



شیوه‌های کان‌زایی مس و طلا در کانسار هندوآباد، جنوب شرق اردستان

مریم ترمس هفشجانی^۱، سروش مدبری^۲، داود رئیسی^۳

^۱ دانشگاه تهران، تهران، maryamtarmas@ut.ac.ir

^۲ دانشگاه تهران، تهران، modabberi@ut.ac.ir

^۳ دانشگاه تهران، تهران، davood.raeisi@gmail.com

چکیده

کانسار هندوآباد در قسمت میانی کمان ماگمایی ارومیه دختر و در ۱۲ کیلومتری جنوب شرق اردستان واقع شده است. این کانسار درون سنگ‌های آتشفشانی آندزیتی تا بازالتی قرار دارد و دارای دو محدوده مس - طلا و مس‌دار است. در محدوده مس - طلا کان‌زایی مس در دگرسانی پروپیلیتیک و سیلیسی شدن و کان‌زایی طلا در رگه‌های سیلیسی دیده می‌شود. پیریت، کالکوپیریت، گالن، بورنیت، کالکوسیت، دیزنیت، کوولیت، مالاکیت، و کریزوکلا از مهم‌ترین کانی‌های این محدوده به شمار می‌روند. در محدوده مس‌دار، سنگ‌های منطقه متحمل دگرسانی پروپیلیتیک شده‌اند، مهم‌ترین کانی‌های این محدوده عبارتند از: کالکوسیت، بورنیت، کوولیت، مالاکیت و کریزولا که با بافت‌های جانیشینی، پرکننده فضای خالی، دانه پراکنده و رگه - رگچه‌ای حضور دارند. با توجه به مطالعات زمین‌شیمیایی و مشاهدات صحرایی یک همبستگی مثبت بین گوگرد و مس وجود دارد و نشان دهنده نقش کمپلکس‌های بی‌سولفیدی در انتقال مس است. با توجه به مطالعات صحرایی، کانی‌شناسی، ساخت و بافت، شکل کانی‌سازی، دگرسانی، ژئوشیمی، کانسار هندوآباد بیشترین شباهت را به ذخایر رگه‌ای اپی-ترمال سولفیداسیون پایین نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی

جنوب شرق اردستان، کان‌زایی مس - طلا، کان‌زایی اپی‌ترمال، کانسار هندوآباد



۱. مقدمه

کانسارهای اپی ترمال منبع مهمی برای فلزات گرانبها و فلزات پایه به شمار می‌روند و بیش از ۶٪ طلا و ۱۶٪ از نقره تولید شده در سراسر جهان را شامل می‌شوند. ۱۸/۴٪ ذخایر طلا در کانسارهای اپی ترمال قرار دارند [13]. این کانسارها معمولاً همراه با آتشفشان‌های محیط خشکی و توده‌های آذرین درونی کالک آلکان تا آلکان، در جزیره‌های کمانی و حاشیه‌های فعال قاره‌ای، پهنه‌های پشت‌کمانی و رژیم کششی پس‌برخوردی دیده می‌شود [12,13]. در ایران، کمان ماگمایی ارومیه دختر میزبان انواع مختلف کانسارهای مس پورفیری، کانسارهای مس رگه‌ای، کانسارهای اپی ترمال و اسکارن است که نشان‌دهنده پرتانسیل بودن این محدوده از نظر کانه‌زایی است [5,9,15]. بر اساس تقسیم‌بندی‌های ساختاری - رسوبی [1]، محدوده اکتشافی هندوآباد جزئی از کوهزاد زاگرس و کمان ماگمایی ارومیه - دختر است. این محدوده در بخش جنوب غربی چهارگوش ۱/۲۵۰۰۰۰ کاشان و در حاشیه غربی نقشه ۱/۱۰۰۰۰۰ اردستان قرار دارد (شکل ۱). این کانسار در ۷ کیلومتری جنوب روستای هندوآباد، ۱۲ کیلومتری جنوب شرق اردستان و ۱۱۰ کیلومتری اصفهان واقع است. کانسار هندوآباد در محدوده تقریبی طول جغرافیایی "۵۲°۲۴'۳۵" و "۵۲°۲۶'۲۶" و عرض جغرافیایی "۳۳°۱۵'۱۳" و "۱۴°۳۳'۰۸" قرار دارد.

دسترسی به منطقه از جاده آسفالت اردستان - نایین امکان‌پذیر است که با طی حدود ۱۲ کیلومتر مسافت قبل از ظفرقند مجدداً به سمت اردستان حرکت کرده و از طریق جاده خاکی وارد محدوده مورد مطالعه می‌شویم. محدوده مس‌دار در ۶۰۰ متری شمال شرق جاده آسفالت قرار دارد و محدوده مس - طلا در فاصله ۳۰۰۰ متری از جاده آسفالت و در شرق جاده قرار دارد، این محدوده به فاصله ۲/۵ کیلومتری شرق محدوده اول قرار دارد. هدف از انجام این پژوهش، بررسی ویژگی‌های زمین‌شناسی، کانی‌شناسی، دگرسانی و زمین‌شیمی در دو محدوده مس و مس - طلا هندوآباد است تا با مقایسه این دو محدوده با یکدیگر و با دیگر کانسارهای اپی ترمال درکی از نحوه کانه‌زایی در این محدوده پیدا کنیم.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی و راه‌های ارتباطی کانسار هندوآباد.

