



شواهد کانی‌زایی اپی‌ترمال در کانسار طلای رگه‌ای بیدوک (شرق ایران) بر اساس یافته‌های زمین‌شناسی، دگرسانی، کانی‌سازی، زمین شیمی و دماسنجی

صدیقه زیرجانی زاده، سمیه سمیعی*

مجتمع آموزش عالی گناباد، گناباد، ایران

(دریافت مقاله: ۹۸/۱۰/۱۸، نسخه نهایی: ۹۹/۱/۲۰)

چکیده: کانسار بیدوک در ۱۰ کیلومتری جنوب شرق بجستان، خراسان‌رضوی و در بخش شمالی پهنه ساختاری قطعه لوت قرار دارد. رخنمون‌های سنگی منطقه شامل آندزیت و واحدهای آذرآواری است. دگرسانی در این واحدها شامل پروپیلیتی، سیلیسی و آرژیلی هستند. کانی‌سازی بصورت رگه‌های کوارتز - سولفید در سنگ‌های آندزیتی و آذرآواری تشکیل شده‌اند. این رگه‌ها دارای بافت توده‌ای هستند و پیریت کانی اولیه سولفیدی اصلی بوده که اغلب به اکسیدهای آهن هوازده شده و ظاهری نارنجی تا زرد به رگه‌ها داده است. بررسی‌های زمین شیمی سنگی در نواحی دگرسانی و رگه‌های کانی‌سازی، ناهنجاری از عناصر طلا (بین ۳ تا ۲۰۱ میلی گرم در تن و در یک نمونه ۱۱۷۳ میلی گرم در تن) را نشان داد. بر اساس سیال‌های موجود در کانی کوارتز، در رگه‌های کوارتز-سولفید یک نوع سیال درگیر اولیه غنی از مایع شناسایی شد. دماسنجی بر سیال‌های درگیر اولیه دوفازی (L+V) غنی از مایع در رگه کوارتز-اکسید آهنی، بیانگر تشکیل این نوع کانی‌سازی در دمای حدود ۲۰۲ تا ۲۷۳ درجه سانتی‌گراد و شوری حدود ۱۵/۷۶ تا ۱۹/۹۹ درصد معادل وزنی نمک طعام است. ترکیب سنگ میزبان، کانی‌شناسی، دمای تشکیل، انواع دگرسانی‌ها و داده‌های زمین‌شیمی منطقه بیدوک مشابه کانسارهای اپی‌ترمال است.

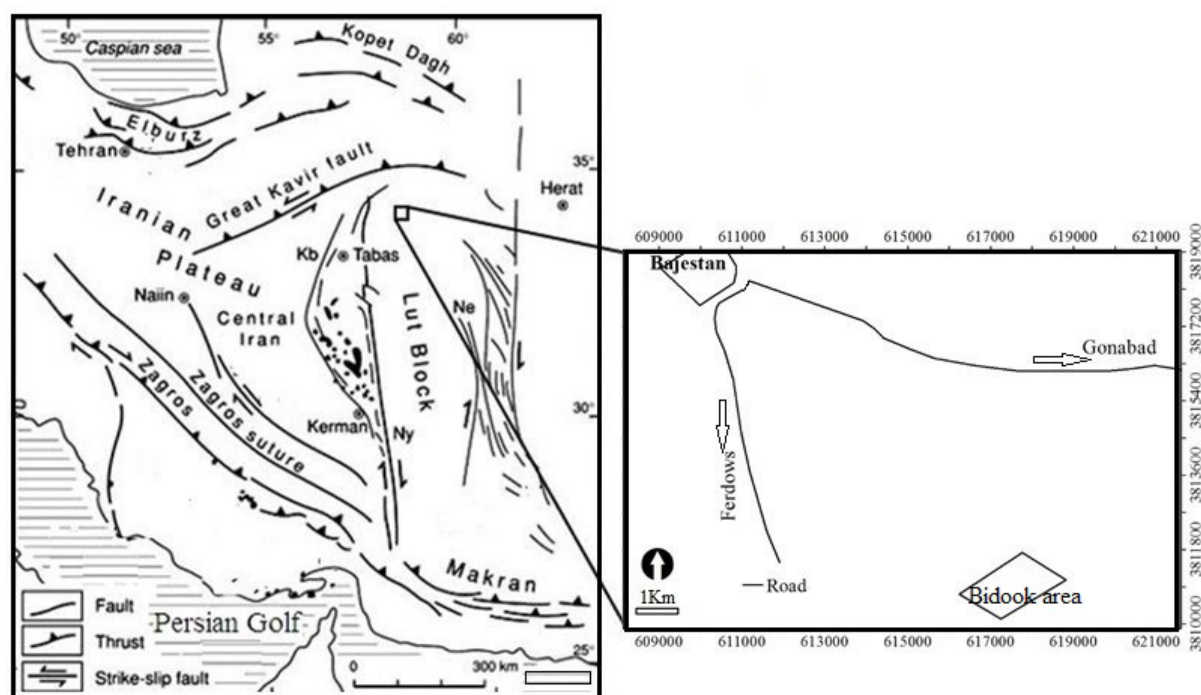
واژه‌های کلیدی: رگه‌های سیلیسی، طلا، کانسار بیدوک، بجستان.

مقدمه

آتشفشانی است که با داشتن ضخامتی حدود ۲۰۰۰ متر، بیش از نیمی از قطعه لوت را می‌پوشاند. حضور کانسارهای مختلف از جمله معدن مس-طلا - نقره غنی از اسپیکیولاریت قلعه زری [۲، ۱]، کانسار مس پورفیری ماهرآباد و خوپیک [۴، ۳]، کانسار طلای اپی‌ترمال سولفید بالای وابسته به مس پورفیری چاه شلغمی [۵] و کوه شاه [۶] و کانسار طلای وابسته به توده نفوذی هیرد [۷] در مجموعه عظیم ترشیری قطعه لوت نشان از پتانسیل بالای این منطقه از شرق کشور برای کانی‌سازی‌های مختلف از جمله اپی‌ترمال و پورفیری دارد [۸]. دوره ائوسن میانی - الیگوسن پیشین به‌عنوان دوره فلززایی قطعه لوت معرفی شده است [۱۰، ۹]. پی‌جویی‌های زمین‌شیمیایی و

منطقه بیدوک در ۱۰ کیلومتری جنوب شرق بجستان و در گستره طول‌های جغرافیایی ۵۸° ۴۵' ۱۵" تا ۵۸° ۱۷' ۳۵" و عرض‌های جغرافیایی ۳۴° ۲۵' ۵۵" تا ۳۴° ۲۶' ۲۵" قرار داد. این منطقه از نظر تقسیمات ساختاری ایران در شرق ایران و در قطعه لوت واقع است. (شکل ۱). قطعه لوت میان دو گسل بزرگ شمالی - جنوبی نایبند و نه‌بندان جای دارد. مرز شمالی این قطعه به فروافتادگی جنوب کاشمر و مرز جنوبی آن به فرونشست جازموریان محدود است. مهمترین ویژگی قطعه لوت که آن را از دیگر بخش‌های خردقاره ایران مرکزی جدا می‌کند، حجم بالای فعالیت ماگمایی ترشیاری، به‌ویژه سنگ‌های

*نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۱۵۱۶۴۰۶۰۰، نامبر: ۰۵۱۵۷۲۵۸۱۳۱، پست الکترونیکی: samiee85@yahoo.co.in



شکل ۱ موقعیت جغرافیایی منطقه بیدوک و راه‌های دسترسی به آن.

زمین‌شناسی و دگرسانی تهیه شد. در بررسی‌های صحرایی، کانی‌شناسی رگه‌ها و پهنه‌های دگرسانی در طول نیمرخ‌های عمود بر راستای رگه‌ها بررسی شده و نمونه‌برداری از رگه‌ها، سنگ‌های دیواره و رخنمون واحدهای سنگی در سطح انجام شد. سرانجام ۱۵ مقطع نازک برای بررسی‌های سنگ نگاری و دگرسانی و ۵ مقطع صیقلی برای بررسی‌های کانه‌نگاری در کارگاه تهیه مقاطع در دانشگاه فردوسی مشهد تهیه گردید. سپس بر اساس برداشت‌های صحرایی و بررسی‌های آزمایشگاهی، نقشه زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۱۰۰۰ از منطقه مورد نظر در نرم‌افزار Arc GIS 10.3 رسم شد. تعداد ۱۰ نمونه از محل کانی‌سازی رگه‌ای به روش نمونه برداری ارزان برداشت شد و برای بررسی عیاری عناصر با استفاده از روش عیارسنجی گرمایی برای طلا و طیف-سنجی نشر نوری پلاسمای جفت شده القایی (ICP-OES) برای سایر عناصر با روش انحلال چهار اسید در آزمایشگاه زراژما تجزیه شدند (حد تشخیص برای بیشتر عناصر ppm و برای عنصر طلا ppb بود). برای بررسی شیمی محلول کانه‌دار، ۲ مقطع دوبر صیقل از نمونه‌های کوارتز موجود در رگه‌های کوارتز-اکسید آهنی (رگه

بررسی‌های صحرایی توسط سازمان زمین‌شناسی و پی جویی کشور در سال ۱۳۹۵ در منطقه گناباد منجر به شناسایی و معرفی ۱۴ گستره مناسب برای پی جویی شده است [۱۱]. منطقه بیدوک با مساحت حدود ۲ کیلومتر مربع از جمله پتانسیل‌های معرفی شده توسط سازمان زمین‌شناسی است. با این حال، در این منطقه تفکیک جزئی واحدها از نظر زمین‌شناسی، دگرسانی، پهنه‌های کانی‌سازی و زمین شیمی بویژه در بخش کانی‌سازی رگه‌ای انجام نشده است. در این پژوهش، در کنار ویژگیهای زمین‌شناسی، دگرسانی و کانی‌سازی، میان-بارهای سیال نیز بررسی شد و با توجه به شرایط فیزیکوشیمیایی سیال، چگونگی نهشت کانسنگ و نوع کانی‌سازی تعیین گردید. نتایج این پژوهش می‌تواند در پیشبرد اهداف پی جویی در مقیاس گسترده‌تر در منطقه مورد بررسی کارآمد باشد.

