



بررسی کانی‌زایی اورانیوم و عناصر REE و فرایندهای مرتبط با آن در آنومالی ۶ منطقه خشومی ایران مرکزی

فرانک حیدریان*

واحد اکتشاف، سازمان انرژی اتمی ایران، صندوق پستی: ۱۴۱۵۵-۱۳۳۹، تهران- ایران

چکیده: کانی‌سازی اورانیوم در منطقه خشومی واقع در ایران مرکزی با میزان پرتوزایی ۳۰۰ الی ۱۵۰۰۰ cps و مقدار ۱۴ الی ۴۰۰۰ ppm آشکار شد. واحدهای سنگی منطقه شامل: میکاشیت، گنیس، گرانیت آناتکسی و میگماتیت است که با رشته‌ای از رگه‌های پگماتیته- آپلیتی (کوارتز-فلدسپات) متأثر شده‌اند. از واحدهای دیگر مشاهده شده در منطقه می‌توان به دایکه‌هایی با ترکیب اسیدی-بازی، واحدهای گرانودیوریتی، دولومیتی و مرمر اشاره نمود. دگرسانی‌هایی که واحدهای سنگی منطقه را در جریان کانی‌سازی تحت تأثیر قرار داده‌اند عبارتند از: آلبیت‌زایی، کربنات‌زایی، فلدسپات‌زایی، آرژیلیت‌زایی، پروپیلیت‌زایی، سیلیس‌زایی و هماتیت‌زایی. کانی‌سازی اصلی U در طی فاز گرمایی و همراه با سایر عناصر Cu، Ni، Mo و Au در منطقه رخ داده است. کانیهای اولیه اورانیوم شامل پیچ بلند، اورانینیت، کوفینیت است و کانیهای ثانویه اورانیوم شامل اورانوفان و بولتودیت است. کانی‌سازی عناصر REE در طی مرحله پگماتیته و توسط فاز پتاسیک صورت گرفته است.

واژه‌های کلیدی: کانی‌زایی، اورانیوم، دگرسانی، کانی REE، پیچ بلند

A Study on Mineralization U, REE and Related Processes in Anomaly No.6 Khoshomy Area Central Iran

F. Heidaryan*

Exploration Department, AEOI, P.o. Box: 14155-1339, Tehran – Iran

Abstract: Uranium mineralization in Khoshomy prospect, located in central part of Iran, with 300-15000 (cps) and 14 to 4000 (ppm) released. The main rock types include: gneiss, granite, pegmatite and migmatite, that influenced by pegmatite-albitic veins (quartz-heldestatic). Acidic and basic dykes, granodioritic, units and dolomite and marble have been seen. The alteration associated with the mineralization is potassic, argillic, propylitic, carbonatization, silicification and hematization. Uranium mineralization occurred in a hydrothermal phase with Cu, Mo, Ni and Au elements. Uranium primary minerals include pitchblend, coffinite, uraninite; and uranium secondary minerals include uranophan and boltwodite. REE mineralization occurred by the potassic phase in pegmatization process.

Keywords: mineralization, uranium, alteration, REE mineral, pitchblende



۱- مقدمه

نمونه‌های برداشت شده به منظور آماده‌سازی و تهیه مقطع نازک و صیقلی، به آزمایشگاه کانی‌شناسی واحد اکتشاف سازمان انرژی اتمی ارسال شدند و در پایان، با مطالعات میکروسکوپی و میکروپروب در آزمایشگاه‌های این سازمان و در دانشگاه تربیت مدرس، به مطالعه و شناخت کانی‌زایی و فرایندهای مرتبط با آن در منطقه مورد نظر پرداخته شد.

ناهنجاری (آنومالی) ۶ در منتهی‌الیه گوشه جنوب شرقی رشته کوه خشومی ایران مرکزی و بر روی نقشه توپوگرافی شماره IV ۷۰۵۴ قرار گرفته است. منطقه مورد مطالعه بین طولهای جغرافیایی ۰۵' ۵۵° تا ۱۱' ۵۵° شرقی و عرضهای جغرافیایی ۰۰' ۲۰' ۳۲° تا ۳۰' ۲۱' ۳۲° شمالی واقع شده است [۱].

