

بررسی تیپ کانسار گزستان با استفاده از شواهد کانی‌شناختی و ژئوشیمی

گلرخ حافظیان،* حمایت جمالی، هاشم باقری

گروه زمین شناسی دانشگاه اصفهان

g_hafezian@yahoo.com

چکیده

کانسار مگنتیت-آپاتیت گزستان در ۷۸ کیلومتری شرق شهرستان بافق، و از نظر زمین‌شناسی در زون ایران مرکزی و ساب زون بافق- پشت بادام قرار قرار دارد. کانه‌زایی آهن-آپاتیت منطقه معدنی بافق (کانسار آهن آپاتیت‌دار گزستان) غالباً در امتداد شکستگی‌ها و گسل‌ها، درون واحدهای آتشفشانی و آتشفشانی-رسوبی رخ داده است. مهم‌ترین کانی‌های موجود در این کانسار مگنتیت و آپاتیت بوده که به مقدار کمی با کانی‌های سولفیدی (پیریت و کالکوپیریت) و برخی کانی‌های نادر خاکی (آلانیت، اورتیت و مونازیت) همراه می‌باشد که همراه با دگرسانی گسترده در سنگ دیواره، ناشی از فرایندهای گسترده گرمایی در کامبرین زیرین شکل گرفته‌اند. ذخایر آهن-آپاتیت بافق از جمله منطقه گزستان حاوی مقدار بالایی از عناصر نادر خاکی بوده (غنی شدگی LREE و تهی شدگی HREE) و نسبت بالایی از LREE/HREE را همراه با آنومالی منفی مشخصی از Eu نشان می‌دهد. این الگو از ویژگی‌های بارز آپاتیت با منشأ محلول ماگمایی است. الگوی مذکور مشابه با الگوی REE در آپاتیت‌های کانسار آهن کایرونا است. مقایسه مهم‌ترین ویژگی‌های کانسار آهن آپاتیت‌دار گزستان (مانند کانه‌زایی و ژئوشیمی) با تیپ‌های مختلف کانه‌زایی آهن در دنیا، نشان می‌دهد که این کانسار بیشترین شباهت را با کانسارهای آهن-آپاتیت تیپ کایرونا در نقاط مختلف جهان دارد که این کانسارها زیرگروه کانسارهای تیپ اکسید آهن-مس-طلای هیدروترمال (IOCG) می‌باشد.

Study of Gazestan deposit type using mineralogical and geochemical evidences

Hafezian Golrokh,* Jamali Hemayat, bagheri hashem
Department of Geology Isfahan University

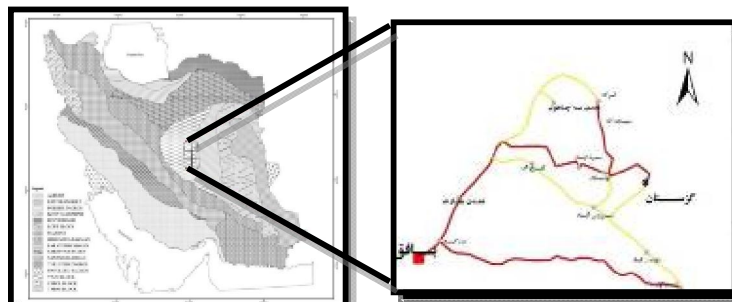
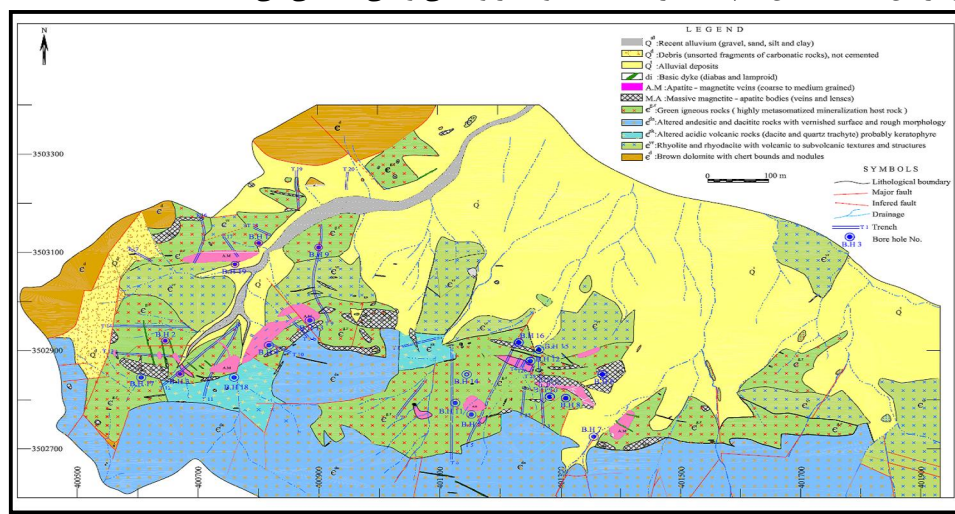
Abstract