روش بررسی

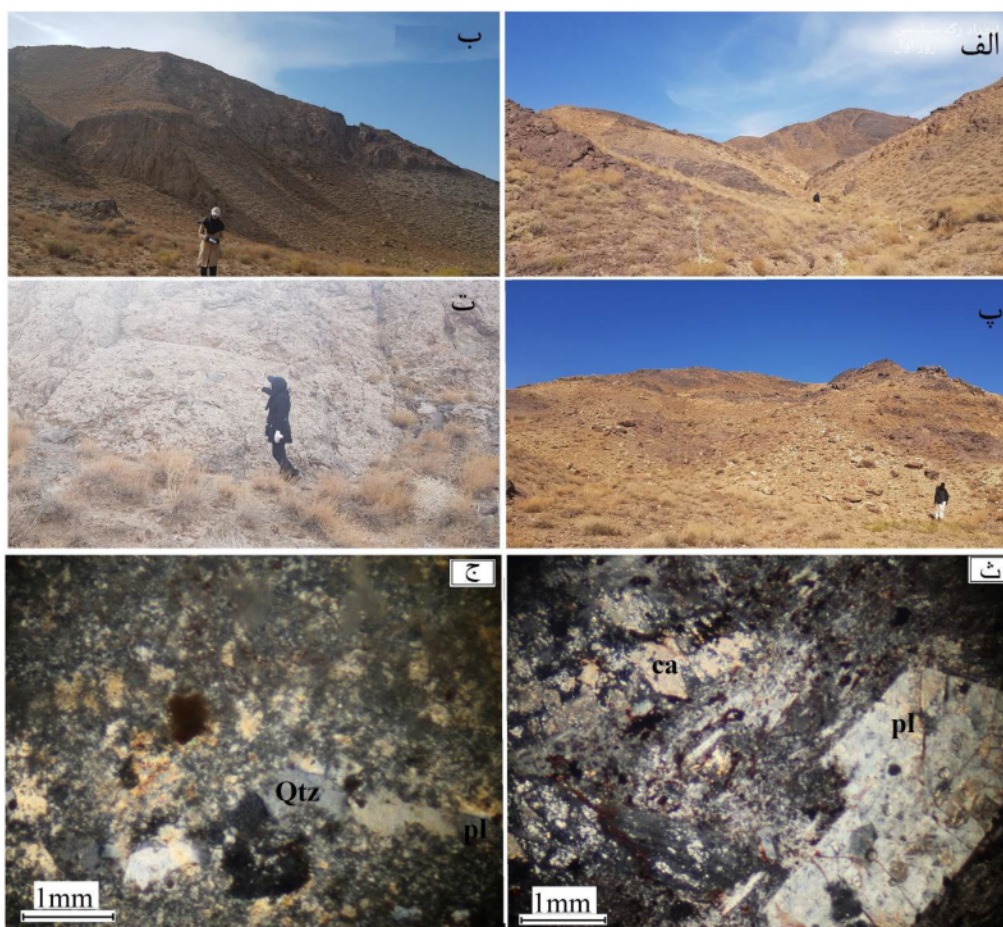
در پژوهش انجام‌شده در منطقه بیدوک در جنوب شرق بجنستان، با استفاده از پیمایش صحرایی، پردازش داده‌های ماهواره‌ای (ترکیب و پردازش تصاویر ماهواره‌ای و استفاده از تصاویر کیفیت بالا برای تشخیص واحدهای سنگی و گسل‌ها) و بررسی‌های آزمایشگاهی، نقشه‌های

زمین‌شناسی

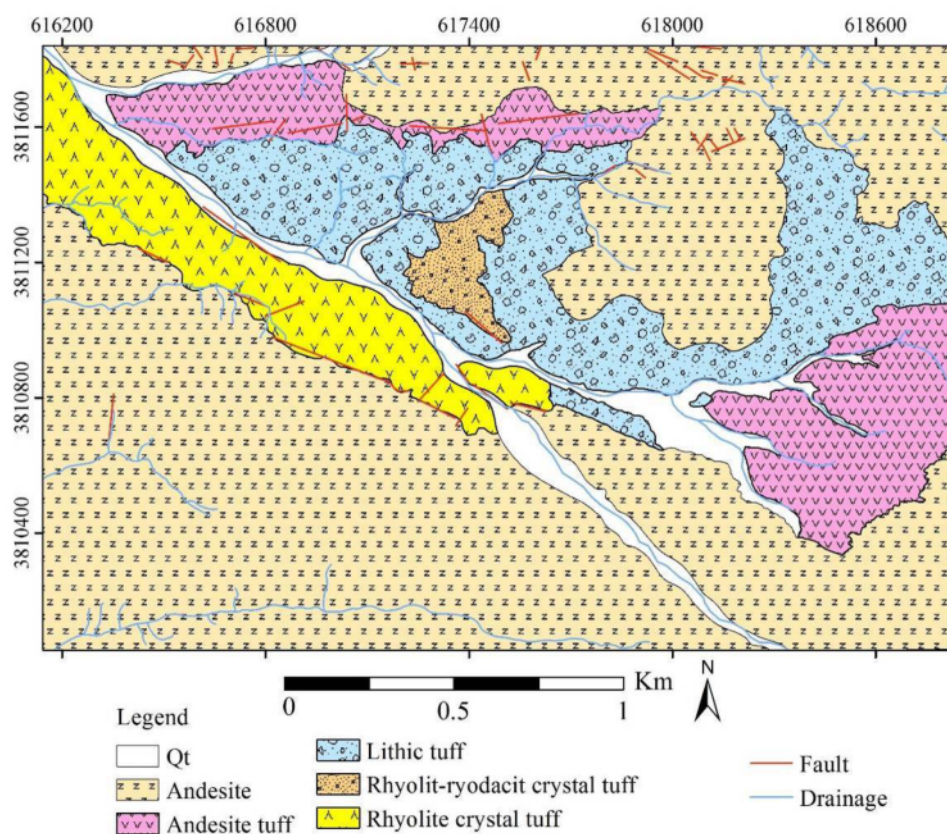
رخمونهای سنگی منطقه بیدوک بخشی از سنگ‌های آتشفشانی ماگمایی ترشیاری قطعه لوت هستند. منطقه مورد بررسی در نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ بجستان [۱۴] قرار دارد. بر اساس بررسی‌های صحرایی و آزمایشگاهی، واحدهای سنگی موجود در این منطقه شامل سنگ‌های آتشفشانی و آذرآواری (شکل ۲) است. سنگ‌های آتشفشانی در همه منطقه، با ترکیب اصلی آندزیتی و پستی و بلندی خشن (شکل‌های ۲) و به صورت واحد برش آتشفشانی با پستی و بلندی تپه-ماهوری (شکل‌های ۲ پ و ت) دیده می‌شوند با توجه به بررسی‌های انجام شده و نقشه زمین‌شناسی تهیه شده در منطقه (شکل ۳)، رخمون‌های واحدهای سنگی موجود به صورت زیر هستند:

شمالی) برای بررسی سیال‌های درگیر تهیه شد. بررسی-های ریزدماسنجی آنها در آزمایشگاه سیال‌های درگیر دانشگاه فردوسی مشهد با دستگاه Linkam مدل THMS 600 با کنترل‌کننده دمایی TP 94 و سردکننده LNP بر میکروسکوپ زایس با گستره دمایی -190°C تا $+600^{\circ}\text{C}$ ، انجام شد. دقت کار دستگاه در مرحله سرد و گرم کردن $\pm 1^{\circ}\text{C}$ بود. برای واسنجی دستگاه در مرحله گرمایش و سرمایش به ترتیب از استانداردهای نیترات سدیم با نقطه ذوب 306°C و هپتان با نقطه ذوب 90°C استفاده شد.

مقدار شوری براساس روش مرجع [۱۲] در سامانه $\text{H}_2\text{O}-\text{NaCl}$ و مقدار چگالی نیز بر پایه داده‌های دماسنجی و رابطه مرجع [۱۳] و با استفاده از نرم‌افزار FLINCOR محاسبه گردید. سایر نمودارهای لازم با استفاده از نرم‌افزار SPSS 20 رسم شدند.



شکل ۲ الف و ب) نمایی از رخمون واحدهای آندزیتی در منطقه بیدوک (دید به سمت شمال غرب)، پ) واحد توف ریولیتی، ت) واحد آگلومرا، ث) مقطع میکروسکوپی از واحد آندزیتی (نور قطبیده متقاطع XPL)، ج) تصویر میکروسکوپی از واحد توف بلوری ریولیتی در منطقه بیدوک (نور XPL). Pl: پلاژیوکلاز، Qtz: کوارتز و Ca: کلسیت [۱۵].



شکل ۳ نقشه زمین‌شناسی منطقه بیدوک.

