رویکردهای پژوهشی در علوم زمین، شماره ۲۱، پاییز و زمستان ۱۴۰۲، ص ۱۴ – ۱

ISSN: 2538-3558
http://www.jocs.ir

مجله علمی رویکردهای پژوهشی در علوم زمین (سال هشتم)
شماره ۲۱ / پاییز و زمستان ۱۴۰۲ / ص ۱۴ – ۱

زمین شیمی عناصر HFSE (عناصر بی تحرک) و عناصر اصلی تشکیل دهنده کانسار گل گهر سیرجان

تاریخ دریافت مقاله: مهر ۱۴۰۲
تاریخ پذیرش مقاله: آذر ۱۴۰۲

رضا جلیلی[۱]، سید مهران حیدری[۲]، علیرضا الماسی[۳]

[۱] دانشجو، دانشکده علوم‌پایه، گروه زمین شناسی، دانشگاه لرستان، لرستان، ایران.
[۲] استادیار، عضو هیئت علمی پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی کشور، تهران.
[۳] استادیار، دانشکده علوم پایه، گروه زمین شناسی، دانشگاه لرستان، لرستان، ایران.

نام نویسنده مسئول:
رضا جلیلی

چکیده

معدن گل گهر در جنوب غربی شهرستان سیرجان و در حاشیه زون دگرگونی-ماگمایی سنندج-سیرجان واقع شده است. معدن گل گهر درون کمپلکس دگرگونی گل گهر به سن احتمالی پرکامبرین- پالئوزوئیک زیرین قرار دارد. کانه اصلی این معدن مگنتیت است و هماتیت به صورت ثانویه از اکسیداسیون مگنتیت با مقادیر کمتر ایجاد شده است. متوسط مقدار آهن گلگهر ۵۷/۲ درصد می‌باشد.

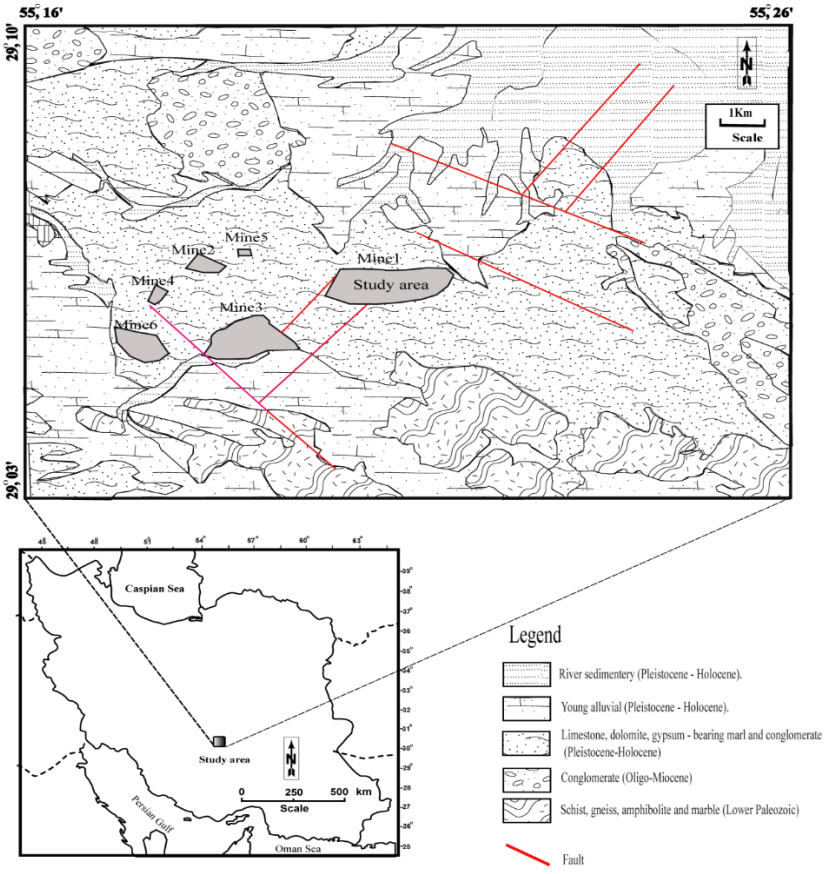
بین کانسنگ‌های آهن منطقه، همبستگی‌های متغیری بین عناصر اصلی وجود دارد.متوسط غلظت Fe_2O_3 در نمونه‌های مگنتیتی معدن شماره ۱ گل گهر ۸۶/۴ درصد وزنی می‌باشد و میزان SiO_2 در کانسنگ‌های آهن به طور میانگین ۳/۸۶ در صد وزنی می‌باشد. SiO_2 دارای همبستگی منفی و قوی با Fe_2O_3 (۰/۷۶-=r) در گمانه ۳۱۱۷ و همچنین SiO_2 دارای همبستگی منفی با Fe_2O_3 (۰/۷۶- =r) در گمانه شماره ۱۲۰ می‌باشد. به عبارت بهتر مقدار SiO_2 در کانسنگ‌ها با افزایش عیار آهن کاهش می‌یابد. این روند معکوس نشان دهنده شرایط تبلور مگنتیت از ماگما، حذف آهن از ماگما و وارد شدن آن به فاز سیال تأخیری است. در نتیجه ماگما از آهن تهی شده است. به بیان دیگر، فازهای سیلیسی و آهن‌دار به صورت فازهای جداگانه عمل نموده و هر کدام تشکیل ترکیبات مستقلی از جمله آهن و سیلیس ثانویه را داده‌اند. چنین فرضیه‌ای با مشاهدات صحرایی که اثبات کننده حضور رگه‌ها و ریز رگچه‌های سیلیسی در کانسنگ می‌باشند، قابل تأیید می‌باشد. با توجه به بررسی تغییرات اکسیدهای عناصر اصلی در طول عمق کانسنگ‌های آهن مورد مطالعه در گمانه‌ها گفتنی است که بالاترین مقدار اکسید آهن در کانسنگ‌ها در عمق ۳۷۳/۱ متری بوده و برابر با ۹۳/۳ درصد وزنی می‌باشد و کمترین مقدار آن نیز در عمق ۲۰۵/۵ متری در گمانه شماره ۱۲۰ و برابر با ۷۱/۵ درصد وزنی می‌باشد و تغییرات SiO_2 دارای بیشترین مقدار در عمق ۲۰۵/۷ متری در گمانه شماره ۱۲۰ برابر با ۱۰/۶ درصد وزنی می‌باشد.

کلمات کلیدی: مگنتیت؛ تشکیل آهن؛ گل گهر؛ عناصر اصلی؛ سیرجان.