Magnetite-apatite gazestan deposit is located in 78 Km east of the bafq and Central Iran and bafq posht-badam subzone. Apatite-iron oxide mineralization of bafq district (e.g. Gazestan apatite iron-oxide deposit), mainly occur adjacent to fractures and fault zone within the volcanic and sedimentary-volcanic units. magnetite and apatite are the most important minerals. They contain relatively little sulfide (pyrite and chalcopyrite) and some REE minerals (Monazite, Ortite and Allanite) and are associated with lower Cambrian altered wall rocks. The Apatite-iron oxide ores of bafq region (including Gazestan) have high content REE (with enrichment of LREE and depletion of HREE) and show strong LREE/HREE ratio and a pronounced negative Eu anomaly. This is a distinct characteristic of apatite with source of fluid magmatic. Gazestan REE pattern is similar to that of apatite from Kiruna iron ore. Comparison the most characteristics of Gazestan deposit with other types iron ores in elsewhere of the World show that this deposit is similar to Kiruna-type iron ores. Kiruna-type iron ores are one of the dominant members of the IOCG group.

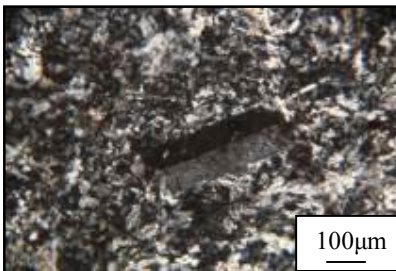
مقدمه

موقعیت جغرافیایی و زمین شناسی منطقه

کانسار آهن-آپاتیت گزستان از نظر موقعیت جغرافیایی در محدوده‌ی $20^{\circ}55'55''$ الی $55^{\circ}59'55''$ طول شرقی و $31^{\circ}39'25''$ الی $31^{\circ}41'25''$ عرض شمالی، در ۷۸ کیلومتری شرق شهرستان بافق، قرار دارد. راه دسترسی به کانسار گزستان از طریق جاده آسفالته بافق-کوشک-شیطور می‌باشد. بدین طریق که بعد از طی حدود ۷۰ کیلومتر در مسیر بافق به شیطور و بعد از طی ۳ کیلومتر به سمت جنوب روستای گزستان توسط یک جاده خاکی به طول ۸ کیلومتر به محدوده اکتشافی گزستان می‌رسیم (شکل ۱) (دری و جمالی، ۱۳۸۳). این محدوده از لحاظ تقسیمات زمین‌شناسی در زون ایران مرکزی و ساب زون بافق- پشت بادام قرار گرفته است. قدیمی‌ترین سنگ‌های این ناحیه مربوط به پرکامبرین بالایی-کامبرین زیرین (سری ریزو) بیشترین گسترش و رخمون را در بخش شرقی و مرکزی نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ اسفوردی دارد (سهیلی و مهدوی، ۱۳۷۰). طبق نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰ گزستان قدیمی‌ترین واحد سنگی این منطقه به صورت یک بلوک منفرد از دلومیت سیاه ضخیم لایه و گرگه‌های چرت می‌باشد که در بخش شمال شرقی نقشه وجود دارد (دری و جمالی، ۱۳۸۳). واحدهای سنگی ولکانیکی حد واسط-اسیدی (داسیت-ریولیت) که بر روی تشکیلات رسوبی-آواری قرار دارند، در برگرنده بخش اصلی کانه‌زایی هستند. غالباً کانه‌زایی در امتداد شکستگی‌ها و گسل‌ها، درون واحدهای آتشفشانی رخ داده است (شکل ۲). مطالعات میکروسکوپی، حاکی از سنگ میزبان ریولیتی-ریوداسیتی در کانسار گزستان می‌باشد (شکل ۲). غالباً سنگ میزبان کانسارهای تیپ کایرونا ترکیبی متفاوت از آکالن تا کالک آکالن دارند و از ریولیت تا آندزیت متغیر هستند که معمولاً ترکیب اولیه سنگ توسط فرایندهای متاسوماتیسم تغییر کرده است (لاندری و همکاران، ۲۰۰۶). هدف از بررسی این کانسار در این مقاله، تعیین تیپ کانسار به کمک شواهد ژئوشیمی و کانی‌شناختی می‌باشد.



