Vol. 16, No. 3, Fall 1387/2008

Kuh-E-Zar Gold Deposit in Torbat-e-Heydaryeh «New Model of Gold Mineralization»

A.R. Mazloumi[1], M.H. Karimpour[2], I. Rassa[3], B. Rahimi[2], M. Vosoughi Abedini[3]

1- Department of Geology, Payam-e-noor University of Mashhad, Iran and PhD student of Shahid Beheshti University,Tehran ,Iran
2- Department of of Geology, Ferdowsi University of Mashhad, Iran,
3- Geology department, faculty of earth sciences, Shahid Beheshti University, Tehran,Iran.
E- mail: alr.mazloumi@gmail.com

(Received: 30/2/2008, in revised form: 4/5/2008)

Abstract: Kuh – e- Zar gold deposit located in central part of Khaf – Bardaskan volcano-platonic belt and about 40 km west of Torbat-e-Heydariyeh area in Khorassan-e-Razavi province. The extensive exploration of the last decade done in the above belt has been caused the exploration of several Iron oxide copper – gold deposits, such as Kuh-e-Zar deposit. Several types of Tuff and Acide to intermediate lavas (lover tertiary) are widespread all over in the area. Mineralization appeared in different type such as vein, stockwork and Hydrothermal breccia in strike sleep fault zone which are hidden inside volcano plutonic rocks.The average gold grade is between 3.02 ppm and ore reserve is estimated more than 3 million tons (cut off grade = 0.7 ppm). The copper grade in mineralized zone located in intrusive bodies between 0.3 to 1.1 %. The main mineralized zones are Quartz and specularite (more than 30%). However, the various types of sulfides are very rare on surface. Pure gold can be observed together with Quartz and Specularits. Based on consideration of oxygen stable isotope ($\delta^{18}O$) in Quartz and siderite as well as sulfur ($\delta^{34}S$) in chalcopyrite, geochemical investigation and micro thermometric study has caused the gold mineralization through magmatic fluid with low sulfide content and high oxidation state. It is clear that the kuh-e-zar mineralization in case of paragenesis, alteration and dimension has been the only case all over the world. Regarding the lack of recognized and similar sample in the world, this deposit is a new and different variety of Iron Oxide Cu-Au (IOCG) deposit. It is introduced and named as Iron Oxide Gold deposit (IOG) or Specularite rich Gold deposits. This deposit has unusual richness in gold and LREE and is poor in copper.

Keywords: *Kuh-e-Zar, Gold, Copper, Specularite, Quartz, Iron Oxide, IOCG, IOG*

Archive of SID

www.SID.ir

مجله بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران

سال شانزدهم، شمارهٔ ۳، پاییز ۸۷، از صفحهٔ ۳۶۳ تا ۳۷۶

کانسار طلای کوه‌زر تربت‌حیدریه، مدل جدیدی از کانی‌سازی طلا

علیرضا مظلومی[۱]، محمدحسن کریم‌پور[۲]، ایرج رسا[۳]، بهنام رحیمی[۲]، منصور وثوقی‌عابدینی[۳]

۱-گروه زمین‌شناسی دانشگاه پیام نور مرکز مشهد

۲-گروه زمین‌شناسی دانشگاه فردوسی مشهد

۳- دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، اوین، تهران

پست الکترونیکی: alr.mazloumi@gmail.com

(دریافت مقاله ۸۶/۱۱/۱۰ ، نسخه نهایی ۸۷/۲/۱۵)

چکیده: منطقهٔ کوه‌زر در بخش مرکزی کمربند ولکانیکی- پلوتونیکی خواف- بردسکن واقع در غرب تربت‌حیدریه در استان خراسان رضوی قرار دارد. پی جوییهای گستردهٔ دههٔ اخیر در کمربند یاد شده موجب شناسایی ذخایر مختلف مس- طلای نوع غنی از اکسید آهن (IOCG) از جمله در کوه‌زر شده است. انواع توف و گدازه‌های اسیدی تا حدواسط (ترشیاری‌زیرین)، در ناحیه گسترش دارند. توده‌های نفوذی با ترکیب مونزونیت، گرانودیوریت و گرانیت در منطقه رخنمون دارند. کانی‌سازی به‌صورت رگه‌ای، دانه‌پراکنده، و برش‌های‌گرمابی در زونهای گسلی در راستای لغزشی درون سنگهای آتشفشانی و نفوذی رخ داده است. میانگین عیار طلا ۳٫۰۲ گرم در تن و ذخیرهٔ سنگ معدن با احتساب عیار کمینهٔ ۰٫۷ گرم در تن، معادل ۳ میلیون تن است. عیار مس در زونهای کانی‌سازی درون توده‌های نفوذی و پیرامون آن بین ۰٫۳ تا ۱٫۱ درصد است. کانیهای اصلی تشکیل دهندهٔ مناطق کانی‌سازی کوارتز و اسپکیولاریت (بیش از ۳۰ درصد) بوده است ولی، انواع سولفیدها در سطح زمین اندک است. طلا به‌صورت آزاد و همراه با کوارتز و اسپکیولاریت مشاهده می‌شود. بر پایهٔ بررسی ایزوتوپهای پایدار اکسیژن($\delta^{18}O$) در کوارتز و سیدریت و گوگرد ($\delta^{34}S$) درکالکوپیریت، بررسی‌های ژئوشیمیایی و دماسنجی، کانی‌سازی طلا (± مس) از آبگون ماگمایی که سولفید آن بسیار کم و حالت فرا اکسایش داشته، صورت گرفته است. کانی‌سازی منطقهٔ کوه‌زر به لحاظ پاراژنز، دگرسانی و ابعاد در سطح جهانی بی‌نظیر است. با توجه به عدم وجود نمونهٔ شناخته شده و مشابه در جهان، این کانسار نوعی جدید و متفاوت از کانسارهای مس- طلای نوع اکسیدآهن (IOCG) محسوب شده، و به نام ذخایر طلای غنی از اکسیدآهن (IOG) یا غنی از اسپکیولاریت معرفی و نام‌گذاری می‌شود. این کانسار، غنی‌شدگی غیرعادی طلا و عناصر کمیاب- خاکی‌سبک (LREE)، و تهی‌شدگی در مس دارد.

واژه‌های کلیدی: *کوه‌زر، طلا، مس، اسپکیولاریت، کوارتز، اکسید آهن، IOCG، IOG .*

مقدمه

کانسارهای مس و طلای همراه با اکسیدهای آهن (IOCG[1]) نخستین بار در سال۱۹۹۲ توسط هیتزمن معرفی شد [۱]، و از سوی پژوهشگران مختلف توصیف و رده‌بندی شده‌اند.

کانسارهای IOCG تعریفی گسترده از یک مدل کانی سازی در یک خانوادهٔ کلی را ارائه می‌دهد. اعضای این گروه از ذخایر دارای مگنتیت و یا هماتیت (اسپکیولار) گرمابی با مقادیر قابل-توجهی کالکوپیریت هستند. کانسارهای این خانواده علاوه بر مس و طلا ممکن است دارای مقادیری Co, Ni, W, Ag, U, Zn, LREE, Mo باشند [۲و۳]. کانسارهای IOCG بین ۱ تا

1 – Iron Oxide Cu-Au deposit

Archive of SID

www.SID.ir

۵ درصد تولید جهانی مس و طلا را تشکیل می دهند. این کانسارها در ارتباط مستقیم با توده‌های نفوذی آذرین نوع I بوده و در رژیم‌های زمین ساختی مختلفی یافت می‌شوند. کانسارهای IOCG به دو گروه مگنتیت – آپاتیت (نوع کایرونا[۲]) و نوع غنی از اکسیدآهن حاوی طلا و مس تقسیم-بندی می‌شوند [۲]. نخستین بار در ایران کانی‌سازی طلا و مس همراه با اکسید آهن توسط کریم‌پور و همکاران[۴] معرفی و مورد توجه قرار گرفته است. این کانسارها در مراحل اولیهٔ شناسایی قرار دارند و هنوز ابعاد مختلف ویژگیهای آن شناسایی و توصیف نشده است. کانسار طلای غنی از اسپکیولاریت کوه‌زر به دلیل شرایط منحصر به فرد کانی‌سازی و زمین‌شناسی مورد توجه پژوهشگران شاخهٔ زمین‌شناسی اقتصادی است.

روش بررسی

۱- بررسیهای سنجش از دور گسترهٔ مورد نظر به منظور تهیهٔ نقشه کانی‌های زون‌های دگرسانی.

۲- نمونه‌برداری از زون‌های کانی‌سازی به منظور بررسیهای کانی شناختی و تجزیه ژئوشیمیایی

۳- بررسیهای زمین‌شناسی ساختاری و تجزیه و تحلیل درزه‌ها و شکستگی‌ها.

۴- نمونه‌برداری از توده‌های نفوذی و سنگهای آتشفشانی برای بررسیهای سنگ شناختی و تجزیه با XRF مدل X-unique در دانشگاه فردوسی مشهد (نمونه‌های استاندارد سازمان زمین‌شناسی امریکا و کانادا).