آندزیت

رخنمون گسترده‌ای از آندزیت در منطقه مورد بررسی دیده می‌شود (شکل ۳). این واحد بیشتر ارتفاعات را تشکیل می‌دهد (شکل‌های ۲ الف و ب) و اغلب در صحرا به رنگ سبز دیده می‌شود. بافت این واحد پورفیری است. درشت‌بلورها شامل ۱۵ تا ۲۰ درصد پلاژیوکلاز به اندازه ۰/۲ تا ۰/۴ میلی‌متر و ۲ تا ۱۰ درصد هورنبلند با لبه سوخته (اکسید آهنی‌شده) به اندازه ۰/۲ تا ۰/۳ میلی‌متر هستند. (شکل ۲ ث) پلاژیوکلازها به مقدار کم به سریسیت کانی و آرژیلی و بیشتر به کلسیت و اپیدوت دگرسان شده‌اند، بطوریکه در گاهی انباشتهایی از کانی‌هایی دیده می‌شود که قالب آنها به طور کامل توسط کلسیت جانشین شده‌اند (شکل ۲ ث).

واحد آذرآواری (توف و آگلومرا)

این واحدها بیشتر در بخش‌های شمالی و مرکزی منطقه مورد بررسی رخنمون دارند و ترکیب غالب این توف‌ها ریولیتی (شکل ۲ ج) و آندزیتی است (شکل ۳). این توف‌ها در رخنمون صحرایی به رنگ‌های مختلف قرمز، بنفش، خاکستری و سفید دیده می‌شوند. در برخی قسمت‌ها، رگه سیلیسی نیز در این

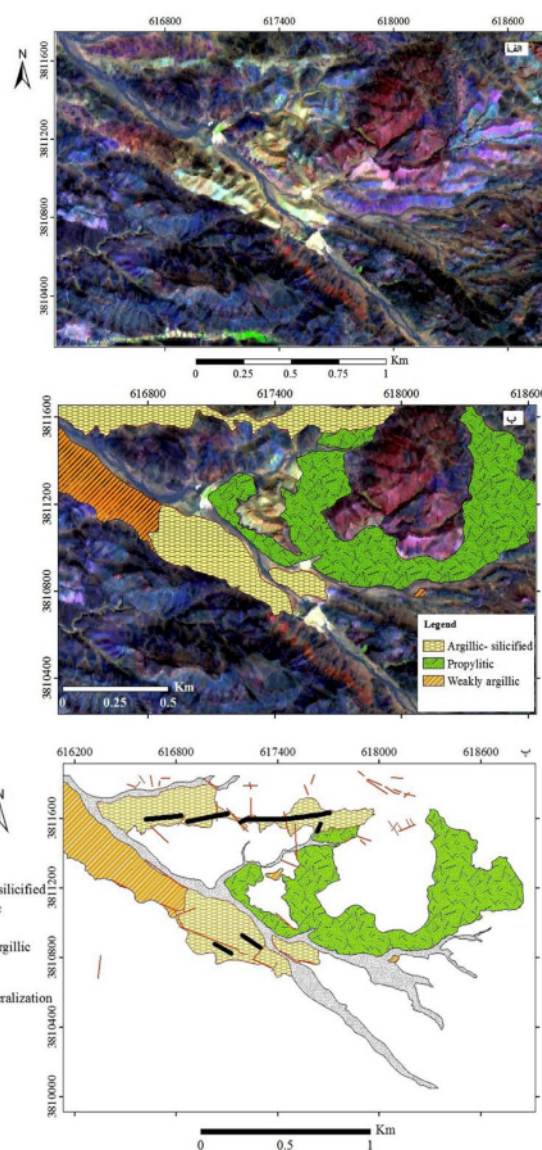
واحدها رخنمون دارد. در توف‌های سنگی منطقه بیدوک، قطعه‌های سنگی دارای اندازه‌های مختلف تا ۴ میلی‌متر هستند (شکل ۲ ج). جنس این قطعه‌های بیشتر از نوع تراکیت، آندزیت و بلور کوارتز است. وجود بلورهای کوارتز به صورت شکسته با لبه‌های ناصاف نشانه انفجار و جداشدگی بلورهاست. توف‌های ریولیتی-ریوداسیتی که قسمت عمده آنها از نوع توف بلوری است دارای زمینه دانه‌ریز و شیشه‌ای هستند (شکل ۲ ج). بلورهای تشکیل دهنده این توف‌ها شامل کوارتز، پلاژیوکلاز و فلدسپارپتاسیم است. اندازه بلورها از بسیار ریز تا درشت متغیر است و از ۴۰-۳۰٪ کوارتز (در اندازه ۰/۵-۰/۱ میلی‌متر) ، ۳-۲٪ پلاژیوکلاز (۱/۸-۰/۲ میلی‌متر)، ۴-۲٪ اکسید آهن و کانی کدر (پیریت و هماتیت) ۵-۳٪ تشکیل شده‌اند. میزان دگرسانی در توف‌های ریولیتی در مرکز منطقه بالاست. فلدسپات‌های پتاسیم در بعضی مقاطع تا ۷۰٪ به کانی‌های رسی و پلاژیوکلازها به کربنات تبدیل شده‌اند (شکل ۲ ج).

دگرسانی

بر اساس پردازش تصاویر ماهواره‌ای (شکل‌های ۴ الف و ب)، بررسی‌های صحرایی و آزمایشگاهی، سنگ‌های آتشفشانی

قابل دیده‌اند. در آندزیت‌های شمال منطقه، کانی‌های مافیک تا ۲۰٪ به کلریت، کلسیت و اپیدوت تبدیل شده‌اند. کلریت با دوشکستی آبی و گاهی سبز دیده می‌شود. مقدار کل کلریت از ۱ تا ۱۰٪ می‌رسد. کلسیت بیشتر برآمده از دگرسان‌شدن پلاژیوکلاز است. گاهی قالب پلاژیوکلاز بطور کامل با کربنات پر شده است (شکل ۲ ث). افزون بر آن، کلسیت بصورت پراکنده در متن نیز از ۱ تا بیش از ۵٪ دیده می‌شود. مقداری سربیسیت (۲ تا ۱٪) از تجزیه پلاژیوکلاز ناشی شده است و به عنوان یک کانی فرعی در پهنه پروپلیتی دیده می‌شود.

منطقه مورد بررسی در اثر محلول‌های کانهدار دگرسان شده‌اند. دگرسانی عمده قابل دیده در منطقه مورد بررسی پروپلیتی و آرژیلی-سیلیسی است (شکل ۴ پ). چنان که در تصویر ماهواره‌ای (شکل‌های ۴ الف و ب) دیده می‌شود، این دگرسانی در حریم رگه بزرگ با راستای شرقی-غربی واقع در شمال منطقه و به صورت خطی رخ داده است که شواهد صحرایی نیز تایید کننده آن هستند. دگرسانی پروپلیتی، گستره وسیعی از منطقه شامل واحدهای آندزیت و توف را اثر گذاشته و در صحرا به رنگ سبز مشهود است. رگچه‌های کربناتی در نمونه دستی



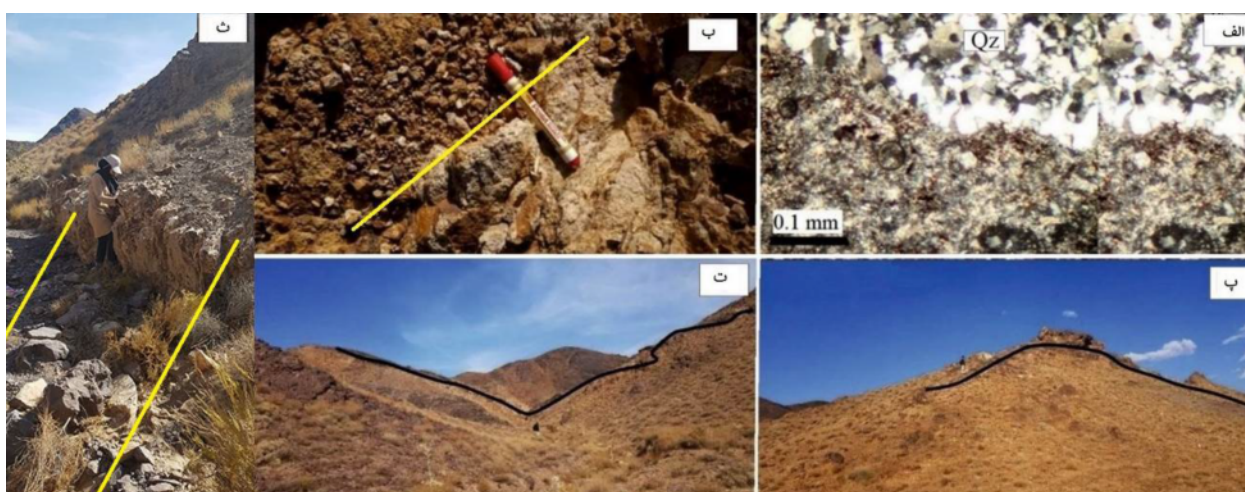
شکل ۴ الف) تصویر ماهواره‌ای پردازش شده از منطقه مورد بررسی که روند خطی دگرسانی آرژیلی منطبق بر کانی‌سازی (به ویژه در شمال منطقه) مشهود است، ب) تطبیق نقشه دگرسانی بر تصویر ماهواره‌ای و پ) نقشه دگرسانی و کانی‌سازی در منطقه بیدوک.

