

رخداد کانی‌های سولفوسالتی جدید و نادر در کانسار باریکا، شرق سردشت

حسینعلی تاج‌الدین^{*}، ابراهیم راستاد

گروه زمین‌شناسی اقتصادی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

(دریافت مقاله: ۹۹/۷/۱۲، نسخه نهایی: ۹۹/۱۰/۱۰)

چکیده: کانسار سولفید توده‌ای آتشفسان‌زاد باریکا، در ۱۸ کیلومتری شرق شهرستان سردشت و در شمال شرق پهنه دگرگونه سندج-سیرجان قرار دارد. واحدهای سنگی رخنمون یافته در کانسار باریکا مجموعه‌ای از سنگ‌های آتشفسان-رسوبی شامل فیلیت، اسلیت، آندزیت و توفیت‌های کرتاسه هستند که در رخساره شیست سبز دگرگون شده‌اند. کانسار باریکا، که تنها نمونه شناخته شده از کانسارهای سولفید توده‌ای آتشفسان‌زاد غنی از طلا در ایران است، از نظر کانی‌شناسی تنوع بسیاری دارد و از پیریت، اسفالریت، گالن، استیب‌نیت، الکتروم و مجموعه‌ای از سولفوسالت‌های با ترکیب پیچیده تشکیل شده است. باریکائیت، فردوسی‌ایت و آرسن‌کوانترودیت از جمله کانی‌های سولفوسالتی غنی از نقره هستند که برای نخستین بار در کانسار باریکا شناسایی شده و تاکنون رخداد آنها در هیچ نقطه دیگر از دنیا گزارش نشده است. گتاریدت نیز از جمله کانی‌های نادر سولفوسالتی است، که براساس نمونه‌های کانسار باریکا، ساختار کانی‌شناسی آن تعیین گردید. کانسار باریکا با دارا بودن کانی‌های سولفوسالتی نادر، زمینه مناسبی برای پژوهش‌های کانی‌شناسی و بلوژنانی فراهم آورده است.

واژه‌های کلیدی: کانسار باریکا، سولفید توده‌ای، کانی‌های سولفوسالتی، سردشت.

درجه اول طلا در این ورقه معروفی شد. ادامه اکتشافات، که توسط سازمان زمین‌شناسی و بی‌جوبی معدنی کشور در ورقه آلت به اجرا درآمد، به معروفی کانسار باریکا، به عنوان یک ذخیره باریت با تمرکز قابل توجهی از طلا و نقره، منجر گردید [۱۲]. در آن گزارش، عیار طلا در بخش‌های مختلف از کانستنگ‌های باریتی و سولفیدی برداشت شده از معدن، تا ۵۵ گرم در تن بیان شده است. بر پایه بررسی‌های انجام شده توسط یارمحمدی و همکاران [۱۳، ۱۴]، تاج‌الدین [۱۵] و تاج‌الدین و همکاران [۱۶]، کانسار باریکا یک کانسار سولفید توده‌ای غنی از طلاست که در اثر فرایندهای زمین ساختی و قرار داشتن در پهنه برشی، بشدت دگرشکل شده است. آن پژوهشگران، کانسار طلای باریکا را با ذخائر غنی از طلای Au-Zn-Pb-Ag معرفی شده توسط لارچ و همکاران [۱۷] و هیوستون [۱۸] و چند ذخیره نوع کروکو با سن میوسن در

مقدمه

از میان حدود ۵۵۰۰ کانی شناخته شده در جهان [۱] و تا سال ۲۰۱۳، تنها ۷ کانی سئلیت [۲]، تالمسیت [۳]، پرتلیکیت [۴]، متاولوتین [۵]، خادمیت [۶]، ایرانیت [۷] و دلیرانیت [۸] برای نخستین بار در ایران شناسایی و معرفی شدند. در سال‌های ۲۰۱۴ و ۲۰۱۳، سه کانی دیگر به نام‌های باریکاییت [۹]، فردوسی‌ایت و آرسن‌کوانترودیت [۱۰]، در کانسار باریکا شناسایی و به این مجموعه اضافه شدند و تعداد کانی‌های ایرانی به ۱۰ عدد رسید.

کانسار باریکا، که تنها نمونه شناخته شده از کانسارهای نوع سولفید توده‌ای غنی از طلا (و نقره) در ایران است، در ۱۸ کیلومتری شرق شهرستان سردشت قرار دارد (شکل ۱). در گزارش اکتشافات زمین شیمیائی ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ آلت [۱۱]، کانسار باریکا، به عنوان یکی از محدوده‌های با بی‌هنگاری

*نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۱۲۵۱۷۸۲۱۵، نمبر: ۰۲۱۸۸۲۴۷۶۰، پست الکترونیکی: h.tajeddin@modares.ac.ir

خاستگاه‌های کم نظیر کانی‌های سولفوسالتی نادر را معرفی نماید و زمینه مناسبی برای پژوهش‌های مشابه و غنای گنجینه کانی‌شناسی کشور فراهم آورد.

زمین‌شناسی

کانسار باریکا در شمال‌غرب پهنه سندج-سیرجان (شکل ۱) و در زیرپهنه حاشیه‌ای آن [۲۰] قرار دارد. عزیزی و جهانگیری [۲۱] و عزیزی و معین‌وزیری [۲۲] سنگ‌های آتشفسانی رخنمون یافته در شمال‌غرب پهنه سندج-سیرجان را به جزایر قوسی و یا حاشیه‌های فعال قاره‌ای با ماهیت آهکی قلیایی، که در زمان کرتاسه میانی-پسین تشکیل شدند، نسبت داده‌اند.

حوضه هوکوروکو (Hokuroko Basin) ژاپن قابل مقایسه دانسته‌اند.