رویکردهای پژوهشی در علوم زمین، شماره ۲۱، پاییز و زمستان ۱۴۰۲، ص ۱۴ – ۱
ISSN: 2538-3558
http://www.jocs.ir

مقدمه

ناحیه معدنی سنگ آهن گل گهر در فاصله ۵۰ کیلومتری جنوب غرب شهرستان سیرجان در استان کرمان واقع می‌باشد. این ناحیه شامل شش توده معدنی است و دارای بیشترین ذخیره سنگ آهن در کشور است. مختصات جغرافیایی این ناحیه شامل طول ′ ۱۵ ,° ۵۵ تا ′ ۲۴ ,°۵۵ شرقی و عرض ′ ۳ ,°۲۹ تا ′ ۷ ,°۲۹ شمالی می‌باشد. شهر سیرجان به صورت تقریبی در مرکز مثلثی است که رئوس آن را شهرهای کرمان، شیراز و بندر عباس تشکیل می‌دهند (عسگری، ۱۳۸۷). محدوده معدن در چهارگوش ۱/۱۰۰۰۰۰ گل گهر در زیر پوششی از آبرفت‌های کواترنر قرار دارد. کمربند سنندج- سیرجان در مجموعه ساختاری قرار دارد که حاصل عملکرد پیچیده‌ای از جدایش مزوزوئیک آغازین بلوک قاره‌ای ایران از سرزمین گندوانا است که بعداً به وسیله‌ی فرورانش پوسته اقیانوسی نئوتتیس به زیر پوسته ایران وعربی رانده شده است. سنگ‌های پالئوزوئیک شامل کمپلکس گل گهر بوده که این مجموعه قدیمی‌ترین مجموعه دگرگونی این منطقه را تشکیل می‌دهد. ذخایر ۶ گانه سنگ آهن گل‌گهر در این کمپلکس دگرگونی قرار گرفته است که بخش تحتانی این کمپلکس شامل تناوبی از گنیس، میکاشیست، آمفیبولیت و کوارتزشیست می باشد. که در مواردی گدازه‌های اولترامافیک نیز دگرگون شده است (حلاجی، ۱۳۷۰). از نظر ساختاری در ناحیه معدن گل گهر ۴ سری گسل عمده وجود دارد که از آن میان گسل‌های شمال باختری-جنوب خاوی و گسل‌های شمالی- جنوبی بارزتر هستند (عسگری، ۱۳۸۷).



شکل ۱)- نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه. برگرفته از افتخارنژاد (۱۳۵۹) با اندکی تغییرات

زمین‌شناسی منطقه معدنی گل‌گهر و نواحی اطراف آن

همانطور که ذکرگردید ناحیه معدنی گل‌گهر در لبه شمال خاوری زون سنندج-سیرجان و لبه فروافتادگی نمک زارکفه خیرآباد که خود در حد فاصل زون سنندج-سیرجان و کمربند آتشفشانی ارومیه-دختر به وجود آمده، قرار دارد. زمین ریخت-شناسی منطقه نیز دارای دشت هموارتا ناهموار می‌باشد (شکل ۲- الف)، با این توضیح که در بعضی از نقاط دشت یاد شده به

ISSN: 2538-3558
http://www.jocs.ir

کوه‌های ستیغ تبدیل می‌شود. زون سنندج-سیرجان در مجموعه ساختاری قرار دارد که حاصل عملکرد پیچیده‌ای از جدایش مزوزوئیک آغازین بلوک قاره‌ای ایران از سرزمین گندوانا است که بعد به وسیله فرورانش پوسته اقیانوسی نئوتتیس به زیر پوسته ایران و عربی رانده شده است (Alavi, 1994). در نتیجه، مجموعه سنگ شناسی این زون که کمپلکس گل‌گهر نیز در آن واقع شده، حوادث زیادی را به خود دیده است که از مهمترین آنها می‌توان به حادثه کوه زایی سیمرین آغازین اشاره کرد. جالب ترین ویژگی ساختاری فاز سیمرین آغازین، رخداد دگرگونی‌ها در این زون می‌باشد که می توان آنها را به دو گروه بزرگ تقسیم بندی نمود (سبزه‌ئی، ۱۳۷۴).

از نظر ساختاری در ناحیه معدن گل گهر ۴ سری گسل عمده وجود دارد که از آن میان، گسل‌های شمال باختری– جنوب خاوری و گسل‌های شمالی- جنوبی بارزتر هستند. سنگ‌های تشکیل دهنده منطقه بیشتر به صورت کمپلکس دگرگونی شامل سنگ‌های فیلیت،آمفیبولیت،گنایس، شیست وسایر سنگ‌های دگرگونی است که همراه با گرانیت و مارن در منطقه مشاهده می‌شوند. همه واحدهای سنگی یاد شده به گمان در پالئوزوئیک بالایی و مزوزوئیک پایینی چین‌خورده و دگرگون شده‌اند. این کمپلکس در شمال دارای رسوبات پرمین از نوع سنگ‌های کربناتی همراه با نهشته‌های میان لایه‌های شیلی و ماسه سنگی هستند که ماسه سنگ‌ها در برخی نقاط به صورت تمام بلورین قابل مشاهده هستند. بخش جنوبی کمپلکس یاد شده، سازندهای مزوزوئیک و رسوبات دوران سوم را پدید آورده‌اند و واحدهای سنگی کالردملانژ (آمیزه رنگی) شامل سنگ‌های الترابازیک، رادیولاریت، شیل و سنگ آهک است که توسط گسل‌ها و شکستگی‌های فراوان در هم آمیخته شده‌اند (سبزه ای، ۱۳۷۴).

زون دگرگونی سنندج- سیرجان توسط گسل ده شیر مرزبندی می‌شود وتمام واحدهای سنگی یاد شده توسط سیستم‌های گسلی منطقه روند شمال باختر و جنوب خاور یافته‌اند. زون آتش‌فشانی سنندج- سیرجان وابسته به دوران ترشیری است که بیشتر از وآتشفشانی‌های نیمه اسیدی همراه با سنگ‌های رسوبی تشکیل شده است. در برخی جاها سنگ‌های آتشفشانی نیمه عمیق و سنگ‌های گرانودیوریتی به طور محلی برونزد دارند.گرانیت‌های همزمان با تکتونیک (Syntectonic) و از نوع گرانیت تیپ S در ۱۵ کیلومتری شمال خاوری و ۷۰ کیلومتری شمال باختری به موازات محور کمپلکس دگرگونی در منطقه برونزد دارند (Fazlnia, 2007). همچنین، بیرون زدگی‌هایی از دایک‌های گرانیتی-آپلیتی و دایک‌های دولریتی در بخش جنوب خاوری گل‌گهر که گرانیت‌ها را قطع کرده‌اند دیده می‌شوند. ارتفاعات محدودی که در منطقه رخنمون دارند، شامل سنگ‌های دگرگونی پالئوزوئیک در جنوب، جنوب غرب معدن و سنگ‌های مزوزوئیک و سنوزوئیک در شرق معدن می‌باشند. سنگ های پالئوزوئیک ناحیه معدنی گل‌گهر شامل کمپلکس گل‌گهر بوده که این مجموعه قدیمی‌ترین مجموعه دگرگونی این منطقه را تشکیل می-دهدکه ذخایر شش گانه سنگ آهن گل‌گهر در این کمپلکس قرار گرفته است.

روش مطالعه

این مطالعه در سه بخش کتابخانه‌ای، صحرایی و آزمایشگاهی انجام گردیده است. در بخش صحرایی، پیمایش‌هایی جهت شناخت واحدهای سنگ شناختی منطقه، ژئومتری ماده معدنی و ارتباط آن با سنگ‌های میزبان و مشخصات ماکروسکوپی نمونه‌های معدنی مگنتیت (کانسنگ معدن) صورت گرفت. با توجه به مطالعات صحرایی به منظور انجام مطالعات میکروسکوپی و ژئوشیمی، پس از بررسی لاگ‌های حفاری و نقشه‌های زمین‌شناسی در بخش کتابخانه‌ای به جهت تعیین و بررسی تغییرات لیتولوژی آن‌ها، نمونه‌برداری از مغزه‌های حفاری حاصل از ۶ حلقه چاه، با شماره‌های ۳۱۱۷ (۷ نمونه)، ۳۱۲۰ (۷ نمونه)، ۳۱۰۹ (۳ نمونه)، ۳۱۰۷ (۳ نمونه)، ۳۰۱۸ (۲ نمونه) و ۳۰۴۰ (۲ نمونه) برای انجام آزمایشات با استفاده از روش ICP-MS از کانسنگ معدن شماره ۱ شرکت معدنی و صنعتی گل‌گهر انجام شد.