رخنمون دگرسانی آرژیلی- سیلیسی در قسمت‌های شمال، شمال شرق و با شدت بیشتر در مرکز، به رنگ روشن دیده می‌شود (شکل ۴). این دگرسانی بصورت خطی است و فرآیندهای دگرسانی در مناطقی که با روند اصلی گسل‌ها انطباق دارند، دیده می‌شود. محلول گرمایی با شست و شوی اسیدی سنگ‌ها سبب گسترش این دگرسانی‌ها شده است. وسعت دگرسانی به 2×1 کیلومتر مربع می‌رسد. قرارگیری توف در مسیر محلول گرمایی سبب شدت دگرسانی شده و در مواردی، قالب سنگ و کانی‌ها به طور کامل تخریب شده است. پهنه‌های آرژیلی منطقه در اطراف رگه‌های سیلیسی قرار دارند (شکل‌های ۵ الف و ب). اکسایش پیریت در پهنه آرژیلی سبب زرد- قرمز شدن توف در این مناطق شده است. سیلیس به شکل‌های رگه- رگه چه‌ای قابل توصیف است که در ادامه توضیح داده می‌شود. انباشت‌های کوارتز- کانی‌های رسی در مقاطع میکروسکوپی دیده می‌شود (شکل ۵ الف).

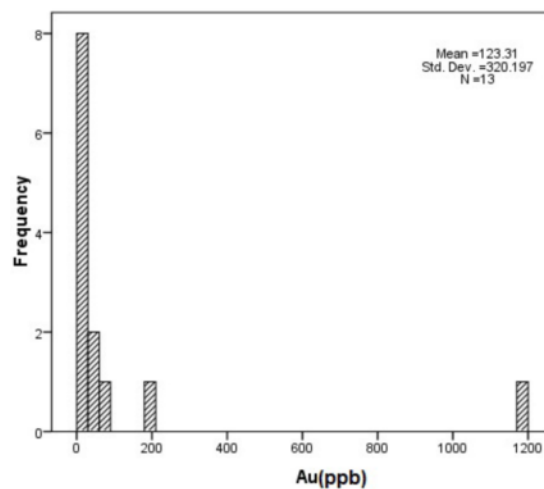
کانی‌سازی و زمین‌شیمی رگه‌های کوارتز کانه‌دار

کانی‌سازی در منطقه بیدوک کنترل گسلی داشته و در اثر عبور سیال‌های گرمایی در شکستگی‌ها و گسل‌های منطقه تشکیل شده و واحدهای سنگی منطقه را قطع نموده است (شکل‌های ۵ پ، ت و ث). روند عمده این ساختارها شمال‌غربی- جنوب‌شرقی است که رگه‌های کوارتز طلا‌دار نیز از این روند تبعیت می‌کند (شکل‌های

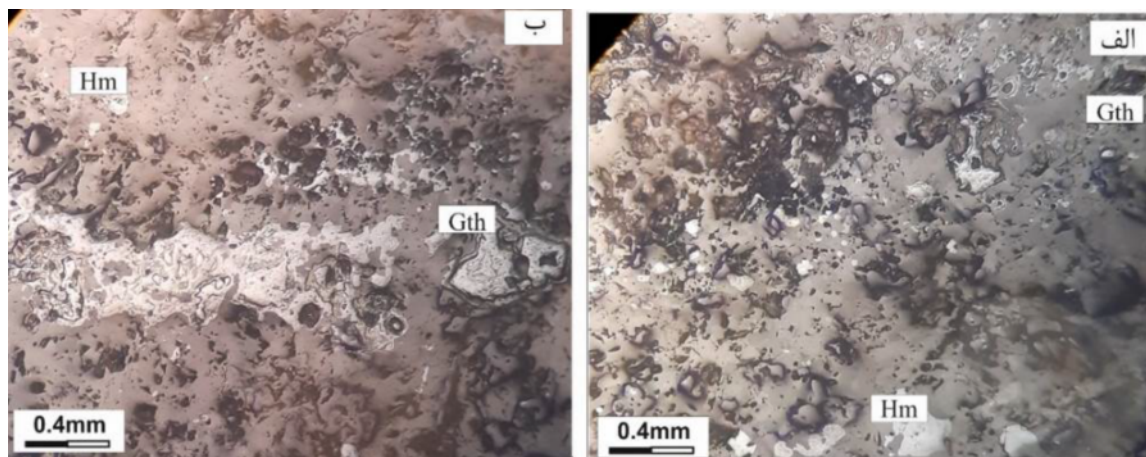
۵ پ، ت و ث) و راستای آنها شمال‌غربی- جنوب‌شرقی و شرقی- غربی با شیب ۸۰ تا ۹۰ درجه به سمت شمال- شرقی است. ضخامت‌های قابل تشخیص رگه‌ها از ۴۰ سانتیمتر تا ۳ متر متغیر است و طول آنها تا یک کیلومتر می‌رسد. رگه بخش شمالی طولانی‌ترین رگه بوده و میانگین ضخامت آن ۲/۵ تا ۳ متر است. محلول- های کانه‌دار، مواد خود را در فضای گسل‌های پرشیب به صورت پرکننده فضاهای خالی برجا گذاشته‌اند (شکل ۵). کنترل‌کننده‌های ساختاری به عنوان عامل اصلی در ترابری سیال‌ها عمل کرده‌اند. افزون بر این، سیال‌های گرمایی به همراه شکستگی‌ها، بر تخلخل و نفوذپذیری سنگ میزبان نیز نقش موثری داشته‌اند [۱۶]. کانی- شناسی رگه‌ها شامل کوارتز همراه با مقادیر جزئی پیریت است که بصورت رگچه‌ای و پراکنده در رگه سیلیسی قرار دارد (شکل ۶)، البته این رگه‌ها دستخوش فرسایش و هوازدگی شدید شده‌اند و در نتیجه، کانی پیریت ناپایدار شده و به گروهی از کانی‌های ثانویه تبدیل شده و تنها قالب کانی پیریت باقی مانده است (شکل ۷). کانی‌ها ثانویه قابل دیده بیشتر شامل هماتیت، گوتیت (شکل ۷) و لیمونیت هستند که ظاهری زرد تا نارنجی به رگه سیلیسی داده‌اند.



شکل ۵ الف) مقطعی از رگه سیلیسی که در لبه به کانی‌های رسی دگرسان شده است (نور XPL). و ب) دگرسانی آرژیلی در لبه رگه سیلیسی- اکسید آهن، پ و ت) رخنمون رگه‌های سیلیسی- اکسید آهنی با روند شمال‌غرب- جنوب‌شرقی در منطقه بیدوک (دید به سمت شرق، ث) راستای رگه سیلیسی (خطوط زرد) منطبق بر سطح گسل که در کف آبراهه رخنمون یافته است. (دید عکس به سمت شمال). (Qtz: کوارتز [۱۵]).



شکل ۶ نمودار فراوانی عنصر طلا در رگه‌های کوارتز کانه‌دار منطقه بیدوک.



شکل ۷ کانی سازی بصورت الف) پراکنده و ب) رگه‌ای (XPL) که به اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن دگرسان شده اند. (Hm): هماتیت و Gth: گوتیت از [۱۵].

عناصر طلا و آرسنیک همبستگی مثبت دیده می‌شود که نشانه رفتار زمین شیمیایی و شرایط تشکیل مشابه آنها بوده و در بسیاری از کانسارهای اپی‌ترمال مورد انتظار است [۱۷].

سنگ‌نگاری میان‌بارهای سیال

برای آگاهی از ویژگی‌های فیزیکی-شیمیایی، منبع و دگرگونی سیال‌های گرمایی کانه‌دار، میان‌بارهای سیال رگه کوارتز-اکسید آهنی در بخش شمالی منطقه مورد بررسی شد. این میان‌بارها به طور عمده از نوع اولیه هستند و با توجه به شکل آنها و معیارهای تشخیص میکروسکوپی، هیچ شواهدی از حضور CO_2 مایع و کانی‌های دختر دیده نشد. میان‌بارهای سیال براساس پیشنهاد برخی پژوهشگران [۱۸-۲۰] انتخاب شدند. بیشتر

به‌منظور بررسی زمین‌شیمیایی عناصر، تعداد ۱۰ نمونه از رگه کانه‌دار و پهنه دگرسانی برداشت شد و به روش عیارسنجی گرمایی برای عنصر طلا و ICP-OES برای بقیه عناصر تجزیه شدند. نتایج تجزیه رگه‌های کوارتز دربردارنده کانی‌سازی به همراه نتایج دو نمونه از تجزیه‌های انجام شده در پژوهشی دیگر [۱۱] در جدول ۱ آمده است. مقدار عنصر طلا در رگه‌های کوارتز کانه‌دار از ۳ تا ۲۰۱ میلی‌گرم در تن تغییر می‌کند و حتی در یک نمونه به ۱۱۷۳ میلی‌گرم در تن می‌رسد (شکل ۶). بر اساس نقشه زمین شیمی پراکندگی عنصر طلا (شکل ۸)، بی‌هنجاری مهم این عنصر در رگه‌های کوارتز-اکسید آهنی منطقه و منطبق بر دگرسانی سیلیسی آرژیلی است. بر اساس داده‌های آماری جدول ۲، بین