ازفون بر اینکه کانسار باریکا تنها کانسار سولفید توده‌ای غنی از طلای کشور است، این کانسار خاستگاه تنوع قابل توجهی از کانی‌های سولفوسالتی با ترکیب پیچیده است [۱۶]. شناسایی و معرفی سه کانی جدید در کانسار باریکا [۱۰، ۹]، این کانسار را از موقعیت‌های زمین‌شناسی کم نظیر در دنیا به شمار می‌آورد که در آن بیش از یک کانی جدید شناخته شده است [۱۹]. در این پژوهش، ویژگی‌های کانی‌شناسی سولفوسالت‌های موجود در کانسار باریکا، با تأکید بر سه کانی باریکاییت، فردوسی‌ایت و آرسن‌کواترودیت بررسی شده‌اند. امید است که نتایج ارائه شده بتواند برخی از جنبه‌های کانی‌شناسی کانسار باریکا، به عنوان یکی از



شکل ۱ موقعیت کانسار باریکا در پهنه سندج-سیرجان. کانسار باریکا، که با ستاره سفید رنگ نشان داده شده است، در همراهی با سنگ‌های آتشفسانی (کرتاسه) رخ داده است.

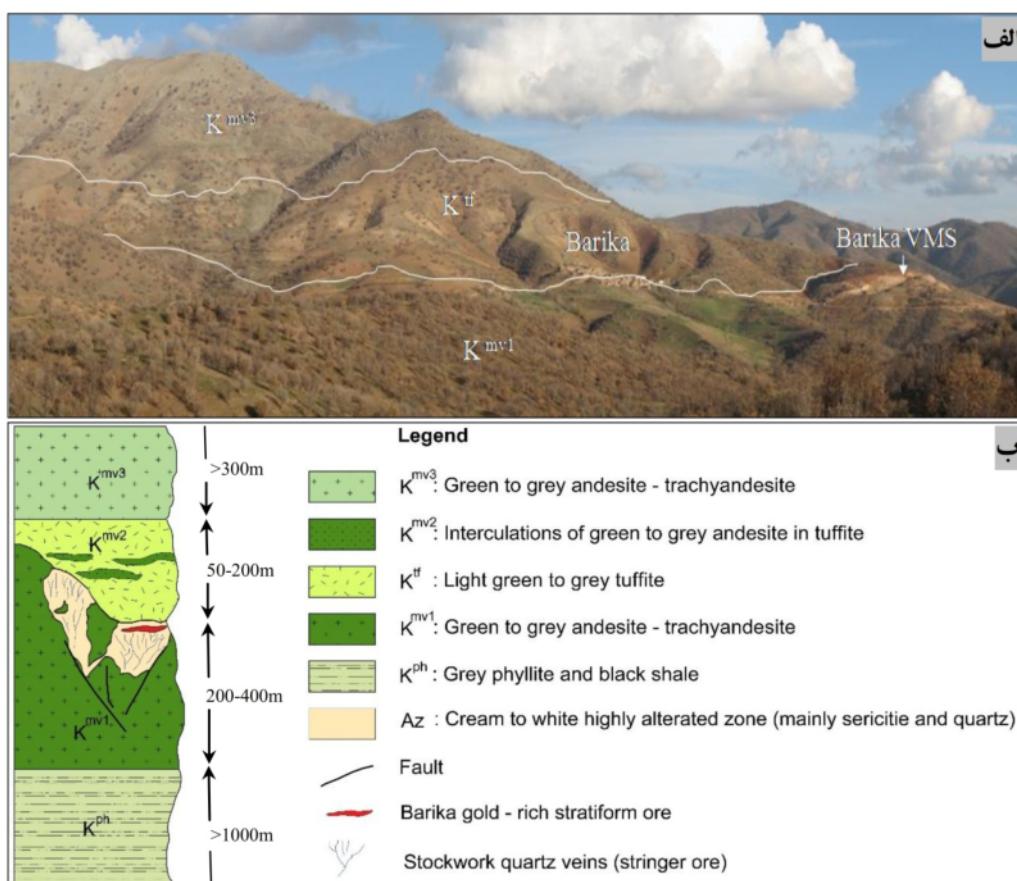
آندرزیتی تشکیل شده است. محدوده باریکا، مانند دیگر بخش‌های سنندج-سیرجان، در اثر فازهای متعدد کوهزایی، که مهمنترین آنها فاز کوهزایی آپین است، در رخساره شیست سبز دگرگون شده و دستخوش دگرشکلی‌های چندمرحله‌ای شده است. عملکرد مراحل مختلف دگرشکلی‌ها به ایجاد برگوارگی، خطوارگی، چین خوردگی و گسل خوردگی‌های مختلف در سنگ‌های منطقه مورد بررسی منجر شده است.

