



IRANIAN SOCIETY of
CRYSTALLOGRAPHY
and MINERALOGY

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

IRANIAN JOURNAL OF
CRYSTALLOGRAPHY
and MINERALOGY

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

A.R. Mazloumi¹, M.H. Karimpour², I. Rassa³, B. Rahimi², M. Vosoughi Abedini³

1- Department of Geology, Payam-e-noor University of Mashhad, Iran and PhD student of Shahid Beheshti University, Tehran ,Iran

2- Department 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-plutonic 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 (lower 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 Specularite. Based on consideration of oxygen stable isotope ($\delta^{18}\text{O}$) in Quartz and siderite as well as sulfur ($\delta^{34}\text{S}$) 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*



کانسار طلای کوهزرن 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: منطقه کوهزرن در بخش مرکزی کمربند و لکانیکی - پلوتونیکی خواه- بررسی کن واقع در غرب تربت‌حیدریه در استان خراسان رضوی قرار دارد. پی جوییهای گسترده‌دهه اخیر در کمربند یاد شده موجب شناسایی ذخایر مختلف مس- طلای نوع غنی از اکسید آهن (IOCG) از جمله در کوهزرن شده است. انواع توف و گدازهای اسیدی تا حد واسط (ترشیاری‌زیرین)، در ناحیه گسترش دارند. توده‌های نفوذی با ترکیب موونزونیت، گرانوئدیوریت و گرانیت در منطقه رخ‌نمون دارند. کانی‌سازی به صورت رگه‌ای، داربستی، و برش‌های گرمابی در زونهای گسلی در راستای لغزشی درون سنگهای آتش‌شکنی و نفوذی رخ داده است. میانگین عیار طلا ۳۰۲ گرم در تن و ذخیره سنگ معدن با احتساب عیار کمینه 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 دهنده مناطق کانی‌سازی کوارتز و اسپیکیولاریت (بیش از ۳۰ درصد) بوده است ولی، انواع سولفیدها در سطح زمین اندک است. طلا به صورت آزاد و همراه با کوارتز و اسپیکیولاریت مشاهده می‌شود. بر پایه بررسی ایزوتوپهای پایدار اکسیژن (O^{18}/O^{16}) در کوارتز و سیدریت و گوگرد ($\delta^{34}S$) در کالکوپیریت، بررسی‌های ژئوشیمیابی و دماستجی، کانی‌سازی طلا (\pm مس) از آبگون ماقمایی که سولفید آن بسیار کم و حالت فرا اکسایش داشته، صورت گرفته است. کانی‌سازی منطقه کوهزرن به لحاظ پاراژنز، دگرسانی و ابعاد در سطح جهانی بی‌نظیر است. با توجه به عدم وجود نمونه شناخته شده و مشابه در جهان، این کانسار نوعی جدید و متفاوت از کانسارهای مس- طلای نوع اکسید آهن (IOCG) محسوب شده، و به نام ذخایر طلای غنی از اکسید آهن (IOG) یا غنی از اسپیکیولاریت معرفی و نام‌گذاری می‌شود. این کانسار، غنی‌شدگی غیرعادی طلا و عنصر کمیاب- خاکی‌سبک (LREE)، و تهی‌شدگی در مس دارد.

واژه‌های کلیدی: کوهزرن، طلا، مس، اسپیکیولاریت، کوارتز، اکسید آهن، IOG، IOCG.

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

مقدمه

کانسارهای مس و طلا همراه با اکسیدهای آهن (IOCG^۱) نخستین بار در سال ۱۹۹۲ توسط هیترمن معرفی شد [۱]، و از سوی پژوهشگران مختلف توصیف و رده‌بندی شده‌اند.

1 – Iron Oxide Cu-Au deposit

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 مرحله سرد و گرم کردن تا $1^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ و گستره دمایی $0^{\circ}\text{C} - 180^{\circ}\text{C}$ تا $+600^{\circ}\text{C}$ بوده است.

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

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

۸- بررسیها و تجزیه 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

کانسار طلای کوهزرن در فاصله ۴۰ کیلومتری غرب شهرستان تربت‌حیدریه و ۳ کیلومتری جنوب روستای فدیهه در طول‌های جغرافیایی $50^{\circ}58'$ تا $57^{\circ}58'$ شرقی و عرض جغرافیایی $35^{\circ}25'$ تا $35^{\circ}25'$ شمالی در استان خراسان‌رضوی قرار دارد (شکل ۱).

۵ درصد تولید جهانی مس و طلا را تشکیل می‌دهند. 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 کایروناآ) و نوع غنی از اکسید آهن حاوی طلا و مس تقسیم‌بندی 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 اولیه شناسایی قرار دارند و هنوز ابعاد مختلف ویژگیهای آن شناسایی و توصیف نشده است. کانسار طلای غنی از اسپکیولاریت کوهزرن به دلیل شرایط منحصر به فرد کانی‌سازی و زمین‌شناسی مورد توجه پژوهشگران شاخه زمین‌شناسی اقتصادی است.

