



## پترولوژی اقتصادی توده نفوذی ورنندان قزآن: بررسی ذخایر فلزی

\* فرخ پی، هادی<sup>۱</sup> - شمس پور، رضا<sup>۲</sup> - نصر اصفهانی، علیخان<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> دانش آموخته کارشناسی ارشد پترولوژی دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان، [h.farrokhpey@staf.ui.ac.ir](mailto:h.farrokhpey@staf.ui.ac.ir)

<sup>۲</sup> استادیار گروه زمین شناسی دانشگاه اصفهان

<sup>۳</sup> استادیار گروه پترولوژی دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان

### چکیده:

منطقه ورنندان قزآن در جنوب غرب کاشان واقع شده که بخشی از کمربند کوهزایی ارومیه - دختر است. توده نفوذی اصلی منطقه، ترکیب دیوریت تا دلریت دارد. شواهد صحرایی، مطالعات کانی شناسی و تحلیل داده های ژئوشیمیایی نشان دهنده دگرسانی پروپلیتیک وسیع در منطقه است. کانه اولیه آهن، مگنتیت است که در کنار دیگر بلورهای تشکیل دهنده سنگ ها حضور دارد و بافت های مختلف و پدیده مارتیتی شدن از ویژگی های خاص آن می باشد. وجود رگه های گرمایی باریت و گالن در مجاورت اندیس آهن نیز قابل توجه است. مطالعه سیالات درگیر در کانی باریت، دمای تشکیل آن را بین ۲۷۵ تا ۳۶۰ درجه سانتیگراد نشان می دهد. با توجه به دمای همگن شدن در فاز مایع، چنین به نظر می رسد که کانی باریت در شرایط گرمایی ایبی ترمالی تشکیل گردیده است، خصوصاً که طبق دمای نهایی ذوب یخ، درجه شوری سیال نیز پایین می باشد. کلمات کلیدی: ورنندان قزآن، اندیس آهن، پتروگرافی، ژنز، مگنتیت، مارتیت.

## Economic Petrology of Granitoid Varandan Ghazaan:

### Study of Metal Deposits

Hadi Farrokhpey- Reza Shamsipour – Ali Khan Nasr Esfahani

#### Abstract:

The Varandan Ghazaan area is located southwest of Kashan, which is part of Oroomie-Dokhtar. The main Plutonic of region has composition of diorite to dolerite. mineralogical studies is show propylitic alteration in the region. Iron ore is magnetite that by other crystals show different textures and martitization. Also presence barite and galena with daykes and iron ore is importance. Studies of fluid inclusion in the barite mineral has showed temperature of formation is more than 275°C and maximum 360°C. according to homogenization temperature in the liquid phase it seems as though that the barite mineral had formed in magmatic conditions, specially according to ice melting final temperature is degree of salinity low.

Keywords; Varandan Ghazaan, Iron Indication, petrography, genesis, magnetite, martite.

#### مقدمه:

منطقه ورنندان قزآن (شمال غرب قهرود) در فاصله ۶۰ کیلومتری جنوب غرب کاشان واقع شده است (شکل ۱). این منطقه بخشی از واحد زمین شناسی و ساختمانی زون ارومیه - دختر می باشد که ماگماتیسم آن از نوع کالکوآلکالن و متآلومینه تشخیص داده شده است. وجود معدن سرب و باریت و اندیس پرعیار آهن در این منطقه، پتانسیل اقتصادی آن را حائز اهمیت نموده است. با توجه به عیار بالای آهن و نیز یافتن گالن در منطقه و نیز نفوذ دایک های متعدد با روندهای متفاوت می توان گفت دو فاز ماگمایی در این منطقه روی داده که در اولین فاز، توده های نفوذی دیوریت تا گرانودیوریت تشکیل شده اند و در فاز تاخیری بعدی، دایک هایی با ترکیب دلریتی بوجود آمده اند. این مقاله بدنبال بررسی زمین شناسی اقتصادی منطقه ورنندان قزآن از دیدگاه پترولوژی و چگونگی پیدایش ذخایر فلزی موجود در آن است که با مطالعه مقاطع نازک - صیقلی و صیقلی و تحلیل آنالیزهای شیمیایی به این امر پرداخته است.



