Archive of SID

سومین همایش ملی کوهشناسی و بلورشناسی انجمن بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران
3rd National Symposium of Gemology and Crystallography of Iranian Society of Crystallography and Mineralogy
دانشگاه شهید بهشتی

کانی شناسی و کانه زایی توریم در کانسار سه چاهون، منطقه بافق، ایران مرکزی

غلامرضا میرزابابایی*، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی g_mirzababaei@sbu.ac.ir

محمدرضا رضوانیان‌زاده، استادیار، سازمان انرژی اتمی

محمد یزدی، استاد، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی

مهرداد بهزادی، استادیار، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی

چکیده

بررسی های کانی شناسی صورت گرفته بر روی نمونه های موجود در پیت معدن و رخنمون های موجود و نیز مغزه های حفاری مبین رخداد سیلیکات توریم در مقادیر قابل توجه در کانسار سه چاهون در منطقه بافق می باشد. کانی های توریم، ترکیب و ساختار سیلیکاته داشته و در دو فاز مشاهده می شوند شامل هوتونیت و توریت. هر دوی این کانی ها در فازی موسوم به فاز برشی میزبانی شده و با کانی‌های اکتینولیت، مگنتیت، کربنات و آپاتیت پاراژنز هستند. سنگ های متعلق به فاز مزبور، دارای خاصیت رادیواکتیو هستند و در بررسی های صحرایی از روی روابط سنی که جوانتر از سنگ معدن مگنتیتی هستند به راحتی قابل تشخیص هستند.

کلیدواژه: بررسی های کانی شناسی، سیلیکات توریم، فاز برشی، پاراژنز، کانسار سه چاهون، منطقه بافق

مقدمه

منطقه بافق میزبان بزرگترین کانسارهای آهن-آپاتیتی ایران بوده که توسط بسیاری از زمین شناسان مورد مطالعه قرار گرفته است. زمین شناسی منطقه بافق توسط زمین شناسان بسیاری، مورد مطالعه قرار گرفته است (حقی‌پور، ۱۹۷۷؛ برومندی، ۱۹۷۳؛ فورستر و جعفرزاده، ۱۹۹۴؛ رمضانی و تاکر، ۲۰۰۳؛ تراب و لمن، ۲۰۰۷؛ رجبی و دیگران، ۲۰۱۴ و ...) نظر به اینکه این منطقه بعنوان میزبان کانسارهای آهن آپاتیتی در ایران مشهور می‌باشد، در مدل‌های زمین ساختی ارائه شده به نوعی وابستگی با موضوع مذکور تا حدودی مشهود است. زون برشی یکی از موارد مشهود در کانسارهای آهن-آپاتیت منطقه بافق می‌باشد که دارای مقادیر معتنابهی اکتینولیت، مگنتیت و سیلیکات‌های توریم است. توریم به طور وسیعی در طبیعت توزیع شده است و معمولاً همراه با اورانیوم و عناصر نادر خاکی یافت می‌شود. توریم در دماهای بالا معمولاً همراه با اورانیوم یافت می‌شود و همراه با عناصر نادر خاکی در مجموعه بزرگی از کانی‌ها عمدتاً شامل اکسیدها، سیلیکات‌ها، و فسفات‌ها در پگماتیت‌ها، زون‌های اسکارنی و رگه‌هایی که غالباً در داخل یا در نزدیکی توده‌های نفوذی گرانیتی و سینیتی یافت می‌شوند، نهشته می‌شود. وجود سیلیکا و عناصر قلیایی احتمالاً موجب تشکیل کمپلکس‌های سیلیکاتی توریم (و اورانیوم) به شدت متحرک می‌شود و بطور مشابه، وجود یون‌ها یا ترکیبات دخیل در کانه‌زایی از قبیل F^-، Cl، B، PO_4 و CO_2 احتمالاً تأثیر قابل توجهی در افزایش تحرک توریم در شرایط فشار و دمای بالا دارد (فروندل، ۱۹۵۶).

