

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

فرخ بی، هادی<sup>1</sup> - شمس پور، رضا<sup>2</sup> - نصر اصفهانی، علیخان<sup>3</sup>

<sup>1</sup> دانش آموخته کارشناسی ارشد پترولوژی دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان،

<sup>2</sup> استادیار گروه زمین شناسی دانشگاه اصفهان

<sup>3</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 داده‌های ژئوشیمیایی نشان‌دهنده دگرسانی پروپلیتیک وسیع در منطقه است. کانه اولیه آهن، مگنتیت است که در کنار دیگر بلورهای تشکیل دهنده سنگ‌ها حضور دارد و بافت‌های مختلف و پدیده مارتیتی شدن از ویژگی‌های خاص آن می‌باشد. وجود رگه‌های گرمایی باریت و گالن در مجاورت اندیس آهن نیز قابل توجه است. مطالعه سیالات در گیر در کانی باریت، دمای تشکیل آن را بین 275 تا 360 درجه سانتیگراد نشان می‌دهد. با توجه به دمای همگن شدن در فاز مایع، چنین به نظر می‌رسد که کانی باریت در شرایط گرمایی اپی‌ترمالی تشکیل گردیده است، خصوصاً که طبق دمای نهایی ذوب یخ، درجه شوری سیال نیز پایین می‌باشد.

**کلمات کلیدی:** ورنندان قزآن، اندیس آهن، پتروگرافی، ژنز، مگنتیت، مارتیت.

### مقدمه

منطقه ورنندان قزآن (شمال غرب قهرود) در فاصله 60 کیلومتری جنوب غرب کاشان واقع شده است. این منطقه بخشی از واحد زمین شناسی و ساختمانی زون ارومیه-دختر می‌باشد که ماگماتیسم آن از نوع کالکوالکالن و متاآلومینه 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 دایک‌های متعدد با روندهای متفاوت می‌توان گفت دو فاز ماگمایی در این منطقه روی داده که در اولین فاز، توده‌های نفوذی دیوریت تا گرانودیوریت تشکیل شده‌اند و در فاز تاخیری بعدی، دایک‌هایی با ترکیب دلریتی بوجود آمده‌اند. 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>1</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 متاآلومینه داشته و می توان آنها را جزو گرانیتوئید نوع I و در ارتباط با منطقه فرورانش دانست.<sup>2</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>3</sup> آنکلاوهای متعددی در بین توده نفوذی وجود دارد که قطر بین 0/2 تا 3 سانتیمتر دارند. وجود آنکلاوهای دانه ریز مافیک فراوان، دلالت بر اختلاط ناقص ماگمای مافیک و فلسیک جهت تشکیل ماگمای مولد گرانیتوئیدهای منطقه است.<sup>4</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. در منطقه ورنندان قزآن باریت بصورت پاراژنز با گالن، رگه ای و پرکننده فضای خالی بین دایک ها و توده نفوذی تشکیل شده و حاوی میانبارهای زیادی است.

وجود مقدار بسیار زیاد نقره در حدود 82855 ppm در نمونه گالن مورد بررسی در منطقه ورنندان قزآن قابل توجه بوده و نشان می دهد گالن موجود از مقدار نقره بالایی برخوردار است. وجود این مقدار نقره در گالن و همراهی با باریت در رگه های اپی ترمالی منطقه، نشان از دمای پائین تشکیل آنها دارد.<sup>6</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 (1984) گزارش شده برخوردار است. نقره از عناصری است که می تواند به راحتی در ساختمان بلوری گالن جانشین شود. اما این جانشینی شدیداً به حضور آنتیموان و بیسموت وابسته است. کاهش حرارت باعث جدا شدن کانی های نقره دار از جمله تتراندیت از گالن می شود. حضور این کانی نشان دهنده درجه حرارت بالاتر از 210 درجه سانتیگراد است.<sup>19</sup>

با وجود مقدار بالای نقره در آنالیز شیمیایی، کانی نقره در مقاطع مورد بررسی دیده نشد و این مساله می تواند نشانگر منشا هیدروترمال برای سازی محسوب شود.