۲. روش انجام پژوهش

در این پژوهش پس از بازدید صحرایی و نمونه برداری، تعداد ۲۴ مقطع نازک، ۲۳ مقطع نازک - صیقلی و ۷ مقطع صیقلی برای بررسی سنگ‌شناسی کانه‌نگاری، ساخت و بافت تهیه و بررسی شدند. برای انجام بررسی‌های زمین‌شیمیایی ۵۰ نمونه از بخش‌های کانه‌دار انتخاب شدند. برای این کار، نخست نمونه‌ها در آزمایشگاه زمین‌شیمی دانشگاه تهران پودر و میزان ۲۰ گرم از پودر نمونه‌ها به آزمایشگاه زراژما ارسال و تجزیه شدند. در این آزمایشگاه برای اندازه‌گیری میزان عناصر خاکی کمیاب، حدود ۰,۲ گرم از هر نمونه در لیتیم



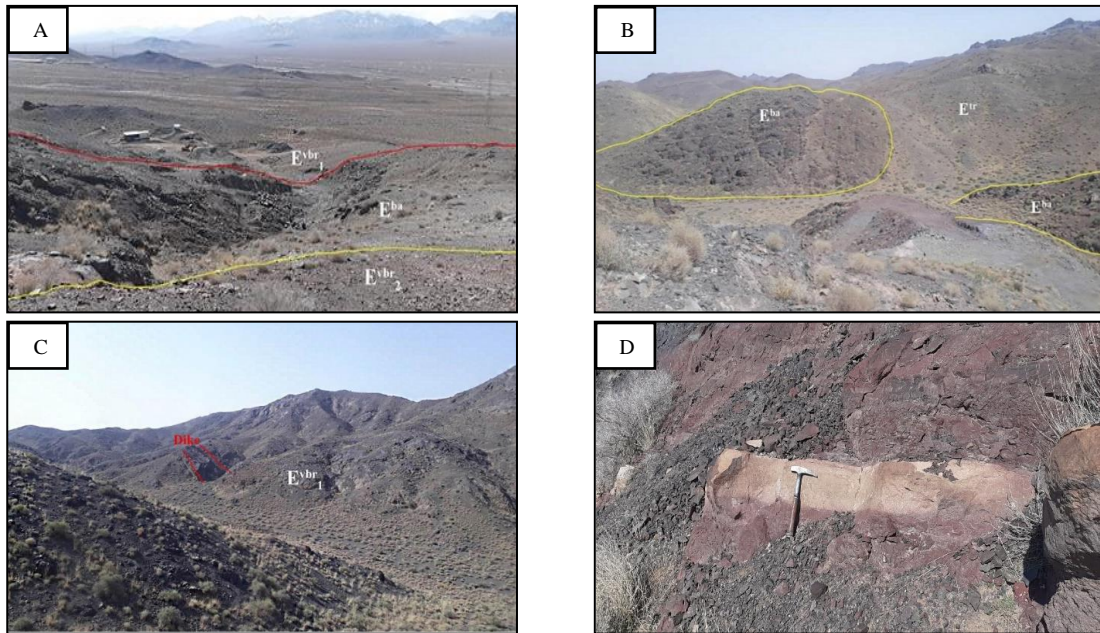
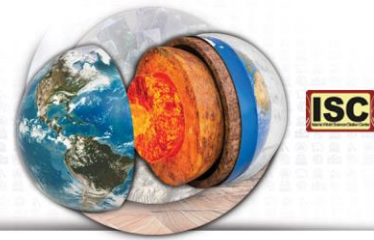
متابورات/تترابرات ذوب و سپس در اسید نیتریک حل شد. برای تعیین میزان فلزات پایه، به صورت جداگانه حدود ۰.۵ گرم از هر نمونه در تیزاب سلطانی داغ حل و آنالیز انجام شد. نام اختصاری کانی‌ها از [14] برگرفته شده است.

۳. زمین‌شناسی منطقه

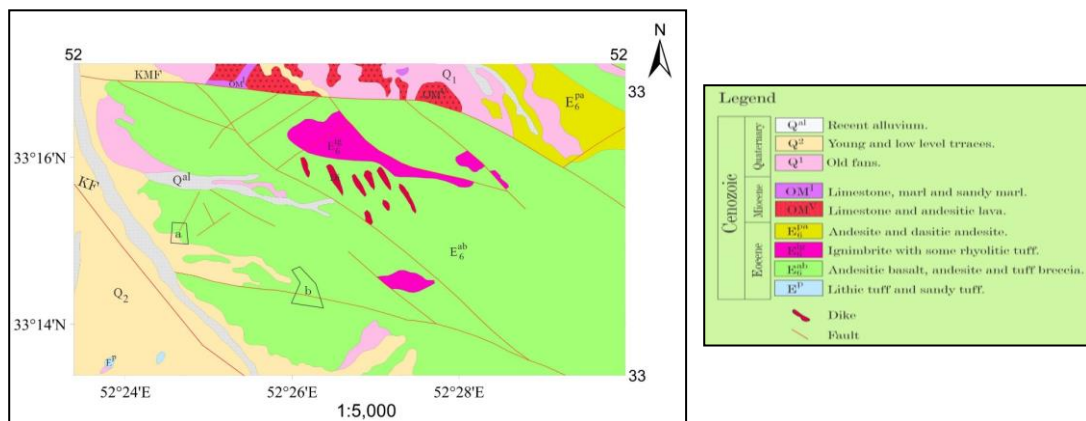
کانسار هندوآباد در ۱۲ کیلومتر جنوب شرق اردستان و در کمر بند ماگمایی ارومیه دختر واقع است. این کمان ماگمایی از توالی‌های عظیم آتشفشانی همراه با حجم متفاوتی از سنگ‌های درونی در طول حاشیه فعال جنوب پهنه ایران مرکزی تشکیل شده است [3,4]. این مجموعه شامل واحدهای سنگ‌شناسی مختلف از جمله دیوریت، گرانودیوریت، گابرو و گرانیت است. گدازه‌های بازالتی، تراکی‌بازالت‌ها، آندزیت، داسیت، ایگنیمبریت و آذرآوری‌ها (توف و آگلومرا) گسترش وسیعی در این کمر بند دارند [3]. قدیمی‌ترین سنگ‌های آذرین این کمر بند مجموعه‌های گرانیتی کالک‌آلکان شیرکوه است و جوان‌ترین سنگ‌های این کمر بند، شامل جریان‌های گدازه‌ای و آذرآوری‌ها هستند که مخروط‌های آتشفشانی پلیوسن _ کواترنری با ترکیب آلکان تا کالک آلکان را تشکیل می‌دهند [6,11].