www.SID.ir

Archive of SID

روش مطالعه

سیر علمی مطالعه حاضر بترتیب شامل بررسی مطالعات پیشین در خصوص کانه‌زایی عناصر پرتوزا بویژه توریم در فاز سیلیکات و در فاز برشی در کنار و درون برخی از کانسارهای آهن-آپاتیت در ایران مرکزی، مطالعات صحرایی از جمله بررسی‌های میدانی و نیز نمونه‌گیری از پیت معدن، انبار باطله و مغزه‌های حفاری در کانسار سه‌چاهون، اسپکترومتری و رادیومتری بر روی نمونه‌های متعلق به لیتولوژی‌های مختلف در کانسار و در نهایت انجام مطالعات میکروسکوپی کانی‌شناسی بوده است. همانطور که پیشتر اشاره شد، رخداد فاز برشی و کانه زایی اکتینولیت از مهمترین رخدادهای زمین‌شناسی همراه با کانه‌زایی توریم در کانسار سه‌چاهون می‌باشند.

فاز برشی

فاز برشی در ابعاد نسبتا وسیعی در بعضی از کانسارهای ایران مرکزی بویژه سه چاهون مشاهده می شود. شاخصه منحصربفرد این فاز که بصورت بارزی خودنمایی می‌کند، وجود مقادیری از عناصر رادیواکتیو بویژه توریم می‌باشد که اهمیت مطالعه این فاز را بیش از پیش آشکار می‌کند. اگرچه در این فاز تمرکز عناصر رادیواکتیو در سنگ‌های دارای اکتینولیت بوده اما در اماکنی تمرکز بیشتری دارد که مگنتیت بیشتر دیده می‌شود و سنگ سیمای تیره‌تری دارد. اکتینولیت در این فاز بصورت درگیر در مواد سنگی دیگر دانه‌ریز، قسمتی از خمیره بافت برشی را تشکیل می‌دهد. قطعات قدیمی برش متشکل از قطعاتی با ابعاد کمتر از یک سانتی‌متر تا بیش از نیم متر می‌باشند که عمدتا از جنس توف، قطعات سنگی بازیک، خرده‌سنگ و ... می‌باشند.

در مورد منشأ عناصر رادیواکتیو، نظر واحدی در منطقه وجود ندارد. عده‌ای از زمین شناسان منشأ این گروه از عناصر را مربوط به فازهای ولکانیکی در ایران مرکزی در اواخر نئوپروتروزوئیک می‌دانند و عده‌ای نیز گرانیت‌های مشابه با تیپ ناریگان را دخیل در زایش این عناصر می‌دانند. اگرچه براساس مطالعات جدید توسط خشنودی (۲۰۱۶) سیالات تفریق یافته از ماگمای کالک آلکالن منشأ کانه‌زایی توریم بوده‌اند. در هر صورت این فاز شاخص از نظر زمین‌شناسی، بعنوان یکی از عوال مهم در بالا بردن ارزش اقتصادی کانسارهای منطقه دخیل بوده است.

سیلیکات‌های توریم در فاز برشی

بررسی‌های میکروسکوپی تنوع کانی شناختی جالبی از مجموعه سنگ‌های منطقه را نشان می‌دهد بویژه آنکه علاوه بر کانی‌هایی که در مناطق مجاور منطقه مطالعاتی یافت می‌شوند، این منطقه دارای کانی‌های حاوی مواد رادیواکتیو نیز هست. از جمله این کانی‌ها، سیلیکات‌های توریم می‌باشند که دو فاز کانی‌شناسی را نیز نشان می‌دهند. این دو فاز شامل هوتونیت به فرم بلورین منوکلینیک و توریت به فرم بلورین تتراگونال هستند. این کانی‌ها در نور ppl، به رنگ قهوه‌ای یا خاکستری دیده می‌شوند. هر دوی این کانی‌ها بنیان سیلیکات دارند و کاتیون اصلی بازیگر در خصوصیات فیزیکی آنها از جمله خواص رادیواکتیو آنها، Th^{4+} است. دانه‌های هوتونیت و توریت دارای پراکندگی کم و تراکم بالا هستند بعبارتی عمدتاً در دسته‌های