کانی‌سازی

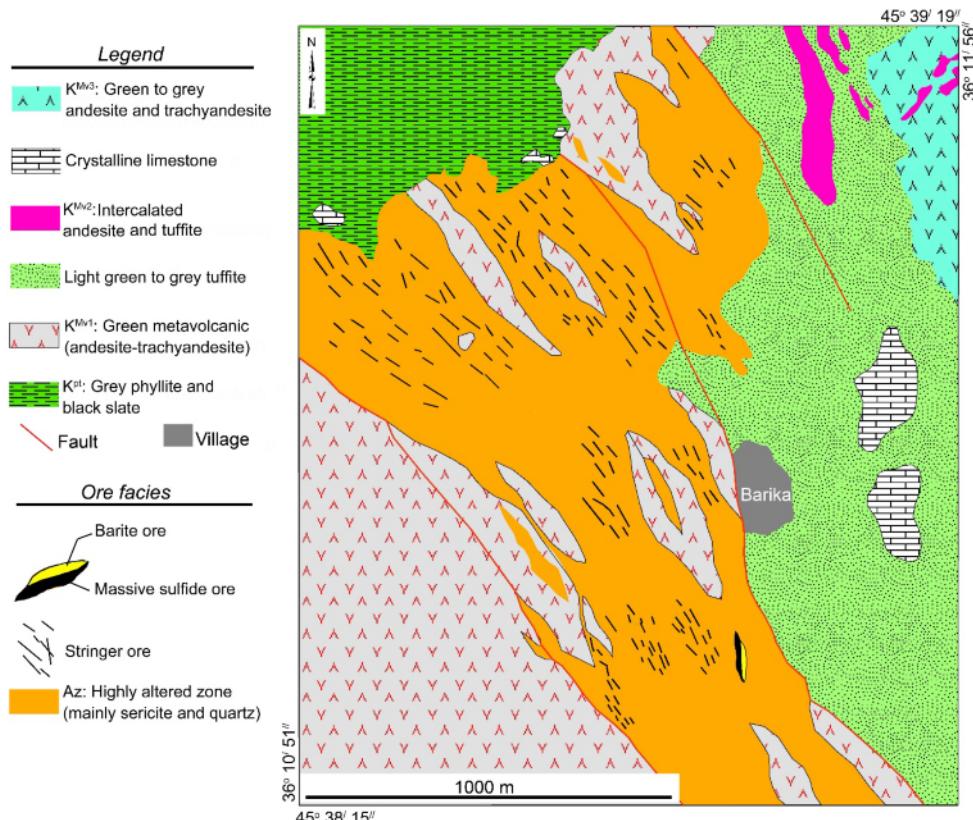
کانسار باریکا، یک کانسار سولفید توده‌ای غنی از طلا (و نقره) است که از دو بخش کانسنگ چینه‌سان و کانسنگ رگه‌ای (پهنه رگه-رگه‌ای) تشکیل شده است. سنگ میزبان این کانسار واحد گذاره آندزیتی (K^{mv1}) بوده که در رخساره شیست سبز دگرگون شده است. از نظر چینه‌نگاری، بخش چینه‌سان کانسار باریکا در بخش بالایی واحد K^{mv1} و نزدیک به قاعده واحد توفیتی (K^{tf}) قرار دارد (شکل‌های ۲ و ۳).

واحدهای سنگی رخنمون یافته در محدوده باریکا مجموعه‌ای از سنگ‌های آتشفسانی-رسوبی زیردریایی دگرگون شده با سن کرتاسه، شامل آتشفسانی با ترکیب آندزیت، تراکی آندزیت، توفیت، فیلیت و اسلیت هستند که در رخساره شیست سبز دگرگون شده‌اند. براساس پیمایش‌های انجام شده، این توالی از نهشت‌های، با ستبرای حدود ۱۵۰۰ متر، از قدیم به جدید از واحدهای زیر تشکیل شده‌اند (شکل‌های ۲ و ۳).

(۱) واحد K^{ph} شامل اسلیت و فیلیت با میان‌لایه‌های از آهک دگرگون شده، لای سنگ و ماسه‌سنگ است. (۲) واحد K^{mv1} از گذازهای با ترکیب غالب آندزیت و کمتر تراکی آندزیت و آندزیلاتیت تشکیل شده است. این واحد میزبان کانسار باریکاست و هر دو بخش کانسنگ چینه‌سان و پهنه رگه-رگه‌ای را دربر دارد. (۳) واحد K^{tf} توف زیردریایی (توفیت) با گدازهای از آهک دگرگون شده، اسلیت، ماسه‌سنگ و گدازهای آندزیتی (واحد K^{mv2}) است. (۴) واحد K^{mv3} مشابه گدازهای گدازهای K^{mv1} و K^{mv2} ، از گدازهای با ترکیب



شکل ۲ (الف) نمایی از توالی واحدهای سنگی در منطقه معدنی باریکا. کانسار باریکا در واحد گدازهای (K^{mv1}) و در زیر واحد توفیتی (K^{tf}) قرار دارد. (ب) توالی چینه‌ای سنگ‌های کرتاسه در منطقه باریکا [۱۵].



شکل ۳ نقشه زمین‌شناسی منطقه باریکا [۱۵].

بیش از یک میلیون و ۵۰۰ هزار تن کانسنگ نقره با عیار متوسط ۱۰۲ گرم در تن برآورد شده است (شرکت معدن طلای گلدیس سردشت، ۱۳۸۷). عیار مجموع فلزات پایه در بخش‌های مختلف کانسار باریکا همواره کمتر از ۱ درصد است [۱۵].

پهنه رگه-رگچه‌ای: این بخش از کانسار در گستره‌ای به طول بیش از ۳ کیلومتر و پهنای ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ متر با راستای شمال-شمال‌غرب، جنوب-جنوب شرق، در کمرپایین کانسنگ چینه‌سان باریکا رخ داده است (شکل ۳). پهنه رگه-رگچه‌ای از رگه-رگچه‌های کوارتزی سولفیدی-طلدار با ساخته داربستی و متآندزیت‌های میزبان، که با دگرسانی کوارتز-سریسیت-ایلیت-سولفید همراه هستند، تشکیل شده است. رگه و رگچه‌های کوارتزی پهنه رگه-رگچه‌ای، در طول‌های چند سانتی‌متر تا ده‌ها متر و با ستبراهای کمتر از میلی‌متر تا ۱ متر رخنمون دارند. مقادیر متوسط طلا و نقره در رگه‌های کوارتزی این پهنه به ترتیب ۰۰۴۸ و ۲۱ گرم در تن و مقدار مجموع فلزات پایه کمتر از ۱ درصد اندازه‌گیری شده است.