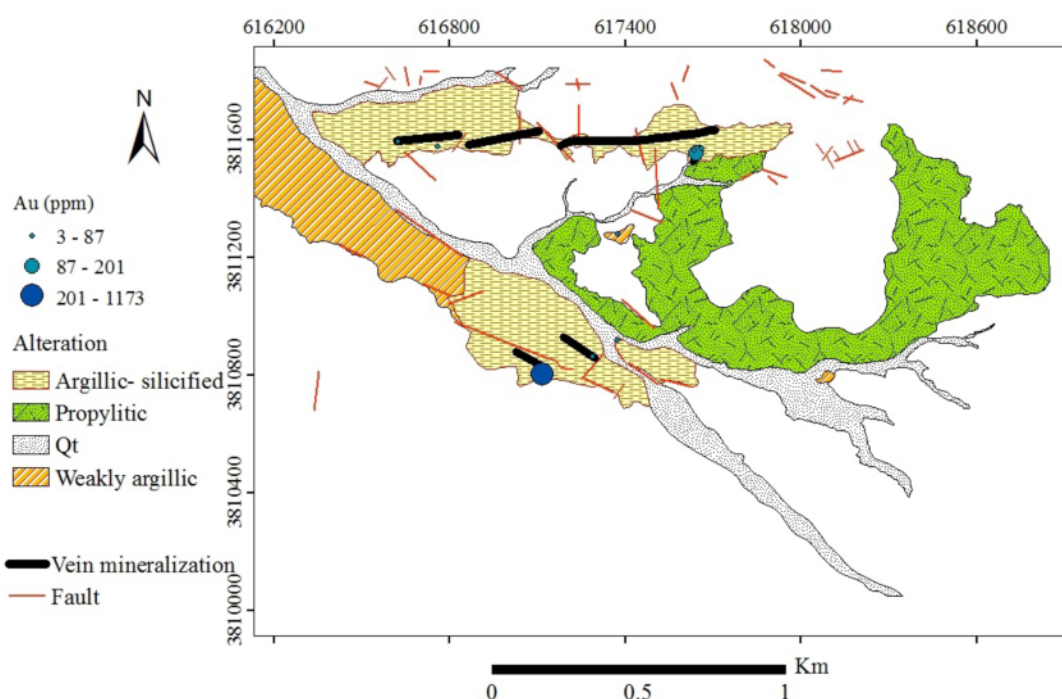
غنی از مایع (L+V) هستند. میان بارهای غنی از مایع دارای ۷۰ تا ۹۰ درصد مایع و ۲۰ تا ۳۰ درصد بخار هستند. بررسی های ریزدماسنجی برای میان بارهای غنی از مایع که با ناپدید شدن بخار همگن می شوند و بر کانی کوارتز انجام شد.

میان بارهای سیال بدون شکل هندسی ویژه و تا حدی کروی و به مقدار کم میله ای با اندازه ۵ تا ۱۰ میکرون هستند. مشکل بررسی سیال ها در این مقاطع کوچک بودن اندازه سیال ها بود که یافتن سیال مناسب را با مشکل و صرف زمان بیشتر مواجه می کرد (شکل ۹). بیشتر میان بارهای سیال از نوع دو فاز

جدول ۱ نتایج تجزیه زمین شیمی رگه های کوارتز کانه دار منطقه بیدوک.

عنصر	نوع واحد	X	Y	Fe ₂ O ₃	Au	As	Bi	Ag	S	Cu	Pb	Zn
یکا				%	ppb	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
مقدار کلارک				۷,۱۵	۵	۲	۰,۲	۰,۱	۲۶۰	۵۵	۱۳	۷۰
BCH1	رگه کوارتز- سولفید	۶۱۶۵۲۸	۳۸۱۴۹۹۰	۳,۱۱	۶	۲۶	۰,۱	۰,۶	۱۵۲۲	۲۷	۸۱	۶۷
BCH2	رگه کوارتز- سولفید	۶۱۶۶۲۴	۳۸۱۱۵۹۳	۰,۶۴	۳۲	۱۵	۰,۲	۰,۷	۲۰۵۵	۱۹	۱۹۳	۲۵
BCH3	رگه کوارتز- سولفید	۶۱۶۷۵۹	۳۸۱۱۵۷۸	۱,۵۶	۵	۳۱	۰,۱	۰,۲	۱۲۳۲	۱۶	۳۳	۲۸
BCH-4		۶۱۷۲۹۱	۳۸۱۰۸۶۲	۱,۸۱	۶	۱۹	۰,۱	۰,۸	۱۸۶۰	۱۵	۹۱	۵۲
BCH-5	دگرسانی آرژیلیک	۶۱۷۳۷۴	۳۸۱۱۲۸۰	۲,۷۴	۶	۱۵	۰,۱	۰,۷	۱۸۰۱	۳۳	۹۵	۳۱
BCH-6	رگه کوارتز- سولفید	۶۱۷۶۴۳	۳۸۱۱۵۵۵	۱,۳۰	۲۰۱	۴۷	۰,۱	۲,۱	۱۹۶۶	۲۱	۳۲	۲۴
BCH-7	رگه کوارتز- سولفید	۶۱۷۶۶۳	۳۸۱۱۵۷۱	۱,۰۵	۱۹	۴۰	۰,۱	۰,۶	۲۲۹۷	۳۲	۵۵	۲۳
BCH-8	رگه کوارتز- سولفید	۶۱۷۶۳۷	۳۸۱۱۵۶۴	۱,۲۸	۴۹	۵۲	۰,۲	۳,۷	۱۸۳۶	۲۸	۲۳۴	۲۷
BCH-9	دگرسانی آرژیلیک سیلیسی	۶۱۷۳۷۴	۳۸۱۰۹۱۸	۲,۸۸	۱۱	۱۸	۰,۱	۰,۳	۲۶۱۴	۱۸	۷۴	۵۹
BCH-10		۶۰۷۳۹۷	۳۸۱۰۷۶۰	۲,۴۸	۳	۲۲	۰,۱	۰,۵	۲۵۱۰	۱۳	۷۷	۴۶
xGZ-847-M3	رگه کوارتز- سولفید	۶۱۷۱۱۶	۳۸۱۰۸۰۳		۱۱۷۳			۱۲,۲				
xGZ-847-M4	رگه کوارتز- سولفید	۶۱۷۱۴۰	۳۸۱۰۷۰۰		۸۷			۰,۹				

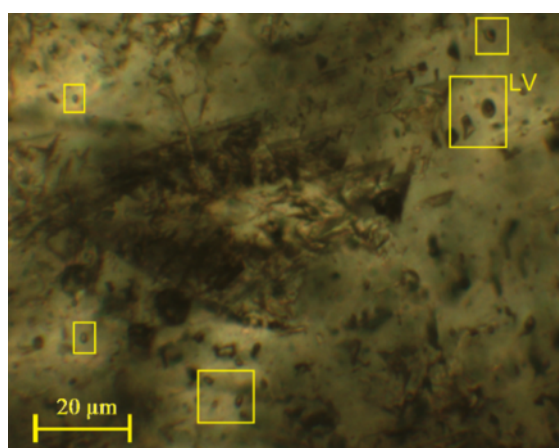
• داده ها از مرجع [۱۱].



شکل ۸ نقشه پراکندگی زمین شیمیایی عنصر طلا در منطقه مورد بررسی.

جدول ۲ ضریب همبستگی عناصر در منطقه بیدوک (سطح اطمینان ۰/۰۵ است).

	Fe ₂ O ₃	Au	As	Bi	Ag	S	Cu	Pb	Zn
Fe ₂ O ₃	۱	-۰/۲۱۲	-۰/۳۸۲	-۰/۲۱۳	۰/۱۹۳	۰/۳۶۳	-۰/۵۳۸	۰/۱۶۰	-۰/۰۱۳
Au	-۰/۲۱۲	۱	۰/۵۸۷	-۰/۰۲۸	-۰/۳۵۹	۰/۱۲۴	-۰/۱۱۲	-۰/۰۶۴	-۰/۴۲۸
As	-۰/۳۸۲	۰/۵۸۷	۱	-۰/۱۳۱	۰/۰۶۷	۰/۳۳۳	-۰/۲۸۷	۰/۲۵۳	-۰/۶۱۳×
Bi	-۰/۲۱۳	-۰/۰۲۸	-۰/۱۳۱	۱	۰/۰۵۸	-۰/۴۲۲	۰/۴۷۰	۰/۵۴۹	-۰/۰۱۵
Ag	۰/۱۹۳	-۰/۳۵۹	۰/۰۶۷	۰/۰۵۸	۱	۰/۳۸۹	-۰/۲۳۵	۰/۷۰۴*	-۰/۱۹۳
S	۰/۳۶۳	۰/۱۲۴	۰/۳۳۳	-۴/۲۲	۰/۳۸۹	۱	-۰/۶۹۹*	۰/۳۰۷	-۰/۳۵۲
Cu	-۰/۵۳۸	-۰/۱۱۲	-۰/۲۶۸	۰/۴۷۰	-۰/۲۳۵	-۰/۶۹۹*	۱	-۰/۲۱۱	۰/۳۰۰
Pb	۰/۱۶۰	-۰/۰۶۴	۰/۲۵۳	۰/۵۴۹	۰/۷۰۴*	۰/۳۰۷	-۰/۲۱۱	۱	-۰/۳۳۸
Zn	-۰/۰۱۳	-۰/۴۲۸	-۰/۶۱۳*	-۰/۰۱۵	-۰/۱۹۳	-۰/۳۵۲	۰/۳۰۰	-۰/۳۳۸	۱



شکل ۹ تصویر میکروسکوپی از سیال‌های درگیر دوفازی (LV) درون کانی کوارتز در منطقه بیدوک.