شکل ۱- نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰ گزستان (دری و جمالی، ۱۳۸۳)، موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به منطقه



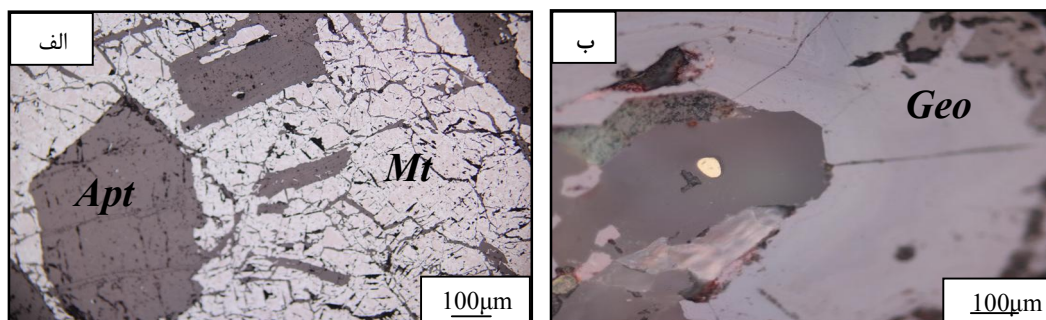
شکل ۲- سنگ میزبان ریولیتی با بلورهای درشت سانیدین

روش مطالعه

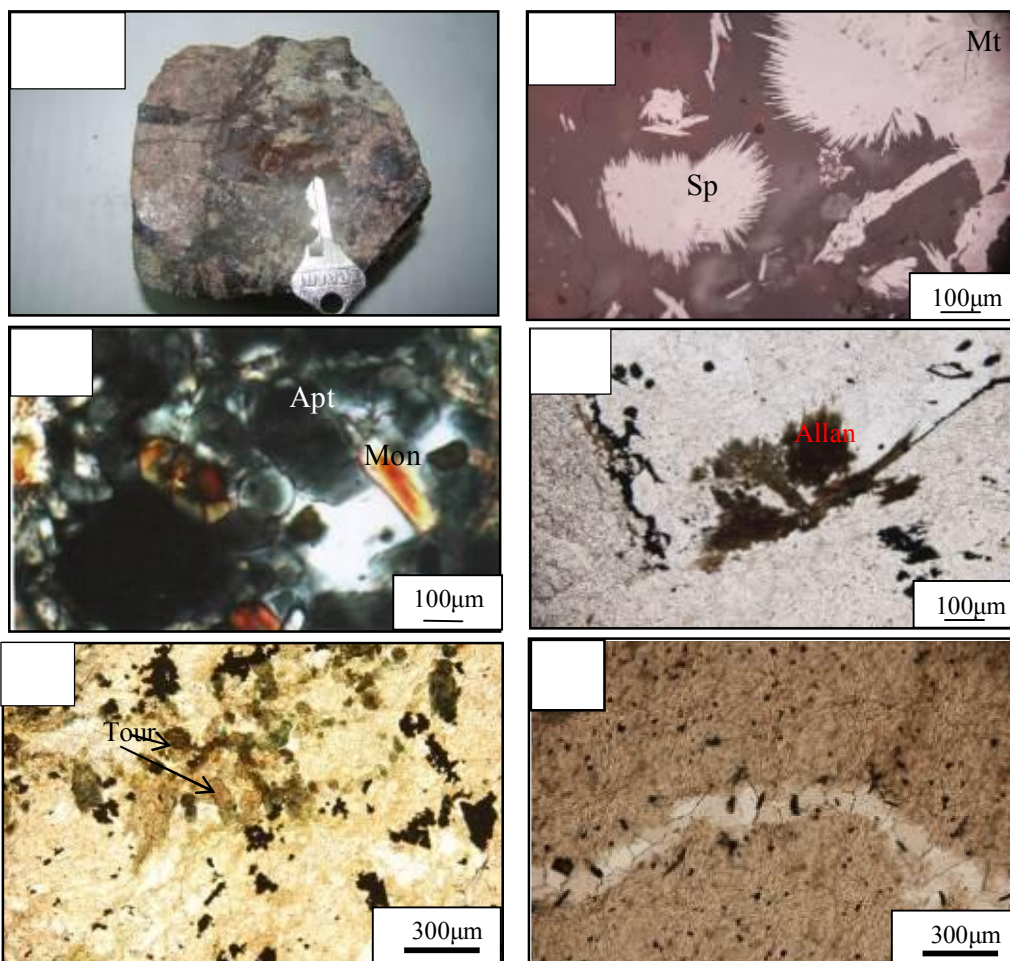
مطالعات انجام شده شامل مطالعات صحرایی و کانی‌شناختی، آنالیز دستگاهی میکروپروپ (EMPA), XRF, ICP-MS است. آنالیز XRF و EMPA توسط شرکت کانساران بینالود و آنالیز ICP-MS توسط شرکت ALS-chmex کانادا انجام شد.