کانسنگ چینه‌سان: بخش چینه‌سان کانسار ویژگی‌های بخش کانسنگ سیاه از کانسارهای نوع کوروکو [۲۴، ۲۳] را نشان می-دهد [۱۶، ۱۵] و شامل کانسنگ‌های سولفیدی و باریت توده‌ای-نوواری همراه با بخش‌های فرعی از نواههای سیلیسی است که در مجموع با طول ۱۵۰ متر و ضخامت ۱ تا ۲۰ متر رخنمون دارند (شکل‌های ۳ و ۴). هندسه این بخش از کانسار به صورت یک عدسی در راستای N20-35W و با شیب ۴۵ تا ۷۰ درجه به سوی شمال شرق است.

بر پایه بررسی‌های سنگنگاری و داده‌های ریزپردازش الکترونی، کانه‌های تشکیل دهنده در بخش کانسنگ چینه‌سان کانسار باریکا تنوع بسیاری دارند (جدول ۱ و شکل‌های ۵ تا ۷) و شامل پیریت، اسفالریت، گالن، استیبنیت، الکتروم، مجموعه‌ای از کانه‌های سولفوسالتی، مالاکیت، آزوریت و کوولیت هستند. باریت، کوارتز، سریسیت-مسکوویت و کلریت مهم‌ترین کانی‌های غیر فلزی کانسنگ را تشکیل داده‌اند.

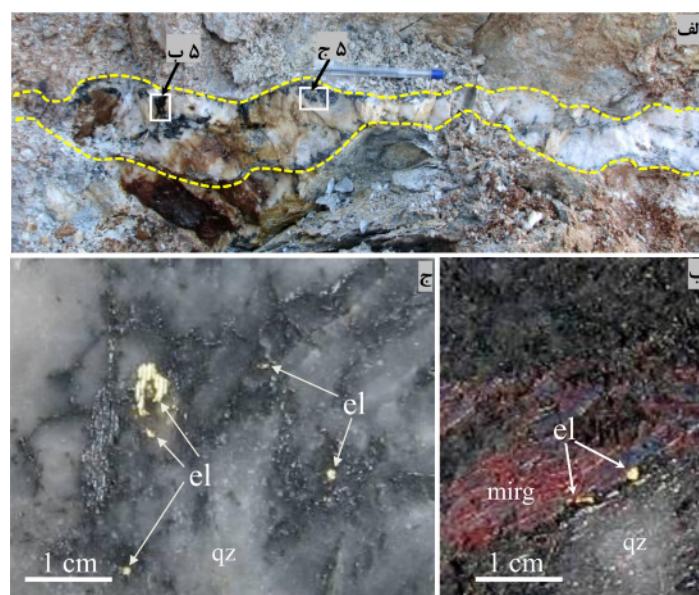
مقدار ذخیره فلزات گرانبهای در بخش کانسنگ چینه‌سان، که بخش عمده ذخائر طلا و نقره کانسار را دربردارد، بیش از ۷۷۰ هزار تن کانسنگ با عیار متوسط ۱/۸ گرم در تن طلا و



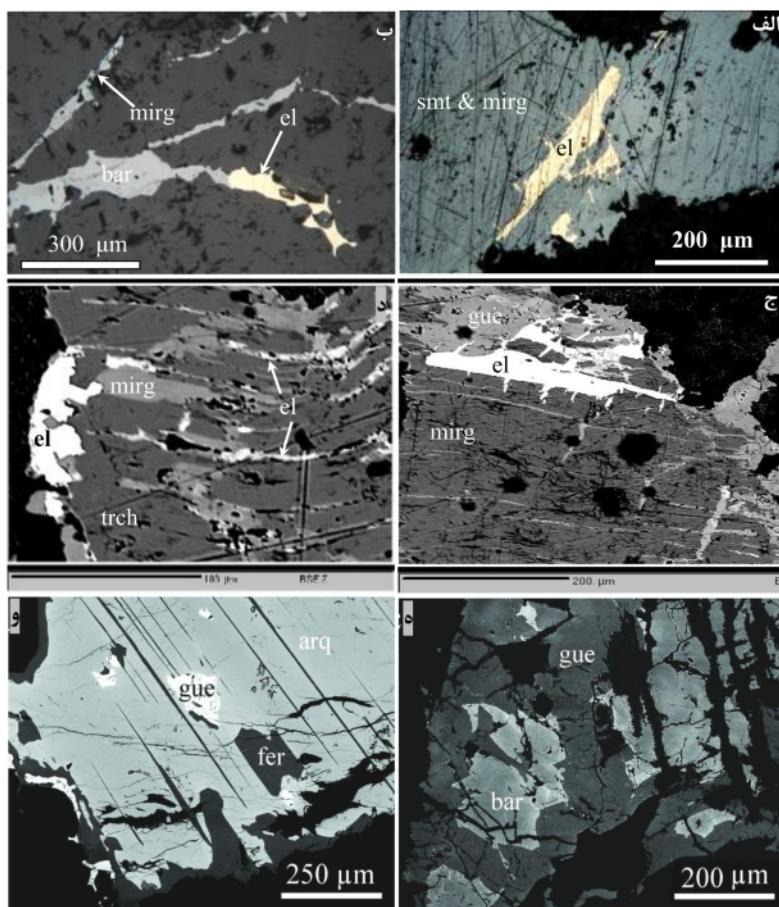
شکل ۴ نمایی از زمین‌شناسی، هندسه و اندازه کانسنگ‌های باریتی و سولفیدی در بخش چینه‌سان کانسار باریکا. در این تصویر کانسنگ‌های سولفیدی و باریتی در واحد متا‌آندزیتی (واحد K^{mv1}) رخ داده‌اند.

جدول ۱ مقدار متوسط عناصر در کانی‌های سولفوسالتی کانسار باریکا (بر حسب به درصد).