۳- فرایندهای مرتبط با کانی‌زایی در منطقه خشومی

شناخت این فرایندها به وسیله مطالعات ماکروسکوپی و میکروسکوپی بر روی نمونه‌های برداشت شده از منطقه اکتشافی و در جهت تعیین گسترش کانی‌سازی اورانیوم در منطقه بوده و اهم آنها به شرح زیر است:

۱-۳ آل‌بیت‌زایی

این فرایند حاصل فاز گرمابی (دما بالای) منطقه است که بعد از فاز پگماتیتی در منطقه تأثیر کرده و باعث گسترش آل‌بیت‌زایی شده است. بدلیل گسترش شدید این فرایند در واحدهای مختلف منطقه، این واحدها به رنگ گوشتی درآمده‌اند و میزان پرتوزایی آنها بالا رفته است. همچنین پیدایش کانیهای زرد ثانویه اورانیوم بر سطح واحدهای سنگی افزایش یافته است. در مقاطع میکروسکوپی حضور این پدیده را می‌توان به صورت بلور و رگچه‌های ریز آل‌بیت در متن سنگ، و جانیشینی فلدسپاتها توسط آل‌بیت مشاهده کرد. شکل ۱ گسترش این پدیده را در چاههای منطقه (آنومالی ۶) نشان می‌دهد.

۲-۳ فلدسپات‌زایی

در این فرایند سنگها تحت تأثیر جانیشینی یون K^+ که با از دست دادن Na^+ و Ca^{2+} همراه است قرار

اجزای تشکیل‌دهنده منطقه عبارتند از میکاشیست، میگماتیت، گنیس و گرانیت آناتکسی، که سه جزء اخیر توسط یک رشته از رگه‌های پگماتیتی- آپلیتی (کوآرتز- فلدسپاتی) مورد هجوم قرار گرفته‌اند. دایکهای با ترکیب اسیدی و بازی نیز واحدهای منطقه را تحت تأثیر قرار داده‌اند [۲].

در مشاهدات صحرائی، راهنمای اکتشافی کانی‌سازی اورانیوم وجود کانیهای ثانویه زرد رنگ اورانیوم (بولتودیت)^(۱) و اورانوفان، منطقه‌های غنی از بیوتیت با آکتیویته بالا، رگچه‌های سیاه‌رنگ و رگچه‌های آغشته به اکسید آهن با پرتوزایی بالا، منطقه‌های گوشتی رنگ آل‌بیتی، در واحدهای مختلف منطقه است که با حفاریهای ترانشه و چاه، منجر به اخذ نتایج قابل ملاحظه‌ای در ارتباط با کانی‌سازی U در عمق شده است.

۲- روش مطالعه

به منظور انجام دادن مطالعات کانی‌شناسی و کانی‌زایی و شناخت فرایندهای مرتبط با آنها در منطقه خشومی، ابتدا در مقیاس ناحیه‌ای نمونه‌برداری از واحدهای مختلف آنومالی ۶ و پدیده‌های آن صورت گرفت [۳]، سپس برای مطالعات تفصیلی‌تر از چاههای منطقه نمونه‌برداری شد [۴]. نمونه‌برداری بر اساس پارامترهایی از جمله میزان پرتوزایی سنگها، تغییر جنس واحدهای سنگی و نوع دگرسانیهای مشاهده شده در منطقه بوده است.



نتیجه از دست دادن الکترون‌ها در طی تلاشی رادیوآکتیو اورانیوم و



شکل ۲- گسترش فرایند فلدسپات زایی در چاههای منطقه خشومی.



شکل ۳- گسترش فرایند کربنات‌زایی در واحدهای منطقه خشومی.

محصولات دختر آن است [۵]. در منطقه خشومی تعداد رگه‌های کوچک اکسید آهن در مناطقی که عیار کانی‌سازی بالایی دارند زیاد می‌شود.