حضور یا عدم حضور بیسموت و آنتیموان متأثر از درجه حرارت می باشد. 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>20</sup>

بررسی مینرالوگرافی گالن، رخ‌های مثلثی شکل زیبا و جهت دار را نشان می دهد (شکل 2-D). کانه آهن همراه این سنگ ها از نوع مگنتیت بوده که ضمن دارا بودن عیار بالا، کانه زایی فعال آهن را نشان می دهد. وجود بافت‌های افشان و خودشکل (ائوهدرال) در مگنتیت، می تواند دلیلی بر تشکیل آن به صورت اولیه باشد<sup>5 و 7</sup> (شکل 2-A, C).

از دیگر پدیده های رایج در اندیس آهن ورندان قزآن و توده نفوذی دیوریت پورفیری دگرسان در منطقه، مارتیتی شدن (از نوع گرم شدگی) است که دلیلی بر شرایط اکسیدان می باشد.<sup>8</sup>

این پدیده مربوط به افزایش اکسیژن به ویژه در مراحل پس از کانه زایی و یا افزایش عملکرد سیستم‌های گرمایی تاخیری و دگرسانی است<sup>14</sup> که FeO همراه کانی مگنتیت به  $Fe_2O_3$  تبدیل می شود و چون دارای قدرت انعکاس بیشتری نسبت به مگنتیت است، به خوبی قابل تشخیص بوده و به عنوان مارتیت شناخته می شود. حتی محلول‌های با دمای زیاد نیز می توانند باعث وقوع این پدیده شوند. گاهی بلورهای کاملاً درشت هماتیت نیز می توانند از مگنتیت بوجود آیند که در این حالت بقایای مگنتیت بصورت ادخال در هماتیت دیده می شود.<sup>10</sup>

در بعضی از نمونه‌ها، آثار فرآیندهای تکتونیکی و خردشدگی و کشتی در کانی مگنتیت اولیه دیده می شود که به دلیل عملکرد فازهای تکتونیکی متعدد و نیروهای کشتی است.<sup>13</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 می شود. این حالت اغلب در توده های آذرین نیمه عمیق و در مراحل پایانی تبلور مگنتیت و در شرایط ماگمایی رخ می دهد.<sup>17</sup>

با توجه به مشاهدات صحرائی، پتروگرافی و مینرالوگرافی، منشأ آهن ورنندان قزآن ماگمایی و اولیه است. و مگنتیت همراه با سیلیکاتها (پلاژیوکلاز) بصورت جدایش ماگمایی از نوع ناآمیختگی مایعات تشکیل شده است.

**سیالات درگیر:** در بخش دیگری از این تحقیق، بررسی سیالات درگیر در رگه های 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 می گردد یا طی رشد و همزمان با رشد بلور در و یا در ترک‌ها و شکستگی های دیرزاد کانی بدام می افتند که به آنها سیالات درگیر اولیه، ثانویه کاذب و ثانویه گفته می شود.<sup>12</sup> بنابراین می توان گفت که سیالات درگیر ترکیب سیال و شرایط تشکیل کانی را نشان می دهند.<sup>18</sup> سیالات درگیر مطالعه شده از نوع اولیه و به اشکال منظم تا نامنظم کروی و بیضوی بودند. در بیشتر موارد نمونه های دو فاز (L+V) به صورت فاز مایع و در

دمای بیش از  $275^{\circ}\text{C}$  همگن شدند. پس از اندازه گیری دمای همگن شدن (Th)، دمای نهایی ذوب یخ (Tm) نیز اندازه گیری گردید تا از طریق آن درصد نمک NaCl تعیین شود. در این اندازه گیری دماهای همگن شدگی بین 275 تا 360 درجه سانتیگراد را نشان داد مقادیر دمای نهایی ذوب یخ از آزمایش 8 نمونه سیالات در گیر بین 6- تا 8/1- درجه سانتیگراد بدست آمد که با توجه به نمودار بررسی درصد نمک NaCl مقادیر شوری از 10/1 تا 11/8 درصد اندازه گیری شد. انواع کانسارها را می توان با توجه به عناصری که در آنها جایگیری می کنند، و دمای همگن شدگی و تغییرات درجه شوری سیال آنها طبقه بندی کرد.<sup>9</sup> در این طبقه بندی، گرمایی بودن رگه هایی باریت موجود در منطقه ورندان قزآن تایید شد.