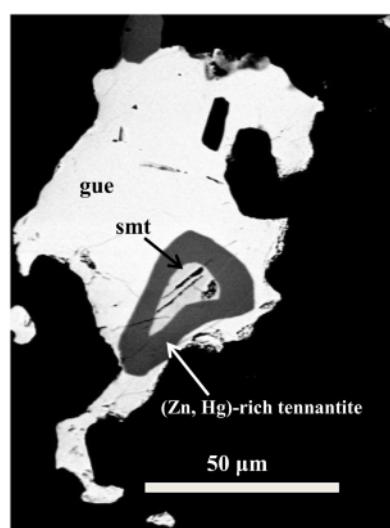
کانی	عنصر	As	Sb	Hg	Pb	Cu	Zn	Ag	S	Total
اسفانیت		۰,۳۷	۱۵,۱۱	۰,۰۵	۰,۰۰	۰,۰۱	۰,۰۳	۶۹,۲۷	۱۵,۲۲	۱۰۰,۰۶
پیروگیریت		۵,۱۹	۱۳,۱۵	۰,۰۸	۰,۰۰	۰,۰۳	۰,۰۵	۶۳,۷۶	۱۷,۰۷	۹۹,۳۲
پیروگیریت		۲,۶۵	۲,۴۶	۰,۰۴۶	۰,۰۰	۰,۰۱۲	۰,۰۸۴	۵۹,۴۳	۱۸,۱۶	۱۰۰,۸۴
تریچمانیت		۱۸,۹۶	۱۴,۱۱	۰,۰۴	۰,۰۰	۰,۰۱	۰,۰۲	۲۲,۹۱	۴۲,۳۶	۹۹,۴۱
میرارزیت		۹,۲۱	۲۴,۷۲	۰,۸۴	۰,۵۳	۰,۰۵	۰,۰۲	۴۰,۱۵	۲۲,۸۸	۹۸,۴۰
As	اندرویت غنی از	۷,۸۶	۲۲,۹۹	۰,۸۸	۲۰,۳۲	۰,۹۰	۰,۰۲	۲۲,۰۴	۱۳,۰۳	۹۹,۰۴
Hg	تاتانیت غنی از Zn	۱۳,۰۲	۶,۴۲	۸,۹۴	۰,۰۰	۳۰,۵۷	۳,۸۵	۲۲,۳۰	۱۱,۵۴	۹۸,۶۳
As	زنکروپیت غنی از	۴,۶۹	۹,۸۲	۰,۰۰	۶۶,۸۴	۰,۰۲	۰,۰۲	۰,۲۵	۱۷,۶۱	۹۹,۲۵
Sb	سلیگمانیت غنی از	۹,۸۴	۱۰,۰۴	۰,۰۰	۴۳,۷۲	۱۳,۹۲	۰,۰۷	۲۰,۶۸	۰,۲۱	۹۸,۴۸
	توبوینیت-اگتاریت	۱۳,۶۱	۲۲,۹۲	۰,۰۰	۳۶,۸۸	۰,۰۶۲	۰,۰۲۲	۱,۲۴	۲۳,۵۸	۹۸,۳۳
	اسمایتیت	۱۹,۱۹	۱۲,۶۳	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۱۳	۰,۰۵۳	۲۴,۰۲	۴۱,۷۲	۹۸,۶۲
[۹]	باریکایت	۱۵,۶۴	۱۸,۲۳	۰,۱۰	۳۵,۷۷	-	۰,۰۴	۵,۸۰	۲۴,۰۰	۹۹,۶۸
[۹]	آرسن کواترودیت	۶,۵۶	۳۵,۵۳	-	۲۰,۲۰	-	-	۱۴,۴۶	۲۲,۴۵	۱۰۰,۲۰
[۱۰]	فردوسی ایت	۱۰,۱۷	۲۷,۵۵	-	-	-	-	۳۹,۰۶	۲۲,۲۲	۱۰۰,۰۰
[۳۱]	گتاردیت	۱۴,۹۷	۲۲,۷۸	-	۳۷,۶۳	-	-	-	۲۴,۳۶	۹۹,۷۴



شکل ۵ تصویری از عدسی سیلیسی، که با خط‌چین زرد رنگ مشخص شده است و در بخش چینه‌سان کانسار رخداد دارد. در این عدسی سیلیسی، کانه‌های سولفوسالتی تیره رنگ تمرکز قابل توجهی دارند. ب و پ) ذرات الکترون، در اندازه‌های ۰,۵ تا ۴ میلی‌متر، در همراهی با کانه‌های سولفوسالتی مشاهده می‌شوند.



شکل ۶ تصاویر میکروسکوپ نوری بازتابی (الف، ب، ث، ج) و تصاویر میکروسکوپ الکترونی (BSE) (پ و ت) از رخداد برخی سولفوسالت‌ها و الکتروم در کانسنتگ‌های طلدار باریکا: (الف) الکتروم در همراهی با اسمایتیت و میرازرژیریت، (ب) الکتروم در همراهی با باریکائیت و میرازرژیریت، (پ) الکتروم در همراهی با گتاردیت و میرازرژیریت، (ت) الکتروم در همراهی با میرازرژیریت و تریچمانیت، (ث) باریکائیت، بهطور قابل توجهی توسط گتاردیت جانشین شده است. (ج) گتاردیت و فردوسی‌ایت بهطور قابل توجهی توسط آرسن‌کواتراندوریت جانشین شده‌اند. (arg: آرسن‌کواتراندوریت، bar: باریکائیت، el: الکتروم، fer: فردوسی‌ایت، gue: میرازرژیریت، smit: اسمایتیت، trch: تریچمانیت و gue: گتاردیت).



شکل ۷ تصویر میکروسکوپ نوری بازتابی از کانی گتاردیت (gue) که در حال جانشین شدن به جای تنانتیت غنی از روی-جیوه است. ساختار بلورین کانی گتاردیت، از روی این نمونه تعیین شده است.