در محدوده هندوآباد بیشتر رخنمون‌های سنگی شامل نهشته‌های آتشفشانی ائوسن و رخنمون‌های قابل توجهی از دایک‌ها است و دایک‌های ثانویه (بعد از ائوسن) این نهشته‌ها را قطع کرده‌اند. قدیمی‌ترین رخنمون‌های سنگی موجود در محدوده را نهشته‌های آتشفشانی بازالتی (E^{vbr_1}) تشکیل می‌دهند (شکل ۲: a,c). در محدوده مس‌دار هندوآباد این نهشته‌ها در صحرا ریخت‌شناسی نرم و گنبدی داشته و رنگ عمومی آن خاکستری تا خاکستری روشن است. در این محدوده حجم قابل توجهی از کانه‌زایی، دایک‌ها و سیستم‌های گسلی و شکستگی در این واحد برونزد دارند. این واحد در بخش‌های جنوبی محدوده مس - طلا در جنوب آبراهه گسلی با روند شرقی - غربی برونزد دارد. سنگ‌های خاکستری واحد E^{ba} با ترکیب بازالت متعلق به سن ائوسن هستند (شکل ۲: a,b). این واحد نیز همانند واحد E^{vbr_1} دربرگیرنده دایک‌های حاوی کانه‌زایی است و در هر دو محدوده مس‌دار و مس - طلا رخنمون دارند. بروی واحد E^{vbr_1} ، واحد آندزیتی E^{vbr_2} قرار گرفته است و در هر دو محدوده رخنمون دارد (شکل ۲: a). بر روی واحد برش‌صورتی و در زیر واحد آندزیتی صخره‌ساز، واحد تراکی‌بازالت E^t گرفته است. به سبب عملکرد گسل، این واحد در بخش‌هایی از منطقه دچار خردشدگی شده است. در محدوده مس‌دار هندوآباد واحد تراکی‌آندزیت E^{an} با ریخت‌شناسی صخره‌ساز، خط‌الرأس توپوگرافی‌های محدوده را تشکیل می‌دهد. در بین واحدهای تراکی‌بازالت و واحد آندزیتی در این منطقه، واحد توف E^{at} قرار دارد (شکل ۲: d). در بخش شمالی محدوده مس‌دار کانسار و در مرز گسل با واحد آندزیتی E^{an} ، واحد آندزیت - بازالت E^{ab} قرار گرفته است. میان‌لایه‌های نازک آندزیتی قرمز به صورت متناوب در این واحد نهشته شده‌اند. واحد E^{tr} با رنگ سبز تا خاکستری روشن در بخش شمال شرقی محدوده مس - طلا هندوآباد برونزد دارد. در محدوده مس‌دار هندوآباد دایک‌ها با روند شرقی - غربی، رنگ سبز تا سبز تیره شناسایی می‌شوند و در محدوده مس - طلا در واحد E^{vbr_2} مشاهده می‌شود (شکل ۴).

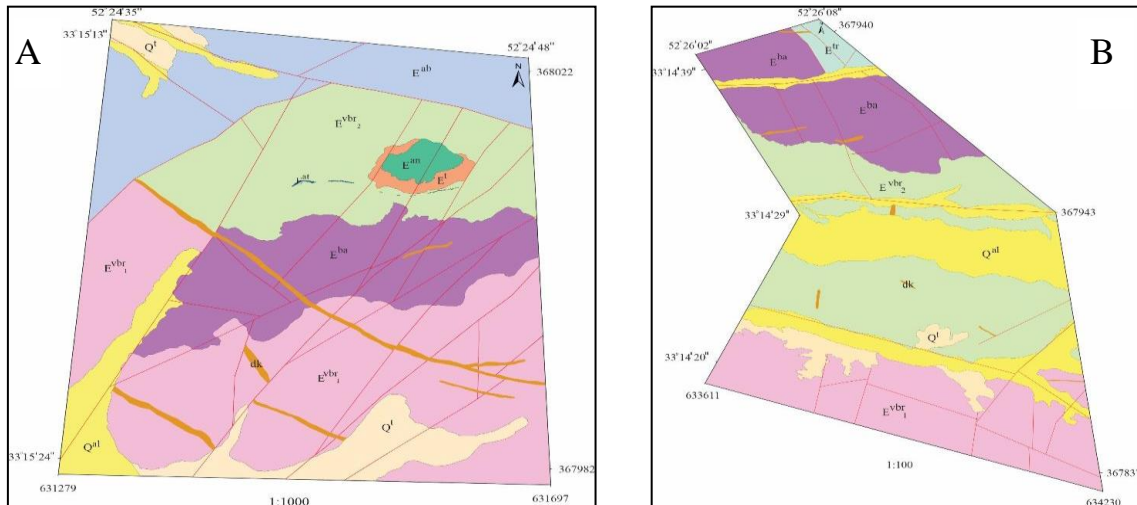
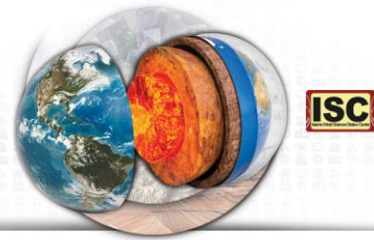
با توجه به شکستگی‌های منطقه می‌توان سه روند اصلی برای گسل‌های این کانسار در نظر گرفت: روند شمال شرق - جنوب غرب که بر روند زون اصلی کانه‌زایی منطبق است، روند شمال غرب - جنوب شرق که دایک‌های منطقه بر این روند منطبق است و از لحاظ کانه‌زایی اهمیت دارد و روند شرقی - غربی.