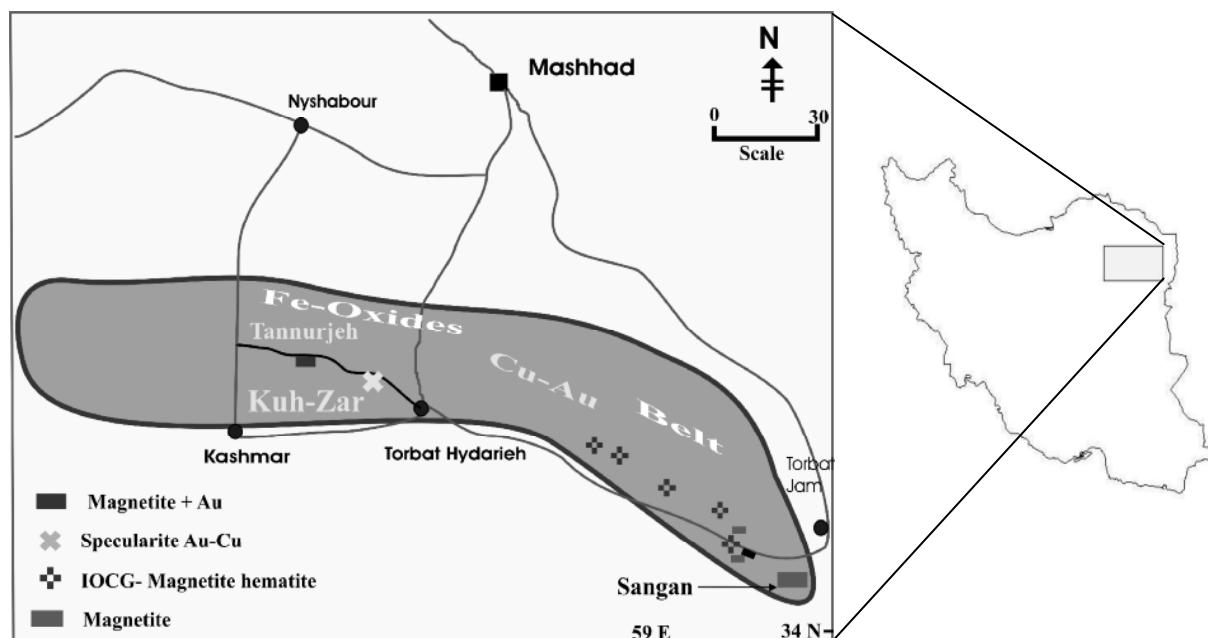
روش بررسی

۱- بررسیهای سنجش از دور گستره مورد نظر به منظور تهیه نقشه کانی‌های زونهای دگرسانی.

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

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

۴- نمونه‌برداری از توده‌های نفوذی و سنگهای آتشفسانی برای بررسیهای سنگ‌شناسی و تجزیه با XRF مدل X-unique



شکل ۱ موقعیت جغرافیایی کمربند خوف-بردسکن و کانسار کوهزرن.

[۹ تا ۱۲] (شکل ۲). انواع سنگهای آذرآواری بهویژه توفهای شیشه‌ای، توف جوش خورده، توف بلورین، توف سنگی، لایلی-توف، و گدازه‌ها رخمنون دارند. توفها غالباً ترکیب ریولیتی تا ریوداسیتی داشته و گدازه‌ها بیشتر ترکیب حدواسط دارند. بررسیهای صحراوی نشان می‌دهند که در این منطقه لاقل ۳ مرحله فعالیت آتشفسانی رخ داده است. بر پایه یک لایه سنگ آهک نومولیت‌دار که بین سنگهای آتشفسانی یافت شده‌اند، می‌توان گفت که بخشی از فعالیت‌های آتشفسانی در ائوسن رخ داده است [۱۱]. توده‌های نفوذی با ترکیب اسیدی تا حدواسط (الیگو-میوسن)، در بخش‌های شمالی و جنوبی منطقه رخمنون دارند. این توده‌ها شامل کوارتز‌مونزونیت، بیوتیت‌گرانوئدیوریت، مونزون‌گرانیت، و سینو‌گرانیت بوده، سنگهای آتشفسانی را قطع-کرده‌اند. زونهای کانی‌سازی به صورت رگه‌های موازی تا متقاطع در راستای $N 60^{\circ} E$ و $N 20^{\circ}-35^{\circ} W$ درون سنگهای آتشفسانی و نفوذی قرار دارند.

زمین‌شناسی

منطقه کانی‌سازی روی کمربند ولکانیکی - پلاتونیکی [چند وجهی-آتشفسانی] خواف- درونه [۵]، بین دو گسل اصلی درونه در جنوب و تکنار (ریوش) در شمال گستره یاد شده قرار دارد. این کمربند به عنوان زون تکنار معرفی شده است [۶ و ۷]. کریمپور و همکاران [۵] کانسارهای روی این کمربند 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 ماسه‌ای و مگماتیسم ویژه‌ای بوده که موجب کانی‌سازی انواع مختلف کانسارهای رده اکسیدآهن (IOCG) شده است. کانسارهای آهن سنگان،...آباد کاشمر، مگنتیت طلادر تنووجه، طلای کلاته‌تیمور، مس‌تکنار و ذخیره طلای غنی از اسپیکیولاریت کوه‌زرنونه‌هایی از کانسارهای روی این کمربند و برخی از آنها در نقشه توزیع کانسارهای ایران [۸] گزارش شده‌اند.

بخش بزرگی از ناحیه مورد بررسی با سنگهای آتشفسانی اسیدی تا حدواسط ترشیاری زیرین پوشیده شده است

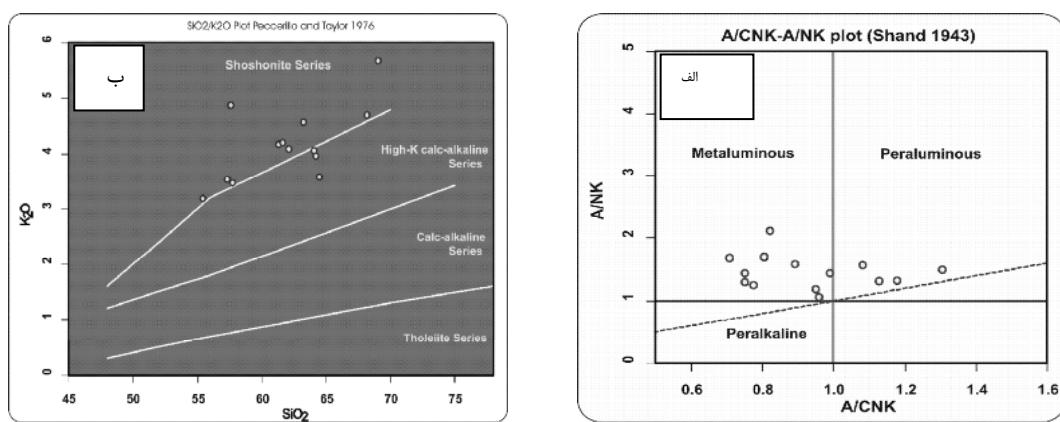


شکل ۲ نقشه زمین‌شناسی خلاصه شده منطقه کوه‌زرنونه [۴]. I) توف اسیدی - حد واسط گدازه‌های آندزیتی III) گرانیت تا مونزونیت IV) نشستهای کواترنر V) گسل‌های وابسته به کانی‌سازی. زونهای کانی‌سازی عبارتند از: (۱) زون علیرضا، (۲) غار کفتری، (۳) کوه‌زرنونه مرکزی، (۴) کوه‌زرنونه غربی، (۵) غار صالحه، (۶) تنگه پیازی،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