### شرح و بحث :

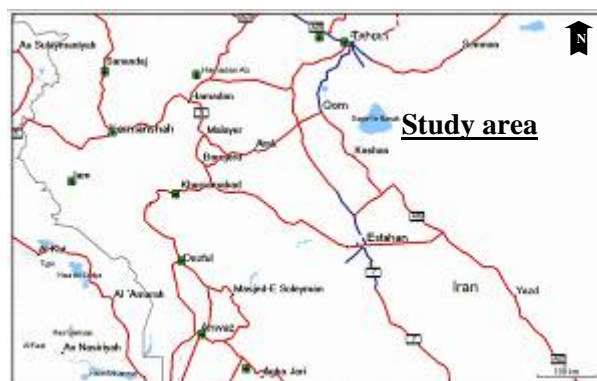
توده نفوذی اصلی در منطقه مورد مطالعه، دیوریت پورفیری است که دایک های متعددی آن را قطع کرده است. از تعدد و انواع مختلف درزه های مشاهده شده در منطقه، می توان گفت فعال بودن حرکات تکتونیکی و تنش های وارده به منطقه، ناشی از فعالیت گسل بزرگ نطنز و گسل های متعدد قهرود است.<sup>۱</sup>

واحد سنگی آذرین منطقه از توده های نفوذی الیگوسن و سنگ های آتشفشانی به سن ائوسن تشکیل شده است. عموماً این توده ها ماهیت کالکوآلکالن و متآلومینه داشته و می توان آنها را جزو گرانیتوئید نوع I و در ارتباط با منطقه فرورانش دانست.<sup>۲</sup>

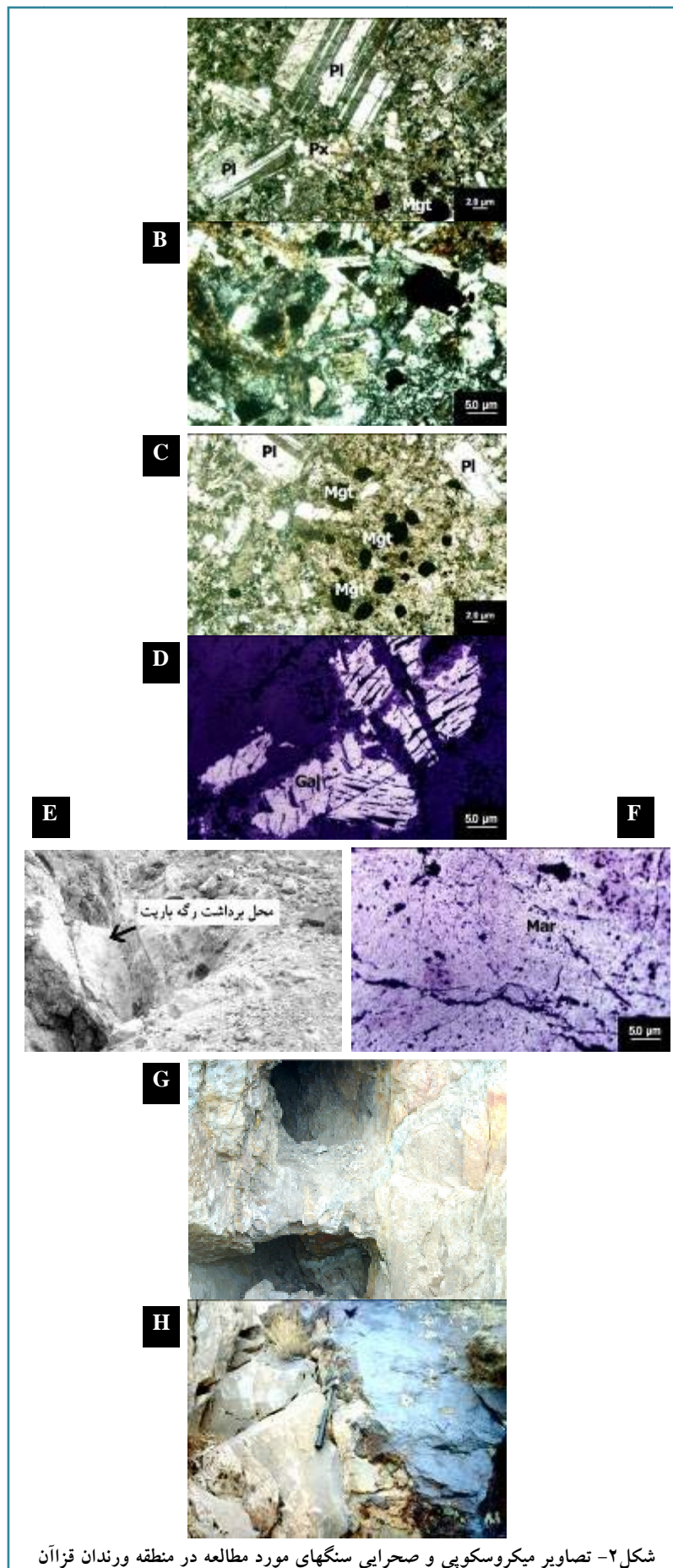
فرآیندهای زمین ساختی در منطقه بسیار فعال بوده است. واحدهای سنگی منطقه دارای درزه و شکاف های زیادی می باشند که ناشی از وجود گسل نطنز با امتداد شمال غرب- جنوب شرق در منطقه است. احتمالاً این گسل نقش مهمی در هدایت محلول های هیدروترمال و تشکیل پاراژنهای آبدار تأخیری داشته است.<sup>۳</sup>