بحث

بر اساس مطالعات میکروسکوپی، مهم‌ترین کانی‌های موجود در کانسار گزستان مگنتیت و آپاتیت بوده که به مقدار کم با کانی‌های سولفیدی (پیریت، کالکوپیریت) (شکل ۳) و هماتیت (از جمله اسپیکولاریت، مارتیت) همراه می‌باشد (شکل ۴). آپاتیت کانی چیره در کانسنگ مگنتیتی است. این کانی در نمونه دستی دارای رنگ صورتی و از نوع فلئوئور آپاتیت می‌باشد (شکل ۴). بر اساس مطالعات میکروسکوپی دارای بلورهای خود شکل مونوپیرامیدال است و به صورت بلورهای شش وجهی کوچک و بزرگ و ستونی دیده می‌شود (شکل ۳). مگنتیت‌ها اغلب با بافت کاتاکلاستیک دیده می‌شوند (شکل ۴). ردمن و آلرلی (۱۹۷۰) بر این باورند که به دلیل افزایش اکسیژن در محتوی ثابت کاتیون، طی فرایند اکسایش در دمای پایین تعداد بلورهای مگنتیت در واحد حجم افزایش می‌یابند و بافت کاتاکلاستیک تشکیل می‌شود. هماتیت اغلب به صورت بلورهای خود شکل تا نیمه شکل‌دار، شعاعی یا سوزنی (شکل ۴) و گاهی خوشه انگوری دیده می‌شوند. کانی‌های سولفیدی پیریت و کالکوپیریت به مقدار کم و به شکل تاخیری ایجاد شده‌اند. به عقیده هیتزمن (۱۹۹۲) حضور سولفید مس و آهن در کانسارهای اکسید آهن غنی از مگنتیت متداول است. پیریت در همه ذخایر مگنتیتی، مراحل نهایی گرمایی را نشان می‌دهد که معمولاً به اکسید و هیدروکسیدهای آهن دگرسان می‌شود (مارسچیک، ۲۰۰۸). اکسیدهای آهن آبدار (گوتیت و لیمونیت) و کانی‌های آبداری چون مالاکیت در بین کانی‌های ثانویه فروان‌ترین گونه‌های شیمیایی می‌باشند که در شکستگی‌ها به وفور دیده می‌شود (شکل ۲). حضور هماتیت‌های سوزنی (اسپیکولاریت)، جانشینی مگنتیت‌های اولیه توسط هماتیت (مارتیتی شدن) و کانه‌زایی فقیر از سولفید و حضور پیریت تاخیری از ویژگی‌های رایج کانسارهای تیپ کایرونا می‌باشد (جرالد و همکاران، ۲۰۰۰). موناژیت و آلانیت (شکل ۴) از جمله کانی‌های عناصر نادر خاکی است که همراه آپاتیت و مگنتیت دیده می‌شود. کانی‌های دیگری چون تورمالین، سریسیت، کربنات، فلدسپار پتاسیک، روتیل، کلریت و اپیدوت به صورت دانه‌های پراکنده نیز به همراه کانسنگ در زمینه سنگ میزبان دیده می‌شوند (شکل ۴). حضور چنین کانی‌هایی به عنوان کانی‌های دگرسان و فرعی از جمله کانی‌های رایج در کانسارهای تیپ کایرونا می‌باشد (جرالد، ۲۰۰۰).