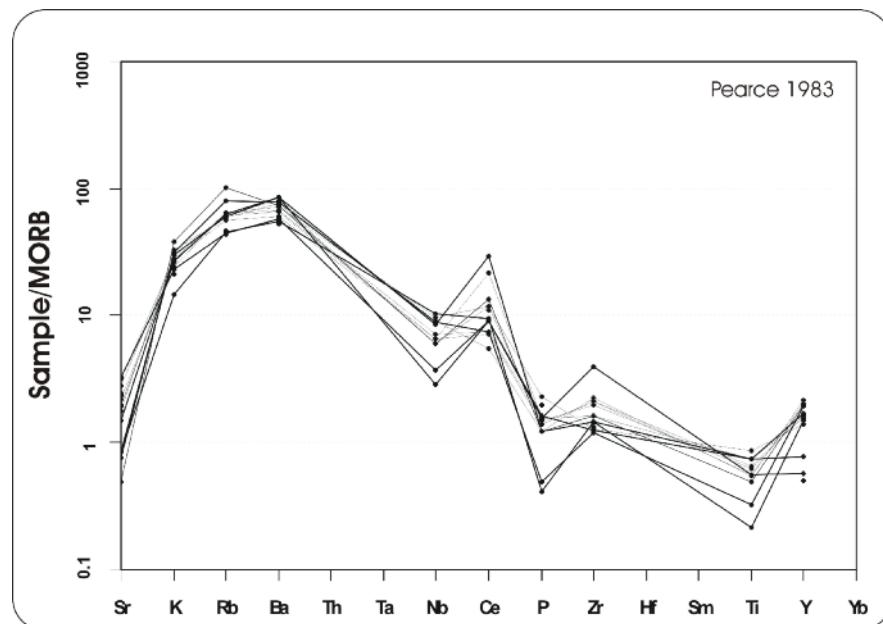
لذا شباهت زیادی به گرانیتوئیدهای سری I دارند. پذیرفتاری مغناطیسی سنگهای خروجی و توده‌های نفوذی نشان دهنده واپستگی آنها به سری مگنتیت است. نمودارهای عنکبوتی سنگهای خروجی و توده‌های نفوذی، غنی‌شدگی از عناصر لیتوفیل با شاعع‌یونی بزرگ ($\text{LILE} = \text{Rb}, \text{K}, \text{Th}$) و تهی- $\text{HFSE} = \text{Ti}$) که احتمالاً نشان دهنده ماگماتیسم در حاشیه قاره‌ها یا زون فرورانش است.

سنگ‌شناسی

سری ماگمایی سنگهای منطقه از نوع کالک قلیایی غنی از پتاسیم است. شاخص شاند در بیشتر گرانیتوئیدهای منطقه کوچک‌تر از $1(\text{A/CNK} < 1)$ بوده و در نورم آن‌ها کرون‌دوم مشاهده نمی‌شود. بنابراین در دریف گرانیتوئیدهای متا‌آلومین قرار می‌گیرند (شکل ۳). شاخص میانگین اکسایش گرانیتوئیدها مشاهده نمی‌شود. این شاخص در هیچیک از اکسایش ماگمای مربوط است. این شاخص در هیچیک از سنگهای نفوذی در حد گرانیتوئیدهای نوع S (۰,۱۵۳) نیست.



شکل ۳ (الف) برپایه شاخصهای شاند [۱۳] بیشتر گرانیتوئیدها متا‌آلومینوس هستند، (ب) بر پایه نمودار [۱۴] اغلب گرانیتوئیدها از نوع غنی از پتاسیم هستند.



شکل ۴ نمودار عنکبوتی توده‌ای نفوذی کوهز.

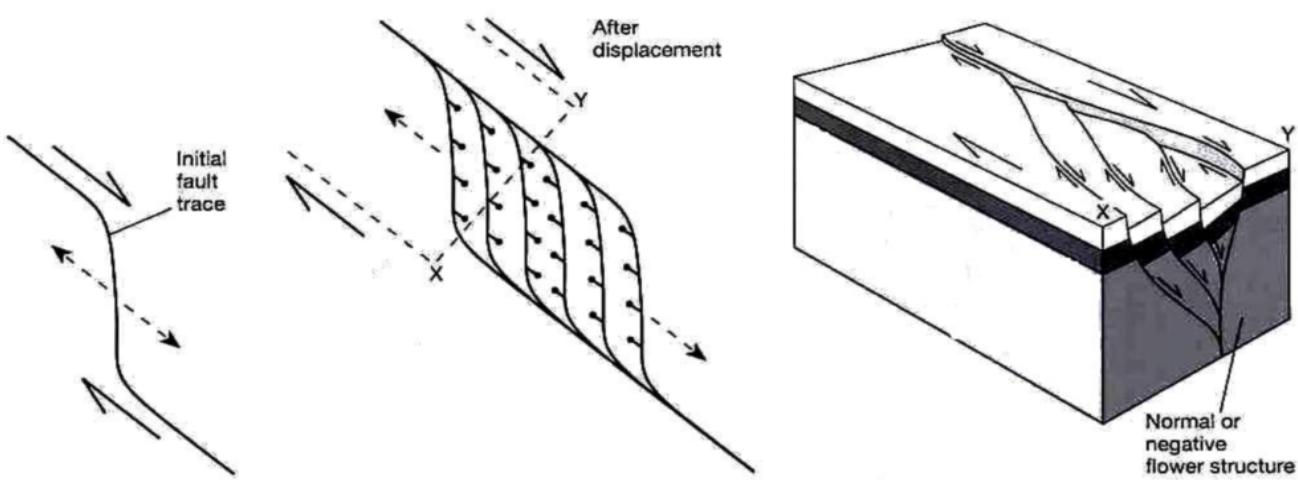
ساختارهای خاصی نظیر دوگانگی راستای لغزش و شکستگی‌های کششی می‌شود (شکل ۵). فضاهای کششی اخیر شرایط مناسبی برای حرکت و نهشت شاره‌ها فراهم می‌کنند. هر دو روند کانی‌سازی کوهزد دارای شکستگی‌های اصلی هستند که حد نهایی زون کانی‌سازی را نشان می‌دهد. در حد فاصل زونهای گسلی، سیستم متراکمی از شکستگی و رگه‌چه‌ها مشاهده می‌شود. این رگه‌چه‌ها با زاویه 30° تا 70° 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. منطقه سرسپیدار در جنوب باختی منطقه، نمونه جالبی از این نوع است [۱۸].