آنکلاوهای متعددی در بین توده نفوذی وجود دارد که قطر بین ۰/۲ تا ۳ سانتیمتر دارند. وجود آنکلاوهای دانه ریز مافیک فراوان، دلالت بر اختلاط ناقص ماگمای مافیک و فلسیک جهت تشکیل ماگمای مولد گرانیتوئیدهای منطقه است.<sup>۴</sup>

کانه های مگنتیت، گالن و باریت وجود دارد که گالن و باریت در ارتباط با شکل گیری فاز تأخیری منطقه هستند. رگه های باریت در منطقه در کنار دایک های دلریتی دیده می شود (شکل ۲- E). در منطقه ورنندان قرآن باریت بصورت پاراژن با گالن، رگه ای و پرکننده فضای خالی بین دایک ها و توده نفوذی تشکیل شده و حاوی میانبارهای زیادی است.



شکل ۱ - موقعیت جغرافیایی منطقه و راههای دسترسی



شکل ۲- تصاویر میکروسکوپی و صحرایی سنگهای مورد مطالعه در منطقه ورنندان قزآن

وجود مقدار بسیار زیاد نقره در حدود ۸۲۸۵۵ ppm در نمونه گالن مورد بررسی در منطقه ورنندان قراآن قابل توجه بوده و نشان می‌دهد گالن موجود از مقدار نقره بالایی برخوردار است. وجود این مقدار نقره در گالن و همراهی با باریت در رگه‌های اپی-ترمالی منطقه، نشان از دمای پائین تشکیل آنها دارد.<sup>۱۸</sup> به دلیل قابلیت جانشینی  $Se, Ag, Sb, Bi$  و ... در گالن، لذا مشابه با آنالیزهای گالن در دیگر کانسارهای سولفیدی، این عناصر در این مطالعه مورد بررسی قرار گرفتند. گالن موجود در محدوده مورد مطالعه از نقره بالاتری نسبت به انواع مشابه که توسط سونگ (۱۹۸۴) گزارش شده برخوردار است. نقره از عنصری است که می‌تواند به راحتی در ساختمان بلوری گالن جانشین شود. اما این جانشینی شدیداً به حضور آنتیموان و بیسموت وابسته است. کاهش حرارت باعث جدا شدن کانی‌های نقره دار از جمله تراندیت از گالن می‌شود. حضور این کانی نشان دهنده درجه حرارت بالاتر از ۲۱۰ درجه سانتیگراد است.<sup>۱۹</sup> با وجود مقدار بالای نقره در آنالیز شیمیایی، کانی نقره در مقاطع مورد بررسی دیده نشد و این مساله می‌تواند نشانگر منشأ هیدروترمال برای کانی سازی محسوب شود. حضور یا عدم حضور بیسموت و آنتیموان متأثر از درجه حرارت می‌باشد. کانسارهای سین ژنتیک دارای نسبت آنتیموان به بیسموت بالایی هستند زیرا در این کانسارها بیسموت حضور ندارد و این مساله به دلیل درجه حرارت پائین تشکیل گالن و به عبارتی تاخیری بودن آن است.<sup>۲۰</sup> بررسی مینرالوگرافی گالن، رخ-های مثلثی شکل زیبا و جهت دار را نشان می‌دهد (شکل ۲-D). کانه آهن همراه این سنگ‌ها از نوع مگنتیت بوده که ضمن دارا بودن عیار بالا، کانه زایی فعال آهن را نشان می‌دهد. وجود بافت‌های افشان و خودشکل (اتوهدرال) در مگنتیت، می‌تواند دلیلی بر تشکیل آن به صورت اولیه باشد.<sup>۲۱</sup> (شکل ۲-A, C). از دیگر پدیده‌های رایج در اندیس آهن ورنندان قراآن و توده نفوذی دیوریت پورفیری دگرسان در منطقه، مارتیتی شدن (از نوع گرم شدگی) است که دلیلی بر شرایط اکسیدان می‌باشد.<sup>۲۲</sup> (شکل ۲-F).