۵- دما سنجی با استفاده از دستگاه لینگام (مدل thmsbos) در دانشگاه تربیت مدرس و دانشگاه کلرادو امریکا. . دقت کار این دستگاه در مرحلهٔ سرد و گرم‌کردن تا ۱°C± و گسترهٔ دمایی ۱۸۰ °C- تا ۶۰۰ °C+ بوده‌است.

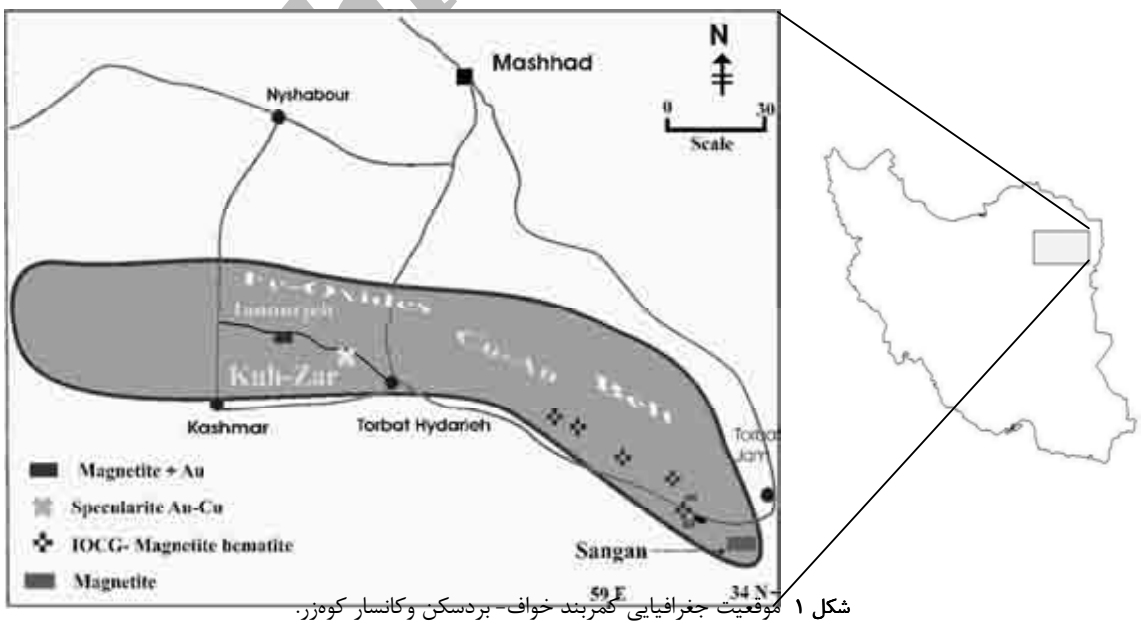
۶- نمونه‌های زونهای کانی‌سازی در آزمایشگاه‌های شرکت طلای موته و خارج از کشور با روش‌های جذب اتمی و ICP تجزیه شده است.

۷- تجزیه‌های ایزوتوپی (O-S) در دانشگاه‌های ارلانگن (آلمان) و لوزان (سوئیس) صورت گرفته است.

۸- بررسیها و تجزیهٔ نیمه کمی با استفاده از (SEM) مدل LEO (1450-VP) ساخت آلمان با قابلیت تجزیه نیمه-کمی(EDS) در آزمایشگاه مرکزی دانشگاه فردوسی انجام شده-است.

موقعیت جغرافیایی

کانسارطلای کوه‌زر در فاصلهٔ ۴۰ کیلومتری غرب شهرستان تربت‌حیدریه و۳کیلومتری جنوب روستای فدیهه در طول‌های جغرافیایی′۵۰ ,°۵۸ تا ′۵۷ ,°۵۸ شرقی و عرض جغرافیایی′۲۰ ,°۳۵ تا ′۲۵ ,°۳۵ شمالی در استان خراسان‌رضوی قرار دارد (شکل۱).



شکل ۱ موقعیت جغرافیایی کمربند خواف- بردسکن وکانسار کوه‌زر.

Archive of SID

www.SID.ir

زمین‌شناسی

منطقهٔ کانی‌سازی روی کمربند ولکانیکی- پلاتونیکی [چند وجهی-آتشفشانی] خواف- درونه [۵]، بین دو گسل اصلی درونه در جنوب و تکنار (ریوش) در شمال گسترهٔ یاد شده قرار دارد. این کمربند به عنوان زون‌تکنار معرفی شده است [۶ و ۷]. کریم‌پور و همکاران [۵] کانسارهای روی این کمرند را توصیف کرده و ضمن توجه به شاخصهای معدنی موجود، به این نتیجه رسیدند کرده‌اند که کمربند خواف- درونه در مقطع خاصی دارای شرایط زمین ساختی و ماگماتیسم ویژه‌ای بوده که موجب کانی‌سازی انواع مختلف کانسارهای ردهٔ اکسیدآهن (IOCG) شده است. کانسارهای آهن سنگان، ا...آباد کاشمر، مگنتیت طلادار تنورجه، طلای کلاته‌تیمور، مس‌تکنار و ذخیرهٔ طلای غنی از اسپکیولاریت کوه‌زر نمونه‌هایی از کانسارهای روی این کمربندند و برخی از آنها در نقشهٔ توزیع کانسارهای ایران [۸] گزارش شده‌اند.

بخش بزرگی از ناحیه مورد بررسی با سنگهای آتشفشانی اسیدی تا حدواسط ترشیاری زیرین پوشیده‌شده‌است [۹ تا ۱۲] (شکل۲). انواع سنگهای آذرآواری به‌ویژه توفهای شیشه‌ای، توف جوش‌خورده، توف بلورین، توف سنگی، لاپیلی-توف، و گدازه‌ها رخنمون دارند. توفها غالبا ترکیب ریولیتی تا ریوداسیتی داشته و گدازه‌ها بیشتر ترکیب حدواسط دارند. بررسیهای صحرایی نشان می‌دهند که در این منطقه لااقل ۳ مرحله فعالیت آتشفشانی رخ داده است. بر پایهٔ یک لایهٔ سنگ آهک نومولیت‌دارکه بین سنگهای آتشفشانی یافت شده‌اند، می-توان گفت که بخشی از فعالیت‌های آتشفشانی در ائوسن رخ داده است [۱۱]. توده‌های نفوذی با ترکیب اسیدی تا حدواسط (الیگو- میوسن)، در بخشهای شمالی و جنوبی منطقه رخنمون دارند. این توده‌ها شامل کوارتزمونزونیت، بیوتیت‌گرانودیوریت، مونزوگرانیت، و سینوگرانیت بوده، سنگهای آتشفشانی را قطع-کرده‌اند. زونهای کانی‌سازی به‌صورت رگه‌های موازی تا متقاطع در راستای $N\,60^{\circ}E$ و $N20\text{-}35^{\circ}W$ درون سنگهای آتشفشانی و نفوذی قرار دارند.

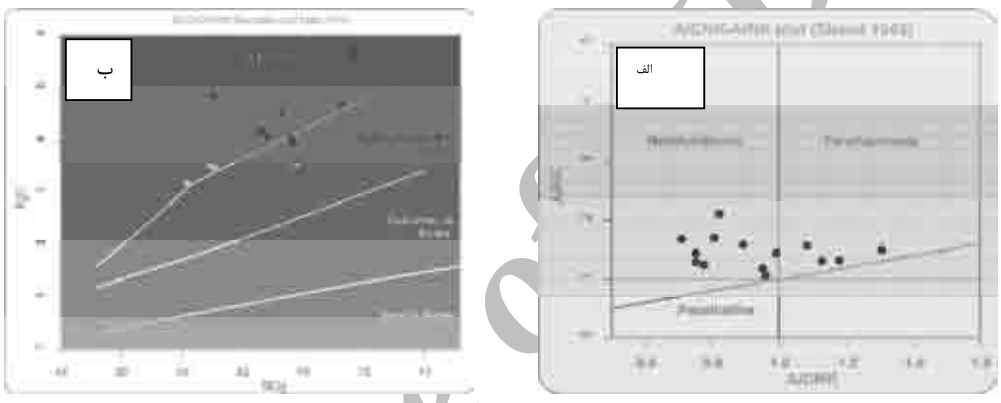
شکل۲ نقشهٔ زمین‌شناسی خلاصه شده منطقه کوه‌زر [۴]. I) توف اسیدی - حد واسط II) گدازه‌های آندزیتی III) گرانیت تا مونزونیت IV) ته نشستهای کواترنر V) گسل‌های وابسته به کانی‌سازی. زونهای کانی‌سازی عبارتند از: (۱) زون علیرضا، (۲) غار کفتری، (۳) کوه‌زر مرکزی، (۴) کوه-زر غربی، (۵) غار صالحه، (۶) تنگه پیازی، (۷) تاریک دره، (۸) محمد بیگی، (۹) امرالهی، (۱۰) حسین آباد، (۱۱) بازه موشی، (۱۲) شمال فرشمیI، (۱۳) شمال فرشمیII ، (۱۴) شاه علی، (۱۵) قله‌خرد، (۱۶) زونهای کانی‌سازی در سنگهای نفوذی، (۱۷) خشک‌بازه، (۱۸) بازهٔ آستانه، (۱۹) انجیر بازه.