و آرسن کوانترودیت [۱۰] در کانسار طلای باریکا شناسایی و به این مجموعه اضافه شدند و تعداد کانی‌های ایرانی به ۱۰ عدد رسید. این سه کانی، بیش از یک چهارم از کانی‌های جدید کشف شده در ایران را شامل می‌شوند و از این‌رو شایسته است که کانسار باریکا، که خاستگاه پیدایش آنهاست، نه تنها در مقیاس ملی بلکه به عنوان یک میراث زمین‌شناسی جهانی مورد توجه قرار گیرد [۱۹].

بر پایه بررسی‌های سنجنگاری و داده‌های ریزپردازش الکترونی، کانه‌های تشکیل دهنده بخش کانسنگ چینه‌سان کانسار باریکا تنوع بسیاری دارند و شامل پیریت، اسفالریت، گالن، استیبنیت، الکتروم و انواعی از کانه‌های سولفوسالت شامل تراهدریت - تنانتیت، استفانیت، پیرازریت، تریچمانیت، اسمایتیت، میارازریت، آندوریت، ژئوکرونیت، سلیگمانیت، گتاردیت، باریکائیت، فردوسی‌ایت و آرسن-کواتراندوریت هستند (شکل‌های ۵ تا ۷). ترکیب شیمیایی میانگین کانی‌های سولفوسالتی موجود در بخش چینه‌سان کانسار باریکا در جدول ۱ آمده است.

نتایج ریزپردازش الکترونی نشان می‌دهد که طلا به صورت الکتروم با درجه خلوص (عیار) ۷۷۰ تا ۸۷۵ در بخش‌های مختلف کانسنگ چینه‌سان حضور دارد [۱۵]. الکتروم‌ها بیشتر در همراهی با کانی‌های سولفوسالتی غنی از Ag-As-Sb و کمتر در مرز و لبه پیریت‌ها دیده شده‌اند (شکل‌های ۵ و ۶). همچنین برپایه داده‌های ریزپردازشی، همه کانی‌های سولفوسالتی که در شکستگی‌ها مرکز یافته‌اند، مقداری بالایی از عنصر As و Sb را دارا هستند، به طوری که مقداری Ag تا ۶۹,۲۷ درصد (در استفانیت)، Pb تا ۶۶,۸۴ درصد (در ژئوکرونیت) و جیوه تا ۸,۹۴ درصد (در تنانتیت) اندازه‌گیری شده‌اند (جدول ۱).

خلاصه‌ای از ویژگی‌های کانی‌شناسی باریکائیت، فردوسی‌ایت، آرسن کواتراندوریت و گتاردیت به اجمال در ادامه بیان می‌شوند:

باریکائیت: بلورهای این کانی در اندازه‌های کوچکتر از یک میلی‌متر دیده شدند. این کانی با فرمول $\text{Ag}_3\text{Pb}_{10}(\text{Sb}_8\text{As}_{11})\text{S}_{19}\text{S}_{40}$ خاکستری در نور طبیعی و سفید مایل به خاکستری در نور

روش بررسی

به منظور شناسایی نوع و شیمی کانه‌های موجود در کانسنگ-های با عیار بیش از ۱ گرم درتن، پس از بررسی‌های کانه‌نگاری و مشخص کردن کانی‌های مورد نظر، تعداد ۱۰ نمونه از بخش‌های مختلف کانسنگ چینه‌سان انتخاب و کانه‌های منتخب علامت‌گذاری شدند. پس از این مرحله، ۱۵۰ نقطه از کانه‌های علامت‌گذاری شده در آزمایشگاه کانی‌شناسی مؤسسه تحقیقات پیشرفت‌ه فرآوری مواد معدنی ایران و بخش زمین‌شناسی دانشگاه کپنه‌اگ دانمارک با دستگاه ریزپردازشگر الکترونی EPMA Cameca SX-100 مدل تعزیز شدند. به این ترتیب، ترکیب شیمیایی کانه‌ها شناسایی شد و تصاویر الکترونی پس‌پراکنده (BSE) ثبت گردید. بررسی‌های تکمیلی پیرامون ویژگی‌های دقیق و تفصیلی چهار کانی باریکائیت، فردوسی‌ایت، آرسن‌کواتراندوریت و گتاردیت در آزمایشگاه‌های کانی‌شناسی دانشگاه‌های کپنه‌اگ دانمارک و سالزبورگ انجام شد. این بررسی‌های تکمیلی شامل تعیین شیمی کانی‌ها، تعیین ویژگی‌های فیزیکی (از جمله سختی، برگوارگی، عدد سختی ویکرز، VHN)، شناسایی ساختار بلورین و داده‌های سلول واحد و مشخصه‌یابی نوری (ناهمسانگردی، رنگ، جلا و بازتابندگی در طول موج‌های مختلف) بود.

بحث

شناسایی و معرفی کانی‌های جدید نقش چشمگیری در گسترش علوم زمین دارد و هر کانی جدید نشانگر محیط زمین‌شناسی و فرایندهای ویژه زمین‌شناسی برای تشکیل آن است [۱۹]. انجمن بین‌المللی کانی‌شناسی (IMA) و کارگروه نامگذاری و رده‌بندی کانی‌های جدید (IMA CNMNC) تنها مرجع برای معرفی و نامگذاری کانی‌های جدید و این مجموعه هر ساله، کانی‌های جدیدی که در دنیا کشف می‌شوند را به جامعه زمین‌شناسی و کانی‌شناسی معرفی می‌کند.

تا سال ۲۰۱۳، تنها ۷ کانی سلیت، تالمیسیت، پرتلیکیت، متاولتین، خادمیت، ایرانیت و دلیرانیت برای نخستین بار در ایران شناسایی و معرفی شدند [۸-۲]. در سال‌های ۲۰۱۳ و ۲۰۱۴، سه کانی دیگر به نام‌های باریکائیت [۹]، فردوسی‌ایت

تنانتیت (شکل ۷) گردیده و بهطور قابل ملاحظه‌ای توسط آرسن کواتراندوریت (شکل ۶ ج) جانشین شده است.