این پدیده مربوط به افزایش اکسیژن به ویژه در مراحل پس از کانه زایی و یا افزایش عملکرد سیستم‌های گرمایی تأخیری و دگرسانی است.<sup>۱۴</sup> که  $FeO$  همراه کانی مگنتیت به  $Fe_2O_3$  تبدیل می‌شود و چون دارای قدرت انعکاس بیشتری نسبت به مگنتیت است، به خوبی قابل تشخیص بوده و به عنوان مارتیت شناخته می‌شود. حتی محلول‌های با دمای زیاد نیز می‌توانند باعث وقوع این پدیده شوند. گاهی بلورهای کاملاً درشت هماتیت نیز می‌توانند از مگنتیت بوجود آیند که در این حالت بقایای مگنتیت بصورت ادخال در هماتیت دیده می‌شود.<sup>۱۱</sup> در بعضی از نمونه‌ها، آثار فرآیندهای تکتونیکی و خردشدگی و کششی در کانی مگنتیت اولیه دیده می‌شود که به دلیل عملکرد فازهای تکتونیکی متعدد و نیروهای کششی است.<sup>۱۳</sup> از دیگر بافت‌های مشاهده شده در مگنتیت بافت اسکلتی است. این بافت حاصل جانشینی است که به دلیل تبلور سریع و در نتیجه ورود سیستم به حالت نیمه پایدار در اثر کاهش سریع دما تشکیل می‌شود. این حالت اغلب در توده‌های آذرین نیمه عمیق و در مراحل پایانی تبلور مگنتیت و در شرایط ماگمائی رخ می‌دهد.<sup>۱۷</sup> با توجه به مشاهدات صحرائی، پتروگرافی و مینرالوگرافی، منشأ آهن ورنندان قراآن ماگمائی و اولیه است. و مگنتیت همراه با سیلیکاتها (پلاژیو کلاز) بصورت جدایش ماگمایی از نوع ناآمیختگی مایعات تشکیل شده است.