کانسارهای نوع اپی ترمالی معمولاً در نزدیکی سطح زمین و در درجه حرارت کمتر از 300 درجه شکل می گیرند<sup>11</sup> اما در بعضی موارد در مطالعه سیالات در گیر دمای بیشتر از آن نیز گزارش شده است.<sup>15</sup> مکانیسم تشکیل این نوع از کانسارها به گونه ای است که معمولاً سرد شدن و میل به رقیق شدگی در آنها دیده می شود. احتمالاً در این سیستم ها تکامل پسروده حاکم است که در آن فاز اولیه حرارت بالا با پیشرفت واکنش ها و زمان توسط نفوذ آبهای فرو رو سرد، رقیق شدگی نیز بالا رفته و دما کاهش می یابد.<sup>16</sup>

با استفاده از نمودار کرافورد و همکاران (1981) و مقایسه تغییرات دمای همگن شدگی و درجه شوری سیال، نمونه های مورد مطالعه باریت ورندان قزآن، در محدوده اپی ترمالی قرار گرفت. با توجه به نتایج بدست آمده، کانی باریت در منطقه ورندان قزآن در دمای بیش از 275 درجه سانتیگراد و به احتمال زیاد در شرایط ماگمایی از یک سیال گرمایی با درجه شوری پائین تشکیل شده است.

## نتایج

1- در منطقه دو نوع ماگماتیسیم وجود دارد که اختلاط آنها با توجه به وجود آنکلاوها و دیگر شواهد صحرایی و میکروسکوپی تایید می شود. ماگماتیسیم اصلی در منطقه کالکوالکالان و از نوع متآلومینه بوده است.

2- با توجه به شواهد صحرایی، دورسنجی، سنگ شناسی، مینرالوگرافی و ژئوشیمی اندیس آهن ورنندان به صورت ماگمائی تشکیل شده است.

3- با توجه به تجزیه کانه آهن دار و عیار بیش از 60 درصدی آن و نیز مطالعات مینرالوگرافی، کانه اصلی مگنتیت است.

4- به علت شرایط دگرسانی شدید و محیط اکسیدان پیشرونده، پدیده مارتیتی شدن در کانه مگنتیت دیده می شود.

1 - کانی باریت در دمای بیش از 275 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

پورهمایون، پ.، (1386)، پترولوژی و ژئوشیمی اسکارن های فلوگوپیت دار و کلسیک جانشینی منطقه جهق - زنجانبر (ایران مرکزی)، مجله پژوهشی دانشگاه اصفهان، ج 29، شماره 2.  
پورحسینی، ف.، (1383)، توده های نفوذی مناطق نطنز و بزمان، پایان نامه دکتری دانشگاه تهران، دانشکده علوم.

علائی مهابادی س. خلعتبری م. 1377. نقشه زمین شناسی 1:100000 نطنز.

شیخ زکریائی ج. 1387. انواع آنکلاوها و شواهد صحرائی - میکروسکوپی امتزاج ماگما در توده های

گرانیتوئیدی نفوذی جنوب قروه. مجله علوم پایه دانشگاه آزاد اسلامی. ج 18. ش 19.

شمسی پور دهکردی ر. 1386. کانی شناسی، ژئوشیمی و ژنز کانسار آهن چادرملو، منطقه بافق (ایران مرکزی).

پایان نامه دکتری. دانشکده علوم زمین دانشگاه شهید بهشتی تهران.

1. 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

2. Clarke, D. B., 1992. *Granitoid Rock*, Chapman and Hall, London, 285p.

3. Carig J. R., and Vaughan D.j., 1981. *Ore Microscopy and Ore Petrography*. Wiley. 433p.

4. 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.

5. 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.

6. 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.

7. Kerkhof F. and Hein U., 2001. Fluid inclusion petrography. *Lithos* 55, pp. 27-47

8. 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.

9. Ramdohr. 1980. *The ore minerals and their intergrowths*, v. 1&2, Pergamon press Ltd. 1200p.

10. Roedder E., 1984. Fluid inclusions. *Mineralogical Society of America Reviews in Mineralogy* vol. 12 644 p.

11. 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 Mineralization Geological Society of London, Special Publications vol. 155,

12. 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).

13. Siemens H. Texture, microstructure and strength of hematite ore, experimentally deformed in the temperature 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).

14. Amcoff O. 1984, Distribution of Silver in Massive Sulfide Ores, Mineralium Deposita, 19, p. 63-69.

15. Song X., 1984, Minor Elements and Ore Genesis Of the Fankou Lead-Zinc deposit, China, Mineralium Deposita, 19, p. 95-104.