به جهت انجام مطالعات آزمایشگاهی، تعدادی از این نمونه‌ها جهت تهیه مقاطع میکروسکوپی، صیقلی، نازک صیقلی و دو بر صیقل انتخاب و برای تهیه به شرکت کانساران بینالود فرستاده شد و هم‌چنین تعدادی از آنها نیز به جهت بررسی و تعیین فازهای کانیایی نامشخص جهت انجام آنالیزهای پراش پرتو X (XRD) در مرکز تحقیقات و فرآوری مواد معدنی ایران در کرج مورد

رویکردهای پژوهشی در علوم زمین، شماره ۲۱، پاییز و زمستان ۱۴۰۲، ص ۱۴ – ۱
ISSN: 2538-3558
http://www.jocs.ir

تجزیه قرار گرفت و ۲۵ نمونه نیز جهت بررسی عناصر اصلی، جزئی و عناصر نادر خاکی با استفاده از روش ICP-MS به خارج از کشور و به شرکت ALSCHEMEX کانادا ارسال شد تا مورد تجزیه قرار گیرند.

بررسی ضریب همبستگی و روابط عناصر اصلی تشکیل دهنده کانسنگ گل گهر با آهن

شکل۲)- تصاویر صحرایی از محدوده مورد مطالعه.

الف) دشت هموار تا ناهموار در منطقه معدنی(دید به سمت جنوب شرق، طول تصویر ۴۰ متر).

ب) وجود آبرفت‌های کواترنری در منطقه (دید به سمت جنوب شرق).

پ) همراه توده نفوذی گرانیتی همراه با دولومیت در منطقه.

ت) برونزدی از آهک‌های ریفی و دولومیتی تریاس فوقانی.

ج) کنگلومراهای همراه با قطعات کلسیت در منطقه.

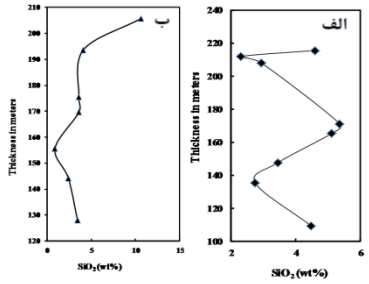
ث) کوارتزیت های بیرون زده در منطقه.

بحث ژئوشیمی

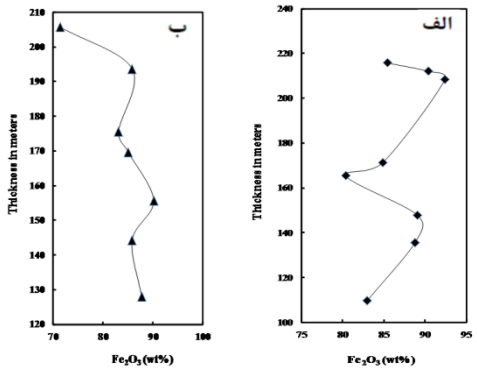
بررسی ضریب همبستگی و روابط عناصر اصلی تشکیل دهنده کانسنگ گل گهر با آهن

SiO2 دارای همبستگی منفی و قوی با Fe2O3 (r = -۰/۷۶) در گمانه ۳۱۱۷ و همچنین SiO2 دارای همبستگی منفی با Fe2O3 (r = -۰/۷۶) در گمانه شماره ۱۲۰ می‌باشد. به عبارت بهتر مقدار SiO2 در کانسنگ‌ها با افزایش عیار آهن کاهش می‌یابد. این روند معکوس نشان دهنده شرایط تبلور مگنتیت از ماگما، حذف آهن از ماگما و وارد شدن آن به فاز سیال تأخیری است. در نتیجه ماگما از آهن تهی شده است. به بیان دیگر، فازهای سیلیسی و آهن‌دار به صورت فازهای جداگانه عمل نموده و هر کدام تشکیل ترکیبات مستقلی از جمله آهن و سیلیس ثانویه را داده‌اند‌در شکل زیر بخش الف و ب به ترتیب روند تغییرات SiO_2 و Fe_2O_3 را نسبت به عمق را در گمانه‌ها نشان می‌دهند.

ISSN: 2538-3558
http://www.jocs.ir



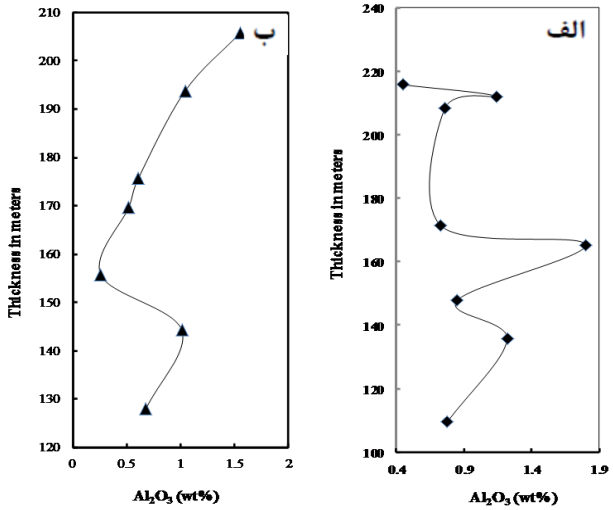
شکل الف- روند تغییرات SiO_2 نسبت به عمق در گمانه شماره ۳۱۱۷ .
شکل ب- روند تغییرات SiO_2 نسبت به عمق در گمانه شماره ۱۲۰.



شکل الف- روند تغییرات Fe_2O_3 نسبت به عمق در گمانه شماره ۳۱۱۷.
شکل ب- روند تغییرات Fe_2O_3 نسبت به عمق در گمانه شماره ۱۲۰.

ضریب همبستگی Al_2O_3 در مقابل Fe_2O_3 در گمانه شماره ۳۱۱۷ (r = -۰/۴۵) بیانگر آنست که با تغییرات مقدار Fe_2O_3 در کانسنگ‌ها از مقدار Al_2O_3 کاسته شده و روندی منفی را نشان می‌دهد اما ضریب همبستگی Al_2O_3 در مقابل Fe_2O_3 در گمانه شماره ۱۲۰ (r = -۰/۱۲) می‌باشد که غیرمعنادار است. آلومینیم دارای شعاع یونی کوچک، الکترونگاتیویته کم و پتانسیل یونی پایین است. انرژی پیوند آن از Fe^{3+} بیشتر است و اغلب ویژگی‌های آن به جز الکترونگاتیویته با Fe^{2+} متفاوت است. به همین دلیل این عنصر در مقادیر اندک وارد ساختمان مگنتیت می‌شود. حضور بسیار اندک این عنصر همراه با مگنتیت در نمونه‌های کانسنگ مورد مطالعه احتمالاً نشان دهنده حضور فازهایی از کانیهای آلومینیم‌دار می‌باشد.