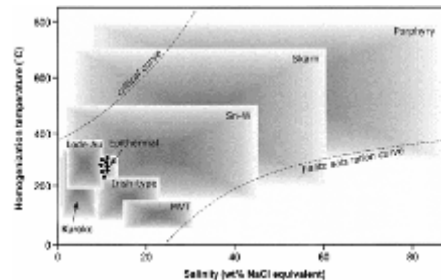
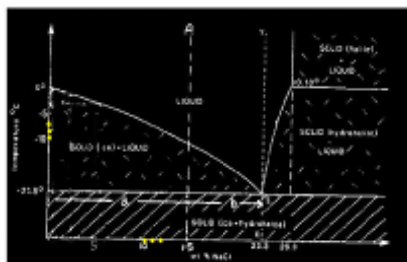
**سیالات درگیر:** در بخش دیگری از این تحقیق، بررسی سیالات درگیر در رگه‌های باریتی موجود در منطقه انجام شد. این سیالات یا در امتداد نواحی رشد و در هر نقص بلوری که طی رشد درون یک بلور ایجاد می‌گردد یا طی رشد و همزمان با رشد بلور در و یا در ترک‌ها و شکستگی‌های دیرزاد کانی بدام می‌افتند که به آنها سیالات درگیر اولیه، ثانویه کاذب و ثانویه گفته می‌شود.<sup>۱۲</sup> بنابراین می‌توان گفت که سیالات درگیر ترکیب سیال و شرایط تشکیل کانی را نشان می‌دهند.<sup>۱۸</sup> سیالات درگیر مطالعه شده از نوع اولیه و به اشکال منظم تا نامنظم کروی و بیضوی بودند (شکل ۳). در بیشتر موارد نمونه‌های دو فاز (L+V) به صورت فاز مایع و در دمای بیش از  $275^{\circ}C$  همگن شدند. پس از اندازه‌گیری دمای همگن شدن (Th)، دمای نهایی ذوب یخ (Tm) نیز اندازه‌گیری گردید تا از طریق آن درصد نمک NaCl تعیین شود. در این اندازه‌گیری دماهای همگن شدگی بین ۲۷۵ تا ۳۶۰ درجه سانتیگراد را نشان داد مقادیر دمای نهایی ذوب یخ از آزمایش ۸ نمونه سیالات درگیر بین ۶- تا ۸/۱- درجه سانتیگراد بدست

آمد که با توجه به نمودار بررسی درصد نمک NaCl مقادیر شوری از ۱۰/۱ تا ۱۱/۸ درصد اندازه گیری شد (شکل ۵-الف).

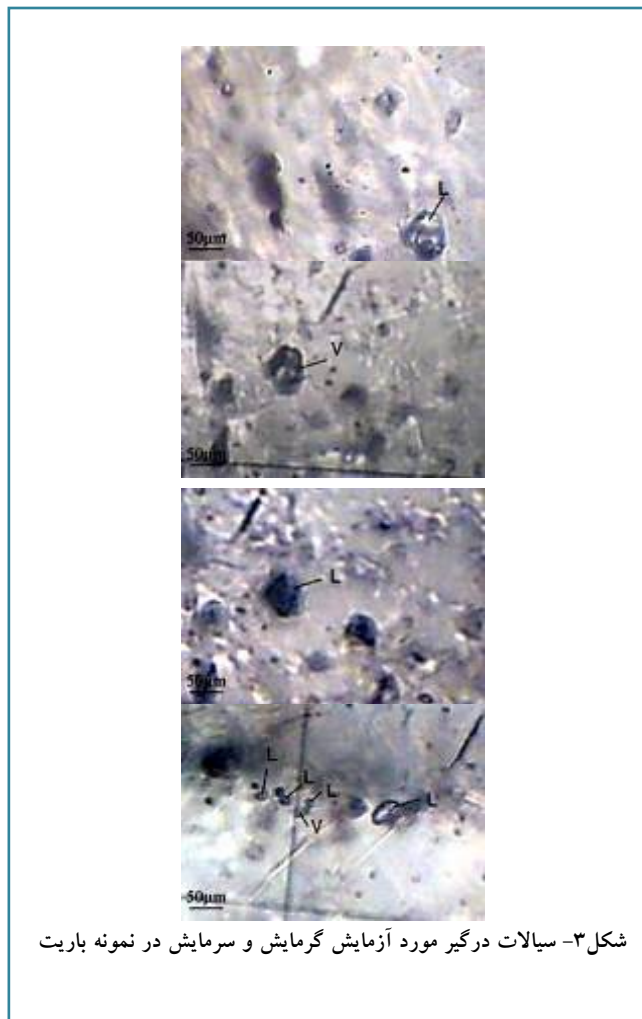
### جدول ۱- دمای همگن شدگی و دمای نهایی ذوب یخ در نمونه‌های مورد مطالعه