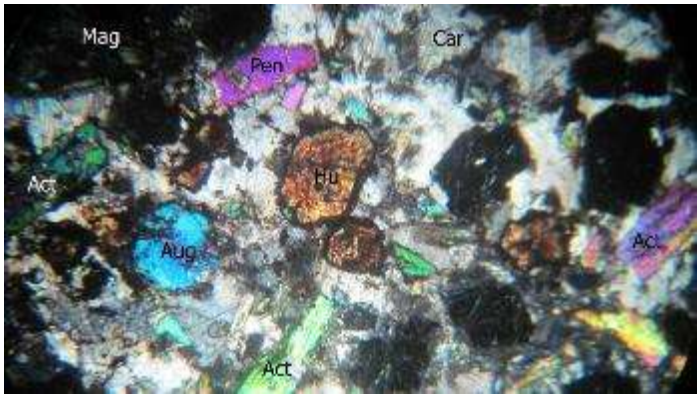
www.SID.ir

Archive of SID

چندتایی کنار هم قرار دارند اگرچه بصورت منفرد نیز یافت می‌شوند. ارتباط این کانی‌ها با کانی‌های مگنتیت و اکتینولیت پاراژنتیک است و بعضاً تداخل نیز دارند. این کانی‌ها هم بصورت دانه‌ای، هم بصورت توده‌ای و هم بصورت رگه‌ای (نوع کمیاب) مشاهده می‌شوند.

هوتونیت

هوتونیت سیلیکات توریم در فاز منوکلینیک بوده که در مقاطع مورد مطالعه مشاهده می‌شود (شکل ۱). هوتونیت از نزوسیلیکات‌هاست و با مونازیت هم ساختار است. در مطالعات میکروسکوپی نیز به فرم منوکلینیک بخوبی مشاهده می شود. وجود هوتونیت در مطالعات قبلی نیز گزارش شده است (بنیادی، ۲۰۱۱).



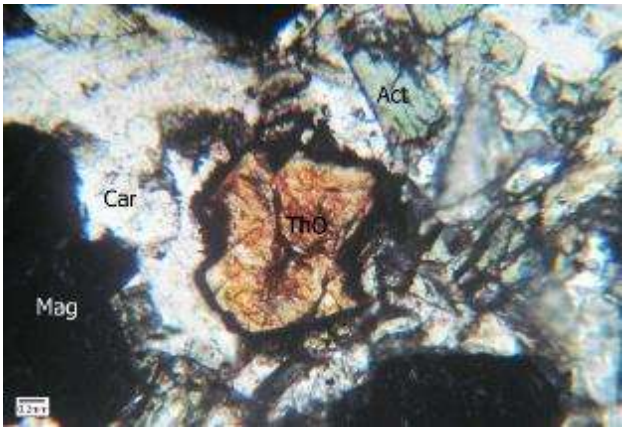
شکل ۱. تصویر xpl ازکانه‌زایی توریم در فاز هوتونیت (Hu) که بصورت کانی‌های به فرم منوکلینیک دیده می‌شود. تنوع کانیایی در این مقطع شامل مگنتیت (Mag)، اکتینولیت (Act)، کربنات (Car) و کانی ثانویه پنینیت (Pen) می‌باشد که نوعی کلریت بوده و در نتیجه دگرسانی آمفیبول تشکیل شده است. تمام این کانی‌ها در زمینه‌ای با ترکیب عمده کربناتی قرار دارند (میدان دید ۴ میلی‌متر).