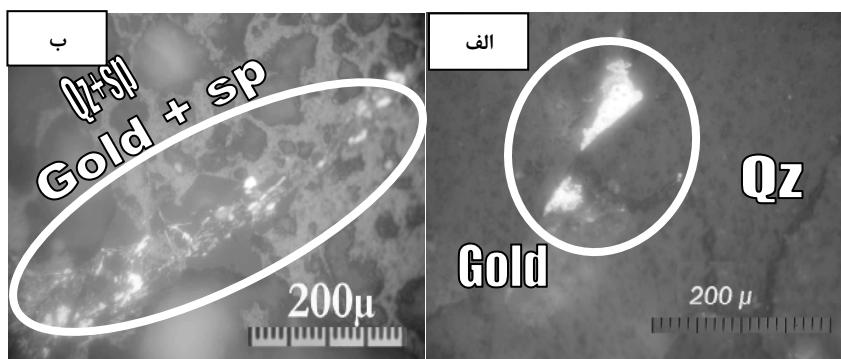
آبگونه‌های کانی‌دار مواد خود را در فضای گسلها و فضای بین برش‌ها به صورت پرکننده فضاهای خالی بر جا گذاشته‌اند (شکل ۶). کانی‌سازی به چند حالت از جمله برشهای گرمایی، داربستی، پرکننده زونهای گسلی و رگه‌چه‌های کششی یافت می‌شوند. اشکال مختلف بافت پرکننده از جمله حالت‌های شانه‌ای، لایه‌ای، برشی و غیره مشاهده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

زمین‌شناسی ساختاری

زمین ساختی حاکم بر منطقه از نوع شکننده است و ساختارهای شکل پذیری مانند چین‌خوردگی در سنگها دیده نمی‌شود. گسلهای ناحیه از نوع در راستای لغزش است که وجود خط‌واره‌های لغزشی روی سطح گسلها مovid این مدعاست. تشکیل این گسلها مربوط به حرکتها در راستای لغزش گسل درونه است که از فاصله تقریبی ۷ کیلومتری جنوب منطقه می‌گذرد. گسلهای گستره بررسیها در دو رده بزرگ قرار می‌گیرند. گروه اول در راستای $N60^{\circ}E$ تا $N20-35^{\circ}W$ قرار دارند. هر دو گروه گسل یاد شده، شب تندی به سمت جنوب دارند. در گستره گسلها، زونهای برشی دیده می‌شوند که عرض قابل توجهی داشته و با موادمعدنی 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 جایه جایی بلوكها، شکستگی‌های کششی یا فشارشی تشکیل می‌شود. بررسیهای انجام شده در منطقه کوهزد نشانگر تشکیل و گسترش فضاهای کششی است. این فضاهای کششی که در یک شرایط پوششی تشکیل می‌شوند، منجر به ایجاد



شکل ۵ چگونگی ایجاد شکستگی‌های کششی در گسلهای راستا لغز که در نهایت منجر به ایجاد فضای مناسب برای صعود و نهشت شاره‌های شده است [۱۶].



شکل ۶ (الف)، ذرات آزاد طلا در مرز بلورهای کوارتز؛ (ب) رگچه تاخیری طلا- اسپکیولاریت که مجموعه قبلى را قطع کرده است.

تاکنون چند زون کانی‌سازی زیر پوشش پی جوییهای تفصیلی قرار گرفته‌اند. ذخیره قطعی کانسار با احتساب عیار کمینه 7 ppm و عیار میانگین 30.2 ppm معادل 3 میلیون تن اندازه‌گیری شده است [۱۹]. پاراژنر کانی‌سازی ردیف الف بسیار محدود بوده و در حریم و درون توده‌های نفوذی قرار دارد. این پاراژنر نخستین فاز کانی‌سازی در کوهز است. کانی‌سازی غالب منطقه شامل رده‌های ب و ج است. در تمامی زونهای کانی‌دار نخست کانی هماتیت (اسپکیولاریت) سپس طلا و کوارتز تشکیل شده است.

به دلیل پایین بودن میزان گوگرد و حالت فراکسایش آبگون، در بیشتر مناطق، کانی هماتیت (اسپکیولاریت)، و به طور محدود کالکوپیریت در نزدیک به توده‌های نفوذی تشکیل شده است.

دگرسانی

بررسی مناطق دگرسانی با تکیه بر داده‌های رقومی و دورسنجی توسط پژوهشگران مختلفی صورت گرفته است [۲۰ تا ۲۷]. در این بررسیها گسل‌های ناحیه‌ای قابل تشخیص است، لیکن به دلیل محدود بودن سولفید اولیه، مناطق دارای اکسید آهن ثانویه (گوسان) تشکیل نشده است. لذا زونهای کانی‌سازی از مناطق دیگر به خوبی قابل تفکیک نیستند. بنابراین پی‌جویی ناحیه‌ای و منطقه‌ای بر پایه دورسنجی موفق نبوده است.

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

کانی شناختی و پاراژنر

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

در زونهای کانی‌سازی، طلا بیشتر به صورت طلای آزاد $2\text{--}185$ میکرونی بوده و در 7 موقعیت مختلف استقرار یافته است. بیشتر دانه‌های طلا در مجموعه کوارتز \pm اسپکیولاریت (بین تیغه‌های اسپکیولاریت، بین بلورهای کوارتز، درون بلور کوارتز، پرشدگی بلوردان کوارتزی، رگچه‌های تاخیری کوارتزشیری و رگچه‌های طلا) قرار دارند. درون‌گیرهایی از طلا درون کالکوپیریت نیز شناسایی شده‌اند.

آنچه که به اجمال می‌توان شنید پاراژنر و ساخت منطقه‌ای در گستره کانی‌سازی شامل 4 مجموعه زیر است:

الف- مجموعه کوارتز \pm کالکوپیریت \pm گالن \pm اسفالریت \pm پیریت \pm اسپکیولاریت \pm طلا \pm سایر کانی‌ها.