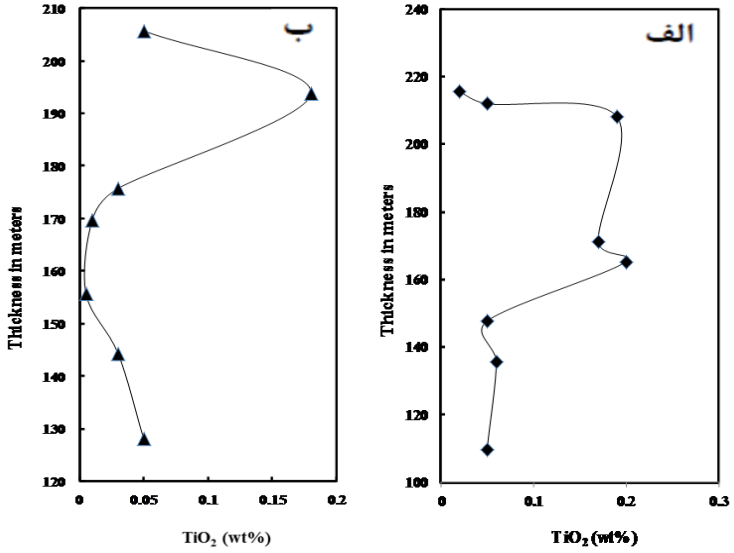
ISSN: 2538-3558
http://www.jocs.ir



شکل الف- روند تغییرات Al_2O_3 نسبت به عمق در گمانه شماره ۳۱۱۷.

شکل ب- روند تغییرات Al_2O_3 نسبت به عمق در گمانه شماره ۱۲۰.

از آنجاییکه TiO_2 و Al_2O_3 غالباً از مواد آواری - تخریبی مشتق می‌شوند و در کل مقدار مجموع $Al_2O_3+TiO_2$ در مواد تخریبی بالا است (Kato et al., 2002). مجموع مقادیر TiO_2 و Al_2O_3 نشان می‌دهد که منشأ کانسنگ‌های آهن مورد مطالعه گل‌گهر آواری نمی‌باشد. زیرا بر اساس نظریه کاتو و همکاران (Kato et al., 1996) مقدار مجموع $Al_2O_3+TiO_2$ می‌تواند تا دو صد وزنی حضور داشته باشد. اما با توجه به آنالیزهای شیمیایی، میانگین مقدار $Al_2O_3+TiO_2$ در کانسنگ‌های آهن مورد مطالعه کمتر از ۲ درصد وزنی بوده و در حدود ۰/۸۸ در صد وزنی می‌باشد (به پیوست مراجعه شود). با توجه به مطالب مطروحه فوق، نمی‌توان نقشی را برای مواد تخریبی در تامین بخشی از مواد سازنده کانسنگ‌های آهن قائل شد.



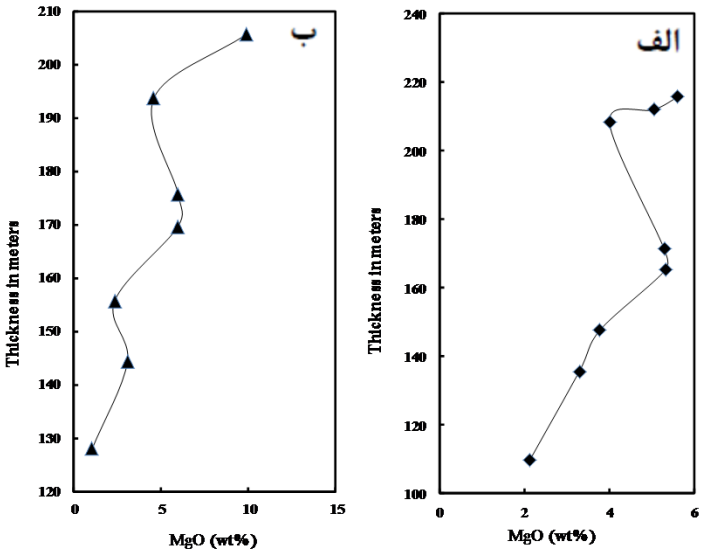
شکل الف- روند تغییرات TiO_2 نسبت به عمق در گمانه شماره ۳۱۱۷.

شکل ب- روند تغییرات TiO_2 نسبت به عمق در گمانه شماره ۱۲۰.

ISSN: 2538-3558
http://www.jocs.ir

همبستگی‌های منفی Fe_2O_3 با MgO در گمانه شماره ۳۱۱۷ (r= -۰/۱۹) و گمانه شماره ۱۲۰ (r=-۰/۹۵) نشان می‌دهد که با پیشرفت فرایند آهن‌زایی، عناصری نظیر Mg و Ca به صورت محلول از محیط خارج شده‌اند. در اغلب نمونه‌های مورد مطالعه که میزان Fe افزایش می‌یابد، به صورت مقایسه‌ای مقدار منیزیم بدون نظم خاصی کاهش می‌یابد. به نظر می‌رسد که تشکیل کانی‌های ثانویه منیزیم‌داری نظیرهورنبلند در امتداد ریز رگچه‌های سنگ میزبان و کانسار مؤید این ادعا می‌باشد.

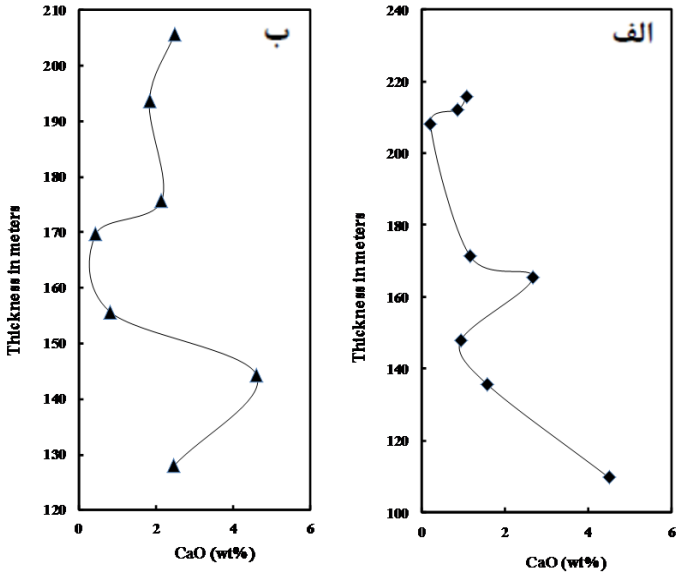
متوسط اکسید منیزیم۴/۳ درصدوزنی و دارای تغییراتی بین ۱/۵ تا ۹/۹ درصد وزنی در نمونه‌های کانسنگ مورد مطالعه می‌باشد. ال هابک (El habaak, 2004) مقدار متوسط اکسید منیزیم اسکارن مصر را ۱/۱ درصد وزنی گزارش کرده است. اکسید منیزیم در مگنتیت‌های ذخایر آتشفشانی- رسوبی با بیش از ۲ درصد و ذخایر گرمابی با ۱/۷ درصد گزارش شده است. در معدن شماره یک گل‌گهر مقدار اکسید منیزیم بالاست و بیشترین نزدیکی را با تیپ اسکارنی و آتشفشانی- رسوبی دارد. منیزیم یک روند نسبتاً منفی را با Fe_2O_3 نشان می‌دهد.



شکل الف- روند تغییرات MgO نسبت به عمق در گمانه شماره ۳۱۱۷ و.
شکل ب- روند تغییرات MgO نسبت به عمق در گمانه شماره ۱۲۰.