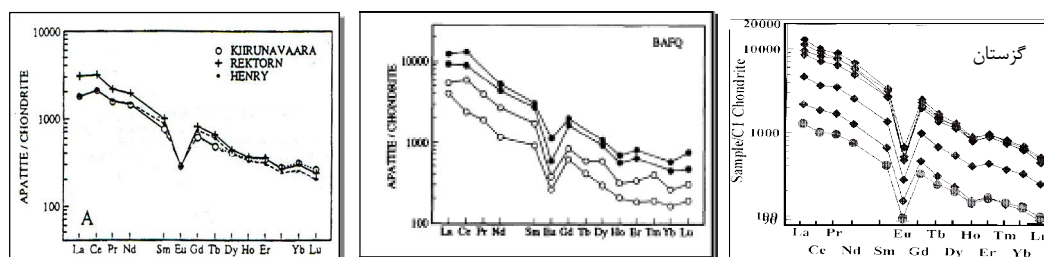
شکل ۳- الف) بلورهای شش وجهی و پراکنده آپاتیت در داخل مگنتیت با بافت کاتاکلاستیک، ب) کانی کالکوپیریت (به رنگ زرد) و کانی مالاکیت (به رنگ سبز) که توسط کانی گوتیت احاطه شده‌است.



شکل ۴- الف) آپاتیت صورتی در نمونه دستی، ب) کانی اسپیکولاریت به همراه مگنتیت در نور انعکسی، پ) کانی مونازیت به همراه کانی آپاتیت (XPL)، ت) کانی آلانیت در زمینه سیلیسی همراه با آپاتیت (PPL)، ث) دانه های پراکنده تورمالین و اپیدوت در زمینه سنگ میزبان (PPL)، ج) دانه های پراکنده روتیل در زمینه سنگ میزبان به همراه رگه سیلیسی (PPL).

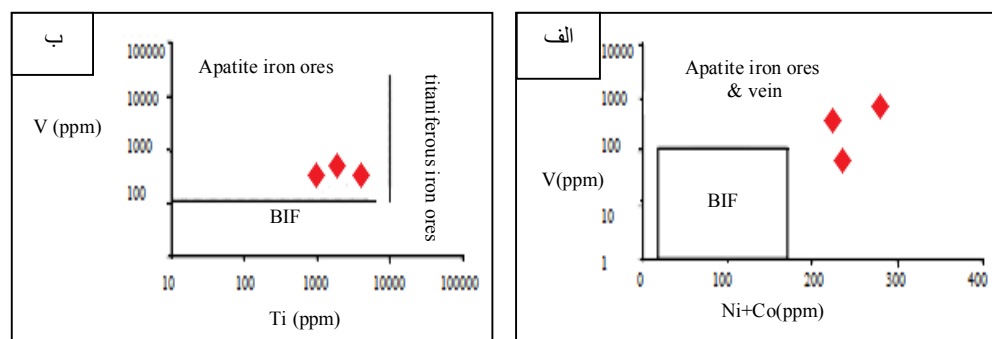
مطالعات آنالیز میکروپروپ، حاکی از آن است که مگنتیت‌ها دارای مقادیر پایینی از تیتان ($TiO_2 = 0.164 - 0.2$) هستند. مقدار تیتان موجود می‌تواند به علت جانشینی Al^{+3} توسط Ti در ساختمان مگنتیت باشد که گاهی به صورت اکسولوشن‌های ایلمنیت ظاهر می‌شود. نیستروم و هنریکوئز (۱۹۹۴) پیشنهاد می‌کنند که مگنتیت کانسنگ آهن آپاتیت‌دار توسط مقدار بسیار پایینی Cr و مقدار نسبتاً بالایی V مشخص می‌شود. مگنتیت کانسنگ‌های آپاتیت-مگنتیت گزستان نیز دارای مقادیر بالایی وانادیم ($V = 5555 PPM$) و مقدار پایینی کروم ($Cr_2O_3 = 28 PPM$) می‌باشد. براساس داده‌های ژئوشیمیایی (XRF)، ترکیب آپاتیت منطقه گزستان از نوع فلوتور آپاتیت ($F = 0.725$) با مقادیر بسیار پایینی از کلر (کمتر از 0.08%) می‌باشد. آپاتیت‌های تیپ کایرونا از لحاظ فلوتور غنی و حاوی مقدار کمی کلر (Cl) و هیدروکسید (OH) هستند. در حالی که آپاتیت‌های رسوبی علاوه بر فلوتور (F) از نظر CO_2 و Cl نیز غنی می‌باشند. (فریتش و پردل، ۱۹۹۵). الگوی عناصر نادر خاکی (REE) کانسراهای ناحیه بافق الگوی مشترکی از نظر آنومالی منفی Eu و محتوای بالای ($7000 - 2000 PPM$) REE و تفکیک‌پذیری بالایی از LREE/HREE با آپاتیت-مگنتیت تیپ کایرونا نشان می‌دهد (شکل ۵). این الگو از ویژگی‌های بارز آپاتیت‌ها با منشا ماگمایی است. الگوی REE نرمالیز شده به کندریت در آپاتیت‌های کانسنگ آهن-آپاتیت گزستان نیز مشابه تیپ کایرونا می‌باشد. فقط محتوای REE در آن‌ها