ب- مجموعه کوارتز \pm اسپکیولاریت \pm طلا \pm باریت \pm سیدریت \pm سایر کانی‌ها.

ج- مجموعه کوارتز \pm اسپکیولاریت \pm آلانیت \pm باریت \pm طلا \pm سیدریت \pm سایر کانی‌ها.

د- مجموعه کوارتز (زاپروئید) \pm اسپکیولاریت \pm کلسدونی \pm پیریت \pm گوتیت \pm طلا \pm سایر کانی‌ها.

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: دامنه تغییرات نقره بین ۰/۵ تا ۲٪/۳ 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 بالاست، میزان سرب و روی اغلب زونها کمتر از ۳۰۰ ppm 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 آمده است. عیار تنگستن بین ۰/۵ تا ۴٪/۰ متغیر است. همبستگی معنی‌داری بین طلا و تنگستن مشاهده نمی‌شود.

عناصر کمیاب خاکی (REE): در تجزیه شیمیایی بعضی از نمونه‌ها مقادیر قابل توجهی عناصر کمیاب خاکی سبک (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 پایه بررسیهای سنگ‌شناختی و تجزیه‌های نیمه‌کمی ذرات طلا و کانی‌های دیگر که با میکروسکوپ الکترونی (EDX) صورت گرفته نتایج ذیل حاصل شد:

در ترکیب طلا بیشتر نمونه‌ها، مقادیر قابل توجهی نقره یافت شد. به نظر می‌رسد که ترکیب طلا بیشتر از نوع الکترون است (شکل ۷)، بعضی ذرات طلا نیز به صورت طلای خالص. تیغه‌های هماتیت (اسپکیولاریت) به صورت اکسید آهن خالص است. در ترکیب کالکوپیریت گاهی مقادیر ناچیزی طلا به صورت انکلوزیون [درونگری] مشاهده می‌شود. برخی از زونهای فقیر از طلا مقادیر سریم و تنگستن بالایی دارند. در تجزیه نیمه‌کمی نمونه‌های این زونها مقادیر قابل توجهی کانی غنی از سریم و لانتان (احتمالاً آلانیت) مشاهده شد. در نمونه‌های چند زون کانی‌سازی ترکیب ناشناختهای متتشکل از مس- روی- آهن در کنار طلا مشاهده شد که همانند طلا در کنار تیغه‌های اسپکیولاریت قرار دارد.

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 کلریت‌های غنی از آهن (رپیدولیت) است. کلریت به صورت جانشینی آمفیبول، پیروکسن، بیوتیت و یا به صورت رگه‌چههای همراه کوارتز- اسپکیولاریت دیده می‌شود. دگرسانی آلبیتی با آلبیتی شدن پلازیوکلазها در توده‌های نفوذی مونزونیت، کوارتز- مونزونیت و بیوتیت-گرانوپیریت روی داده است. مقدار اکسید- سدیم (Na_2O) این سنگها تا ٪/۷-٪/۲۴ مراوده شده است. دگرسانی سرسیتی فقط در حریم توده‌های نفوذی مشاهده شده و به سرسیتی شدن پلازیوکلازها محدود می‌شود.

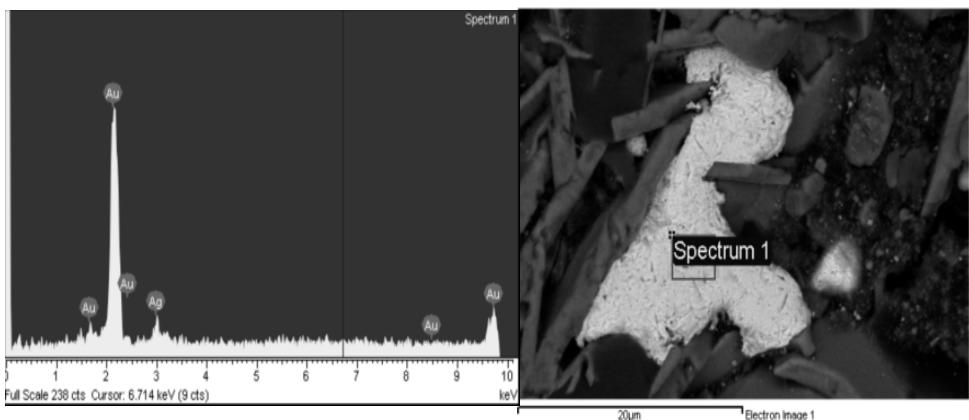
ژئوشیمی

بررسیهای ناحیه‌ای بر پایه ته نشستهای رودخانه‌ای از سوی «سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور»، در قالب ژئوشیمی ورقه‌فیض‌آباد (شماره ۷۶۶۰) به انجام رسیده است. بر پایه این گزارش در ناحیه کوهز ناهنجاری‌های شدیدی از عناصر Au, Ag, Bi, Fe, Pb, Zn, Sb, Ba, W مشاهده می‌شود. برخی از این عناصر در منطقه هم‌پوشی خوبی با هم دارند. این هم‌پوشی خصوصاً بین عناصر Au, Cu, Sb, Pb, Zn, Ba, W بیشتر است [۲۱].

ژئوشیمی زونهای کانی‌سازی

طلا: در تمام زونهای گسلی که کانی‌سازی مشاهده می‌شود، طلا وجود دارد. دامنه تغییرات طلا بین ۰/۵ تا ۷٪/۰ گرم در تن است. در برخی از زونهای کانی‌سازی میانگین عیار طلا و نقره با افزایش عمق فرونتی می‌یابد. میانگین عیار طلا 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 با اکسید آهن (Fe_2O_3) و باریم دارد.

آهن: در زونهای کانی‌سازی میزان Fe_2O_3 بین ٪/۳-٪/۲۳ تا ٪/۸-٪/۸ تغییر می‌کند. اکسید آهن به صورت هماتیت-گرمابی (اسپکیولاریت) ظاهر شده و همبستگی خوبی با طلا دارد. باریم: میزان باریم در زونهای کانی‌سازی بین ۴٪/۰ تا بیش از ۴٪/۰ ppm تغییر می‌کند و به صورت باریت ظاهر می‌شود. باریم همبستگی خوبی با طلا دارد و در بیشتر زونهای کانی‌سازی مشاهده می‌شود.



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.