همبستگی‌های منفی Fe_2O_3 با CaO در گمانه شماره ۳۱۱۷ (r= -۰/۹۰) و گمانه شماره ۱۲۰ (r=-۰/۲۲) نشان می‌دهد که در بیشتر نمونه‌های کانسنگ مورد مطالعه هنگامی که میزان Fe افزایش می‌یابد، به صورت مقایسه‌ای مقدار منیزیم به ویژه در گمانه شماره ۳۱۱۷ کاهش می‌یابد. به نظر می‌رسد که تشکیل کانی‌های ثانویه کلسیم‌داری نظیر اپیدوت در امتداد ریز رگچه‌های سنگ درونگیر مؤید این ادعا باشد. اندازه و ویژگی‌های کلسیم با Fe^{3+} و Fe^{2+} متفاوت است و از این رو انتظار نمی‌رود که این عنصر بتواند به مقدار قابل توجهی وارد شبکه مگنتیت گردد اما جانشینی Ca^{2+} به جای Fe^{2+} در ساختمان مگنتیت امکان پذیر است و کانی مگنتیت می‌تواند حداکثر تا ۶/۶۷٪wt در ترکیب خود دارای عنصر Ca^{2+} باشد (De Sitter et al., 1977). با این شرایط و با توجه به مطالعات مقاطع نازک – صیقلی، جانشینی مگنتیت به‌جای کلسیت و همراهی سیلیکات‌ها با کانی‌زایی آهن در کانسنگ مورد مطالعه امکان‌پذیر می‌باشد.کاستور و نیسون (Castor et al., 2007) کانسنگ‌های مگنتیتی سرشار از کلسیم را در بخشی از ذخیره Bayan Obo شناسایی کردند و آنها را کانسنگ مگنتیت – دولومیت نامیدند. میانگین CaO در این کانسنگ‌ها ۱۷/۶ ٪wt و میانگین CaO در کانسنگ‌های مورد مطالعه ۲/۲۶ ٪wt می‌باشد.

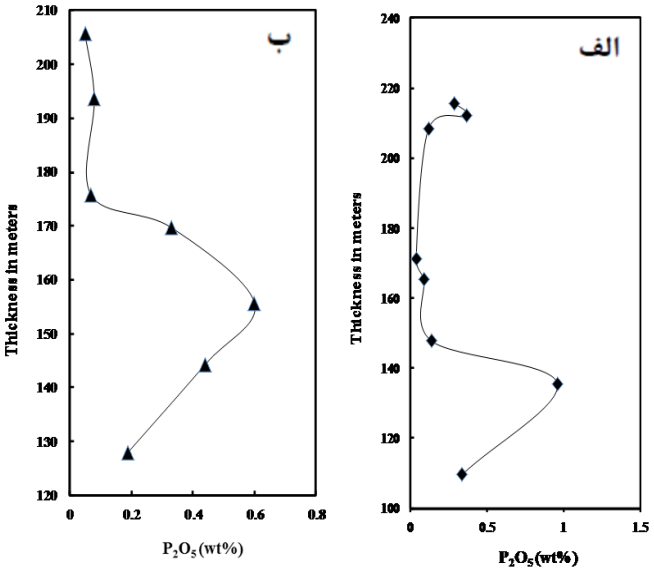
ISSN: 2538-3558
http://www.jocs.ir



شکل الف- روند تغییرات CaO نسبت به عمق در گمانه شماره ۳۱۱۷.

شکل ب- روند تغییرات CaO نسبت به عمق در گمانه شماره ۱۲۰.

مقادیر P_2O_5 دارای همبستگی ضعیف با Fe_2O_3 در گمانه شماره ۳۱۱۷ بوده (r=۰/۲۹) (جدول-۵-۱) که با افزایش عمق نیز نظم خاصی نشان نمی‌دهند و مقادیر P_2O_5 دارای همبستگی معنادار با Fe_2O_3 در گمانه شماره ۱۲۰ (r=۰/۷۷) می‌باشد که احتمالاً به دلیل همراهی کانسنگ‌های مورد مطالعه با آپاتیت می‌باشد.



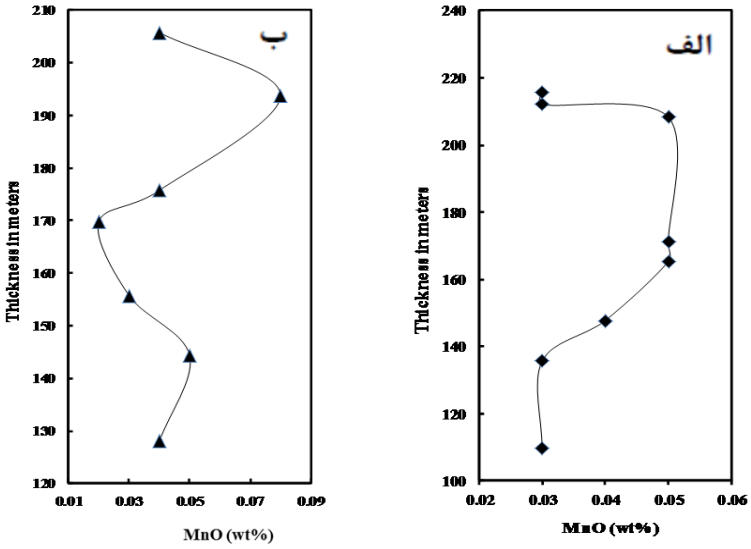
شکل الف- روند تغییرات P_2O_5 نسبت به عمق در گمانه شماره ۳۱۱۷.

شکل ب- روند تغییرات P_2O_5 نسبت به عمق در گمانه شماره ۱۲۰.

به طور کلی مقدار اکسید منگنز در کانسنگ آهن مورد مطالعه خیلی کمتر از اکسیدهای کلسیم و منیزیم در این کانسنگ می‌باشد (۰/۰۴٪). همبستگی‌های منفی بسیار ضعیف و بی معنا Fe_2O_3 با MnO در گمانه شماره ۳۱۱۷ (r= -۰/۰۸) و در گمانه

ISSN: 2538-3558
http://www.jocs.ir

شماره ۱۲۰ (r= -۰/۰۲) می‌تواند بیانگر این باشد که احتمالاً کانی‌های منگنزدار دار مانند تالک، سرپانتین، کلینوکلر و کربنات‌ها با مگنتیت همراه است (حلاجی، ۱۳۸۴).

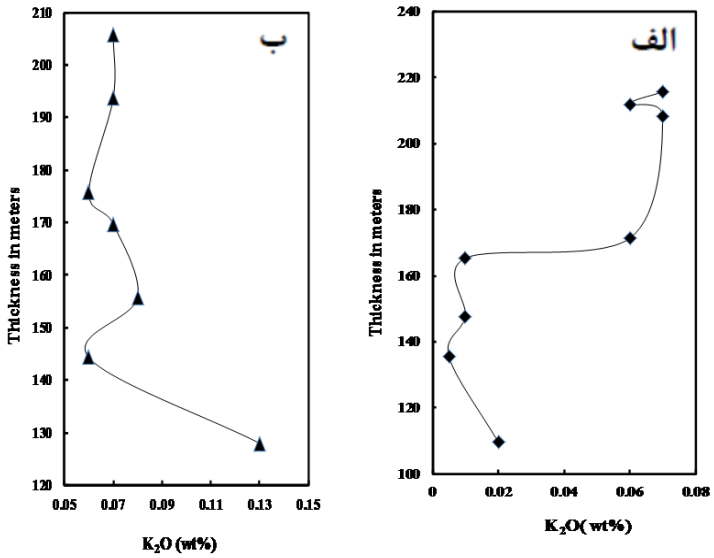


شکل الف- روند تغییرات MnO نسبت به عمق در گمانه شماره ۳۱۱۷.