of SID

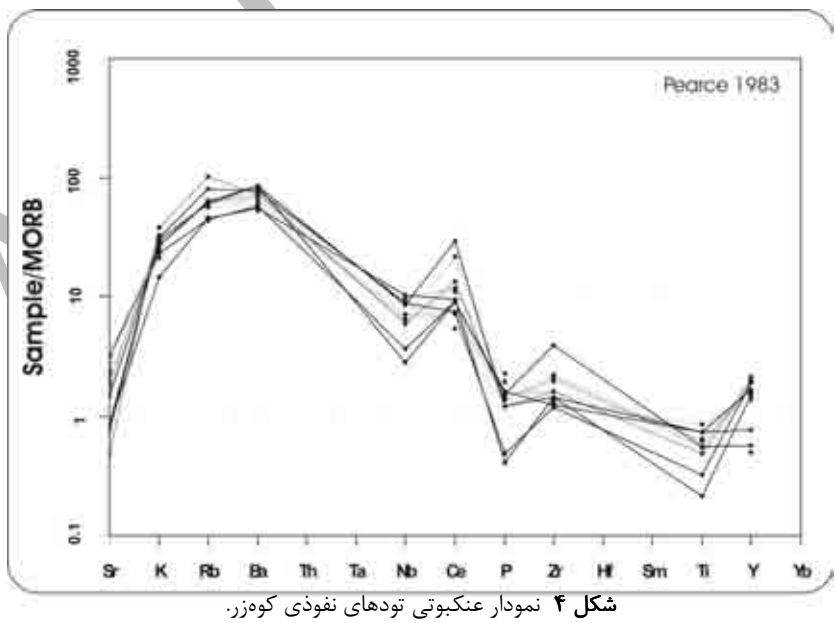
www.SID.ir

سنگ‌شناسی

سری ماگمایی سنگهای منطقه از نوع کالک قلیایی غنی از پتاسیم است. شاخص شاند در بیشتر گرانیتوئیدهای منطقه کوچک‌تر از ۱(A/CNK<1) بوده ودر نورم آن‌ها کروندوم مشاهده نمی‌شود. بنابراین درردیف گرانیتوئیدهای متاآلومین قرار می‌گیرند (شکل۳). شاخص میانگین اکسایش گرانیتوئیدها ($Fe^{3+}/Fe^{3+}+Fe^{2+}$) معادل۰٫۴۱ بوده و نشان دهندهٔ شرایط اکسایش ماگمای مربوط است. این شاخص در هیچیک از سنگهای نفوذی درحد گرانیتوئیدهای نوع S (۰٫۱۵۳) نیست. لذا شباهت زیادی به گرانیتوئیدهای سری I دارند. پذیرفتاری مغناطیسی سنگهای خروجی و توده‌های نفوذی نشان دهندهٔ وابستگی آنها به سری مگنتیت است. نمودارهای عنکبوتی سنگهای خروجی و توده‌های نفوذی، غنی‌شدگی از عناصر لیتوفیل با شعاع‌یونی بزرگ (LILE = Rb, K, Th) و تهی-شدگی یکنواخت از عناصر با قدرت‌یونی بالای (HFSE= Ti, Sr, Nb) را نشان می‌دهد (شکل ۴) که احتمالا نشان‌دهندهٔ ماگماتیسم در حاشیهٔ قاره‌ها یا زون فرورانش است.



شکل ۳ (الف) برپایهٔ شاخصهای شاند[۱۳] بیشتر گرانیتوئیدها متاآلومینوس هستند، (ب) بر پایهٔ نمودار[۱۴] ا غلب گرانیتوئیدها از نوع غنی از پتاسیم هستند.



شکل ۴ نمودار عنکبوتی تودهای نفوذی کوه‌زر.

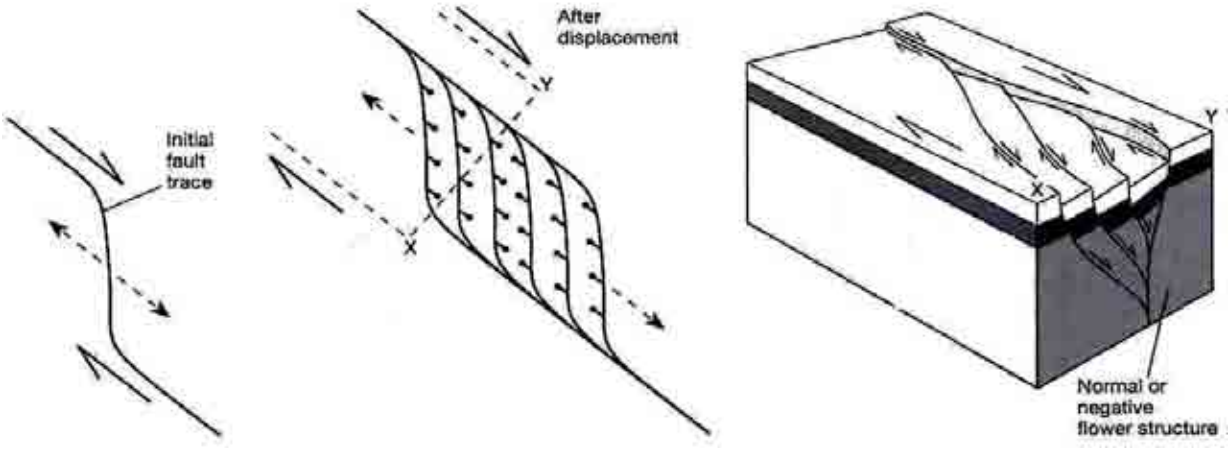
زمین‌شناسی ساختاری

www.SID.ir

زمین ساختی حاکم بر منطقه از نوع شکننده است و ساختارهای شکل‌پذیری مانند چین‌خوردگی در سنگها دیده نمی‌شود. گسلهای ناحیه از نوع در راستای لغزش است که وجود خط‌واره‌های لغزشی روی سطح گسلها موید این مدعاست. تشکیل این گسلها مربوط به حرکتها در راستای لغزش گسل درونه است که از فاصلهٔ تقریبی ۷ کیلومتری جنوب منطقه می‌گذرد. گسلهای گسترهٔ بررسیها در دو ردهٔ بزرگ قرار می‌گیرند. گروه اول در راستای N60°E تا شرقی- غربی و دومین گروه در راستای N20-35°W قرار دارند. هر دو گروه گسل یاد شده، شیب تندی به سمت جنوب دارند. در گسترهٔ گسلها، زونهای برشی دیده می‌شوند که عرض قابل توجهی داشته و با مواد معدنی پر شده است. در این نواحی، طرفین زونهای کانی‌سازی به گسلهای راستای لغزش حاشیه‌ای ختم شده و کانی‌سازی در حدفاصل آن‌ها قرار می‌گیرد. این چگونگی در مقیاس ناحیه‌ای، منطقه‌ای، و میکروسکوپی مشهود است [۱۵]. در گسلهای راستای لغزش با توجه به آرایش خاص گسلهای موازی و سمتگیری جابه جایی بلوکها، شکستگیهای کششی یا فشارشی تشکیل می‌شود. بررسیهای انجام شده در منطقهٔ کوه‌زر نشانگر تشکیل و گسترش فضاهای کششی است. این فضاهای کششی که در یک شرایط پوششی تشکیل می‌شوند، منجر به ایجاد ساختارهای خاصی نظیر دوگانگی راستای لغزش و شکستگیهای کششی می‌شود (شکل۵). فضاهای کششی اخیر شرایط مناسبی برای حرکت و نهشت شاره‌ها فراهم می‌کنند. هر دو روند کانی‌سازی کوه‌زر دارای شکستگیهای اصلی هستند که حد نهایی زون کانی‌سازی را نشان می‌دهد. در حد فاصل زونهای گسلی، سیستم متراکمی از شکستگی و رگه‌چه‌ها مشاهده می‌شود. این رگه‌چه‌ها با زاویه ۳۰° تا ۷۰° نسبت به گسل اصلی قرار گرفته، و ضمن بازشدگی و انبساط، با کانه پر شده‌است.