بررسی‌های ریزدماسنجی

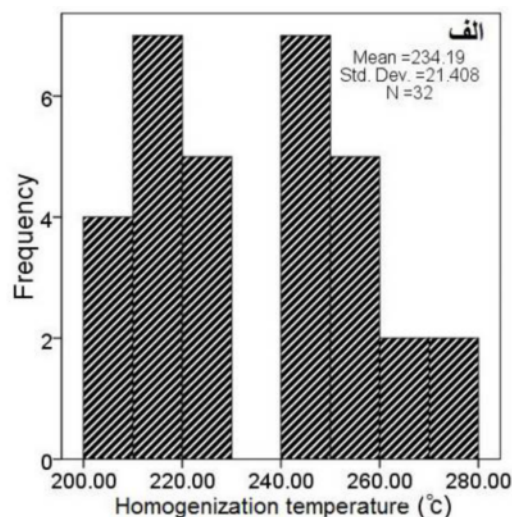
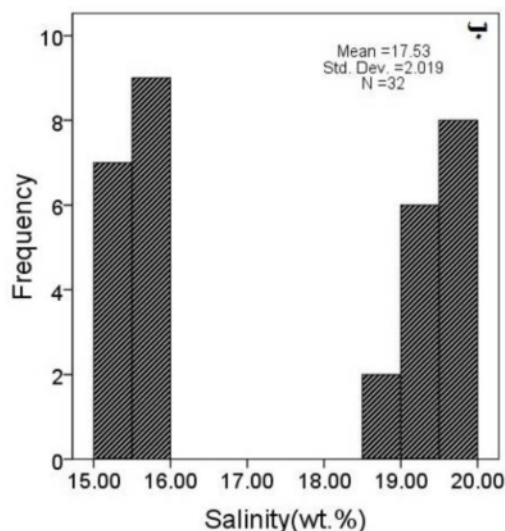
آزمایش دماسنجی برای ۳۲ میان‌بار اولیه انجام شد. میان‌بارهای سیال مورد بررسی در رگه‌های کوارتز-اکسید آهن درون پهنه دگرسانی سیلیسی-آرژیلی منطقه جای دارند. از آنجا که رگه‌های سیلیسی بیشترین ارتباط را با کانه‌زایی طلا در این منطقه دارد، بررسی میان‌بارهای این رگه‌ها کمک شایانی به تفسیر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی سیال کانه‌ساز می‌کند. دمای همگن‌شدگی برای کانی کوارتز در گستره ۲۰۲ تا ۲۷۳ درجه سانتیگراد قرار دارد (جدول ۳). دمای ذوب یخ برای همان تعداد سیال تعیین شد. طی بررسی‌های سنگ نگاری در هنگام سرمایش، اثری از فازهای جامد دیده نشد که نشانگر شوری پایین سیال کانه‌ساز است. مقدار شوری محاسبه شده بر اساس دمای ذوب آخرین بلور یخ برای میان‌بارهای سیال حدود ۱۵/۷۶ تا ۱۹/۹۹ درصد وزنی معادل نمک طعام است (جدول ۳). نمودارهای تغییرات دمای همگن‌شدگی و شوری

این سیال‌های در شکل ۱۰ آورده شده است که نشان دهنده دو نسل سیال موثر در تشکیل رگه است.

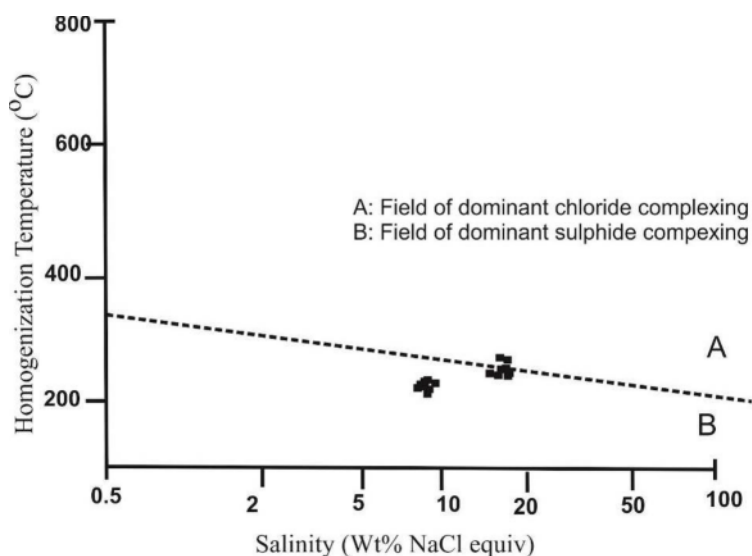
هیچ کانی نوزادی در سیال‌های منطقه مورد بررسی شناسایی نشد، ولی از آنجا که نخستین دمای ذوب، t_{fm} ، آنها کمتر از $-20^{\circ}C$ است، نمک‌های احتمالی سیال کاتیون‌های Na^{+} و Ca^{2+} و آنیون Cl^{-} دارند. بر اساس دمای همگن‌شدگی و درصد وزنی نمک طعام در میان‌بارهای سیال، می‌توان به کمپلکس مؤثر در حمل فلزات پی‌برد [۲۱، ۲۲]. نمودار دما نسبت به شوری (شکل ۱۱) در منطقه بیدوک غلبه کمپلکس بی‌سولفیدی طلا به کمپلکس کلریدی را در رگه‌های سیلیسی منطقه بیدوک نشان می‌دهد [۲۳]. دگرسانی آرژیلی بیانگر محیط اسیدی است که شرایط مناسب برای انتقال طلا بصورت کمپلکس بی‌سولفیدی را فراهم می‌نماید و از طرفی، شرایط دمایی و شوری اندازه‌گیری شده نیز تایید کننده این امر است.

جدول ۳ ویژگی‌های میان‌بارهای سیال بر کانی کوارتز در منطقه بیدوک.

شماره نمونه	نوع سیال	تعداد سیال	Th (°C)	T _{fm} (°C)	T _m (°C)	شوری (wt%)	چگالی (gr/Cm ³)
۱	LV	۱۶	۲۰۲-۲۲۶	-۴۹ تا -۵۱٫۴	-۱۲ تا -۱۱٫۱	۱۵٫۷-۱۵٫۹۶	۰٫۹۶-۰٫۹۸
۲	LV	۱۶	۲۴۰-۲۷۳	-۴۹٫۸ تا -۴۸٫۱	-۱۶٫۷ تا -۱۵٫۲	۱۸٫۸-۱۹٫۹۹	۰٫۹۵-۰٫۹۸



شکل ۱۰ توزیع (الف) دمای همگن‌شدگی و (ب) شوری سیال‌ها در رگه‌های طلا دار بیدوک.



شکل ۱۱ نمایش گستره پایداری کمپلکس‌های طلا به‌صورت کلریدی و بی‌سولفیدی [۲۳].

بحث

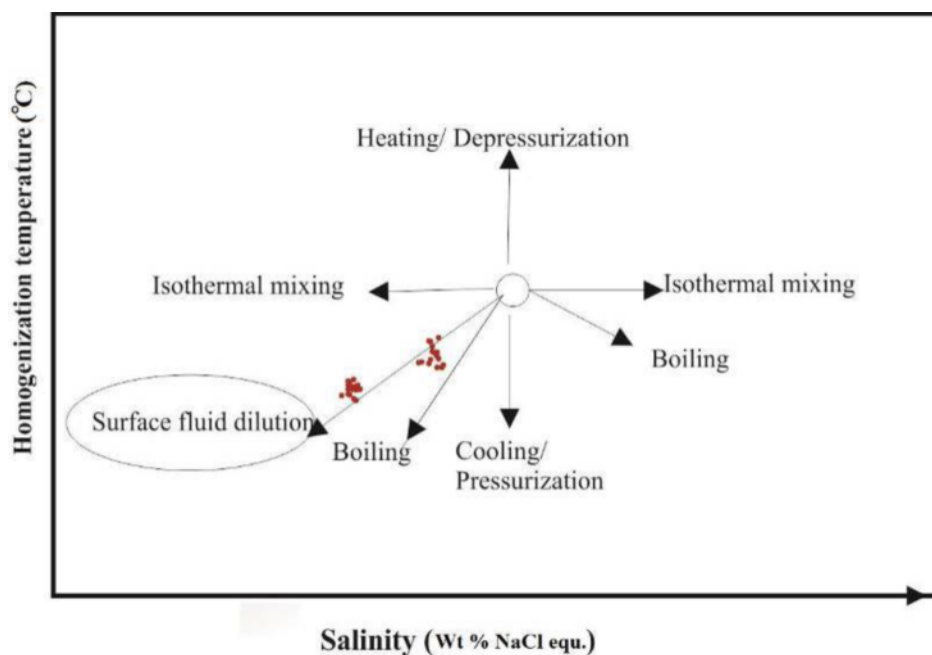
هندکوئیست [۲۵] کانسارهای اپی‌ترمال را به عنوان کانی-سازی که در عمق کم (کمتر از یک کیلومتر) و دمای کمتر از ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد تشکیل می‌شوند معرفی کرد. سنگ میزبان کانسارهای اپی‌ترمال اغلب سنگ‌های آتشفشانی هستند

کانسارهای اپی‌ترمال برای نخستین بار توسط لیند گرن [۲۴] به عنوان کانسارهایی که در دمای ۲۰۰-۵۰ درجه سانتی‌گراد و عمق کمتر از ۱۰۰۰ متر تشکیل می‌شوند، معرفی شدند.