شکل ۲: (A) رخنمون واحدهای E^{vbr_1} , E^{ba} و E^{vbr_2} در محدوده مس دار، دید به سمت جنوب. (B) رخنمون واحدهای E^{tr} و E^{ba} در محدوده مس - طلا هندوآباد، دید به سمت شمال. (C) برونزد دایک در واحد E^{vbr_1} در محدوده مس - طلا هندوآباد، دید به سمت جنوب شرقی. (D) رخنمون واحد توف دگرسان شده E^{al} .



شکل ۳: نقشه زمین‌شناسی محدوده برگرفته از نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ اردستان، [2] (با تغییرات). (A) محدوده مس دار (B) محدوده مس - طلا



شکل ۴: نقشه زمین‌شناسی ناحیه هندوآباد. (A) نقشه زمین‌شناسی محدوده مس - طلا (B) نقشه زمین‌شناسی محدوده مس‌دار هندوآباد.

۴. کانه‌زایی و دگرسانی

کانه‌زایی در کانسار هندوآباد در دو بخش شرقی و غربی منطقه به صورت کانه‌زایی مس - طلا و کانه‌زایی مس رخ داده است. در محدوده شرقی کانسار (محدوده مس - طلا) کانه‌زایی به دو صورت درون‌زاد و برون‌زاد ایجاد شده است. کانه‌زایی مشاهده شده در این زون عمدتاً شامل کالکوسیت، گالن، پیریت، کالکوپیریت، بورنیت، کوولیت و دیژنیت به صورت درون‌زاد و کانه‌زایی مالاکیت، هماتیت، کریزوکلا، گوتیت و لیمونیت به صورت برون‌زاد می‌باشد (شکل ۶: c,d). در این محدوده گالن، کالکوسیت، کالکوپیریت، پیریت، کریزوکلا و مالاکیت بافت پرکننده فضای خالی و دانه پراکنده نشان می‌دهند و کالکوپیریت و بورنیت توسط دیژنیت و کوولیت جانشین می‌شوند. باریت، کوارتز، کلسیت، کلریت و اپیدوت از کانی‌های باطله این محدوده هستند. در این محدوده کانه‌زایی مس همراه با دگرسانی پروپیلیتیک و سیلیسی شدن است و کانه‌زایی طلا همراه با رگه‌های سیلیسی مشاهده می‌شود.

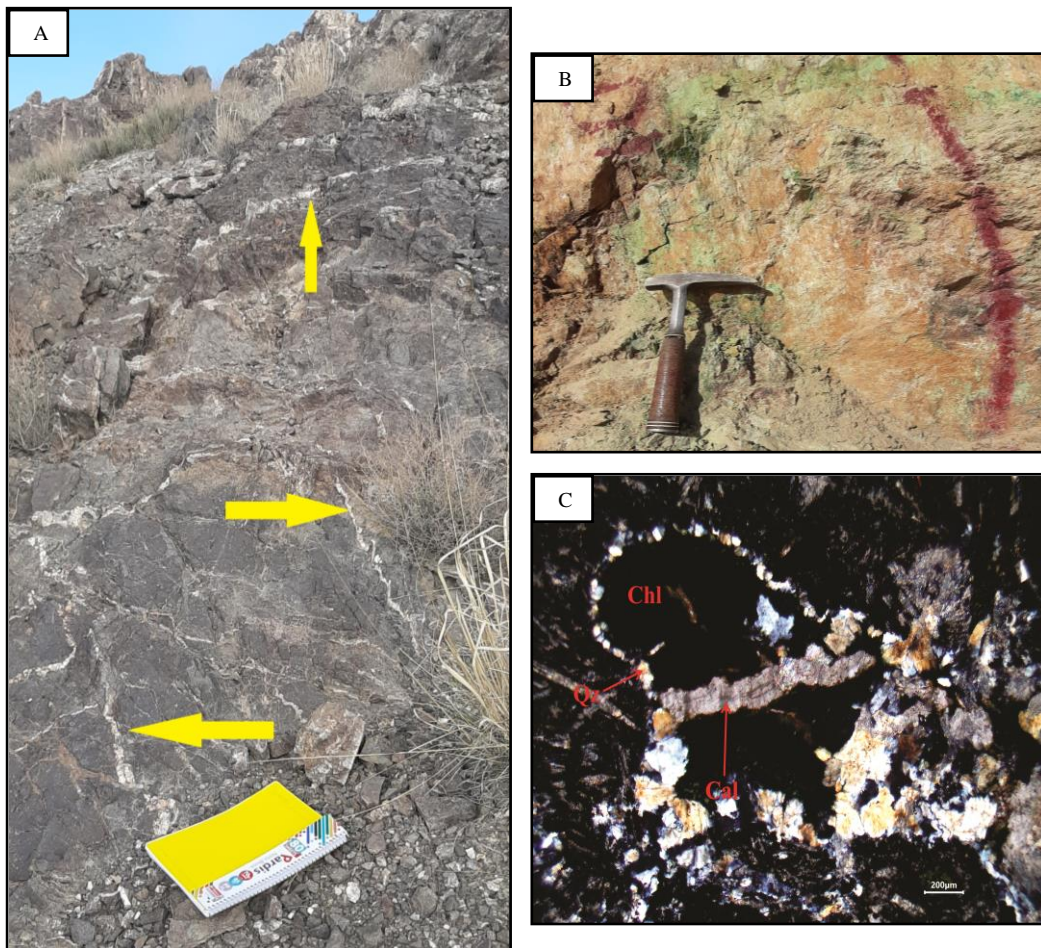
در محدوده غربی این کانسار (محدوده مس‌دار) کانه‌زایی با کانی‌های کالکوسیت، بورنیت، کوولیت، مالاکیت و کریزوکلا دیده می‌شود. کالکوسیت با بافت پرکننده فضاخالی، رگه و رگچه و به صورت جانشینی با بورنیت و کوولیت دیده می‌شود. در این محدوده کلسیت، کلریت، اپیدوت و کوارتز از کانی‌های باطله هستند (شکل ۷: a,b).