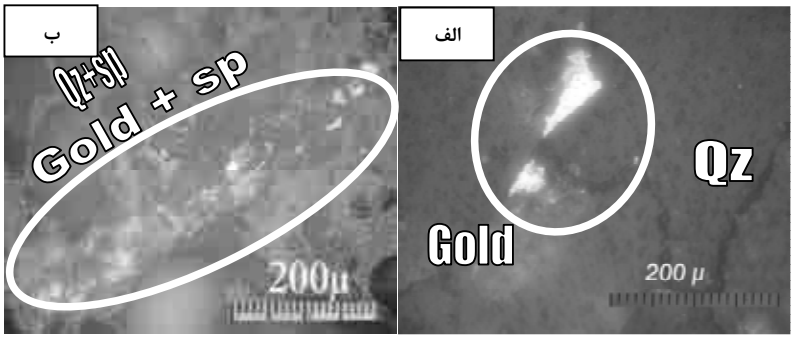
ساختارهای مشابه شکل (۵) در شرق ایران به فراوانی یافت می‌شوند. منطقهٔ سرسپیدار در جنوب باختری منطقه، نمونهٔ جالبی از این نوع است [۱۸].

آبگونه‌های کانی‌دار مواد خود را در فضای گسلها و فضای بین برش‌ها به صورت پرکنندهٔ فضاهای خالی بر جا گذاشته‌اند (شکل ۶). کانی‌سازی به چند حالت از جمله برشهای گرمابی، داربستی، پرکننده زونهای گسلی و رگه‌چه‌های کششی یافت می‌شوند. اشکال مختلف بافت پرکننده از جمله حالتهای شانه‌ای، لایه‌ای، برشی و غیره مشاهده می‌شود. تاکنون بیش از ۲۵ رگه یا زون کانه‌دار شناسایی شده‌اند. پهنای زونهای کانی‌سازی از کمتر از یک متر تا بیش از ۱۳۰ متر، و طول زونهای کانی‌دار بین ۹۰ تا ۱۵۰۰ متر تغییر می‌کند [۱۹].



شکل۵ چگونگی ایجاد شکستگی‌های کششی در گسلهای راستا لغز که در نهایت منجر به ایجاد فضای مناسب برای صعود ونهشت شاره‌های شده است [۱۶].

www.SID.ir



شکل۶ (الف)، ذرات آزاد طلا در مرز بلورهای کوارتز: ب) رگچهٔ تاخیری طلا- اسپکیولاریت که مجموعهٔ قبلی را قطع کرده‌است.

کانی شناختی و پاراژنز

کانیهای تشکیل دهندهٔ زونهای کانی‌سازی به‌ترتیب فراوانی عبارتند از اسپکیولاریت، باریت، کالکوپیریت، گالن، اسفالریت، پیریت، آلانیت، و مقادیر جزئی بورنیت، پیروتیت و آرسنوپیریت است. کانی‌های مارکاسیت، گوتیت، لپیدوکروسیت، مالاکیت، سروزیت، هیدروسروزیت، دیژنیت، کوولیت، پیرولوسیت، و اسمیت‌زونیت، به‌عنوان محصولات هوازده شناسایی شده‌اند. کانی‌های گانگ به‌ترتیب عبارتند از کوارتز، کلریت، کربنات آهن‌دار (سیدریت) کلسیت و کانیهای رسی.

در زونهای کانی‌سازی، طلا بیشتر به صورت طلای آزاد ۲ تا ۱۸۵ میکرونی بوده و در ۷ موقعیت مختلف استقرار یافته است. بیشتر دانه‌های طلا در مجموعهٔ کوارتز± اسپکیولاریت (بین تیغه‌های اسپکیولاریت، بین بلورهای کوارتز، درون بلورکوارتز، پرشدگی بلوردان کوارتزی، رگه‌چه‌های تاخیری کوارتزشیری و رگه‌چه‌های طلا) قرار دارند. درونگیرهایی از طلا درون کالکوپیریت نیز شناسایی شده‌اند.

آنچه که به اجمال می‌توان شنید پاراژنز و ساخت منطقه‌ای در گسترهٔ کانی‌سازی شامل ۴ مجموعهٔ زیر است:

الف- مجموعهٔ کوارتز± کالکوپیریت± گالن± اسفالریت± پیریت± اسپکیولاریت± طلا ± سایرکانی‌ها.

ب- مجموعهٔ کوارتز+ اسپکیولاریت ± طلا± باریت ± سیدریت± سایر کانی‌ها.

ج- مجموعهٔ کوارتز± اسپکیولاریت ± آلانیت± باریت ± طلا ± سیدریت ± سایر کانی‌ها.

د- مجموعهٔ کوارتز(ژاسپروئید)± اسپکیولاریت ± کلسدونی± پیریت ± گوتیت ± طلا ± سایر کانی‌ها.

تاکنون چند زون کانی‌سازی زیر پوشش پی جوییهای تفصیلی قرار گرفته‌اند. ذخیرهٔ قطعی کانسار با احتساب عیار کمینهٔ ۰٫۷ppmو عیار میانگین ppm ۳٫۰۲ معادل۳ میلیون‌تن اندازه‌گیری شده‌است [۱۹]. پاراژنز کانی‌سازی ردیف الف بسیار محدود بوده و در حریم و درون توده‌های نفوذی قرار دارد. این پاراژنز نخستین فاز کانی‌سازی در کوه‌زر است. کانی‌سازی غالب منطقه شامل رده‌های ب و ج است. در تمامی زونهای کانی‌دار نخست کانی هماتیت (اسپکیولاریت) سپس طلا و کوارتز تشکیل شده‌است.

به‌دلیل پایین بودن میزان گوگرد و حالت فرااکسایش آبگون، در بیشتر مناطق، کانی هماتیت (اسپکیولاریت)، و به طور محدود کالکوپیریت در نزدیک به توده‌های نفوذی تشکیل شده‌است.

دگرسانی

بررسی مناطق دگرسانی با تکیه بر داده‌های رقومی و دورسنجی توسط پژوهشگران مختلفی صورت گرفته است [۲۰ تا ۱۷]. در این بررسیها گسل‌های ناحیه‌ای قابل تشخیص است، لیکن به دلیل محدود بودن سولفید اولیه، مناطق دارای اکسیدآهن ثانویه (گوسان) تشکیل نشده است. لذا زونهای کانی‌سازی از مناطق دیگر به‌خوبی قابل تفکیک نیستند. بنابراین پی‌جویی ناحیه‌ای و منطقه‌ای بر پایهٔ دورسنجی موفق نبوده‌است.

سنگهای ناحیه به‌طور گسترده‌ای تحت تاثیر دگرسانیهای مختلف قرار گرفته‌اند. دگرسانیهای شناسایی شده شامل پروپلیتی‌شدن، سیلیسی‌شدن، آلبیتی‌شدن و مقدار جزئی آرژیلیتی‌شدن، کربناتی‌شدن و سرسیتی‌شدن است. شواهدی از دگرسانی گرایزن در بیرون زدگی کوچکی در شمال این گستره یافت شده‌است. دگرسانی سیلیسی با کانی‌سازی همراه بوده و

Archive of SID

www.SID.ir

بر زونهای گسلی منطبق است. سیلیس به صورت کوارتز ریز دانه و در حالت خاص در شکل ژاسپروئید، و غالباً همراه با سیلیس اسپکیولاریت و طلا یافت می‌شود. دگرسانی پروپلتیک در ناحیه، گسترش زیادی دارد. کانی شاخص این زون کلریت-های غنی از آهن (رپیدولیت) است. کلریت به‌صورت جانشینی آمفیبول، پیروکسن، بیوتیت و یا به صورت رگه‌چه‌های همراه کوارتز- اسپکیولاریت دیده می‌شود. دگرسانی آلبیتی با آلبیتی شدن پلاژیوکلازها در توده‌های نفوذی مونزونیت، کوارتز-مونزونیت و بیوتیت‌گرانودیوریت روی داده است. مقدار اکسید-سدیم (Na_2O) این سنگها تا ۷٫۲۴٪ برآورد شده است. دگرسانی سرسیتی فقط در حریم توده‌های نفوذی مشاهده شده و به سرسیتی‌شدن پلاژیوکلازها محدود می‌شود.

ژئوشیمی

بررسیهای ناحیه‌ای بر پایهٔ ته نشستهای رودخانه‌ای از سوی «سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور»، در قالب ژئوشیمی ورقهٔ فیض‌آباد (شماره۷۶۶۰) به انجام رسیده است. بر پایهٔ این گزارش در ناحیهٔ کوه‌زر ناهنجاری‌های شدیدی از عناصر Au, Ag, Bi, Fe, Pb, Zn, Sb, Ba, W، و عناصر دیگر مشاهده می‌شود. برخی از این عناصر در منطقه هم‌پوشی خوبی با هم دارند. این هم‌پوشی خصوصا بین عناصر Au, Cu, Sb, Pb, Zn, Ba,W بیشتر است [۲۱].

ژئوشیمی زونهای کانی‌سازی

طلا: در تمام زونهای گسلی که کانی‌سازی مشاهده‌می‌شود، طلاوجود دارد. دامنهٔ تغییرات طلا بین ۰٫۰۷تا ۵۰ گرم در تن است. در برخی از زونهای کانی‌سازی میانگین عیار طلا و نقره با افزایش عمق فزونی می‌یابد. میانگین عیارطلا به سمت توده‌های نفوذی کاهش نشان می‌دهد. همبستگی طلا با نقره و مس در بخشهای مختلف سیستم بسیار محدود است. طلا در تمام بخشهای سیستم همبستگی خوبی بااکسید آهن (Fe_2O_3) و باریم دارد.