کوارتزشیری مجاور این زون در محدوده حرارتی $235^{\circ}\text{C} - 256^{\circ}\text{C}$ همگن شدن دارد. در این رگه‌ها عیار طلا نسبتاً بالاست.

ایزوتوب‌های پایدار

ایزوتوب‌های پایدار گوگرد ($\delta^{34}\text{S}$) در کالکوپیریت، اکسیژن ($\delta^{18}\text{O}$) در کوارتز و سیدریت و کربن ($\delta^{13}\text{C}$) در سیدریت در چندین نمونه از زونهای مختلف کانی‌سازی اندازه‌گیری شدند. بر پایه نتایج تجزیه ایزوتوبهای پایدار اکسیژن ($\delta^{18}\text{O}$) کوارتز، و تصحیحات لازم [۲۲]، مقادیر ایزوتوبی ($\delta^{18}\text{O}$) گرمابی نسبت به استاندارد V-SMOW به ترتیب $+5.8$ در هزار و $+6.5$ در هزار (‰) به دست آمد. مقدار ($\delta^{18}\text{O}$) سیدریت در زونهای کانی‌سازی اندازه‌گیری و تصحیحات مربوط انجام شد و مقادیر ($\delta^{18}\text{O}$) گرمابی نسبت به استاندارد V-SMOW بین $+5$ تا $+10$ در هزار (‰) به دست آمد. برای تعیین خاستگاه دقیق گرماب، مقادیر ایزوتوبی هیدروژن δD نیز مورد نیاز است. در نمونه‌های مورد بررسی، δD نیز مورد نیاز است. لذا بر پایه نمودار شکل (۸-الف) [۲۲ و ۲۳] ایزوتوب اکسیژن ($\delta^{18}\text{O}$) شاره‌های دخیل در تشکیل کوارتز و سیدریت در گستره آبهای ماقمایی و دگرگونی قرار می‌گیرد. از آنجاییکه در ناحیه، سنگهای دگرگونی وجود ندارند، منطقی‌ترین حالت، حضور آبهای ماقمایی است.

ایزوتوب‌های پایدار گوگرد ($\delta^{34}\text{S}$) در نمونه‌های کالکوپیریت زونهای کانی‌سازی اندازه‌گیری شدند. مقادیر $\delta^{34}\text{S}$ نمونه‌ها نسبت به CDT بین $-2/4$ تا $+1/0$ در هزار متغیر است. بر پایه

دماسنجه‌های شاره‌های درگیر

بررسیهای دماسنجه با استفاده از شاره‌های درگیر موجود در کوارتز صورت گرفته است [۱۱]. به دلیل اندازه بسیار کوچک ذرات شاره‌ها فقط آزمایش‌های همگن‌سازی انجام شد، ولی انجامد امکان‌پذیر نبود.

بررسیهای دماسنجه چهار گستره دمایی متفاوت را نشان می‌دهد که با نتایج عیارسنجه به شرح زیر هماهنگ است.

۱- گستره دمایی $430^{\circ}\text{C} - 468^{\circ}\text{C}$ مربوط به کانی‌سازی مجموعه کوارتز \pm کالکوپیریت \pm گالن \pm اسفالریت \pm پیریت \pm اسپکیولاریت \pm طلا \pm سایر کانی‌های است. این فاز فقط در مناطق کانی‌سازی درون و یا حریم توده‌های نفوذی شناسایی شده و عیار طلا آن کمتر از 2 ppm است. این فاز را می‌توان به عنوان اولین مرحله کانی‌سازی در نظر گرفت.

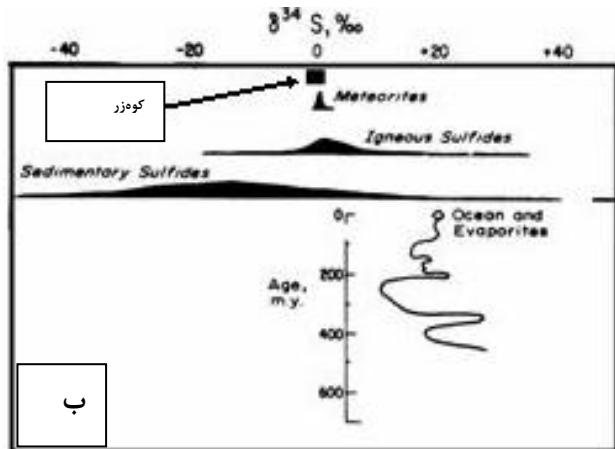
۲- گستره دمایی $295^{\circ}\text{C} - 335^{\circ}\text{C}$ در مناطقی مشاهده می‌شود که حاوی کوارتز \pm اسپکیولاریت \pm طلا \pm باریت \pm سیدریت \pm سایر کانی‌ها است. این گستره دمایی برای تشکیل طلا بسیار مناسب بوده است. این مناطق دارای بالاترین عیار طلا است.

۳- گستره دمایی $210^{\circ}\text{C} - 270^{\circ}\text{C}$ در نقاطی مشاهده می‌شود که حاوی کوارتز \pm اسپکیولاریت \pm آلانیت \pm باریت \pm سیدریت \pm طلا \pm سایر کانی‌ها است. گستره دمایی بالا برای تشکیل طلا مناسب نبود، و عیار طلا در این مناطق کمتر از 100 ppb است.

۴- در مجموعه کانی‌شناسی کوارتز (زاپروئید) \pm اسپکیولاریت \pm کلسدونی \pm پیریت \pm گوتیت \pm طلا \pm کانی‌های دیگر، بررسیهای دما سنجه نشده، لیکن رگه‌های تاخیری

یابد. لذا بخش بیشتر کانسار در فاصله نسبتاً زیاد از خاستگاه (توده‌های نفوذی) تشکیل شده است.