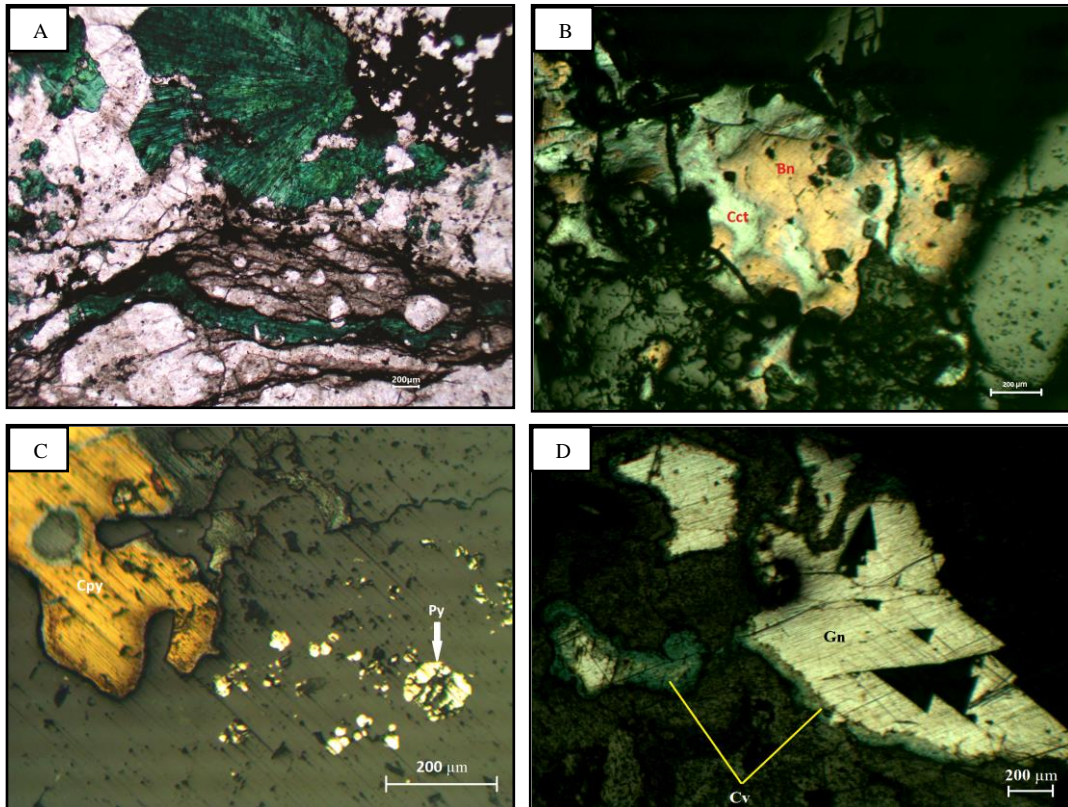
بر اساس شواهد صحرایی و مطالعات پتروگرافی دو نوع دگرسانی در کانسار هندوآباد گسترش دارند:

- دگرسانی پروپیلیتیک: در هر دو محدوده مس و مس - طلا دیده می‌شود و گسترش آن وسیع است.
 - دگرسانی سیلیسی: در محدوده مس - طلا هندوآباد دیده می‌شود و گسترش آن از دگرسانی پروپیلیتیک کمتر است.
- دگرسانی پروپیلیتیک در بسیاری از بخش‌های کانسار، همراه با کانه‌زایی مس دیده می‌شود. واحدهای آندزیتی و بازالتی ائوسن، میزبان اصلی این دگرسانی هستند که در اثر دگرسانی به رنگ خاکستری تیره تا سبز روشن دیده می‌شوند. این دگرسانی به صورت فراگیر، انتخابی و رگه - رگچه‌ای رخ داده است و با پاراژنز کانی‌شناسی اپیدوت، کلریت، سریسیت و کلسیت در محدوده مس - طلا و اپیدوت، پره‌نیت، کلریت، زئولیت، سریسیت، کائولینیت و کلسیت در محدوده مس‌دار شناسایی می‌شود. کوارتز نیز همراه با این دگرسانی مشاهده می‌شود (شکل ۵: b,c).