آهن: در زونهای کانی‌سازی میزان Fe_2O_3 بین ۸٫۸ تا ۲۳٫۳٪ تغییر می‌کند. اکسیدآهن به‌صورت هماتیت‌گرمابی (اسپکیولاریت) ظاهر شده و هبستگی خوبی با طلا دارد.

باریم: میزان باریم در زونهای کانی‌سازی بین ۴۶۰ تا بیش از ۴۰۰۰ ppm تغییر می‌کند و به‌صورت باریت ظاهر می‌شود. باریم همبستگی خوبی با طلا دارد و در بیشتر زونهای کانی-سازی مشاهده می‌شود.

مس: کانی‌سازی مس بیشتر در درون و حریم توده‌های نفوذی قرار دارد. در زونهای کانی‌سازی درون توده‌های نفوذی عیار مس تا ۱٫۲٪ و طلا بین ۰٫۲ تا ۱ ppm تغییر می‌کند. بین طلا و مس همبستگی مشخصی دیده نمی‌شود.

نقره: دامنهٔ تغییرات نقره بین ۰٫۵ تا ۲۷۳ ppm نوسان می‌کند. در بررسیهای SEM نمونه‌های اغلب زونهای کانی‌سازی همراه طلا مقادیری نقره مشاهده شد. ولی از نظر ژئوشیمیایی همبستگی ضعیفی با طلا دارد.

به جز چند نمونه که مقدار سرب و روی آن‌ها بالااست، میزان سرب و روی اغلب زونها کمتر از ۳۰۰۰ppm است. سرب و روی همبستگی خوبی با هم دارند و همبستگی مجموع آن‌ها با مس نیز زیاد است، ولی همبستگی مشهودی با طلا ندارند.

تنگستن: در برخی زونهای کانی‌سازی عیارهای غیرعادی تنگستن به دست آمده‌است. عیار تنگستن بین ۰٫۵ تاppm ۴۴۰ متغیر است. همبستگی معنی‌داری بین طلا و تنگستن مشاهده نمی‌شود.

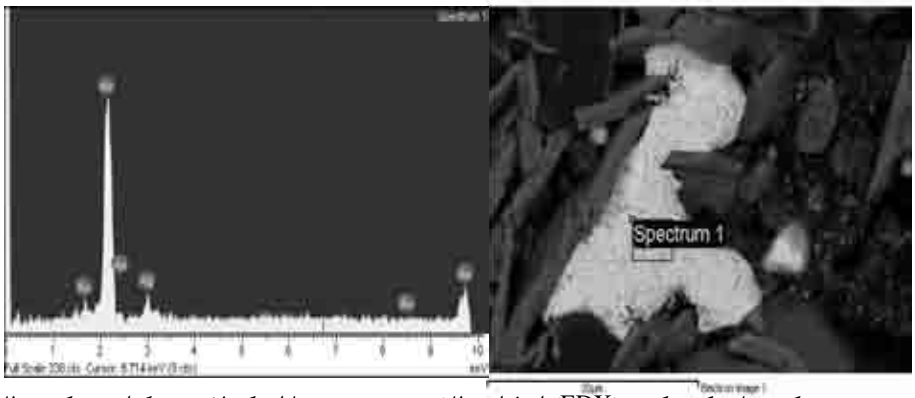
عناصر کمیاب خاکی(REE): در تجزیهٔ شیمیایی بعضی از نمونه‌ها مقادیر قابل‌توجهی عناصرکمیاب خاکی‌سبک (سریم و لانتان) مشاهده شد. لازم به یاد آوری است که مقدار این عناصر در سنگهای نفوذی نیز بالاست. همبستگی این عناصر با تنگستن مثبت است، ولی با طلا همبستگی مشخصی ندارند.

ژئوشیمی کانی‌ها: بر پایهٔ بررسیهای سنگ‌شناختی و تجزیه‌های نیمه‌کمی ذرات طلا و کانی‌های دیگر که با میکروسکوپ الکترونی (EDX) صورت‌گرفته نتایج ذیل حاصل شد:

در ترکیب طلای بیشتر نمونه‌ها، مقادیر قابل‌توجهی نقره یافت شد. به‌نظر می‌رسد که ترکیب طلا بیشتر از نوع الکتروم است(شکل۷). بعضی ذرات طلا نیز به‌صورت طلای خالص است. تیغه‌های هماتیت (اسپکیولاریت) به‌صورت اکسید آهن خالص است. در ترکیب کالکوپیریت گاهی مقادیر ناچیزی طلا به-صورت انکلوزیون [درونگیر] مشاهده می‌شود. برخی از زونهای فقیر از طلا مقادیر سریم و تنگستن بالایی دارند. در تجزیهٔ نیمه‌کمی نمونه‌های این زونها مقادیر قابل توجهی کانی غنی از سریم و لانتان (احتمالا آلانیت) مشاهده شد. در نمونه‌های چند زون کانی‌سازی ترکیب ناشناخته‌ای متشکل از مس- روی-آهن در کنار طلا مشاهده شد که همانند طلا در کنار تیغه‌های اسپکیولاریت قرار دارد.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۷ تصویر و تجزیه نیمه کمی با میکروسکوپ (EDX) از ذرات طلای محصور شده با اسپکیولاریت و کوارتز. ترکیب طلا در این نمونه به صورت الکتروم است.

دماسنجی شاره‌های درگیر

بررسیهای دماسنجی با استفاده از شاره‌های درگیر موجود در کوارتز صورت گرفته‌است [۱۱]. به دلیل اندازهٔ بسیار کوچک ذرات شاره‌ها فقط آزمایشهای همگن‌سازی انجام شد، ولی انجماد امکان‌پذیر نبود.

بررسیهای دماسنجی چهار گسترهٔ دمایی متفاوت را نشان می‌دهد که با نتایج عیارسنجی به شرح زیر هماهنگ اند.

۱- گسترهٔ دمایی ۴۳۰°C- ۴۶۸ مربوطبه کانی‌سازی مجموعهٔ کوارتز± کالکوپیریت ± گالن ± اسفالریت ± پیریت ± اسپکیولاریت ± طلا ± سایرکانی‌هاست. این فاز فقط در مناطق کانی‌سازی درون ویا حریم توده‌های نفوذی شناسایی شده و عیار طلای آن کمتر از ۲ppm است. این فاز را می‌توان به عنوان اولین مرحلهٔ کانی‌سازی درنظر گرفت.

۲- گسترهٔ دمایی ۲۹۵°C- ۳۳۵ در مناطقی مشاهده می‌شود که‌حاوی کوارتز+ اسپکیولاریت ± طلا ± باریت ± سیدریت ± سایرکانی‌ها است. این گسترهٔ دمایی برای تشکیل طلا بسیار مناسب بوده‌است. این مناطق دارای بالاترین عیار طلا است.

۳- گسترهٔ دمایی ۲۱۰°C- ۲۷۰ در نقاطی مشاهده می‌شود که‌حاوی کوارتز ± اسپکیولاریت ± آلانیت ± باریت ± سیدریت ± طلا ± سایرکانی‌ها است. گسترهٔ دمایی بالا برای تشکیل طلا مناسب نبود، و عیار طلا در این مناطق کمتر از ۱۰۰ppb است.

۴- در مجموعهٔ کانی‌شناسی کوارتز (ژاسپروئید) ± اسپکیولاریت ± کلسدونی± پیریت±گوتیت ± طلا ± کانی‌های دیگر، بررسیهای دما سنجی انجام نشده، لیکن رگه‌چه‌های تاخیری کوارتزشیری مجاور این‌زون در محدوده حرارتی ۲۳۵°C- ۲۵۶ همگن شدند. در این رگه‌چه‌ها عیار طلا نسبتا بالاست.

ایزوتوپ‌های پایدار

ایزوتوپ‌های‌پایدار گوگرد($\delta^{34}S$) درکالکوپیریت، اکسیژن ($\delta^{18}O$) درکوارتز و سیدریت و کربن($\delta^{13}C$) در سیدریت در چندین نمونه از زونهای مختلف کانی‌سازی اندازه‌گیری شدند.