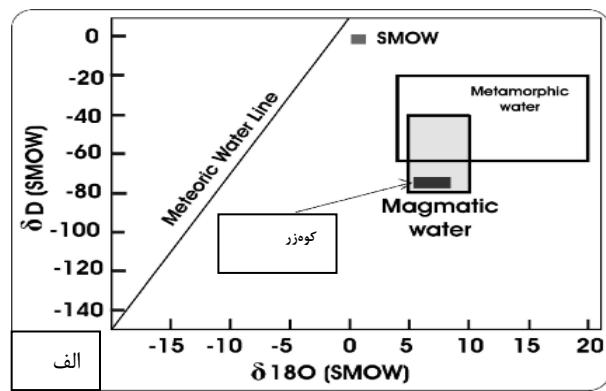
مقایسه با کانسارهای IOC-G نوع اکسید آهن (IOCG) کانسارهای طلا بر پایه نوع کانی‌سازی در ۱۴ رده متفاوت قرار می‌گیرند. کانی‌سازی طلای منطقه کوهزr با مدل‌های ارائه شده برای کانسارهای طلا در نقاط دیگر جهان مقایسه شد [۱ تا ۳ و ۲۶ تا ۵۱]. در جدول ۱ برخی از مهمترین ویژگی‌های کانسارهای IOCG جهان ارائه شده است. خصوصیات کانی‌شناسی، ژئوشیمی، کانی‌سازی، و دگرسانی این کانسار با هیچیک از ذخایر شناخته‌شده جهانی مطابقت ندارد. خصوصیات کانی‌شناسی، پاراژنر، کانی‌سازی و شرایط ژئوشیمیابی سیستم کانی‌سازی طلا در منطقه کوهزr مشابه بخش‌های بسیار کم عمق سیستمهای مس-طلای نوع اکسید آهن (IOCG) است که با فاصله نسبت به توده 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 نمونه 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 اکسید آهن (IOG) یا غنی از اسپیکولاریت معروفی و نام‌گذاری می‌شود. این کانسار غنی‌شدگی غیرعادی در طلا و عناصر کمیاب خاکی سبک (LREE) و تهی‌شدگی در مس دارد.



نمودار اوهموتو [۲۴] ترکیب ایزوتوبی نمونه‌های کوهزr در گستره سولفیدهای آذرین قرار گرفته‌اند (شکل ۸-ب). ایزوتوبهای پایدار کربن ($\delta^{13}\text{C}$) در نمونه‌های سیدریت زونهای کانی‌سازی مختلف اندازه‌گیری شدن. مقادیر ایزوتوب کربن ($\delta^{13}\text{C}$) نمونه‌ها نسبت به V-PDB از ۰/۱۵ تا ۰/۷۲ + درهزار متغیر است. این گستره ایزوتوبی مربوط به کربناتهای دریایی است [۲۴ و ۲۵]. لذا به احتمال زیاد کربن موجود در سیدریت از واحد سنگ‌آهک نومولیتی که در دنباله سنگهای آتشفسانی رخنمون دارد تامین شده و آبغونها خاستگاه ماقمایی دارند.

چگونگی تشکیل

بر پایه شواهد دماستجی، کانی‌شناسی، ژئوشیمیابی، و نمودارهای پایداری کانی‌ها، بخش بیشتر طلا به صورت کمپلکس AuCl_2 حمل شده است. این شواهد نشان می‌دهند که بخش بیشتر طلا در شرایط فعالیت بالای اکسیژن و فعالیت بسیار پایین گوگرد در گستره پایداری هماتیت (و باریت) و یا در شرایط اندکی احیایی تر از آن (گستره پایداری کلریت) در pH نزدیک به خنثی تا قدری قلیایی ($\log f\text{O}_2 < -18$ و -32) در دمای $295^{\circ}\text{C} - 335^{\circ}\text{C}$ نهشته شده است. در درون یا حریم توده‌های نفوذی، دمای تشکیل کانسار بالاتر و مقدار مس نیز فزونی دارد. در حالی که با فاصله از آن در مقابل کاهش مقدار مس، میزان آهن (Fe_2O_3) و طلا افزایش می-



شکل ۸ الف بر پایه نمودار [۲۳] ترکیب ایزوتوبی شاره‌های گرمایی کانی‌سازی در گستره آبهای ماقمایی قرار می‌گیرد. با توجه به نمودار (ب) [۲۴] ترکیب ایزوتوبی گوگرد ($\delta^{34}\text{S}$) نمونه‌ها نیز نشان‌دهنده ریشه ماقمایی است.

جدول ۱ سرشته‌های برخی از مهمترین ذخایر IOCG و مقایسه کانسار کوهزرن با آنها [۱۹ و ۴۶ و ۵۰ و ۵۲ و ۵۳ و ۵۴ و ۵۵ و ۵۶ و ۵۷]. (اختصارها: هماتیت Mt، مگنتیت Py، پیریت Po، کالکوپیریت Cp، باریت Ba، گالن Ga).

نام کانسار	تبازن (میلیون تن)	Cu %	Au ppm	سنگ دربرگیرنده	مهمنتین سنگ نفوذی مرتبه	شکل ذخیره	دگرسانی‌های مرتبه با کانسار	مهمنتین کانه‌های فلزی	فلزات همراه
مانته ورد (شیلی)	>۴۰۰	.۵۲	.۱۱	گدازه‌های آندزیتی بازالتی	دایک‌های دیوریتی	رگه‌های برشی	پتانسیک - کلریت - سرسیت	Hem,Mt ,Py,Cp	LREE
کاندلاریا (شیلی)	۴۷۰	.۹۵	.۲۲	گدازه‌های آندزیتی بازالتی	دایک‌های دیوریتی و داسیتی	مانتو- رگه‌های برشی و داربستی	پتانسیک - کوارتز - اکتینولیت - کلریت - سرسیت	Mt,Hem, Cp,Py,Po	Mo, LREE ,Zn, As
المپیک دم (استرالیا)	۲۰۰۰	۱۶	.۶	فلدسبات گرانیت	توده‌های گرانیتی	دیاترم برشی	-	Mt,Cp	Co, Ag, U,REE
ارنسن هنری (استرالیا)	۱۶۶	۱۱	.۵۴	ولکانیک‌های مافیک و دیوریت	-	برشی	-	-	Co, Mo, REE
الیانا (پرو)	.۵	۲/۷	-	گابرو دیوریت و ولکانوکلاستیک	سیل‌های گرانو دیوریتی	مانتو	- آمفیبول - اسکاپولیت	Py,Cp,Mt	As, Zn, Mo, Co
مانته روساس (پرو)	۱/۹	۱/۲	۶	گابرو دیوریت	گابرو دیوریت	رگه	- اکتینولیت - اسکاپولیت	Mt,Cp, Py,Po	Zn, Co, Mo, Pb
کوه زر (ایران)	.۵۵	ناقچز	۵/۰۲	گدازه‌ها و ولکانوکلاستیک - های اسیدی تا حدواسط تاسینوگرانیت	مونزونیت	رگه، رگه‌های داربستی و رگه‌های برشی	سیلیسی - کلریتی، بندرت سرسیتی و آرژیلیک	Hem,Ba, و مقادیر جزئی Cp,Py,Ga	Ag, W, LREE
قلعه زری (ایران)	<۱۰	۱-۴	.۵-۲۵	آندزیت - بازالت و شیل	-	رگه	کلریتی - اپیدوت	Hem,Cp,Py	Au, Ag, Cu

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 کوهزرن همانند اغلب کانسارهای IOCG در رژیم زمین ساختی مخرب حاشیه قاره‌ها تشکیل شده‌اند.