دمای نهایی ذوب یخ (°C)	درصد شوری	دمای همگن شدن (°C)	نوع همگن شدگی	نوع میانبار
-۶	۱۰/۱	۲۷۵	L	اولیه
-۶	۱۰/۱	۲۷۶	L	اولیه
-۶	۱۰/۱	۲۸۸	L	اولیه
-۷/۳	۱۰/۹	۲۸۸	L	اولیه
-۷/۳	۱۰/۹	۲۹۰	L	اولیه
-۸/۱	۱۱/۸	۳۱۰	L	اولیه
-۸/۱	۱۱/۸	۳۵۰	L	اولیه
-۸/۱	۱۱/۸	۳۶۰	L	اولیه

انواع کانسارها را می‌توان با توجه به عناصری که در آنها جایگیری می‌کنند، و دمای همگن شدگی و تغییرات درجه شوری سیال آنها طبقه بندی کرد. در این طبقه بندی، گرمایی بودن رگه هایی باریت موجود در منطقه ورندان قزاقان تایید شد. کانسارهای نوع اپی ترمالی معمولاً در نزدیکی سطح زمین و در درجه حرارت کمتر از ۳۰۰ درجه شکل می‌گیرند<sup>۱۱</sup> اما در بعضی موارد در مطالعه سیالات درگیر دمای بیشتر از آن نیز گزارش شده است<sup>۱۵</sup>. مکانیسم تشکیل این نوع از کانسارها به گونه ای است که معمولاً سرد شدن و میل به رقیق شدگی در آنها دیده می‌شود. احتمالاً در این سیستم ها تکامل پسرونده حاکم است که در آن فاز اولیه حرارت بالا بایشرفت واکنش ها و زمان توسط نفوذ آبهای فرو رو سرد، رقیق شدگی نیز بالا رفته و دما کاهش می‌یابد<sup>۱۶</sup>. با استفاده از نمودار کرافورد و همکاران (۱۹۸۱) و مقایسه تغییرات دمای همگن شدگی و درجه شوری سیال، نمونه های مورد مطالعه باریت ورندان قزاقان، در محدوده اپی ترمالی قرار گرفت (شکل ۵-ب). با توجه به نتایج بدست آمده، کانی باریت در منطقه ورندان قزاقان در دمای بیش از ۲۷۵ درجه سانتیگراد و به احتمال زیاد در شرایط ماگمایی از یک سیال گرمایی با درجه شوری پائین تشکیل شده است.



شکل ۵- الف: دیاگرام مربوط به دما - ترکیب شیمیایی برای سیستم NaCl-H<sub>2</sub>O (کرافورد و همکاران ۱۹۸۱)  
ب- نمودار دمای همگن شدگی در مقایسه با درجه شوری سیال برای انکلوژیونهای مختلف در کانسارها.



شکل ۳- سیالات درگیر مورد آزمایش گرمایش و سرمایش در نمونه باریت

### نتایج :

- ۱- در منطقه دو نوع ماگماتیسم وجود دارد که اختلاط آنها با توجه به وجود آنکلاوها و دیگر شواهد صحرایی و میکروسکوپی تایید می شود. ماگماتیسم اصلی در منطقه کالکوآلکان و از نوع متآلومینه بوده است.
- ۲- با توجه به شواهد صحرایی، دورسنجی، سنگ شناسی، مینرالوگرافی و ژئوشیمی اندیس آهن و رندان به صورت ماگمائی تشکیل شده است.
- ۳- با توجه به تجزیه کانه آهن دار و عیار بیش از ۶۰ درصدی آن و نیز مطالعات مینرالوگرافی، کانه اصلی مگنتیت است .
- ۴- به علت شرایط دگرسانی شدید و محیط اکسیدان پیشرونده، پدیده مارتیتی شدن در کانه مگنتیت دیده می شود.
- ۵- کانی باریت در دمای بیش از ۲۷۵ درجه سانتیگراد تشکیل شده است. و با توجه به دمای نهایی ذوب آن، درجه شوری سیال پائین بوده و در نتیجه در شرایط گرمایی تشکیل شده است.