سیلیسی شدن فقط در محدوده مس - طلا کانسار هندوآباد ایجاد شده است. در این محدوده سیلیسی شدن به صورت رگه - رگچه و با وسعت زیاد رخ داده است. این رگه‌ها به صورت رگه‌های سیلیسی بارور با کانه‌زایی مس و طلا و رگه‌های سیلیسی بی‌بار در منطقه رخنمون دارند. کوارتز با بافت شانه‌ای از اصلی‌ترین کانی‌های این دگرسانی است (شکل ۵: a).



شکل ۵: (A) تصویر صحرایی گسترش دگرسانی سیلیسی به صورت رگچه در محدوده مس - طلا (B) تصویر صحرایی دگرسانی پروپیلیتیک در محدوده مس‌دار. (C) تصویر میکروسکوپی دگرسانی پروپیلیتیک در محدوده مس - طلا



شکل ۶: (A) تصویر میکروسکوپی ملاکیت به صورت شکافه پرکن در محدوده مس‌دار هندوآباد، (B) تصویر میکروسکوپی کالکوسیت و بورنیت به صورت جانشینی در محدوده مس‌دار هندوآباد، (C) تصویر میکروسکوپی از پیریت و کالکوپیریت در محدوده مس - طلا هندوآباد، (D) گالن و کوولیت به صورت جانشینی در محدوده مس - طلا هندوآباد.

۵. زمین‌شیمی کانسنگ

برای ارزیابی همبستگی‌های ژئوشیمی میان عناصر در هر دو محدوده کانه‌زایی، از تابع ضریب همبستگی پیرسون استفاده شده است و نتایج محاسبات به صورت ماتریس ضرایب همبستگی در (جدول ۱ و ۲) ارائه شده است. با توجه به (جدول ۱) و مشاهدات صحرایی در محدوده مس - طلا، عناصر طلا و نقره، نقره و مس، نقره و گوگرد، کبالت و کروم، کبالت و آهن، کبالت و منیزیم، کبالت و منگنز، کبالت و نیکل، کبالت و گوگرد، کبالت و روی، کروم و آهن، کروم و منیزیم، کروم و گوگرد، کروم و روی، مس و گوگرد، آهن و منیزیم، آهن و منگنز، آهن و نیکل، آهن و روی، منیزیم و منگنز، منیزیم و نیکل، منیزیم و روی، منگنز و نیکل، منگنز و روی، مولیبدن و سرب، نیکل و روی همبستگی مثبت قوی نشان داده‌اند. همچنین یک همبستگی مثبت متوسط بین عناصر طلا و مولیبدن، نقره و سرب، کروم و مس، کروم و منگنز، مس و آهن، مس و روی، آهن و گوگرد، نیکل و گوگرد، و گوگرد و روی وجود دارد. عناصر آرسنیک و مولیبدن و منگنز و مولیبدن همبستگی منفی متوسطی نشان می‌دهند.

در محدوده مس‌دار، همبستگی قوی مثبت عناصر نقره و مس، کروم و نیکل، مس و گوگرد، و منگنز و روی دیده می‌شود و یک همبستگی مثبت متوسط بین عناصر نقره و گوگرد، کبالت و نیکل، مس و روی، آهن و سدیم و گوگرد و روی وجود دارد، همچنین یک همبستگی منفی متوسط هم بین عناصر مس و آرسنیک دیده می‌شود. همبستگی مثبت مس، روی و نقره ممکن است مرتبط با منشأ گرمایی کانه‌زایی باشد [10]. همبستگی مثبت بین گوگرد و مس در این محدوده نشان دهنده نقش کمپلکس‌های بی‌سولفیدی در انتقال مس است. در صورت فعالیت زیاد گوگرد در محلول، شیوه انتقال عناصر به صورت سولفیدی بوده که منجر به پیدایش کانی‌های سولفیدی در فاز جامد می‌شود (جدول ۲).



جدول ۱: ماتریس همبستگی مس و طلا در محدوده مس - طلا کانسار هندوآباد.

	Au	Ag	As	Co	Cr	Cu	Fe	Mg	Mn	Mo	Ni	Pb	S	Zn
Au	1.000													
Ag	.654**	1.000												
As	-.510*	-0.328	1.000											
Co	0.139	0.292	-0.191	1.000										
Cr	0.003	0.289	-0.195	.828**	1.000									
Cu	0.396	.686**	-0.174	0.408	.480*	1.000								
Fe	-0.015	0.272	0.071	.879**	.817**	.509*	1.000							
Mg	-0.115	0.068	0.070	.780**	.821**	0.221	.821**	1.000						
Mn	-0.126	0.088	0.264	.657**	.584**	0.426	.840**	.672**	1.000					
Mo	.489*	0.405	-.524*	-0.014	-0.026	-0.014	-0.204	-0.133	-.507*	1.000				
Ni	-0.031	0.102	-0.051	.917**	.844**	0.338	.922**	.911**	.757**	-	0.128	1.000		
Pb	.523*	.498*	-0.437	0.358	0.177	0.018	0.087	0.091	-0.261	.824**	0.152	1.000		
S	0.441	.809**	-0.367	.652**	.689**	.789**	.605**	0.382	0.312	0.281	.470*	0.447	1.000	
Zn	0.142	0.340	-0.074	.916**	.840**	.500*	.942**	.839**	.763**	-	.912**	0.205	.636**	1.000

جدول ۲: ماتریس همبستگی مس با سایر عناصر در محدوده مس دار کانسار هندوآباد.