برداشت

کانسار باریکا، بهعنوان تنها کانسار شناسایی شده از نوع سولفید توده‌ای غنی از طلا در ایران، خاستگاه تعداد قابل توجهی از کانی‌های سولفوسالتی نادر است. رخداد کانی‌های جدید سولفوسالتی غنی از نقره باریکاییت، فردوسی‌ایت و آرسن-کوانترودیت و نیز کانی نادر گتاردیت در باریکا، این کانسار را از موقعیت‌های زمین‌شناسی کم نظیر در دنیا معرفی می‌کند که در آن بیش از یک کانی جدید کشف و معرفی شده است. سه کانی نام برده، بیش از یک چهارم از کانی‌های جدید کشف شده در ایران را شامل می‌شوند. کانسار باریکا با دارا بودن تنوعی از کانی‌های سولفوسالتی نادر، یک ثروت ملی بوده و زمینه مناسبی برای پژوهش‌های کانی‌شناسی و بلورشناسی پدید آورده است.

مراجع

- [1] "IMA Database of Mineral Properties, RRUFF Project",, 2020. Department of Geosciences, University of Arizona.
- [2] Bariand P., Bachet B., Brassy C., Medenbach O., Deliens M., Piret P., "Seelite, a new uranium mineral from the Talmessi mine, Iran, and Rabejac, France", The Mineralogical Record 24 (1993) 463-467.
- [3] Catti M., Ferraris G., Ivaldi G., "Hydrogen bonding in the crystalline state. Structure of talmessite, $\text{Ca}_2(\text{Mg},\text{Co})(\text{AsO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ", and crystal chemistry of related minerals. Bulletin de la Société française de Minéralogie et de Cristallographie, 100 (1977) 230-236.
- [4] Ertl A., Dyar M.D., Hughes J.M., Brandstätter F., Gunter M.E., Prem M., Peterson R.C., "Pertlikite, a new tetragonal Mg-rich member of the voltaite group from Madeni Zakh", Iran. Canadian Mineralogist, 46 (2008) 661-669.
- [5] Blaas "Konigliche Akademie der Wissenschaften", Vienna, Sitzber.: 87 (1883) 155 (Metavoltine).
- [6] Bariand P., Berthelon J. P., Cesbron F., Sadrzadeh M., "New aluminum sulfate hydrate, khademite of Saghand (Iran)", Comptes Rendus

بازتابی است. باریکائیت با ناهمسانگردی آشکار در گستره رنگ-های خاکستری دارای ساختار منوکلینیک است. در مقاطع میکروسکوپی بررسی شده از کانسار باریکا، باریکائیت بهطور قابل توجهی توسط گتاردیت جانشین شده است (شکل‌های ۶ و ۶ ث).

فردوسی‌ایت: بلورهای این کانی در اندازه‌های کوچکتر از ۴۰۰ میکرومتر دیده شدن. این کانی با فرمول $\text{Ag}_8(\text{Sb}_5\text{As}_3)\text{S}_{16}$ دارای رنگ سیاه مایل به خاکستری در نور طبیعی و سفید مایل به خاکستری آشکار از قهوه‌ای تیره تا خاکستری مایل به آبی دارای ساختار منوکلینیک است. در مقاطع میکروسکوپی بررسی شده از کانسار باریکا، این کانی بهطور قابل توجهی توسط آرسن کواتراندوریت جانشین شده است (شکل ۶ ج).

آرسن کواتراندوریت: بلورهای این کانی در اندازه‌های کوچکتر از ۲ میلی‌متر دیده شدن. این کانی با فرمول $\text{Ag}_{17.6}\text{Pb}_{12.8}\text{Sb}_{38.1}\text{As}_{11.5}$ در نور طبیعی و سفید مایل به خاکستری در نور بازتابی است. فردوسی‌ایت با ناهمسانگردی آشکار دارای ساختار منوکلینیک است. در مقاطع میکروسکوپی بزرگ توسط فردوسی‌ایت و گتاردیت جانشین شده است (شکل ۶ ج).

گتاردیت، این کانی از نادرترین کانی‌های سولفوسالتی است که نخستین بار توسط جامبور [۲۵، ۲۶] در سال ۱۹۶۷ در معدن مادوک (Madoc) اونتاریو، بهعنوان یک کانی سولفوسالت با سیستم بلورین تک میل با فرمول $\text{Pb}(\text{Sb}_{1.12}\text{As}_{0.88})_{2}\text{S}_{4}$ کشف و معرفی شد. البته همزمان یک کانی دیگر از همان معدن با نام تتوینیت، با فرمول $\text{Pb}(\text{Sb}_{1.26}\text{As}_{0.74})\text{S}_{2}\text{S}_4$ راستگوش است، یافت شد. گتاردیت و تتوینیت دو عضو بسیار مشابه از سولفوسالتهاز آرسنیکدار با نام سری سارتوریت هستند [۳۰-۳۷]. در سال ۲۰۱۲، براساس نمونه‌های کانسار باریکا، برای نخستین بار ساختار بلورین گتاردیت تعیین شد [۳۱] و برخی از اختلاف‌های آن با کانی تتوینیت مشخص گردید. در بیشتر نمونه‌های میکروسکوپی باریکا، گتاردیت به‌طور قابل توجهی جانشین کانی‌های باریکائیت (شکل ۶ ث) و