۷- با توجه به نتایج تجزیه ایزوتوبهای ثابت اکسیژن ($\delta^{18}\text{O}$) در کوارتز و سیدریت) و گوگرد ($\delta^{34}\text{S}$ در کالکوپیریت)، شاره‌های کانی‌ساز ریشه‌ماگمایی داشته، در گستره دمایی 335°C - 235°C موجب کانی‌سازی طلا شده‌اند.

مراجع

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

۱- کانسار طلای کوهزرن نوع خاصی از کانسارهای IOCG بود که در بخش‌های بسیار کم عمق این سیستمها تشکیل می‌شود. پاراژنر اصلی طلا در این کانسار کوارتز و هماتیت اسپیکولار است. لذا بهنام ذخایر طلای نوع غنی از اکسید آهن (IOG) یا نوع غنی از اسپیکیولاریت نام‌گذاری و معروفی می‌شود.

۲- در کانسار IOG کوهزرن طلا به صورت ذرات طلای آزاد در مجاورت اسپیکیولاریت یا کوارتز قرار دارد. عنصر 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 توده نفوذی تشکیل می‌شوند.

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

۵- پی‌جویی ناحیه‌ای با تکیه بر داده‌های رقمی و علم دورسنجی، نتیجه‌های در برخواهد داشت در حالی که

- ,*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] Peccerollo 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 سرسپیدا" ر، گزارش داخلی شرکت طلای زرمه، (۱۳۸۲)، ۳۲ صفحه.
- [16] Twiss R.J., Moores E.M., "Structural Geology", Freeman Pub., New York, (1992), 532.
- [۱۷] کفash طوسی م، ح، گزارش پردازش تصاویر ماهواره‌ای منطقه کوهزرن به منظور اکتشاف طلا، گزارش داخلی شرکت طلای زرمه، (۱۳۷۸)، ۱۶ صفحه.
- [۱۸] مظلومی‌بجستانی ع، همام م، کریمپور م، ح، گزارش وقوع کانی دمورتیریت از منطقه سرسپیدا تربت‌حیدریه، چکیده مقالات دوازدهمین همایش بلور شناسی و کانی‌شناسی ایران، اهواز، (۱۳۸۳)، صفحه ۲۱۴-۲۱۰.
- [۱۹] شرکت‌طلای زرمه، گزارش نهایی اکتشاف کانسار طلای کوهزرن، گزارش داخلی شرکت طلای زرمه، (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)، صفحه ۱۸۴-۱۸۹.
- [21] Exploration Co, Jiangxi, China and GSI , "Exploratory Text of Geochemical map of Fayz abad "(7660), GSI. Tehran, Iran(1996), 60.
- [22] Barnes H.L. " Gheochmistry of Hydrothermal 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
- [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 در منطقه کوهزرن تربت‌حیدریه، گزارش داخلی شرکت طلای زرمه، (۱۳۷۷)، ۳۱ صفحه.
- [۵] کریمپور م، ح و مظلومی‌بجستانی ع، "ژئوشیمی خاستگاه و پتانسیل کانی سازی طلا در منطقه اکتشافی کوهزرن تربت-حیدریه" ، فصلنامه علوم زمین، سال هفتم، (۱۳۷۷)، شماره ۲-۱۳ صفحات ۲۷.
- [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., Stratigraphy, "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 ۱:۱۰۰،۰۰۰ ورقه فیض آباد" ، ورقه شماره ۷۷۶۰، سازمان زمین شناسی کشور، ایران، تهران. (۱۳۶۶).
- [۱۰] قائمی، ف، "مطالعات زمین‌شناسی منطقه کوهزرن" ، گزارش داخلی شرکت طلای زرمه، (۱۳۷۷)، ۶۷ صفحه.
- [۱۱] مظلومی‌بجستانی ع، کریمپور م، ح، رسا، الف، وثوقی- عبدالینی، م، "کاربرد مطالعات حرارت‌سنگی در اکتشافات کانسال طلای کوهزرن تربت‌حیدریه" ، 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

- Tombstone plutonic suite", Yukon Territory, Canada miner. Depos., 36, (2001), 583-593.*
- [35] Edfelt A., Armstrong R.N., Smith M., Martinsson, O., "Altration paragenesis and mineral chemistry of the Tiårojåkka 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, Adelaide, 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 Basement tectonics, Bult, MT., 1988, Proceedings: Kluwar Academic Publishers, Dordrecht, the Nederlands, (1992_b) 665-678.
- [42] Sillitoe R. H., "Epithermal models: Genetic Types, geometrical controls and shallow features": in mineral deposit modeling (R.V. Kirkham, W.D. Sinclair, 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] Rollinson H.R., "Using geochemical data", Longman Sci. & Technical pub., (1993), 228.
- [26] Karimpour M.H., "Exploration guide lines for disseminated 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, Adelaide, 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,

- [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., "Mineralizació'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), "Geología 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 Institute 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
- [43] Sillitoe R. H., "Some metallogenetic 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 metallogeny, Soc. Econ. Geol. Spec. Pub., 5, (1996), 19-32.
- [46] Marschik R., Leveille R.A., Martin W., "La Candelaria and the 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] کریم پور، م، ح، "پترولوجی سنگهای آذرین و کانسارهای ماقمایی" نشر مشهد، (۱۳۷۷)، ۳۴۴ صفحه.
- [۴۹] مقصودی، ع، رحمانی، م، رسیدی، ب، "کانسارها و نشانه-های معدنی طلا در ایران" انتشارات آرین زمین، تهران، ایران، (۱۳۸۳)، ۳۶۴ صفحه.