	Ag	As	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Mo	Na	Ni	Pb	S	Zn
Ag	1.000												
As	-.378**	1.000											
Co	0.150	-0.005	1.000										
Cr	0.014	0.143	.258*	1.000									
Cu	.798**	-.484**	-0.183	0.046	1.000								
Fe	-0.108	-0.125	0.110	0.108	0.126	1.000							
Mn	.266*	-.263*	.298*	0.094	0.214	.283*	1.000						
Mo	0.141	.333**	0.199	0.020	-0.180	-.298*	-0.136	1.000					
Na	0.010	-.436**	-0.043	-0.096	.307*	.478**	0.177	-.395**	1.000				
Ni	0.011	0.242	.541**	.802**	-0.173	-0.083	0.004	0.187	-0.242	1.000			
Pb	.320*	0.219	-0.058	0.036	0.137	-.321*	-.381**	.413**	-.485**	0.151	1.000		
S	.554**	-0.215	-.306*	0.176	.797**	0.137	0.237	-0.117	.326*	-0.125	-0.036	1.000	
Zn	.379**	-0.186	.300*	0.226	.451**	.439**	.650**	-0.136	.378**	0.096	-.406**	.490**	1.000



۶. مراحل کانه‌زایی

در محدوده مس - طلا هندوآباد کانه‌زایی اولیه درون سنگ میزبان با حضور پیریت و کالکوپیریت‌های اولیه شناسایی می‌شود، سپس با گسترش دگرسانی پروپیلیتیک و حضور کانی‌های اپیدوت، کلریت، کلسیت و کوارتز مرحله اصلی کانه‌زایی شروع می‌شود. در این مرحله کانی‌های پیریت و کالکوپیریت ثانویه، کالکوسیت، بورنیت، کولیت و دیژنیت تشکیل می‌شوند. مرحله آخر با حضور فراوان کوارتز و باریت به صورت توده‌ای، رگه و رگچه‌ای و در مواردی کوارتز با بافت شانه‌ای و تشکیل گالن مشخص می‌شود. آخرین مرحله تکوین کانه‌زایی در این محدوده مرحله سوپرزین است که اکسیداسیون کانسنگ در اثر واکنش و انحلال با آب‌های جوی اتفاق می‌افتد. این مرحله از کانه‌زایی با اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن مشخص می‌شود. بخش سطحی و هوازده با کانی‌های مالاکیت، هماتیت، گوتیت و اکسیدهای منگنز مشخص می‌شود.

در محدوده مس‌دار هندوآباد، مرحله ابتدایی کانه‌زایی با تشکیل سنگ میزبان و با حضور کالکوسیت‌های اولیه مشخص می‌شود. پس از آن دو محلول ماگمایی غنی از Fe و Ca وارد محیط شده و کانی‌های اپیدوت و کلریت ایجاد می‌شوند و دگرسانی پروپیلیتیک گسترش می‌یابد. با جانشین شدن مس به جای آهن، سولفیدهای کالکوسیت و بورنیت تشکیل می‌شوند. با آزاد شدن آهن، در کنار سولفیدهای مس اسپکیولاریت و هماتیت تشکیل می‌شود. حضور هماتیت در کنار کالکوسیت نشان دهنده درونزاد بودن هماتیت است و بیانگر فوگاسیته بالای اکسیرن است [7,8]. مرحله نهایی کانه‌زایی با تشکیل کربنات‌های مس منطقه مشخص می‌شود.

۷. نتیجه‌گیری

بر مبنای ویژگی‌های کانی‌شناسی و دگرسانی، سنگ درونگیر، سنگ میزبان و شکل ذخیره، رده‌بندی‌های متفاوتی برای کنسارهای اپی‌ترمال انجام شده است. در بیشتر مقالاتی که با موضوع کنسارهای اپی‌ترمال ارائه شده‌است، رده‌بندی بر اساس انواع سولفیداسیون پایین، حدواسط و بالا مورد استناد قرار گرفته. این رده‌بندی به طور اولیه بر حالت سولفیداسیون کانه‌ها تمرکز دارد. کنسارهای سولفیداسیون بالا از سیالات اسیدی نسبتاً اکسیدان تشکیل می‌شوند و کنسارهای سولفیداسیون پایین که در محیط‌های ژئوترمال تشکیل می‌شوند، از سیالات با pH نزدیک به خنثی و فوگاسیته احیا و شوری پایین تشکیل می‌شوند [12,13].

در محدوده مس - طلا، سنگ میزبان سنگ‌های آندزیت و آندزی بازالت است که تحت تأثیر دگرسانی سیلیسی و پروپیلیتیک (کلریتی و اپیدوتی) قرار گرفته‌اند. مهم‌ترین کانی‌های باطله در این محدوده کوارتز، باریت و کلسیت است که با بافت‌های پرکننده فضای خالی، شانه‌ای دیده می‌شود و به صورت رگه‌ای تشکیل شده‌اند.

سنگ میزبان محدوده مس‌دار هندوآباد سنگ‌های آتشفشانی آندزیتی و بازالتی است که تحت تأثیر دگرسانی پروپیلیتیک قرار گرفته و اپیدوت، کلریت، سربسیت و کلسیت در اثر این دگرسانی به وجود آمده‌اند. مهم‌ترین کانی‌های محدوده مس‌دار هندوآباد، کالکوسیت، بورنیت، کولیت، مالاکیت و کریزوکلا است.