۳-۵ آرژیلیت‌زایی

گسترش این نوع دگرسانی در سنگهای سیلیکاتی در اثر شرایط اسیدی ایجاد و باعث خروج تمام کاتیونهای قلیایی از سنگ می‌شود. چنانچه مقادیر محدودی K، Ca و Mg در سنگ باقی بماند صرف تشکیل مونتموریلونیت، ایلیت، هیدرومیکا و کلریت می‌گردد. در منطقه خشومی این نوع دگرسانی به رنگ سفید یا کرم روشن بر واحدهای منطقه اثر کرده است و پرتوزایی در بعضی از این واحدها به ۶۰۰cps نیز می‌رسد که احتمالاً به علت جذب سطحی U در کانیهای رسی است. شکل ۴ گسترش این پدیده را در سنگهای منطقه نمایش می‌دهد.

می‌گیرند. کانیهای شاخص این فرایند اورتوز، بیوتیت دانه‌ریز و کوارتزانند. این فرایند حاصل فعالیت‌های پگماتیتهای در دمای بالا در این منطقه است که باعث کانی‌سازی عناصر REE و U به صورت کانیهای فرعی مانند آلانیت، فروآلانیت، اگزوتیم و کانی مستقل REE شده است. نمودار این فرایند در منطقه خشومی معرّف حضور

شکل ۱- گسترش فرایند آل‌بیت‌زایی در چاههای منطقه خشومی.

کانیهای صورتی رنگ فلدسپات و رگه‌های کوچک فلدسپاتی در سنگ است. شکل ۲ گسترش این پدیده را در چاههای منطقه (آنومالی ۶) نشان می‌دهد.

۳-۳ کربنات‌زایی

گسترش این پدیده را در سنگهای منطقه می‌توان به صورت حضور رگه و رگچه‌های کربناتی و رشد بلورهای ریز کربنات در متن سنگ و درون سایر کانیها مشاهده کرد. شواهد صحرایی مؤید بالا بودن میزان پرتوزایی در واحدهای متأثر از این پدیده‌اند؛ که با توجه به این موضوع می‌توان عامل فوگاسیته CO₂ را در نقل و انتقال اورانیوم دخالت داد. شکل ۳ گسترش این فرایند را در واحدهای منطقه نشان می‌دهد.

۳-۴ هماتیت‌زایی

هماتیتی شدن، محصول اکسیداسیون کانیهای آهن فرودار در سنگهای دیواره در جریان کانی‌سازی است. هماتیت آجری رنگ شدید در مجاورت بعضی از کانه‌های عیار بالای U،



۶-۳ پروپیلیتزایی

این دگرسانی توسط تشکیل کانیهایی کلسیوم دار و منیزیوم دار درون سنگهای آذرین مشخص می‌شود. گسترش این دگرسانی در منطقه خشومی باعث ایجاد رنگ سبز در واحدهای منطقه شده است. کانیهایی این دگرسانی شامل آمفیبول از نوع ریبکیت، آکتینولیت، کلینوسویزیت، اپیدوت، کربنات و سرسیت بوده و میزان این کانیهها در قسمت‌های مختلف منطقه متغییر است. پرتوزایی درون این واحدهای دگرسان شده به ۱۱۰۰cps نیز می‌رسد.

شکل ۴- گسترش فرایند آرژیلیت زایی در واحدهای منطقه خشومی.

همراه غنی‌شدن عناصر REE (La, Ce) و U در منطقه رخ داده است.

- کانیزایی مرحله دیوتریک: که در پایان تمام این مراحل عمل کرده و باعث دگرسانی کانیهایی اولیه اورانیوم دار شده و با تحریک U و یونهای دیگر (Cu, Ni, Mo, Co) در طی این مرحله منجر به غنی‌سازی رگه‌های نابرجای اورانیوم دار و سایر عناصر در امتداد شکستگی‌ها و درزها گردیده است.