شکل ب- روند تغییرات MnO نسبت به عمق در گمانه شماره ۱۲۰.

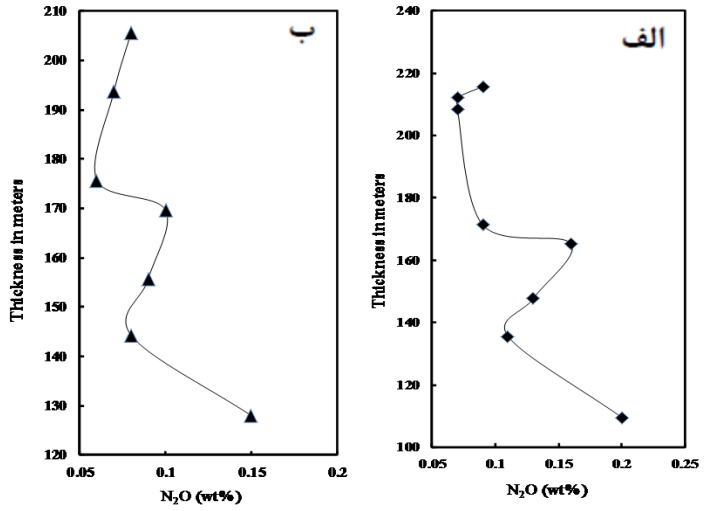
میانگین Na_2O و K_2O به ترتیب ۹۸٪ و ۵٪ درصدوزنی می‌باشد که مقادیر آنها در مقایسه با اکسیدهای کلسیم و منیزیم کمتر است و این همبستگی مثبت ضعیف Fe_2O_3 با K_2O در گمانه شماره ۳۱۱۷ (r=۰/۳۳) (جدول-۵-۱) و همبستگی مثبت و معنادار Fe_2O_3 با K_2O در گمانه شماره ۱۲۰ (r=۰/۵۹) و همچنین همبستگی‌های منفی و معنادار Fe_2O_3 با Na_2O (۰/۷۵- =r) در گمانه شماره ۳۱۱۷ (جدول-۵-۱) و همبستگی مثبت ضعیف Fe_2O_3 با Na_2O در گمانه شماره ۱۲۰(r=۰/۴۸) (جدول-۵-۱) به خوبی نشان می‌دهد که دگرسانی گرمابی از نوع قلیایی (دگرسانی سدیمی) در کانی‌زایی مگنتیت مشارکت دارند (شیرازی، ۱۳۸۹). افزایش Na_2O در سیالات گرمابی بازتابی از اثر یون قلیایی آهن می‌باشد که از یک سو دمای انجماد سیال را پایین و از سوی دیگر باعث افزایش میزان آهن تا سطوح کم عمق پوسته و پیدایش شرایط مناسب جهت نهشت آهن می‌گردد (Guilbert anb Park, 1997). افزایش فشار CO_2 نیز نقشی مانند Na_2O را ایفا می‌کند (Weidner,1982). ضمن اینکه در گل‌گهر افزایش فشار CO_2 در اثر واکنش سیال گرمابی با سنگ میزبان وکلسیت، محتمل بوده و از نشانه‌های آن وجود قطعات بیگانه سنگهای کربناته در کانسنگ مگنتیت است که در مطالعات پتروگرافی دیده می‌شود.

ISSN: 2538-3558
http://www.jocs.ir



شکل الف- روند تغییرات K_2O نسبت به عمق در گمانه شماره ۳۱۱۷.

شکل ب- روند تغییرات K_2O نسبت به عمق در گمانه شماره ۱۲۰.



شکل الف- روند تغییرات Na_2O نسبت به عمق در گمانه شماره ۳۱۱۷.

شکل ب- روند تغییرات Na_2O نسبت به عمق در گمانه شماره ۱۲۰.

LOI دارای همبستگی منفی و معنادار با Fe_2O_3 در گمانه شماره ۳۱۱۷ (r = -۰/۷۱) (جدول-۵-۱) و دارای همبستگی منفی ضعیف با Fe_2O_3 در گمانه شماره ۱۲۰ (r = -۰/۳۳) (جدول-۵-۳) داشته که این همبستگی منفی نشان دهنده این است که با افزایش مقادیر کانی‌های آهن در کانسنگ‌ها از میزان کانی‌های آبدار و فرار نظیر سیلیکات‌ها کاسته می‌شود. همچنین نشان دهنده شسته شدن بعضی از عناصر متحرک و غنی شدن عناصر غیر متحرک می‌باشد، یعنی درهر نمونه‌ای‌که اثرات هوازدگی و شستشوی عناصر بیشتر باشد مقدار آهن آن کاهش یافته است. به همین دلیل بعضی عناصر غیرمتحرک همبستگی منفی و یا مثبت ضعیف با آهن نشان می‌دهند.

از خصوصیات معدن شماره یک گل گهر پایین بودن مقدار فسفر و بالا بودن مقدار گوگرد می‌باشد و مقدار متوسط اکسید فسفر در نتایج تجزیه‌های شیمیایی معدن ۰/۱۱۷ درصد است.

ISSN: 2538-3558
http://www.jocs.ir

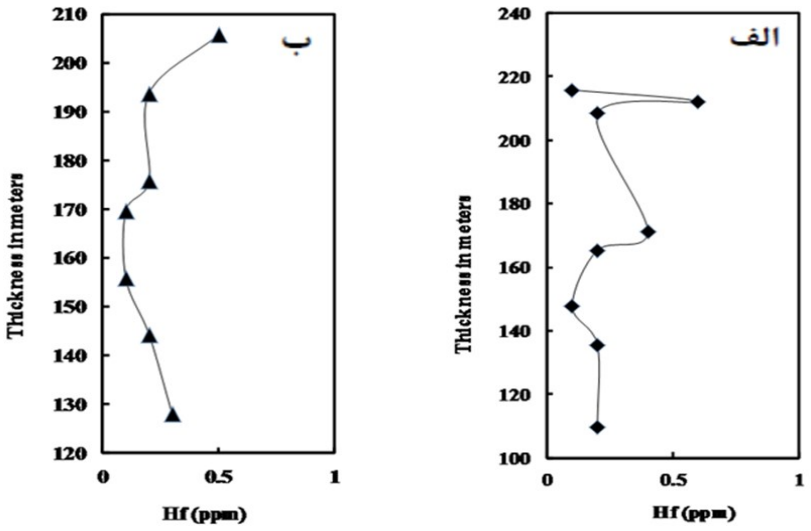
HFSE (High- Field Strength Elements) (عناصر با قدرت پایداری بالا)

این عناصر شامل Nb, Ta, Ti, Zr, P وHf می‌باشد (Saunders et al., 1980; Kupeli ,2010)، عناصر HFSE می‌توانند توسط محلولهای مختلف انتقال یابند و تحرک HFSE توسط تعدادی فاکتور مانند فشار، درجه حرارت، pH و شیمی محلول کنترل می‌شود (Jiang et al., 2005). عناصر HFSE به دلیل مقاومتشان به هوازدگی، کانیهای ویژه‌ای می‌باشند (Panahi et al., 2000). عناصر بی تحرک از قبیل Zr،Th،Hf،Nb،Ti،Al و Y همبستگی مثبت قوی با یکدیگر نشان نمی‌دهند اما از مقادیر بالایی در نمونه ها برخوردارند.