بر پایهٔ نتایج تجزیه ایزوتوپهای پایداراکسیژن ($\delta^{18}O$) کوارتز، و تصحیحات لازم [۲۲]، مقادیر ایزوتوپی($\delta^{18}O$) گرمابی نسبت به استاندارد V-SMOW به ترتیب ۵/۸+ درهزار و ۶/۵+ در هزار (‰) بەدست آمد. مقدار ($\delta^{18}O$) سیدریت در زونهای کانی‌سازی اندازه‌گیری و تصحیحات مربوط انجام شد و مقادیر($\delta^{18}O$)گرماب نسبت به استاندارد V-SMOW بین ۵+ تا۱۰+ در هزار (‰) بەدست آمد. برای تعیین خاستگاه دقیق گرماب، مقادیر ایزوتوپی هیدروژنδD نیز مورد نیاز است. در نمونه‌های مورد بررسی، δD اندازه‌گیری نشده‌است. لذا بر پایهٔ نمودار شکل (۸- الف) [۲۲و۲۳] ایزوتوپ اکسیژن ($\delta^{18}O$) شاره‌های دخیل در تشکیل کوارتز و سیدریت در گسترهٔ آبهای ماگمایی و دگرگونی قرار می‌گیرد. از آنجاییکه در ناحیه، سنگهای دگرگونی وجود ندارند، منطقی‌ترین حالت، حضور آبهای ماگمایی است.

ایزوتوپ‌های پایدار گوگرد ($\delta^{34}S$) در نمونه‌های کالکوپیریت زونهای کانی‌سازی اندازه‌گیری شدند. مقادیر $\delta^{34}S$ نمونه‌ها نسبت به CDT بین ۲/۴ – تا ۱/۰+ در هزار متغیر است. بر پایهٔ

Archive of SID

www.SID.ir

نمودار اوهموتو [۲۴] ترکیب ایزوتوپی نمونه‌های کوه‌زر در گسترهٔ سولفیدهای آذرین قرار گرفته‌اند (شکل۸- ب).

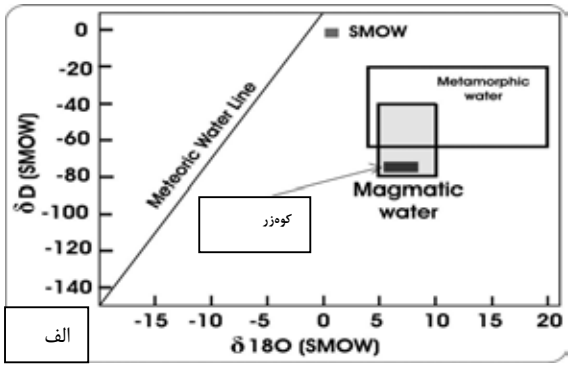
ایزوتوپهای پایدار کربن ($\delta^{13}C$) درنمونه‌های سیدریت زونهای کانی‌سازی مختلف اندازه‌گیری شدند. مقادیر ایزوتوپ کربن ($\delta^{13}C$) نمونه‌ها نسبت به V-PDB از ۱٫۷۲ – تا ۰٫۱۵- + درهزار متغیر است. این گسترهٔ ایزوتوپی مربوط‌به کربناتهای دریایی است [۲۴ و ۲۵]. لذا به احتمال زیاد کربن موجود در سیدریت از واحد سنگ‌آهک نومولیتی که در دنبالهٔ سنگهای آتشفشانی رخنمون دارد تامین شده و آبگونها خاستگاه ماگمایی دارند.

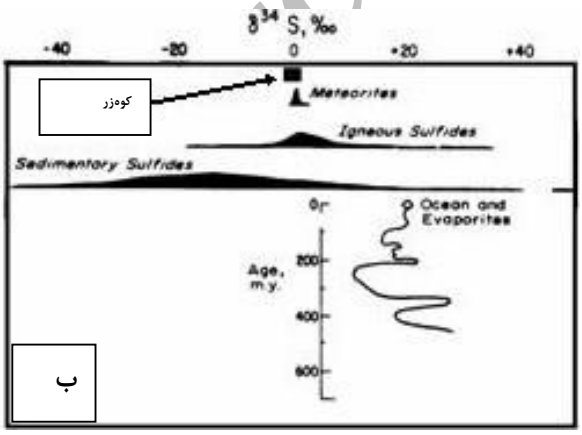
چگونگی تشکیل

بر پایهٔ شواهد دماسنجی، کانی‌شناسی، ژئوشیمیایی، و نمودار-های پایداری کانی‌ها، بخش بیشتر طلا به صورت کمپلکس $AuCl_2$ حمل شده‌است. این شواهد نشان می‌دهند که بخش بیشتر طلا در شرایط فعالیت بالای اکسیژن و فعالیت بسیار پایین گوگرد در گسترهٔ پایداری هماتیت (و باریت) و یا در شرایط اندکی احیایی‌تر از آن (گسترهٔ پایداری کلریت) در pH نزدیک به خنثی تا قدری قلیایی ($\log fs_2 <$ -۱۸) و ۳۲- ($\log fO_2 >$) در دمای ۲۹۵ °c- ۳۳۵ نهشته شده است. در درون یا حریم توده‌های نفوذی، دمای تشکیل کانسار بالاتر و مقدار مس نیز فزونی دارد. در حالی‌که با فاصله از آن در مقابل کاهش مقدار مس، میزان آهن (Fe_2O_3) و طلا افزایش می-یابد. لذا بخش بیشتر کانسار در فاصلهٔ نسبتا زیاد از خاستگاه (توده‌های نفوذی) تشکیل شده‌است.

مقایسه با کانسارهای Cu-Au نوع اکسید آهن (IOCG)

کانسارهای طلا بر پایهٔ نوع کانی‌سازی در۱۴ردهٔ متفاوت قرار می‌گیرند. کانی‌سازی طلای منطقهٔ کوه‌زر با مدل‌های ارائه شده برای کانسارهای طلا در نقاط دیگر جهان مقایسه شد[۱ تا ۳ و ۲۶ تا ۵۱]. درجدول ۱ برخی از مهمترین ویژگیهای کانسارهای IOCG جهان ارائه شده است. خصوصیات کانی-شناسی، ژئوشیمی، کانی‌سازی، و دگرسانی این کانسار با هیچیک از ذخایر شناخته‌شده جهانی مطابقت ندارد. خصوصیات کانی‌شناسی، پاراژنز، کانی‌سازی و شرایط ژئوشیمیایی سیستم کانی‌سازی طلا در منطقهٔ کوه‌زر مشابه بخشهای بسیار کم‌عمق سیستمهای مس- طلای نوع اکسید آهن (IOCG) است که با فاصله نسبت به تودهٔ نفوذی تشکیل می‌شوند [۳]، ولی به لحاظ پاره‌ای ویژگیها از جمله عیار طلا، عناصر فرعی همراه، زونهای دگرسان و توده‌های نفوذی همراه با آنها اختلاف دارد. با توجه به عدم وجود نمونهٔ شناخته‌شده و مشابه در جهان، این کانسار نوعی جدید و متفاوت و از زیر شاخه‌های کانسارهای IOCG محسوب شده، و به نام ذخایر طلای غنی از اکسیدآهن (IOG) یا غنی از اسپکیولاریت معرفی و نام‌گذاری می‌شود. این کانسارغنی‌شدگی غیرعادی در طلا و عناصر کمیاب خاکی سبک (LREE) و تهی‌شدگی در مس دارد.





شکل ۸ الف بر پایهٔ نمودار [۲۳] ترکیب ایزوتوپی شاره‌های گرمابی کانی‌سازی در گسترهٔ آبهای ماگمایی قرار می‌گیرد. با توجه به نمودار (ب) [۲۴] ترکیب ایزوتوپی گوگرد ($\delta^{34}S$) نمونه‌ها نیز نشان‌دهنده ریشهٔ ماگمایی است.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱ سرشتیهای برخی از مهمترین ذخایر IOGC و مقایسهٔ کانسار کوه‌زر با آنها [۱۹و۴۶و۵۰و۵۱و۵۲و۵۳و۵۴و۵۵و۵۶]. (اختصارها: هماتیت Hem، مگنتیت Mt، پیریت Py، کالکوپیریت: Cp، پیروتیتPo، باریت Ba ، گالن Ga).