کلیف حاصل از مطالعه مقاطع نازک و سیقلی و میکروپروب نمونه‌های اکتشافی از چاهها و ترانسه‌های منطقه نشان می‌دهند که کانیزایی در منطقه خشومی به صورت غنی‌سازی عناصر U، و به میزان کمتر: REE، Cu، Mo، Ni و در بعضی نقاط Th است که در فضاهای باز درون شکستگی‌ها و برشهایی که اساساً همراه با گسله‌های عمیق اصلی یا فرعی هستند ته‌نشین شده است. کانیزایی در منطقه خشومی در قالب سه بخش قابل بررسی است [۴]:

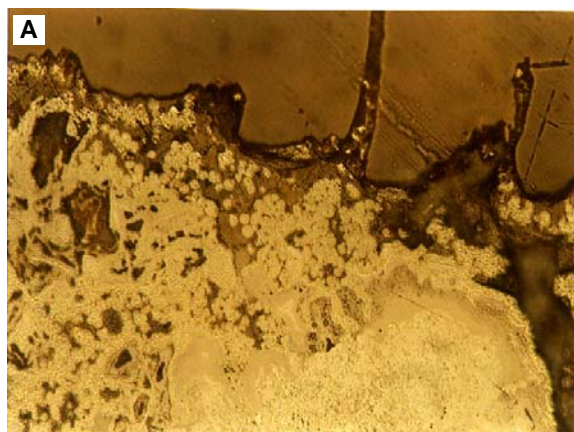
۵- کانیهایی اورانیوم دار

کانیهایی اورانیوم دار در منطقه خشومی به سه صورت مشاهده می‌شوند: کانیهایی ثانویه اورانیوم: که به رنگ زرد قناری و به صورت بلورهای سوزنی و شعاعی در سطح سنگها و درون شکستگیها نشسته‌اند؛ نتیجه مطالعات آزمایشگاهی (XRD) و کتابخانه‌ای آنها را اورانوفان و بولتودیت معرفی می‌نماید (شکل ۵).

کانیهایی اصلی اورانیوم دار: که در طی مطالعات میکروسکوپی و میکروپروب اورانینیت، پیچ بلند (اکسیدهای اصلی اورانیوم) و کوفینیت (سیلیکات اورانیوم) شناسایی شده‌اند. شکل ۶ نمای میکروسکوپی از این کانیهها را

- کانیزایی مرحله گرمایی: که در مرحله بعد از فاز پگماتیتی در منطقه رخ داده و به همراه کانیزایی عناصری چون U، Cu، Ni، Mo و Au به وقوع پیوسته است.

- کانیزایی مرحله پگماتیتی: که در طی فاز اصلی پگماتیتی و به



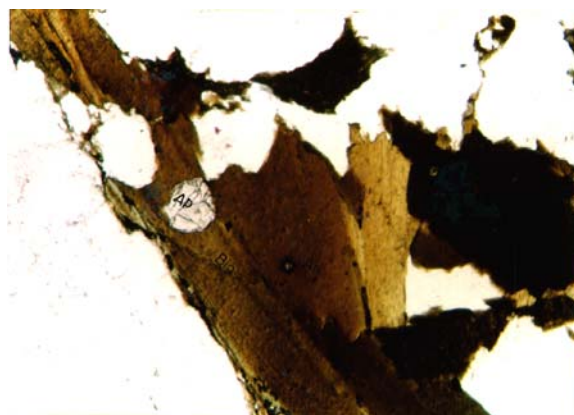
که در مرحله گرمایی رخ داده است نمایش می‌دهد.

کانیهای فرعی اورانیوم‌دار: این کانیه‌ها شامل زیرکن، زئوتیم، اسفن، آلانیت و آپاتیت است که اساساً به صورت انکلوزیونهای متمایک شده درون کانیهایی همچون بیوتیت و فلدسپات دیده می‌شوند و حامل اندکی اورانیوم می‌باشند (شکل ۷).

کانیهایی غیر اورانیوم‌داری همچون نیکلین، آرسنوپیریت، طلا طبیعی و هماتیت نیز به میزان کم در منطقه شناسایی شده‌اند که بیشتر به عنوان پارازنهای همراه کانی‌سازی اورانیوم در



شکل ۶- A, B نمای میکروسکوپی از کانی‌های اصلی اورانیوم به شکل پیچ بلند، و کوفینیت.



شکل ۷- نمای میکروسکوپی از کانی زیرکن و اسفن به صورت ادخال در درون بیوتیت‌های منطقه خشومی.