متفاوت است (شکل ۵). آنومالی Eu از طریق مقایسه غلظت اندازه‌گیری شده Eu با غلظت قابل پیش‌بینی Eu^* که از طریق درون‌یابی بین اعداد نرمالیز شده Sm و Gd به دست می‌آید (مک لنن و تیلور، ۱۹۸۵)، به طور کمی بیان می‌شود. بنابراین نسبت Eu/Eu^* سنجشی از آنومالی بوده و اگر کوچک‌تر از یک باشد آنومالی منفی خواهد بود. مقدار Eu/Eu^* در کانسنگ آهن- آپاتیت گزستان برابر $(-0/62)$ می‌باشد و با نسبت Eu/Eu^* $(-0/25)$ تا $(-0/67)$ کانسارهای تیپ کایرونا (مانند کانسار هنری، کایروناوارا) (فریتش و پردل، ۱۹۹۵) شباهت دارد. آنومالی منفی Eu بیانگر تبلور بخشی فلدسپات از ماگمای مرتبط می‌باشد. همچنین آنومالی Eu توسط اکسیژن ماگما و دما کنترل می‌شود. هر اندازه دما و فشار اکسیژن در ماگما کمتر باشد میزان آنومالی Eu در فلدسپات‌ها بیشتر می‌شود (نیستروم و هنریکوئز، ۱۹۹۴). زمانی که اکسیژن ماگما کاهش می‌یابد، Eu^{+3} به Eu^{+2} تبدیل می‌شود که از لحاظ بار و شعاع یونی شبیه به یون Ca^{+2} می‌باشد و می‌تواند جانشین Ca^{+2} در فلدسپات‌توئیدها شود. نسبت $(La/Yb)_{cn}$ در کانسنگ آهن- آپاتیت گزستان برابر $52/5-24/4$ می‌باشد که نشان‌دهنده درجه تفکیک و جدایش نسبتاً بالای عناصر نادر خاکی (REE) است. الگوی پراکندگی REE در کانسنگ آپاتیت نشان دهنده ترکیب و منشا سنگ میزبان در برگیرنده می‌باشد. نسبت تفکیک‌پذیری بالای LREE/HREE نشان دهنده سنگ آکالان و درجه تفکیک‌پذیری متوسط نشان سنگ میزبان کالک آکالان است (فریتش و پردل، ۱۹۹۵).



شکل ۵- الگوی پراکندگی REE در کانسارهای تیپ کایرونا وناحیه بافق و کانسار گزستان

با استفاده از نمودار V در مقابل Ti می‌توان کانسارهای آهن آپاتیتی و کانسارهای آهن تیتانیوم‌دار و کانسارهای آهن رسوبی و همچنین بر اساس تغییرات V در مقابل Ni+Co محدوده کانسارهای آهن آپاتیتی و کانسارهای آهن رسوبی را از یکدیگر جدا کرد. بر اساس دیاگرام‌های زیر کانسار آهن- آپاتیت گزستان در محدوده کانسارهای آهن آپاتیتی تیپ کایرونا قرار می‌گیرد.