نام کانسار	تناژ (میلیون تن)	Cu ٪	Au ppm	سنگ دربرگیرنده	مهمترین سنگ نفوذی مرتبط	شکل ذخیره	دگرسانی‌های مرتبط با کانسار	مهمترین کانه‌های فلزی	فلزات همراه
مانته ورده (شیلی)	>۴۰۰	٪۵۲	۰٫۱۱	گدازه های آندزیتی – بازالتی	دایک‌های دیوریتی	رگه های برشی – دارسنتی و برشی مانتو	پتاسیک – کلریت – سرسیت	Hem,Mt ,Py,Cp	LREE
کاندلاریا (شیلی)	۴۷۰	٪۹۵	۰٫۲۲	گدازه های آندزیتی – بازالتی	دایک‌های دیوریتی و داسیتی	مانتو- رگه های برشی و دارسنتی	پتاسیک – کوارتز – اکتینولیت – کلریت – سرسیت	Mt,Hem, Cp,Py,Po	Mo, LREE ,Zn, As
المپیک دم (استرالیا)	۲۰۰۰	۱٫۶	۰٫۶	فلدسپات گرانیت	توده‌های گرانیتی	دیاترم برشی	-	Mt,Cp	Co, Ag, U,REE
ارنست هنری (استرالیا)	۱۶۶	۱٫۱	۰٫۵۴	ولکانیک‌های مافیک و دیوریت	-	برشی	-	-	Co, Mo, REE
الیانا (پرو)	٪۵	۲٫۷	-	گابرودیوریت و ولکانوکلاستیک	سیل های گرانودیوریتی	مانتو	آمفیبول - اسکاپولیت	Py,Cp,Mt	As, Zn, Mo, Co
مانته روساس(پرو)	۱٫۹	۱٫۲	۶	گابرودیوریت	گابرودیوریت	رگه	اکتینولیت – اپیدوت کلریت- اسکاپولیت	Mt,Cp, Py,Po	Zn, Co, Mo, Pb
کوه زر (ایران)	٪۵۵	ناچیز	۵٫۰۲	گدازه‌ها و ولکانوکلاستیک- های اسیدی تا حدواسط	مونزونیت تاسینوگرانیت	رگه، رگه‌های دارسنتی و رگه- های برشی	سیلیسی – کلریتی، بندرت سرسیتی و آرژیلیک	Hem,Ba, و مقادیر جزئی Cp,Py,Ga	Ag, W, LREE
قلعه زری (ایران)	<۱۰	۱-۴	۰٫۵-۲۵	آندزیت – بازالت و شیل	-	رگه	کلریتی - اپیدوت	Hem,Cp,Py	Au, Ag, Cu

برداشت

۱-کانسار طلای کوه‌زر نوع خاصی از کانسارهای IOCG بود که در بخشهای بسیار کم عمق این سیستمها تشکیل می‌شود. پاراژنز اصلی طلا در این کانسار کوارتز و هماتیت اسپیکولار است. لذا به‌نام ذخایر طلای نوع غنی از اکسیدآهن (IOG) یا نوع غنی از اسپکیولاریت نام‌گذاری و معرفی می‌شود.

۲- درکانسار IOG کوه‌زر طلا به صورت ذرات طلای آزاد در مجاورت اسپکیولاریت یا کوارتز قرار دارد. عناصر نقره، تنگستن، و عناصر کمیاب‌خاکی سبک به عنوان محصولات جانبی محسوب می‌شوند.

۳- این کانسارها به صورت رگه‌های قائم تا نزدیک قائم با فاصله نسبت به تودهٔ نفوذی تشکیل می‌شوند.

۴- دگرسانی‌کلریتی مهمترین نوع دگرسانی ناحیه‌ای بوده و زونهای غنی از کوارتز و اسپکیولاریت نواحی تمرکز طلا محسوب می‌شود.

۵- پی‌جویی ناحیه‌ای با تکیه بر داده‌های رقمی و علم دورسنجی، نتیجه‌ای در بر نخواهد داشت در حالی که بررسیهای ژئوشیمیایی، سنگ شناسی و ساختاری کارآمدتر است.

۶- کانسارهای IOCG در رژیم‌های زمین ساختی مختلفی شکل می‌گیرند و در ارتباط ژنتیکی با گرانیتوئیدهای متاآلومینوس آهکی قلیایی و اکسایش نوع I یا غنی از مگنتیت هستند. کانسار طلای کوه‌زر همانند اغلب کانسارهای IOCGجهان در رژیم زمین ساختی مخرب حاشیهٔ قاره‌ها تشکیل شده‌اند.

۷- با توجه به نتایج تجزیه ایزوتوپهای ثابت اکسیژن ($\delta^{18}O$ درکوارتز و سیدریت) و گوگرد ($\delta^{34}S$ در کالکوپیریت)، شاره های کانی‌ساز ریشهٔ ماگمایی داشته، در گسترهٔ دمایی ۳۳۵- ۲۳۵ °C موجب کانی‌سازی طلا شده‌اند.

مراجع

[1] Hitzman W.M, Oreskes N., Einaudi M.T., *"geological characteristics and tectonic setting of protrozoic Iron Oxide (Cu-U-Au-REE) deposits", precamb*. Res., 58,(1992), 241-287.

Archive of SID

www.SID.ir

[2] Pollard P.J., *"Evidence of a magmatic fluid and metal source for Fe-oxide Cu-Au mineralization*", In: Porter TM (ed) Hydrothermal iron oxide copper-gold and related deposits: A global perspective, Australian Mineral Foundation, Adelaide, 1, (2000), 27–41.

[3] Silitoe R .H., "*Iron oxide-copper-gold deposits: an Andean view*", Miner depos, 38, (2003), 787-812.

[۴] کریم‌پور م، ح و مظلومی‌بجستانی ع، *گزارش اکتشافات طلا درمنطقه کوه‌زر تربت‌حیدریه"*، گزارش داخلی شرکت طلای زرمهر،(۱۳۷۷)،۳۱صفحه.

[۵] کریم‌پور م، ح و مظلومی‌بجستانی ع، *"ژئوشیمی، خاستگاه وپتانسیل کانی سازی طلا در منطقه اکتشافی کوه‌زر تربت-حیدریه"*، فصلنامه علوم زمین، سال هفتم،(۱۳۷۷)، شماره ۲۸-۲۷، صفحات ۱۳-۲.

[6] Eftekharnezhad J., Aghanabati A., Baroyant V., Hamzehpour, B., *"Geological Quadrangle Map of kashmar"*, 1: 250000, GSI, Tehran, Iran, (1976).

[7] Lindenberg H.G., Gorler K., Ibbeken H., Stratigaphy, *"structure and orogenic evolution of the sabzevar zone in the area of oryan Khorasan*",NE Iran, GSI, Rep. No. 51, (1983),119-143, Tehran Iran.

[8] Lotfi M., Sedighi,M.M., Omrani,S.j., *"Mineral distribution map of Iran. Scale 1:1000000*". Geol.Survey of Iran, (1993).

[۹] بهروزی، الف، *"نقشه زمین شناسی ۱۰۰/۰۰۰ :۱ ورقه فیض آباد"*، ورقه شماره ۷۷۶۰، سازمان زمین شناسی کشور، ایران، تهران. (۱۳۶۶).

[۱۰] قائمی، ف ،*"مطالعات زمین‌شناسی منطقه کوه‌زر"*، گزارش داخلی شرکت طلای زرمهر،(۱۳۷۷)، ۶۷ صفحه.

[۱۱]مظلومی‌بجستانی، ع، کریم‌پور، م، ح، رساء، الف، وثوقی-عابدینی، م،*"کاربرد مطالعات حرارت‌سنجی در اکتشافات کانسار طلای کوه‌زرتربت‌حیدریه"* ، مجله علوم زمین دانشگاه شهید بهشتی. (پاییز ۸۵)، شماره شانزدهم، صفحات ۱۱۷ الی ۱۳۰

[12] Mazloumi A.R., Karimpour M.H, Stern C.R., Rasa I., Saadat S,. *"Fluid Inclusion Thermometry ,s-isotop,petrology of Kuh-e-e Zar specularite rich Iron Oxide Gold deposite*" north eastern Iran. Gsa abstract 39, 6, (2007), Abs.No.122959

[13] Shand S.J., *"Eruptive rocks*": T.Murby, London (1947), 488.

[14] Pecceriollo R., Taylor S.R., *"Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from the kastamonu area", northern, contrib.".* mireral.petrol, 58, (1976), 63-81.

[۱۵] مظلومی‌بجستانی ع، *"پی‌جوئی کانسارهای فلزی در منطقه کمرمرد واقع در شمال محدوده اکتشافی سرسپیدار"*، گزارش داخلی شرکت طلای زرمهر، (۱۳۸۲)، ۳۲ صفحه.

[16] Twiss R.J., Moores E.M., *"Structural Geology*", Freeman Pub., New York,(1992), 532.

[۱۷] کفاش‌طوسی م، ح، *گزارش پردازش تصاویر ماهواره‌ای منطقه کوه‌زر به منظور اکتشاف طلا"*، گزارش داخلی شرکت-طلای زرمهر،(۱۳۷۸)،۱۶صفحه.

[۱۸] مظلومی‌بجستانی ع، همام م، کریم‌پور م، ح، *گزارش وقوع کانی دمورتیریت از منطقه سرسپیدار تربت‌حیدریه"*، چکیده مقالات دوازدهمین همایش بلور شناسی و کانی‌شناسی ایران، اهواز، (۱۳۸۳)،صفحه۲۱۰-۲۱۴.

[۱۹] شرکت‌طلای زرمهر، *گزارش نهایی اکتشاف کانسار طلای کوه‌زر"*، گزارش داخلی شرکت طلای زرمهر،(۱۳۸۳)، ۳۷۲ صفحه.

[۲۰] کریم‌پور، م، ح، *"کانی‌شناسی، دگرسانی، سنگ‌منشا و محیط تکتونیکی کانسارهای Iron Oxide Cu-Au و مثال‌هایی از ایران"*، فشرده مقالات یازدهمین همایش بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، یزد، (۱۳۸۲)، صفحه۱۸۴-۱۸۹.

[21] Exploration Co, Jiangxi, China and GSI. , *"Explanatory Text of Geochemical map of Fayz abad "*(7660), GSI. Tehran, Iran(1996), 60.