ضریب همبستگی مثبت و نسبتاً معنادار بین Ti و Al در گمانه شماره ۳۱۱۷ (r =۰/۳۹) (جدول ۵-۱) و ضریب همبستگی مثبت و ضعیف در گمانه شماره ۱۲۰ (r =۰/۸۵) (جدول شماره ۵-۳) همراهی کانی‌های این عناصر را با هم نشان می‌دهد.

همبستگی به شدت مثبت و معنادار بین Hf با Zr در گمانه شماره ۳۱۱۷ (r =۰/۸۲)(جدول شماره ۵-۱) و ضریب همبستگی مثبت و ضعیف در گمانه شماره ۱۲۰ (r =۰/۴۰) (جدول شماره ۵-۳) نشان دهنده این می‌باشد که کانی زیرکن نقش تعیین کننده و مهمی در تثبیت و غنی‌شدگی Hf در کانسنگ گل گهر داشته است. زیرکن از نظر شیمیایی پایدارترین کانی در طی فرایندهای دگرسان محسوب می‌شود (Oh and Richter, 2005) شکل۵-۱۱- الف و ب و شکل۵-۱۲- الف و ب، به ترتیب روند تغییرات Hf و Zr نسبت به عمق را نشان می‌دهد.

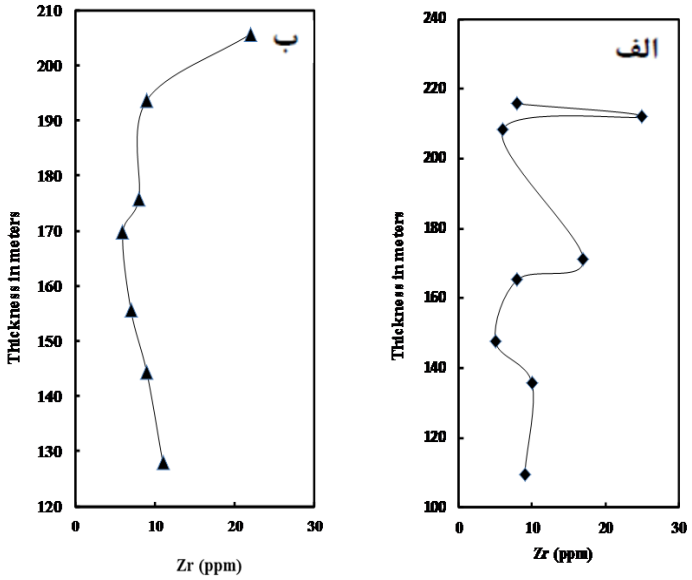
Zr دارای همبستگی بیشتری با عناصر نادر خاکی سنگین نسبت به عناصر نادر خاکی سبک می باشد که این تفاوت و تهی شدگی عناصرنادر خاکی سبک از زیرکن نسبت به عناصر نادر خاکی سنگین به دلیل تحمل باقی ماندن عناصر نادر خاکی سنگین تا درجات بالای دگرگونی (حتی تا حد رخساره گرانولیت) می‌باشد (Rose et al., 1993.Oliver,1996).



شکل الف- روند تغییرات Hf نسبت به عمق در گمانه شماره ۳۱۱۷.

ب- روند تغییرات Hf نسبت به عمق در گمانه شماره ۱۲۰.

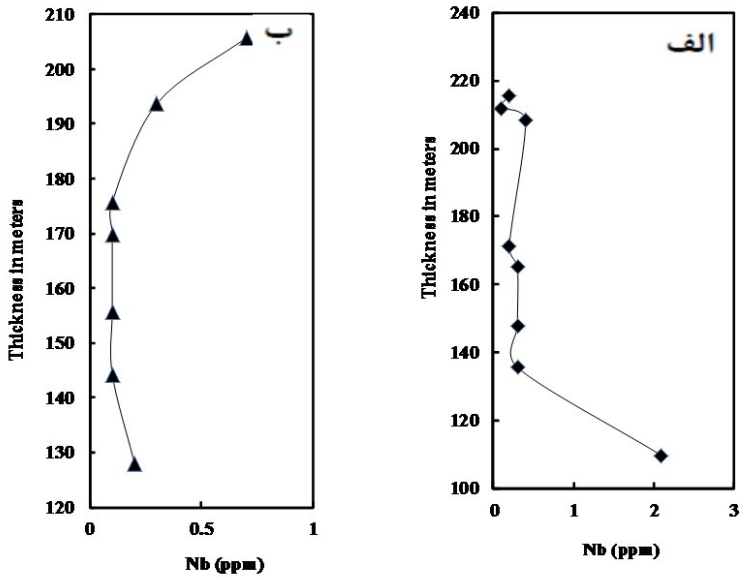
ISSN: 2538-3558
http://www.jocs.ir



شکل الف- روند تغییرات Zr نسبت به عمق در گمانه شماره ۳۱۱۷.

ب- روند تغییرات Zr نسبت به عمق در گمانه شماره ۱۲۰.

همبستگی‌های مثبت و ضعیف بین Nb با Ti در گمانه شماره ۳۱۱۷ (r =۰/۲۹) (جدول شماره ۵-۱) و ضریب همبستگی مثبت و معنادار در گمانه شماره ۱۲۰ (r =۰/۸۴) (جدول شماره ۵-۳) نشان می‌دهد که کانی‌های تیتانیوم‌دار نقش بارزی در تثبیت و غنی‌شدگی Nb در کانسنگ گل گهر داشته‌اند، شکل۵-۱۳- الف و ب، روند تغییرات Nb نسبت به عمق را نشان می‌دهد.



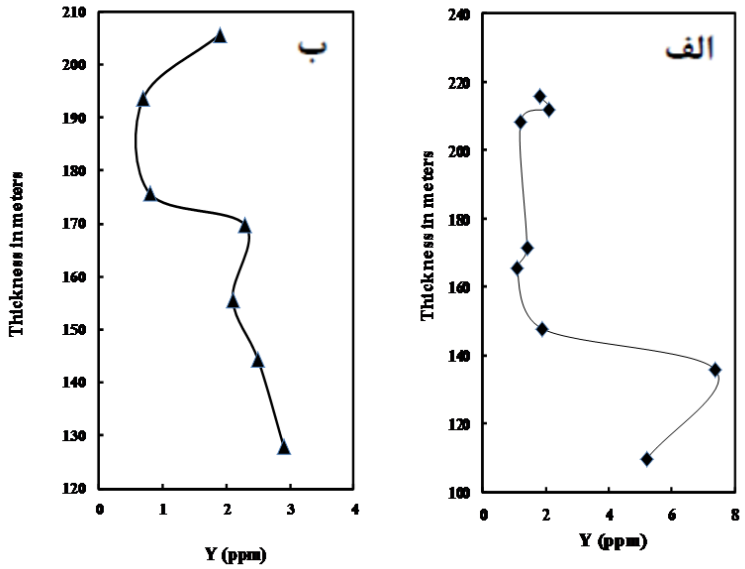
شکل - الف- روند تغییرات Nb نسبت به عمق در گمانه شماره ۳۱۱۷.

ب- روند تغییرات Nb نسبت به عمق در گمانه شماره ۱۲۰.

همبستگی‌های مثبت و ضعیف تا متوسط بین Ga با Al در گمانه شماره ۳۱۱۷ (r =۰/۳۱) (جدول شماره ۵-۱) و ضریب همبستگی مثبت و معنادار در گمانه شماره ۱۲۰ (r =۰/۸۲) (جدول ۵-۳) موید این مهم است که کانی‌های سیلیکاتی نقش ارزنده‌ای در تثبیت Ga در سیستم ایفا نموده‌اند (Fernandez- Caliani and Cantano, 2010) .