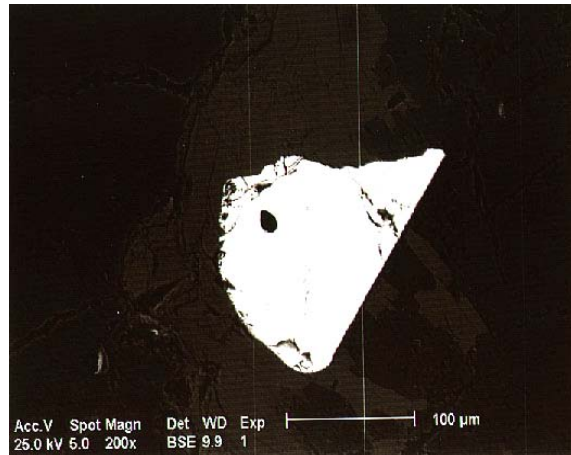
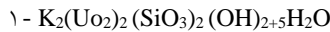
شکل ۵- نمای میکروسکوپی از کانی‌های ثانویه اورانیوم اورانوفان (A) و بولتودیت (B).

مرحله گرمایی معرفی می‌شوند. کانی‌سازی عناصر REE بیشتر به صورت غنی‌شده این عناصر در کانیهایی همچون فروآلانیت، زئوتیم و آپاتیت در طی مرحله پگماتیته رخ داده است (شکل ۸).



مرحله گرمایی شامل پیچ‌بلند، نیکلین، طلا، آرسنوپیریت و کانیهایی مرحله دیوتریک صورت گرفته است و کانیزایی مرحله گرمایی مهمترین نوع این کانیزایی در منطقه است.

پی‌نوشت‌ها:



شکل ۸- نمای میکروسکوپی از کانیزایی REE در سنگهای منطقه خشومی.

۶- نتیجه‌گیری

نتایج بدست آمده نشان می‌دهند که کانیزایی اورانیوم در منطقه خشومی بیشترین تطابق را با فرایندهای آل‌بیتزایی و کربناتزایی دارد و میزان پرتوزایی و حضور کانیهایی اورانیوم‌دار در این مناطق به میزان قابل ملاحظه‌ای افزایش یافته است.

میزان پرتوزایی در مناطق آرژیلیتی شده بیشتر به علت جذب سطحی اورانیوم توسط کانیهایی رسی در مرحله سوپرژن است.

کانیزایی منطقه خشومی در قالب سه بخش مرحله پگماتیتی شامل کانیهایی REE (La, Ce دار)، کانیهایی آنومالی ۶، گزارش اکتشافی شماره ۸۲-۰۶۰۳ (۱۳۸۲).

۴. ف. حیدریان، "مطالعه و بررسی مینرالوژی و ژئوشیمی در چاههای ۶۱۱، ۶۱۲ و ۶۲۱ آنومالی ۶ منطقه اکتشافی خشومی، ایران مرکزی"، گزارش اکتشافی شماره ۸۳-۰۶۴۲ (۱۳۸۳).

5. J. Berening, E.R. Cook, S.A. Hiemstra, U. Hoffman, "The ROSSING uranium DEPOSIT," South West Africa, Vol.71, 351-368 (1976).

References:

۱. شکوری، "شرحی بر نقشه زمین‌شناسی اورانیوم در مقیاس ۱:۲۰۰۰ در محدوده‌های از منطقه خشومی"، گزارش اکتشافی شماره ۸۰-۰۵۰۶ (۱۳۸۰).
۲. شکوری، عباسزاده، حاجیلری، "گزارش زمین‌شناسی سطح‌الارضی آنومالی ۶ منطقه خشومی"، گزارش اکتشافی شماره ۸۲-۰۵۹۷ (۱۳۸۲).
۳. ف. حیدریان، "مطالعه و بررسی دگرسانی و کانیزایی اورانیوم در سنگهای منطقه اکتشافی خشومی



6. R.H. McMillan, "Classical U Viens, in Selected British Columbia Mineral Deposit Profiles," vol. 2 – Metallic Deposits (1996).
7. M.V. Soboleva and I.A. Pudovkina, "Minerals of uranium: Reference Book," AEC-Tr-4487 (1961).