- and their significance for gold transport models”, Econ. Geol. Monogr. 6 (1989) 520-563.*
- [18] Huston D.L., “*Gold in volcanic-hosted massive sulfide deposits; distribution, genesis, and exploration*”, in Hagemann, S.G. ed., Gold in 2000: Reviews in Economic Geology. 13 (2000) 401-426.
- [19] Ruban D. A., “*New mineral discovery geosites: Valuing for geoconservation purposes*”, Geoconservation Research, 1, 24-27.
- [20] Mohajjal M., Fergusson C.L., Sahandi M.R., “*Cretaceous-Tertiary convergence and continental collision, Sanandaj-Sirjan Zone, western Iran*”, J. Asian Earth Sci. 21 (2003) 397-412.
- [21] Azizi H., Jahangiri A., “*Cretaceous subduction-related volcanism in the northern Sanandaj-Sirjan Zone, Iran*”, J. Geodyn. 45, 178-190.
- [22] Azizi H., Moinevaziri H., “*Review of the tectonic setting of Cretaceous to Quaternary volcanism in northwestern Iran*”, J. Geodyn. 47 (2009) 167-179.
- [23] Ohmoto H., “*Formation of volcanogenic massive sulfide deposits: the Kuroko perspective*”, Ore geology reviews. 10 (1996) 135-177.
- [24] Ohmot H., Mizukami M., Drummond S.E., Eldridge C.S., Pisutha – Arnond V., Lenagh T.C., “*Chemical processes of Kuroko formation*”, Econ. Geol. Monogr. 5 (1983) 570-604.
- [25] Jambor J.L., “*New lead sulfantimonides from Madoc*”, Ontario– Part 1. Can.Mineral. 9 (1967), 7-24.
- [26] Jambor J.L., “*New lead sulfantimonides from Madoc*”, Ontario– Part 2. Can.Mineral. 9 (1967) 191-213.
- [27] Makovicky E., “*The building principles and classification of sulphosalts based on the SnS archetype*”, Fortschr. Mineral. 63 (1985) 45-89.
- [28] Berlepsch P., Armbruster T., Makovicky E., Topa D., “*Another step toward understanding the true nature of sartorite: determination and refinement of a ninefold superstructure*”, Am. Mineral. 88 (2003) 450-461
- [29] Berlepsch P., Makovicky E., Balić-Žunić T., “*Crystall chemistry of sartorite homologues and related sulfosalts*”, Neues Jahrb. Mineral., Abh. 176 (2001) 45-66.
- des Séances de l'Académie des Sciences, Série C, 277 (1973) 1585-1588 (in French).
- [7] Bariand P., Herpin P., “*Une nouvelle espèce minérale: l'iranite, chromate hydraté de plomb*”, Bulletin de la Société Française de Minéralogie et de Cristallographie: 86: 133-135.
- [8] Paar W. H., Pring A., Moëlo Y., Stanley C. J., Putz H., Topa D., Roberts A. C., Braithwaite R. S. W., “*Daliranite, PbHgAs2S6, a new sulphosalts from the Zarshouran Au-As deposit, Takab region, Iran*”, Mineralogical Magazine, 73 (2009) 871-881.
- [9] Topa D., Makovicky E., Tajeddin H., Putz H., Zagler G., “*Barikaite, Pb10Ag3(Sb8As11)Σ19S40*”, a new member of the sartorite homologous series. Mineralogical Magazine, 77, 2695-2709.
- [10] Makovicky E., Topa D., Tajeddin H., Putz H., Zagler G., “*Ferdowsiite: A new mineral from the Barika ore deposit*”, Iran. Mineralogical Magazine, 77, 727-734.
- [11] “*Geological Survey and Mineral Exploration of Iran, “Geochemical exploration in Alut (scale 1:100,000)*” (2010).
- [12] Tajeddin H., “*Exploration and introduction of the Barika gold mineralization (East of Sardasht, western Azarbaijan)*”. Geological Survey and Mineral Exploration of Iran. Tehran (internal Report) (2003).
- [13] Yarmohammadi A., Rastad E., Mohajjal M., Shamsa M.J., “*Barika gold occurrence: gold-rich volcanogenic massive sulfide in Iran*”, Tehran Uni. J. Sci. 34, 47-60 (in Persian) (2008).
- [14] Yarmohammadi A., Rastad E., “*Deformation effects on the gold behavior in Barika gold-rich massive sulfide deposit, east of Sardasht*”, Iranian Journal of Crystallography and Mineralogy 16, (2008) 442-455 (in Persian).
- [15] Tajeddin H., “*Ore controlling parametrs of gold mineralization in the metamorphic rocks of Sagez-Sardasht area, NW Sanandaj-Sirjan zone*”, Unpublished Ph.D. thesis, Tehran, Tarbiat-Modares University, Iran, 475 p.
- [16] Tajeddin H.A., Rastad E., Yaghoupour A., Maghfouri S., Peter J.M., Goldfarb R., Mohajjal M., “*The Barika gold-bearing, Koruko-type volcanogenic massive sulfide (VMS) deposit, Sanandaj-Sirjan zone, Iran*” (2020).
- [17] Large R.R., Huston D.L., McGoldrick P.J., Ruxton P.A., “*Gold distribution and genesis in Australian volcanogenic massive sulfide deposits*

Commission on Ore Mineralogy”, Eur. J. Mineral. 20 (2008) 7-46.

[31] Makovicky E., Topa D., Tajeddin H.A., Rastad E., Yaghoubpur A., “*The crystal structure of Guettardite, PbAsSbS 4, and the Twinnite-Guettardite problem*”, *The Canadian Mineralogist*; 50 (2012) 253-265.

[30] Moëlo y., Makovicky E., MozGova N.N., Jambor J.L., Cook N., Pring A., Paar W., Nickel E.H., Graeser S., Karup-Møller S., Balić-Žunić T., Mumme W.G., Vurro F., Topa D., Bindi L., Bente K., Shimizu M., “*Sulfosalt systematics: a review. Report of the Sulfosalt sub-committee of the IMA*