با توجه به مطالعات صحرایی، کانی‌شناسی، ساخت و بافت، شکل کانی‌سازی، دگرسانی، ژئوشیمی، کنسار هندوآباد بیشترین شباهت را به ذخایر رگه‌ای اپی‌ترمال سولفیداسیون پایین نشان می‌دهد (جدول ۳).



جدول ۳: مقایسه کانسار هندوآباد با کانسارهای اپی ترمال سولفیداسیون پایین.

ویژگی‌های کانه‌زایی	کانسارهای اپی ترمال سولفیداسیون پایین	محدوده مس – طلا هندوآباد	محدوده مس دار هندوآباد
جایگاه زمین‌ساختی	محیط‌های کششی قاره‌ای، جزایز کمانی، محیط‌های کششی پشت کمان و محیط‌های کششی پس از برخورد	محیط فرورانش کمان ماگمایی ارومیه - دختر	محیط فرورانش کمان ماگمایی ارومیه - دختر
سنگ میزبان	سنگ‌های آتشفشانی و واحدهای رسوبی	سنگ‌های آتشفشانی آندزیت - بازالت	سنگ‌های آتشفشانی آندزیتی و بازالتی
کانه‌ها	آکانتیت، سولفوسالت نقره، اسفالریت، گالن، تنتانیت و کالکوپیریت	پیریت، کالکوپیریت، بورنیت، کولیت، کالکوسیت، گالن و دیژنیت	کالکوسیت، بورنیت، کولیت، مالاکیت و کریزوکلا
شکل کانسار	رگه‌ای، استوک‌ورک، برشی و دانه پراکنده	رگه‌ای و دانه پراکنده	رگه‌ای
کانی‌های باطله	کوارتز، کلسدونی، کلسیت، آدولاریا و کلریت	کوارتز، اپیدوت، کلریت، کلسیت و باریت	اپیدوت، کلریت، کوارتز، کلسیت
بافت کانی‌ها	کلوفر، کواد، شانهای و جانشین	جانشینی، رگه‌ای، پرکننده فضاهای خالی، دانه پراکنده، شانهای، خوردگی	جانشینی، پرکننده فضای خالی، دانه پراکنده و رگه - رگجهای
دگرسانی	ایلیت، آدولاریا و کوارتز	پروپیلیتیک و سیلیسی	پروپیلیتیک
منابع	Sillitoe and Hedenquist, 2003	پژوهش حاضر	پژوهش حاضر

منابع

- آقاباتی، س. ع. (۱۳۸۵). زمین‌شناسی ایران، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۵۸۶ ص.
- رادفر، ج. امینی چهرق، م. (۱۳۷۸). نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ ورقه اردستان، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی.
- Alavi, M. (1994). Tectonics of the Zagros orogenic belt of Iran: new data and interpretations. *Tectonophysics*, 229(3-4), 211-238.
- Alavi, M. (2004). Regional stratigraphy of the Zagros fold-thrust belt of Iran and its proforeland evolution. *American journal of Science*, 304(1), 1-20.
- Aminoroayaei Yamini, M., Tutti, F., Haschke, M., Ahmadian, J., & Murata, M. (2017). Synorogenic copper mineralization during the Alpine-Himalayan orogeny in the Zafarghand copper exploration district, Central Iran: petrography, geochemistry and alteration thermometry. *Geological Journal*, 52(2), 263-281.
- Berberian, F., & Berberian, M. J. Z. H. K. H. G. E. (1981). Tectono-plutonic episodes in Iran. *Zagros Hindu Kush Himalaya Geodynamic Evolution*, 3, 5-32.
- Boric, R. (2002). The Geology of the El Soldado manto type Cu-Fe-S deposit, Central Chile. *Hydrothermal iron oxide copper-gold & related deposits: a global perspective*, 2, 163-184.
- Cook, N. J., Ciobanu, C. L., Danyushevsky, L. V., & Gilbert, S. (2011). Minor and trace elements in bornite and associated Cu-(Fe)-sulfides: A LA-ICP-MS study Bornite mineral chemistry. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 75(21), 6473-6496.



9. Harati, H., Khakzad, A., Omran, N. R., Afzal, P., Hosseini, M., & Harati, S. (2013). Identifying hydrothermal alteration: geochemical particulars based on litho-geochemical data from the Kahang Cu porphyry deposit, Central Iran. *Iranian Journal of Earth Sciences*, 5(1), 1-12.
10. Naslund, H. R. (2002). Magmatic iron ores and associated mineralisation: examples from the Chilean High Andes and Coastal Cordillera. *Hydrothermal iron oxide copper-gold and related deposits: A global perspective 2*, 207-226.
11. Sarjoughian, F., & Kananian, A. (2017). Zircon U-Pb geochronology and emplacement history of intrusive rocks in the Ardestan section, central Iran. *Geologica acta*, 15(1), 25-X.
12. Sillitoe, R. H., & Hedenquist, J. W. (2003). Linkages between volcanotectonic settings, ore-fluid compositions, and epithermal precious metal deposits. *Special Publication-Society of Economic Geologists*, 10, 315-343.
13. Simmons, S. F. (2005). Geological characteristics of epithermal precious and base metal deposits. 100th anniversary volume, 485-522.
14. Whitney, D. L., & Evans, B. W. (2010). Abbreviations for names of rock-forming minerals. *American mineralogist*, 95(1), 185-187.
15. Zarasvandi, A., Rezaei, M., Raith, J., Lentz, D., Azimzadeh, A. M., & Pourkaseb, H. (2015). Geochemistry and fluid characteristics of the Dalli porphyry Cu–Au deposit, Central Iran. *Journal of Asian Earth Sciences*, 111, 175-191.