توریت

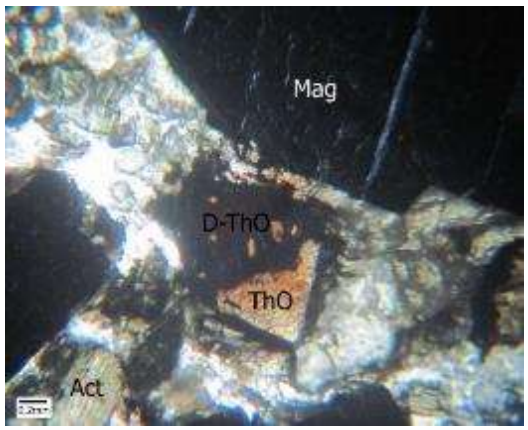
توریت از نزوسیلیکات‌های توریم بوده که در فرم بلورین تتراگونال متبلور می شود. با زیرکن و هافنون ایزومورف بوده و معمول‌ترین سیلیکات توریم است. این کانی با تراکم متنوع خود در مقاطع میکروسکوپی مشاهده می‌شود. این کانی اغلب خودشکل تا نیمه خودشکل بوده و با درجات کمی، اثرات خردشدگی در سطح نشان می‌دهد. فاقد رخ واضح بوده و در محل شکستگی‌ها اثرات سوختگی از خود نشان می‌دهد (شکل ۲). تراکم اثرات سوختگی با تراکم اثرات شکستگی ارتباط مستقیم دارد و در بعضی از قسمت‌ها تمام کانی از شکل اولیه خود خارج شده است و سیمای دیگری بخود گرفته است (شکل ۳). سوختگی‌های مذکور عمدتاً حاصل فعالیت رادیواکتیو ذاتی سیلیکات توریم در سنگ بوده‌اند.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲. رخداد شاخص سیلیکات توریم (توریت) با حاشیه سوخته در کنار مگنتیت، کربنات و اکتینولیت (نور ppl).



شکل ۳. سوختگی شدید توریت (ThO) که در آن بخش بزرگی از کانی تخریب شده است (D-ThO) (نور PPL).

بحث و نتیجه‌گیری

در مورد ماهیت فاز برشی و عوامل زمین‌شناختی حاکم بر تشکیل آن تاکنون نظریات چندی ارائه شده است. در این بین مستدل‌ترین نظر آن است که زون برشی در واقع یک زون پروکسیمال از کراتوفیرهای مگنتیت‌دار است که در محیط زیر دریا تشکیل شده است (محسنی و آفتابی، ۲۰۱۲). با این وجود تاکنون سازوکاری منطقی که مبین منشأ عناصر رادیواکتیو طبیعی از جمله توریم در منطقه باشد، ارائه نگردیده است اگرچه ممکن است منشأ رسوبی برای کانی‌های آپاتیت حاوی عناصر کمیاب و نادر خاکی توسط بعضی از محققان در نظر گرفته شده باشد (محسنی و آفتابی، ۲۰۱۲) که در آن فسفر در کانسار سه چاهون از دولومیت‌های سازند سلطانیه به سن نئوپروتروزوئیک-پالئوزوئیک زیرین منشأ گرفته است (محسنی و آفتابی، ۲۰۰۷). حضور اکتینولیت و آلبیت با سیستم‌های گرمابی کف دریا انطباق دارد و ممکن است مربوط به سیستم‌های پشت قوس بوده باشد که در آن شرایط احیایی جهت ته‌نشینی آهن بصورت مگنتیت در اثر پدیده‌های وسیع آب و هوایی (همچون یخبندان؟) مهیا شده است. با این حال منشأ توریم هنوز بخوبی مشخص نشده است. پوسته اقیانوسی دارای

www.SID.ir

Archive of SID

میانگین عیاری در حدود ۲/۲ پی‌پی‌ام توریم است که به نظر نمی‌رسد منبع اصلی توریم بوده باشد بویژه آنکه توریم تحرک پذیری بسیار کمی در فرایندهای دگرسانی و متاسوماتیکی دارد. بر عکس پوسته قاره‌ای دارای میزان متوسط حدود ۱۲ پی‌پی‌ام توریم است که در صورت فراهم بودن شرایط تحرک پذیری مناسب می‌تواند نقش تعیین کننده‌ای در تأمین منشأ توریم داشته باشد بویژه آنکه توریم در فاز برشی متمرکز شده است که لیتولوژی آن بطور کامل الزاماً و بصورت مستقیم با پوسته اقیانوسی ارتباطی ندارد.