[۲۶]. در نتیجه فرایند غالب در تشکیل رگه‌های کوارتز کانه‌دار کاهش دما و آمیختگی محلول گرم و شور با محلول سرد سطحی با شوری کم بوده است [۲۱] (شکل ۱۲). شوری متوسط تا پایین میان‌بارهای سیال در نمونه‌های کوارتز می‌تواند نشانه اضافه شدن سیال‌های با خاستگاه جوی در فرایند کانی‌سازی رگه‌ای باشد. کاهش شوری سیال با کاهش دما نیز از نشانه‌های رقیق‌شدگی سیال‌های گرمایی به نسبت شور با سیال‌های جوی با شوری پایین است [۳۷] (شکل ۱۲). بر اساس بررسی‌های زمین‌شناسی، دگرسانی و کانی‌سازی به همراه سیال‌های درگیر، کانی‌سازی بیدوک بیشترین شباهت را با کانسارهای نوع اپی‌ترمال دارد. بر اساس داده‌های شوری و دمای همگن‌شدگی، نمونه‌های منطقه بیدوک در گستره کانسارهای اپی‌ترمال قرار دارند [۳۸]. در جدول ۴، منطقه پی جویی بیدوک با تعدادی از کانسارهای رگه‌ای طلا در ایران و سایر نقاط جهان مقایسه شده و شباهت‌های بسیاری بین آنها قابل مشاهده است. تنها تفاوت منطقه مورد بررسی با سایر کانسارهای طلای رگه‌ای شوری بالاتر آن است که با وجود قرارگیری در گستره کانسارهای اپی‌ترمال می‌تواند مربوط به عمق بیشتر تشکیل کانسار بیدوک باشد [۳۹-۴۳].

و در محیط‌های کرانه فعال قاره‌ای و جزایر قوسی تشکیل می‌شوند [۲۶، ۲۷]. طی دهه‌های گذشته، دو نوع اصلی کانسار اپی‌ترمال سولفید بالا و سولفید پایین، هم به صورت رگه‌ای و هم به صورت توده‌ای، به طور گسترده‌ای شناخته شده‌اند [۲۸-۳۶]. منطقه پی جویی بیدوک دارای سامانه رگه‌ای کانی‌زایی است که در سنگ‌های آندزیتی تا آذرآواری قرار دارند و بر اساس داده‌های زمین‌شیمی دارای ناهنجاری طلا هستند. دگرسانی پیرامون این رگه‌ها بصورت هاله‌هایی از نوع سیلیسی-آرژیلی در اطراف رگه و دگرسانی پروپلیتی در فواصل دورتر است. نتایج دماسنجی برای کانی کوارتز موجود در رگه کوارتز-اکسید آهن در میان‌بارهای سیال این ناحیه نشان می‌دهد که در این رگه‌ها، دو نوع سیال گرمایی نقش داشته‌اند. گروه نخست میان‌بارهای سیال دو فاز (غنی از مایع) با دمای همگن‌شدگی ۲۰۲ تا ۲۴۶ درجه سانتی‌گراد، شوری ۱۵/۶۴ تا ۱۵/۷ درصد وزنی نمک طعام و گروه دوم میان‌بارهای سیال با دمای همگن‌شدگی ۲۴۰ تا ۲۸۰ درجه سانتی‌گراد، شوری ۱۸/۸ تا ۱۹/۹۹ درصد وزنی نمک طعام هستند.

این ویژگی‌ها مشابه سیال‌های اپی‌ترمال است. با توجه به نبود هم‌زیستی سیال‌های دو فاز غنی از مایع و غنی از بخار، پدیده جوشش نمی‌تواند عامل اصلی در ته‌نشینی فلزات باشد



شکل ۱۲ نمودار دمای همگن‌شدگی به شوری سیال‌های درگیر که رقیق‌شدگی توسط سیال‌های سطحی مهم‌ترین عامل موثر در روند ته‌نشینی کوارتز در منطقه بیدوک بوده است [۳۷].

جدول ۴ مقایسه ویژگی‌های مختلف رگه کوارتز-سولفید بیدوک با تعدادی از کانسارهای طلای رگه‌ای اپی‌ترمال در ایران و سایر نقاط جهان.

	طلای رگه‌ای بیدوک	Sovereign (نیوزلند)	Jubilee (نیوزلند)	Onzuk kanbani (میانمار)	طلای اپی‌ترمال زاگیلک اهر	طلای اپی‌ترمال ارغش
سنگ میزبان	توف آندزیتی، توف سنگی و توف بلوری	برش آندزیتی و دایک های ریولیتی و سنگ- های آذرآواری	آندزیت و دایک‌های ریولیتی	گنایس	آندزیت-توف آندریتی، پیروکلاستیک	تراکی آندزیت پورفیری
دگرسانی سنگ میزبان	آرژیلی-سیلیسی و پروپلیتی	سیلیسی، سربستیک- آرژیلیک	سیلیسی، سربستی- آرژیلی	سربست- سیسیسی-ایلیت- پروپلیتی	سیلیسی-پیریت- پروپلیتی، آرژیلی	آرژیلی-سربستی، پروپلیتی
نوع رگه	کوارتز سولفید	کوارتز سولفید	کوارتز سولفید	کوارتز±کلسیت سولفید	کوارتز سولفید	کوارتز سولفید
کانی‌های سولفیدی همراه رگه	پیریت+اکسیدهای آهن ثانویه	کالکوپیریت، الکتروم، گالن، اسفالریت، پیریت	کالکوپیریت، الکتروم، گالن، اسفالریت، پیریت	گالن، اسفالریت، کالکوپیریت، مارکاسیت	پیریت، کالکوپیریت، گالن، اسفالریت، بورنیت	پیریت
دمای همگن‌شدگی	۲۰۲-۲۷۳	۲۷۱-۱۹۶	۲۷۲-۱۶۸	۲۴۱	کمتر از ۳۰۰	۲۸۵-۲۷۹
شوری سیال‌های کانه ساز(معادل درصد وزنی نمک طعام)	۱۵/۷۶-۱۹/۹۹	۴/۱-۰/۱	۰-۰/۶	-	-	۰/۲-۳/۵
مرجع		[۳۹]	[۳۹]	[۴۰]	[۴۱]	[۴۲]

برداشت

کانسار بیدوک شامل رگه‌های سیلیسی-اکسید آهنی دربردارنده طلاست که در سنگ میزبان آندزیتی تا آذرآواری ترشیری قطعه‌لوت قرار دارد. توزیع مکانی رگه‌ها و انطباق آن با شکستگی‌ها و گسل‌ها نشان‌دهنده کنترل ساختاری در این سامانه کانی‌زایی است. گسلش و شکستگی‌ها به همراه نفوذپذیری بالای سنگ‌های آتشفشانی باعث نفوذ و گسترش محلول‌های گرمابی در سنگ‌های میزبان و تشکیل مناطق دگرسانی از نوع پروپلیتی و آرژیلی-سیلیسی در این منطقه شده‌است. کانی‌سازی بصورت رگه‌های کوارتز-اکسید آهنی است. کانی سولفیدی قابل دیده در آن کمی پیریت است که اغلب به اکسیدهای آهن هوازده شده است و این احتمال وجود دارد که طلا درون ساختار کانی‌پیریت تشکیل شده باشد. بر اساس نتایج زمین‌شیمیایی بر سنگ‌های رگه‌های سیلیسی مقدار طلا از ۳ تا ۲۰۱ میلی‌گرم در تن تغییر می‌کند. نتایج به دست آمده از میان‌بارهای سیال در منطقه بیدوک نشان می‌دهد که سیال مسئول کانی‌سازی در این منطقه دارای دمای ۲۰۰ تا ۲۷۳ درجه سانتیگراد و شوری ۱۵/۷۶ تا ۱۹/۹۹ درصد وزنی نمک طعام است. بررسی روند تکاملی این سیال نشان می‌دهد که در منطقه بیدوک، آمیختگی نقش اساسی در تکامل

سیال گرمابی داشته و فرآیند آمیختگی با آب‌های سرد جوی عامل اصلی در ناپایداری کمپلکس طلا و تهنشست ماده معدنی بوده است با توجه به گستره دما و شوری میان‌بارهای مورد بررسی و همخوانی آن با سامانه‌های طلای اپی‌ترمال و نبود CO₂ در نمونه‌های مورد بررسی می‌توان سامانه اپی‌ترمال را به این کانسار نسبت داد. البته، تعیین نوع کانسار اپی‌ترمال کار مشکلی بوده و نیاز به بررسی‌های بیشتر از جمله تعیین ایزوتوپ‌های پایدار گوگرد کانی سولفیدی پیریت دارد. از آنجا که کانی پیریت تقریباً بطور کامل به اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن هوازده شده، تعیین ایزوتوپ گوگرد مشکل است.

