite, dickite, montmorillonite and hematite.

Materials and Methods

Ten doubly polished wafers (0.3mm thick) of fluorite, barite and quartz crystals were prepared for fluid inclusion studies, and examined petrographically. They were studied using standard techniques (Roedder, 1984, 1992) and Linkam THM 600 heating–freezing stage (from -190 to 600 °C) mounted on an Olympus TH4–200 microscope stage at the Ferdowsi University of Mashhad, Iran.

*Corresponding author Email: s.zirjanizadeh@gonabad.ac.ir
DOI: https://doi.org/10.22067/econg.v12i3.71129

www.SID.ir

Archive of SID

The accuracy is estimated to be ±0.2 °C on freezing, ±2 °C below 350 °C and about ±4 above 350 °C on heating. The salinity of the fluids trapped in fluid inclusions is calculated based on the temperature of final ice melting (Tm) and the equation of Bodnar (1993). Densities are calculated using the Flincor software according to microthermometric data (Brown and Lamb, 1989).

Discussion

Microthermometeric investigations were conducted on 126 fluid inclusions in two types of liquid-rich (L+V) fluids in silicified cap of Rokhsefid and Baghsia kaolin mines. Homogenization experiments revealed a temperature range of 186–326 °C for the studied inclusion. Salinity variations could not be determined because of the small amount of fluids. The homogenization temperature and depth of formation from the first type of inclusions are 186- 256°C and 250 meters, respectively. The second type of inclusions have Th between 275 to 326°C and are 500 meter in depth. Microthermometric study of fluid inclusions on quartz-sericite-pyrite and sulfide- silicified mineralization in Kalatehno indicates that two types of hydrothermal fluids were important in the formation of mineralization. These two types are involved. First, Th between 289- 354 °C, salinity range from 10.86 to 10.98 wt.% NaCl equivalent, and the average depth of about 600 meters. Second, Th between 266- 377°C, salinity ranges from 11.7 to 13.07 wt.% NaCl equivalent, and average depth of about 600 meters. Microthermometric study of the fluid inclusions in fluorite veins were conducted on fluorite, barite and quartz minerals. The results obtained from the fluorites indicate Th between 184- 360°C, and Salinity ranges from 0 to 3.2 wt.% NaCl equivalent. Fluid inclusion studies consisting of quartz veins and quartz- sulfide- copper carbonate in Kalatehno copper mineralization involve two types of fluids with homogenization temperatures and salinity range from 260- 300 °C and 1.5- 3.23 wt.% NaCl equivalent and 193- 240 °C and 4.1- 5.86 wt.% NaCl equivalent.

Conclusion

Fluid inclusion studies on fluorite samples have shown a temperature homogenizations (Th) between 186-326 °C. These studies indicate the average formation temperature of 280°C for argillic alteration. Fluid inclusion studies on Kalateno Cu mineralization show two types of mineralization fluids with the temperatures of 193 to 240 and 260 to 300°C with salinity between 1.5-3.23 wt. % 4.1- 5.86 wt.% NaCl equivalent, respectively. The temperature ranges obtained are similar to those of epithermal systems.

References

Bodnar, R.J., 1993. Revised equation and table for determining the freezing point depression of H_2O–NaCl solutions. Geochimica et Cosmochimica Acta, 57(3): 683–684.

Brown, P.E. and Lamb W.M., 1989. P-V-T properties of fluids in the system H_2O+CO_2+NaCI: New graphical presentations and implications for fluid inclusion studies. Geochimica et Cosmochimica Acta, 53(6): 1209–1221.

Roedder, E., 1984. Fluid inclusions. In: P.A. Ribbe (Editor), Reviews in Mineralogy. Mineralogical Society of America, Virginia, 646 pp.

Roedder, E., 1992. Fluid inclusion evidence for immiscibility in magmatic differentiation. Geochimica et Cosmochimica Acta, 56(1):5–20.

Karimpour, M.H., Malekzadeh Shafaroudi, A., Stern, C.R. and Farmer, L., 2012. Petrogenesis of Granitoids, U–Pb zircon geochronology, Sr–Nd isotopic characteristic, and important occurrence of Tertiary mineralization within the Lut Block, eastern Iran. Journal of Economic Geology, 4(1): 1–27. (in Persian with English abstract)

www.SID.ir