ISSN: 2538-3558
http://www.jocs.ir

همبستگی مثبت و نسبتا معنادار بین Ga با Ti در گمانه شماره ۳۱۱۷ (r =۰/۵۱)(جدول ۵-۱) و ضریب همبستگی مثبت و معنادار در گمانه شماره ۱۲۰ (r =۰/۶۳) (جدول ۵-۳) نشان می‌دهد که کانی‌های تیتانیوم‌دارتا حدودی نقش مؤثری در تمرکز Ga در کانسنگ گل گهر داشته‌اند. با توجه به همبستگی مثبت و ضعیف بین Y و P در گمانه شماره ۳۱۱۷ (r =۰/۸۸)(جدول ۵-۱) و ضریب همبستگی مثبت و معنادار در گمانه شماره ۱۲۰ (r =۰/۵۴) (جدول ۵-۳) به نظر می‌رسد که کانی‌های فسفاتی ثانویه نظیر چورچیت و زینوتایم تا حدودی نقش مهمی در تثبیت Y در سیستم ایفا نموده‌اند. بنابر نظر این محققان اگر یک عنصر جزیی در طی حوادث کانه‌سازی نامتحرک باقی بماند، اضافه شدن مواد به سنگ میزبان (مانند سیلیسی شدن) سبب رقیق شدن غلظت عنصر نامتحرک می‌گردد. شکل۵-۱۴- الف و ب روند تغییرات Y نسبت به عمق را نشان می‌دهد.



شکل - الف- روند تغییرات Y نسبت به عمق در گمانه شماره ۳۱۱۷.
ب- روند تغییرات Y نسبت به عمق در گمانه شماره ۱۲۰.

نتیجه گیری

مقدار SiO_2 در کانسنگ‌ها با افزایش عیار آهن کاهش می‌یابد. این روند معکوس نشان دهنده شرایط تبلور مگنتیت از ماگما، حذف آهن از ماگما و وارد شدن آن به فاز سیال تأخیری است. در نتیجه ماگما از آهن تهی شده است. فازهای سیلیسی و آهن‌دار به صورت فازهای جداگانه عمل نموده و هر کدام تشکیل ترکیبات مستقلی از جمله آهن و سیلیس ثانویه را داده‌اند.

با توجه به بررسی تغییرات اکسیدهای عناصر اصلی در طول عمق کانسنگ‌های آهن مورد مطالعه در گمانه‌ها گفتنی است که بالاترین مقدار اکسید آهن در کانسنگ‌ها در عمق ۳۷۳/۱ متری بوده و برابر با ۹۳/۳ درصد وزنی می‌باشد و کمترین مقدار آن نیز در عمق ۲۰۵/۵ متری در گمانه شماره ۱۲۰ و برابر با ۷۱/۵ درصد وزنی می‌باشد و تغییرات SiO_2 دارای بیشترین مقدار در عمق ۲۰۵/۷ متری در گمانه شماره ۱۲۰ برابر با ۱۰/۶ درصد وزنی می‌باشد.

ISSN: 2538-3558
http://www.jocs.ir

منابع و مراجع

[۱] افتخارنژاد، ج.، ۱۳۵۹. تفکیک بخش‌های مختلف ایران از نظر وضع ساختمانی در ارتباط با حوزه‌های مختلف. نشریه نفت ایران ۸۲، ۲۶-۱۹.

[۲] حلاجی، ا.، ۱۳۷۰. مطالعه کانی‌شناسی عناصر کمیاب و منشا کانسار گل گهر. پایان‌نامه کارشناسی ارشد گروه زمین‌شناسی دانشگاه تربیت معلم تهران، ۱۷۹ص.

[۳] سبزه‌ئی، م.، افروز، ع.، ۱۳۷۴.کالبد زمین‌شناختی کانسار سرب و روی چاه تلخ (سعید آباد) سیرجان و ارائه برنامه اکتشاف نیمه تفضیلی و تفضیلی آن و پی‌جویی سراسری سرب و روی ایران. وزارت صنایع و معادن و فلزات، شرکت معدنی و صنعتی گل گهر.

[۴] عسگری، م.، ۱۳۸۷. بررسی توزیع ابعادی، نوع درگیری و خصوصیات کانی‌شناسی کانسنگ و باطله در معدن شماره ۱ مجتمع سنگ آهن گل‌گهر. پایان نامه کارشناسی ارشد گروه مهندسی معدن دانشگاه آزاد اسلامی شیراز، ۱۵۲ ص.

[5] Alavi, M., 1994. Tectonics of the Zagros orogenic belt of Iran: new data and interpretations. Tectonophysics 229, 211–238.

[6] Bajwah Z.U., Secombe P.K., Offler R., 1987. Trace element distribution, Co: Ni ratios and Genesis of the Big Cadiairon–copper deposit,New South Wales, Australia. Mineralium Deposita 22, 292–300.

[7] El habaak, G.H., 2004. Pan African skarn deposits related to banded iron formation UM–Nar area, Central eastern desert, Egypt. Journal of African Earth Science 35, 199–221.

[8] Fazlnia, A., Moradian, A., Rezaei, K., Moazzen, M., and Alipour, S., 2007. Synchronous Activity of Anorthositic and S-type Granitic Magmas in Chah-Dozdan Batholith, Neyriz, Iran: Evidence of Zircon SHRIMP and Monazite CHIME Dating Journal of Sciences, Islamic Republic of Iran 18(3): 221-237.

[9] Frietsch, F., Perdahl, J.A., 1995. Rare earth elements in apatite and magnetite in Kiruna-type iron ores and some other iron ore types. Ore Geology reviews 9, 489–510.

[10] Jenner, G.A., 1996. Trace element geochemistry of igneous rocks: geochemical nomenclature and analytical geochemistry, In: Applications for Massive Sulfide Exploration Short Course Notes, Geological Association of Canada, 12, 51–77.

[11] Kupeli, S., 2010. Trace and rare earth element behavior during alteration and mineralization in the Attepe iron deposits (Feke-Adana, southern Turkey). Journal of Geochemical Exploration 105, 51–74.

[12] Mckenzie, R.M., 1980. The adsorption of Pb and other heavy metals on oxides of Mn and Fe. Australian Journal of Soil Reviews 18, 61–73.

[13] Nystrom, J.O., Henriquez, F., 1995. Magmatic feutures of iron ore of the kiruna type in the Sweden. Geoderma V.74, p.21-35.

[14] Robb, L., 2005. Introduction to ore-forming processes. Blackwell publishing.

[15] Shaw, D.M., 1964. Interpretation Geocheique des elements en trace dans Lesroches crisallines, Masson, Paris.

[16] Sparks, D.L., 1995. Environmental soil chemistry. Academic Press, New York, 267p.

[17] Taylor, S.R., 1965. The application of trace element data to problems in petrology, in physics and geochemistry ofearth 6,133-213. tetrad effect: evidence from the Shuiquangou alkaline syenite complex, Hebei Province, China. Chinese Science Bulletin 55, 2684–2696.

[18] Williams, P. J., Barton, M. D., Johnson, D. A., Fontbote, L., De Haller, A., Mark, G., Yamamoto, K., Itoh, N., Matsumoto, T., Tanaka, T., Adachi, M., 2004. Geochemistry of Precambrian carbonate intercalated in pillows and its host basalt: implications for the REE composition of circa 3.4 Ga seawater. Precambrian Research 135, 331–344.