شکل ۶- دیاگرام پراکندگی عناصر کمیاب، الف) وانایوم در مقابل نیکل + کبالت (نیستروم و هنریکیز، ۱۹۹۴)، ب) نسبت وانادیوم به تیتانیوم (لوبرگ و هورندال، ۱۹۸۴)

نتیجه گیری

شواهدی از قبیل مشاهدات صحرایی، سنگ درون گیر، ژئوشیمی و کانه زایی در این کانسار همگی حاکی از آن است که کانسار آهن آپاتیت دار گزستان می تواند در ردیف کانسارهای اکسید آهن آپاتیت دار تیپ کایرونا به شمار آید. مطالعات انجام شده بر روی ژئوشیمی مگنتیت و آپاتیت، نمودارهای تعیین کننده تیپ کانسار، الگوی پراکندگی عناصر نادر خاکی (REE) گزستان، نسبت بالای LREE/HREE همراه با غنی شدگی LREE و آنومالی منفی Eu نشان می دهد این الگو مشابه با کانسارهای آهن آپاتیت دار ناحیه بافق و کانسارهای آهن تیپ کایرونا در دیگر نقاط جهان می باشد. از این رو از این کانسار می توان برای ارائه الگوهای اکتشافی در طراحی پروژه های اکتشافی استفاده نمود.

منابع

- ۱-دری، م، ب، جمالی، ح، ۱۳۸۳، مطالعات زمین شناسی اقتصادی بر روی کانسار فسفات-خاک های نادر گزستان، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- ۲-دری، م، ب، جمالی، ح، ۱۳۸۳، نقشه زمین شناسی ۱/۱۰۰۰ ورقه گزستان، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- ۳-سهیلی، م، مهدوی، م، ۱۳۷۰، نقشه زمین شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ ورقه اسفوردی، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور
- 4-Frietsch, R., Perdahl. J. A., 1995. Rare earth elements in apatite and magnetite in kiruna-type iron ores and some other iron ore type. *Ore geology reviews*, 489-510.
- 5-Gerald E. R., and David V. L., 2000. A Synopsis of Iron Oxide ± Cu ± Au ± P ± REE Deposits of the Candelaria-Kiruna-Olympic Dam Family. *British Columbia geological survey*, 267-272.
- 6-Hitzman, M.W., 2000. Iron Oxide-Cu-Au Deposits: What, Where, When, and Why in Porter, T.M. (ed.), *Hydrothermal Iron Oxide Copper-Gold & Related Deposits: A Global Perspective*. Australian Mineral Foundation, Adelaide, 9-25.
- 7- Hitzman M.W., Oreskes N. and Einaudi M.T., 1992. Geological characteristics and tectonic setting of Proterozoic iron oxide (Cu-U-Au-REE) deposits. *Precambrian Research*, 58: 241-287.
- 8-Landry, J.-Y., 2006. Detailed relationships of iron-oxide copper-gold type alteration zones at DeVries Lake, southern Great Bear Magmatic Zone, NWT: Unpublished B.Sc. thesis, University of Ottawa, 38.
- 9-Lohberg B.E.H. and Horndhal A.K. Ferride., 1983, geochemistry of Swedish Precambrian iron ores. *Mineralium Deposita*, 48: 487-504.
- 10-Marschik, R., Spikings, R., Kusc, I., 2008. "Geochronology and stable isotope signature of alteration related to hydrothermal magnetite ores in Central Anatolia, Turkey". *Miner Deposita*, 43 : 111-124.
- 11- Nyström, J.O., and Henriquez, F., 1994. Magmatic features of iron ores of the Kiruna type in Chile and Sweden: ore textures and magnetite geochemistry. *Economic Geology*, 89: 820-839.
- 12-Redman, P. W. and O. Reilly, W., 1970, the synthesis and inversion of nonstoichiometric titanomagnetites. *Phys. Earth planet. Inter.*, 4, P 121-128.
- 13-Taylor, S.R., and Mclennan, S.M., 1985. *The Continental Crust: Its Composition and Evolution*. Blackwell, Oxford, 312pp.