مراجع

- [1] Karimpour M.H., Zaw K, Huston D.L., "S-C-O isotopes, fluid inclusion microthermometry, and the genesis of ore bearing fluids at Qaleh-Zari Fe-oxide Cu-Au-Ag mine, Iran", Journal of Sciences, Islamic Republic of Iran, 16 (2005) 153-168.
- [2] Richards J.P., Spell T., Rameh E., Raziq A., Fletcher T., "High Sr/Y magmas reflect arc maturity, high magmatic water content, and porphyry Cu $\pm$ Mo $\pm$ Au potential: examples from the Tethyan arcs of central and eastern Iran and

- [11] Jafari M., Azmi H., Sadid S., " *Systematic geochemical exploration of Gonabad. Scale 1:25000*", Geological Survey & Mineral Explorations of Iran (2017) 235p.
- [12] Bodnar R. J. "Revised equation and table for determining the freezing point depression of H_2O - $NaCl$ solutions", *Geochimica et Cosmochimica Acta* 12 (1993) 683-684
- [13] Brown P.E., Lamb W.M., "P-V-T properties of fluids in the system H_2O - CO_2 - $NaCl$: New graphical presentations and implications for fluid inclusion studies", *Geochim. Acta*, 53(1989) 1209-1221.
- [14] Ashoori A.R., Karimpour M.H. and Saadat S., "Geological map of Bajestan. scale: 1:100000", Geological Survey of Iran (2005).
- [15] Whitney D.L., Evans B.W., "Abbreviations for names of rock-forming minerals", *American Mineralogist*, 95 (1) (2010) 185-187.
- [16] Rowland J.V., and Simmons S.F., "Hydrologic, magmatic and tectonic controls on hydrothermal flow, Taupo Volcanic zone, New Zealand: Implication for the formation of epithermal vein deposits" *Economic geology* 107(3) (2012) 427- 457.
- [17] Yilnaz H., Oyman T., Arehart G.B., Coşakoglu A.R., and Billor Z., "Low- sulfidation type Au-Ag mineralization at Bergama, Izmir, Turkey", *Ore Geology Reviews*, 32(1-2) (2007) 81-124.
- [18] Shepherd TJ, Rankin AH, Alderton DHM., "A practical guide to fluid inclusion", Blackie (1985) 239 p.
- [19] Roedder E., "Fluid inclusions. Reviews in Mineralogy. Mineral", Society of America, Washington 12 (984) 644p.
- [20] Goldstein R.H., Reynolds, T.J., "Systematics of fluid inclusions in diagenetic minerals. Society for Sedimentary Geology. SEPM, Tulsa Oklahoma", Short Course 31(1994) 199p.
- [21] Moncada D., Mutchler S., Niebo A., Reynolds T.J., Rimstidt J.D., and Bodnar R.J., "Mineral texture and fluid inclusion petrography of the epithermal Ag-Au deposits at Guanajuato Mexico: Application to exploration", *Journal of Geochemical Exploration* 114 (12) (2012) 20-35.
- [22] Piranjo F., "Hydrothermal processes and mineral systems", Springer, New York (2009) 1273 p.
- [23] Large R.R. Huston D. McGoldrick P., Tuxton P.A., "Gold distribution and genesis in Australian volcanogenic massive sulfide deposits and their western Pakistan", *Economic Geology* 10 (2012) 295-332.
- [3] Malekzadeh Shafaroudi, A., Karimpour M.H., Stern C.R., "The Khopik porphyry copper prospect, Lut Block, Eastern Iran: Geology, alteration and mineralization, fluid inclusion, and oxygen isotope studies", *Ore Geology Reviews* 65(2) (2015) 522-544.
- [4] Malekzadeh Shafaroudi A., Karimpour M.H., Mazaheri S.A., "Rb-Sr and Sm-Nd isotopic composition and petrogenesis of ore-related intrusive rocks of gold-rich porphyry copper Maherabad prospect area (north of Hanich), east of Iran. (in Persian)", *Iranian Journal of Crystallography and Mineralogy* 18(2) (2010) 15-32.
- [5] Arjmandzadeh R., Karimpour M.H., Mazaheri S.A., Santos J.F., Medina J.M., Homam S.M., "Sr-Nd isotope geochemistry and petrogenesis of the Chah-Shaljami granitoids (Lut Block, eastern Iran)", *Journal of Asian Earth Sciences* 14 (2011) 283-296.
- [6] Abdi M. and Karimpour M.H., "Geological alteration, mineralization, petrogenesis, geochronology, geochemistry and airborne geophysics of Kuh Shah prospecting area, SW Birjand (in Persian)" *Journal of Economic Geology* 4(1) (2012) 77-107.
- [7] Karimpour M, H., Malekzadeh Shafaroudi A., Mazaheri SA. A., Heydariyan M.R., "Magmatism and mineralization types of copper, gold, tin, tungsten in Lut Block", *Fifteenth Congress of Crystallography and Mineralogy of Iran* (2006) 604-598.
- [8] Zirjani zadeh S., Karimpour M.H., Ebrahimi KH., "Mineralogy, geochemistry and petrology of intrusive bodies and volcanic rocks in northwest of Gonabad (in persian)", *Iranian Journal of Crystallography and Mineralogy* 23 (4) (2016) 789-802.
- [9] Karimpour M. H., Stern C. R., Farmer L., Saadat S., Malekzadeh A., "Review of age, Rb-Sr geochemistry and petrogenesis of Jurassic to Quaternary igneous rocks in Lut Block, Eastern Iran", *Geopersia* 1(1) (2011) 19-36.
- [10] Karimpour M.H., Malekzadeh Shafaroudi A., Stern C.R., Farmer L., "Petrogenesis of Granitoids, U-Pb zircon geochronology, Sr-Nd isotopic characteristic, and important occurrence of Tertiary mineralization within the Lut Block, eastern Iran (in Persian)", *Economic Geology of Iran* 4(1) (2012) 1-27.

- and West Pacific rim", The Ishihara Symposium: Granites and Associated Metallogenesis (2004) 51–55.
- [34] Robb L., "Introduction to ore forming processes", Blackwell Publishing Company (2006) 373 p.
- [35] Taylor B.E., "Epithermal gold deposits, in Good fellow, W.D., ed., Mineral Deposits of Canada: A Synthesis of Major Deposit-Types, District Metallogeny, the Evolution of Geological Provinces, and Exploration Methods", Geological Association of Canada, Mineral Deposits Division, Special Publication 5 (2007) 113–139.
- [36] Yang E., Mao J., Bierlein F., Pirajno F., Zhao C., Ye H., Liu F., "A review of the geological characteristics and geodynamic mechanisms of Late Paleozoic epithermal gold deposits in North Xinjiang, China" Ore Geology Reviews 35 (2009) 217–234.
- [37] Wilkinson J.J., "Fluid inclusions in hydrothermal ore deposits", Elsevier Lithos (2001) 55: 229–272.
- [38] Huston D.L., and Large R.R., "A chemical model for the concentration of gold in volcanogenic massive sulphide deposits", Ore Geology Reviews, 4(3) (1989) 171–200.
- [39] Sympton M., Mauk J., "Hydrothermal alteration and veins at the epithermal Au-Ag deposits at prospect of the Waitekauri area, Hauraki goldfield, New Zealand" Economic geology 106 (2011) 945–973.
- [40] Zar A., Warmada I., Setijadji L., Watanabe K., "Hydrothermal Gold mineralization and some features of ore mineral at the Onzon- Kanbani area, central Myanmar" International journal of mining and Geo-Engineering 52-2 (2018) 95–103.
- [41] Norouzi A., Mehrperto M., "Study of Genetic Type and Mineralization of Epithermal Gold Storage in Siliceous Veil No. 3 Zaglig Village – Ahar" Twenty-Fourth Earth Sciences Forum, Tehran, Iran.
- [42] Ashrafpour I., Saeed A., Quin, E., "Ore Geology and Fluid Inclusions Studies in Arghash Gold Range, NW of Neyshabour, North East of Iran" Journal of earth science 18 (71) (2009) 129–136.
- [43] Hedenquist J., "Exploration for Epithermal Gold Deposits" SEG Reviews 13 (2000) 245–277.
- significance for gold transport models", Econ Geol Monogr (1992).
- [24] Lindgren W., "A suggestion for the terminology of certain mineral deposits", Economic Geology 17(1992) 292–294.
- [25] Hedenquist J.W., "Mineralization associated with volcanic related hydrothermal systems in the Circum pacific Basin, in Horn, M.K. Circum pacific Energy and Mineral Resource Conference 4th Singapore, 1986, Transaction", American Association of Petroleum Geologists (1987) 513–524.
- [26] Sillitoe R.H., Hedenquist J.W., "Linkages between volcano tectonic settings, ore-flid compositions, and epithermal precious metal deposits, in Simmons, S.F., and Graham, I., eds., Volcanic, geothermal and ore forming processes: Rulers and witnesses of processes within the Earth", Society of Economic Geologists Special Publication 10 (2003) 315–343.
- [27] Simmons S.F., White N.C., John D.A., "Geological characteristics of epithermal precious and base metal deposits. in Hedenquist, J.W., Thompson, J.F.H., Goldfarb, R.J., and Richards, J.P., eds. ", Economic Geology 100th Anniversary Volume: Society of Economic Geologists (2005) 485–522.
- [28] Hedenquist J.W., Lowenstern J. B., "The role of magmas in the formation of hydrothermal ore deposits", Nature 370 (1994) 519–527.
- [29] White N., Hedenquist J.W., "Epithermal gold deposits: Styles, characteristics and exploration", SEG Newsletter, 23(1995) 9–13.
- [30] Robert F., Poulsen K.H., Dubé B., "Gold Deposits and Their Geological Classification", Exploration Geochemistry, paper 29 (1997) 209–220.
- [31] Sillitoe R.H., "Characteristics and controls of the largest porphyry copper-gold and epithermal gold deposits in the Circum-Pacific region", Australian Journal of Earth Sciences 44 (1997) 373–388.
- [32] Corbett G., "Epithermal Gold for Explorationists", AIG Journal–Applied geoscientific practice and research in Australia (2002) 1–26.
- [33] Corbett, G., "Epithermal Au-Ag–The Magmatic Connection Comparisons between East