### منابع :

۱. پورهمایون، پ.، (۱۳۸۶)، پترولوژی و ژئوشیمی اسکارن های فلوگوپیت دار و کلسیک جانیشینی منطقه جهق - زنجانبر(ایران مرکزی)، مجله پژوهشی دانشگاه اصفهان، ج ۲۹، شماره ۲.
۲. پورحسینی، ف.، (۱۳۸۳)، توده های نفوذی مناطق نظنز و بزمان، پایان نامه دکتری دانشگاه تهران، دانشکده علوم.



۳. علائی مهابادی س. خلعتبری م. ۱۳۷۷. نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ نطنز
۴. شیخ زکریائی ج. ۱۳۸۷. انواع آنکلاوها و شواهد صحرایی- میکروسکوپی امتزاج ماگما در توده‌های گرانیتوئیدی نفوذی جنوب قروه. مجله علوم پایه دانشگاه آزاد اسلامی. ج ۱۸. ش ۱۹.
۵. شمسی پور دهکردی ر. ۱۳۸۶. کانی شناسی، ژئوشیمی و ژنز کانسار آهن چادرملو، منطقه بافق (ایران مرکزی). پایان نامه دکتری. دانشکده علوم زمین دانشگاه شهید بهشتی تهران.
6. Partey F, Lev S. 2009. Source of Fluorine and Petrogenesis of the Rio Grande Rift-Type Barite-Fluorite-Galena Deposits. *Economic Geology*. 104(4):505-520
7. Clarke, D. B., 1992. *Granitoid Rock*, Chapman and Hall, London, 285p.
8. Carig J. R., and Vaughan D.j., 1981. *Ore Microscopy and Ore Petrography*. Wiley. 433p.
9. Fall A., J. D. Rimstidt. 2009. "The effect of fluid inclusion size on determination of homogenization temperature and density of liquid-rich aqueous inclusions." *American Mineralogist* 94(11-12): 1569-1579.
10. Hapugoda, S., M. J. Peterson. 2009. "Mineralogical and Textural Characterisation of Iron Ore from a Peruvian Magnetite-Haematite Skarn Prospect." *Iron Ore 2009 Proceedings*: 105-112.
11. Hedenquist J.W., 1987. Mineralization associated with volcanic-related hydrothermal systems in the Circum-Pacific basin. In: Horn, M.K., Editor, , 1987. *Transactions of the Fourth Circum-Pacific Energy and Mineral Resources Conference*, Amer. Assoc. Petrol. Geologists, Tulsa, OK, pp. 513-524.
12. Kerkhof F. and Hein U., 2001. Fluid inclusion petrography. *Lithos* 55, pp. 27-47
13. Mucke A. 2003. "Magnetite, ilmenite and ulvite in rocks and ore deposits: petrography, microprobe analyses and genetic implications." *Mineralogy and Petrology* 77(3-4): 215-234.
14. Ramdohr. 1980. *The ore minerals and their intergrowths*, v. 1&2, Pergamon press Ltd. 1200p.
15. Roedder E., 1984. Fluid inclusions. *Mineralogical Society of America Reviews in Mineralogy* vol. 12 644 p.
16. Rossetti P. and Colombo, F., 1999. Adularia-sericite gold deposits of Marmato (Caldas, Colombia): field and petrographic data. In: McCaffrey, K.J.W., Lonergan, L. and Wilkinson, J.J., Editors, 1999. *Fractures, Fluid Flow and ineralization* Geological Society of London, Special Publications vol. 155,
17. Sautter V.; Barrat J. A.; Jambon A.; Lorand J. P.; Javoy M.; Joron J. L.; Lesourd M. 2002. A new Martin meteorite from Morocco: the nakhlite North West Africa. *Earth and Planetary Science Letters*, Volume 195, Number 3, pp. 223-238(16).
18. Siemens H. Texture, microstructure and strength of hematite ore, experimentally deformed in the temoerature range 600°-1100°C and at strain rates between 10<sup>-4</sup> -10<sup>-6</sup> s<sup>-1</sup>: *Journal of Structural Geology*, v.25, p. 1371-1391;(2003).
19. Amcoff O. 1984, Distribution of Silver in Massive Sulfide Ores, *Mineralium Deposita*, 19, p. 63-69.
20. Song X., 1984, Minor Elements and Ore Genesis Of the Fankou Lead-Zinc deposit, China, *Mineralium Deposita*, 19, p. 95-104.