[22] Barnes H.L.*" Gheochmistry of Hydrothmal ore deposits*", Second ed., John weiley and sons, (1979),798.

[23] Sheppard S.M.F., *"Identification of the origin of ore-forming solutions by the use of stable*

Archive of SID

www.SID.ir

Tombstone plutonic suite", Yukon Territory, Canada miner. Depos., 36, (2001), 583-593.

[35] Edfelt A., Armestrong R.N., Smith M., Martinsson, O., *"Altration paragenesis and mineral chemistry of the Tiårrojåkka apatite-iron and Cu(-Au) occurrences", Kiruna area, northern Sweden*," Miner Deposita, 40, (2005), 409-434.

[36] Simard M., Beaudoin G., Bernard J., Hupé, A., *"Metallogeny of the Mont-de-l'Aigle IOCG deposit, Gaspé Peninsula, Québec"*, Canada, Miner Depos., 41, (2006), 607–636.

[37] Haynes D.W., *"Iron oxide copper (-gold) deposits: their position in the ore deposit spectrum and modes of origin, in Porter"*, T.M. (ED) hydrothermal Iron Oxide Copper-Gold & related deposits: a global perspective, Australian mineral foundation, Adelide, 1, (2000), 71-90.

[38] Hagemann S.G., Cassidy K.F. *"Archean orogenic lode gold deposits*", in: Hagemann S.G., Brown, P.E.(eds) gold in 2000, The society of Economic geologists, Littleton, (2000), 9-68.

[39] Sillitoe R.H., *"Major regional factors favouring large size, high hypogene grade, elevated gold content and supergene oxidation and enrichment of porphyry copper deposits*", In: Porter TM (ed) Porphyry and hydrothermal copper and gold deposits, A global perspective, Australian Mineral Foundation, Adelaide, (1998), 21–34.

[40] Sillitoe R. H., *"Gold and copper metallogeny of the central Andes-past, present, and future exploration objectives"*. Econ Geol, 87, (1992_a), 2205–2216.

[41] Sillitoe R. H., "*Geotectonics setting of western pacific gold deposits*", in: Bartholomew. M.J., Hydman D. W., Mogk ,D.W., and Mason.R.(eds.), characterization and comparison 8th international coference on Basment tectonics, Bult, MT., 1988, Proceedings: Kluwar Academic Publishers, Dordrecht, the Nederlands, (1992_b) 665-678.

[42] Silltoe R. H., *"Epithermal models: Genetic Types, geometrical controls and shallow features*": in mineral deposit modeling (R.V. Kirkham, W.D. Sinclar, R.I. Thope & J.M. Duke, eds.), Geol. Assoc. Can., speial paper, 40, (1995), 403-417.

isotopes, in volcanic processes"*: in ore genesis*,: Special Pub.,7, (1977) Geo. Soc. London.

[24] Ohmoto H., Rye R.O., " *Isotopes of sulfur and carbon*", In: Barnes H.L (ed) Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits, 2nd ed., Wiley, New York,(1979_a), 509–567.

[25] Rolllinson H.R., *"Using geochemical data"*, Longman Sci. & Technical pub., (1993), 228.

[26] Karimpour M.H., *"Exploration guide lines for dissiminated gold deposits*", GSI open file, (1983),304-342.

[27] Large R.R., Huston D., McGoldrich P., Tuxton P.A) , *Gold ditribution and genesis in Australian volcanogenic massive sulfide deposit and their significance for gold transport models*", Econ. Geol Monoger., 6, (1995), 520-535.

[28] Karimpour M.H., Mazloumi B. A.R., *"Gold prospecting at Kuh-E-Zar*", Zarmehr Company report (1999).

[29] Hitzman W.M., *"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, Adelide, 1, (2000), 9-25.

[30] Lang, J.R., Baker, T., *""Intrusion-related gold systems*: the present level of understanding", miner. Depos., 36, (2001), 477-489.

[31] Pollard P.J., *"Geochemistry of post 1540 Ma. granites in the Cloncurry district, northwest Queensland,"* Econ Geo, 1 v. 93, (1998), 1330-1344.

[32] Pollard P.J., *"Sodic(-calcic) alteration in Fe-oxide-Cu-Au districts": an origin via unmixing of magmatic H_2O-CO_2-NaCl ±- $CaCl_2$-KCl fluids*", Miner Depos., 36, (2001), 93–100.

[33] Pollard P.J., "*An intrusion-related origin for Cu–Au mineralization in iron oxide–copper–gold (IOCG) provinces*", Miner Depos., 41, (2006), 179-187.

[34] Maloof T.L., Baker, T. Tompson, J.F.H *"The Dublin Gulch intrusion-hosted gold deposit,*

Archive of SID

www.SID.ir

[43] Sillitoe R. H., *"Some metallogenic features of gold and copper deposits related to alkaline rocks and consequences for exploration*", Miner Depos., 37, (2002), 4-13.

[44] Naslund H.R., Henríquez F., Nyström J.O., Vivallo W., Dobbs F.M., *"Magmatic iron ores and associated mineralization: Examples from the Chilean High Andes and Coastal Cordillera*", In: Porter TM (ed) Hydrothermal iron oxide copper-gold and related deposits: A global perspective, v.2, PGC Publishing, Adelaide, (2002), 207–226.

[45] Espinoza, R.S., Véliz, G.H., Esquivel, L.J., Ariss, F.J., Moraga, B.A., *"The cupriferous provivce of the Coastal Range, northern Chile"*, In :Camus F, Sillitoe RH, Petersen R (eds) Andean matallogeny, Soc. Econ. Geol. Spec. Pub., 5, (1996), 19-32.

[46] Marschik R., Leveille R.A., Martin W., *"La Candelaria andthe Punta del Cobre district, Chile, Early Cretaceous iron oxide Cu-Au(-Zn-Ag) mineralization"*. In: Porter TM (ed) Hydrothermal iron oxide copper-gold and related deposits, A global perspective, Australian Mineral Foundation, Adelaide, 1, (2000), 163–175.

[47] Laznicka p., Wernecke *"Mountains (Yukon) Breccias and Scattered Ore Occurrences: "What Contribution to FeOx-Cu-Au-U Metallogeny, in Porter*", T.M. (ed) hydrothermal Iron Oxide Copper-Gold & related deposits: a global perspective, Australian mineral foundation, Adelide, 2, (2002), 253-271.

[۴۸] کریم‌پور، م، ح، *"پترولوژی سنگهای آذرین و کانسارهای ماگمایی"*، نشر مشهد، (۱۳۷۷)،۳۴۴صفحه.

[۴۹] مقصودی، ع، رحمانی، م، رشیدی، ب، *"کانسارها ونشانه-های معدنی طلا در ایران"*، انتشارات آرین زمین، تهران، ایران، (۳ ۱۳۸)، ۳۶۴ صفحه.

[50] Vidal C. C.E., Injoque-Espinoza J., Sidder G.B., Mukasa S.B., *"Amphibolitic Cu-Fe skarn deposits in the central coast of Peru*". Econ Geol, 5, (1990), 1447–1461.

[51] Vidla.T, Lindsay N., Zamora R., "*Geology of the Mantoverde copper deposit, northern Chile": A specularite-rich, hydrothermal- tectonic breccia related to the Atacama Fault Zone*". In: Camus F, Sillitoe RH, Petersen R (eds) Andean copper deposits: New discoveries, mineralization styles and metallogeny, Soc Econ Geol, Spec Publ, 5, (1996), 157–169.

[52] Zamora R., Castillo B., *"Mineralizacio´n de Fe-Cu-Au en el distrito Mantoverde, Cordillera de la Costa, III Regio´n de Atacama, Chile*", In: Proc 2nd Congr Int de Prospectores y Exploradores, Lima, Conferencias, Inst de Ingenieros de Minas del Peru´, Lima, (2001), 13.

[53] Ruiz F. C, Corvalán J., Klohn C., Klohn E., Levi, B) , *"Geologá y yacimientos metalíferos de Chile"*, Instituto de Investigaciones Geológicas, Santiago., (1965), 305.

[54] Crask T. E., "*Geological aspects of discovery of the Ernest Henry Cu-Au deposit*", northwest Quinsland: Australian Institue of Geoscientists Bull, 16, (1995), 95-109.

[55] Reeve J. S., Cross, K.C., Smith R. N., Oreskes, N., *"Olympic Dam copper-uranium-gold-silver deposit"*. In: Hughes FE (ed) Geology of the mineral deposits of Australia and Papua New Guinea, 2. Aust Inst Min Metall Monogr, 14, (1990), 1009–1035.

[۵۶] کریم پور، م، ح، *"مقایسه کانسار Cu-Au-Ag قلعه زری با دیگر کانسارهای نوع IOCG و ارائه رده بندی جدید"* مجله بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران شماره ۱ (۱۳۸۴) ص ۱۶۷ تا ۱۸۴.

Archive of SID

www.SID.ir