در مطالعات خشنودی (۲۰۱۶)، کانه‌زایی و منشأ توریم در کانسار چغارت مورد بررسی قرار گرفته است. بر اساس خشنودی (۲۰۱۶)، سیالات تفریق یافته از ماگماهای کالک آلکالن منشأ توریم در کانسار چغارت بوده‌اند. این ماگماها خاص مناطق فرورانشی هستند که درصدهای متغییری از تفریق یافتگی را نشان می‌دهند. با این حال برخلاف کانسار سه چاهون که در توالی ستون چینه شناسی در زیر یک افق ژاسپیلیتی تشکیل شده است (محسنی و آفتابی، ۲۰۰۷)، کانسار چغارت در درون یک قوس ماگمایی تشکیل شده که وجود این ساختار قوسی شکل از روی روندهای توپوگرافی منطقه‌ای نیز مشهود است. بنابراین منشأ توریم هر چه که باشد، تمرکز آن وابسته به رخداد یک فاز بحرانی برای تمرکز مذکور یا همان فاز برشی بوده است. فاز برشی پس از کانه‌زایی اصلی مگنتیت اتفاق افتاده است بنابراین سیالات درگیر در تشکیل آن نیز مربوط به مراحل جوانتری از تکوین کانسار هستند. این سیالات ممکن است مربوط به ماگماهایی باشند که حاصل تفریق از ماگماهای مافیک تر اولیه هستند. تفریق سیالات از ماگماهای کالک‌آلکالن که اخیرا پیشنهاد شده می‌تواند منشأ مناسبی برای توریم و نیز عناصر کمیاب و نادر خاکی به شمار رود. ماگماهای کالک‌آلکالن خاص مناطق فرورانشی هستند و به میزان زیادی در ارتباط ترکیبی با پوسته زمین بویژه پوسته زیرین هستند. اگرچه رسوبات موجود بر روی پوسته اقیانوسی فرورو با خاستگاه پوسته قاره‌ای نیز می‌توانند منشأ بخشی از توریم بحساب آید.

References

Bonyadi, Z., 2011, Mineralization and alteration in Se-Chahun Fe deposit, Bafq, Yazd Province: Unpublished Ph.D. thesis, Tarbiat Moalem University of Tehran, 179 P (in Persian).

Borumandi, H., 1973, Petrographische und lagerstättenkunliche untersuchung der Esfordi-Formation zwischen Mishdovan und Kushk bei Bafq (ZentralIran), Diss. RWTH Aachen, 174 p.

Förster, H., and Jafarzadeh, A., 1994, The Bafq mining district in Central Iran - a highly mineralized Infracambrian volcanic field: Economic Geology, v. 89, p. 1697-1721.

Frondel C 1956 The mineralogical composition of gummite. Am Mineral 41:539-568

Haghipour, A.,Pelissier, G., 1977. Geology of the Saghand Sector. In: Haghipour, A., Valeh, N., Pelissier, G., Davoudzadeh, M. (Eds.), Explanatory Text of the Ardekan Quadrangle Map. Geological Survey of Iran, 8, pp. 10 68.

Koshnoodi, K, 2016, mineralogy, geochemistry and mineralization of radioactive elements with special emphasis on thorium in the Choghart ore deposit in the Bafq region, central Iran (in Press, in persian).

Mohseni, S., and Aftabi, A., 2007, Investigation on the Rapitan banded iron formation and mineralization in central Iranian iron ore field: Unpublished M. Sc. thesis, Shahid Bahonar University of kerman, 284 P (in Persian).

Mohseni, S., Aftabi, A., 2012. Comment on Significance of apatite REE depletion andmonazite inclusions in the brecciated Sehchahun iron oxideapatite deposit, Bafq district. In: By Bonyadi, Z., Davidson, G.J., Mehrabi, B., Meffre, S., Ghazban, F. (Eds.), Iran: insights from paragenesis and geochemistry. [Chem. Geol. 281, 253 269], Chemical Geology.

www.SID.ir

Archive of SID

Rajabi A., Canet, C., Rastad, E., and Alfonso, P., 2014. Basin evolution and stratigraphic correlation of sedimentary-exhalative Zn Pb deposits of the Early Cambrian Zarigan Chahmir Basin, Central Iran. Ore Geology Reviews. 64: 328-353.

Ramezani J., and Tucker, R.D., 2003, The Saghand region, Central Iran: U-Pb geochronology, petrogenesis and implications for Gondwana tectonics: American Journal of Science, v. 303, p. 622-665.

Torab F.M., and Lehmann, B., 2007, Magnetite-apatite deposits of the Bafq district, Central ran: apatite geochemistry and monazite geochronology: Mineralogical Magazine, v. 71, p. 347-363.

www.SID.ir