

مطالعه زمین‌شناسی، دگرسانی، ژئوشیمی و میانبارهای سیال در کانه‌زایی‌های طلای شمال بزمان

محمد رضا امیدوار اشکلک^{۱*} و میرعلی اصغر مختاری^۲

^۱ کارشناسی ارشد، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران
^۲ استادیار، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۲/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۸/۰۴

چکیده

منطقه مورد مطالعه در انتهای جنوبی کمربند ماگمایی سهند- بزمان، در شمال آتشفشان بزمان قرار گرفته است. واحدهای سنگی منطقه متشکل از گدازه‌های آندزیتی- داسیتی همراه با ماسه سنگ توفی، ایگنمبریت، آگلومرا، توف و سیلت سنگ به سن میوسن است که متحمل دگرسانی‌های پروپلیتی، آرژیلیک، سریسیتی، کربناتی و سیلیسی شده‌اند. فرم چیره کانه‌زایی عبارت از رگه‌های سیلیسی و برش‌های گرمایی در درون پهنه‌های دگرسانی است. رگه‌های سیلیسی دارای بافت‌های کلوform، حفره‌ای، قشری، شانه‌ای، نواری و برش‌های گرمایی هستند. مطالعات آزمایشگاهی بیانگر این است که برش‌های گرمایی دارای بیشترین عیار طلا (۲۷/۶ ppm) است و رگه‌های سیلیسی با بافت نواری و رگه‌های سیلیسی دارای کانی‌های سولفیدی ریز، در رده‌های بعدی قرار دارند. مطالعات ژئوشیمیایی بیانگر همبستگی خوب میان طلا با عناصر نقره، آنتیموان، آرسنیک، سرب، روی، مولیبدن، بیسموت و جیوه در رگه‌های سیلیسی طلا در این منطقه است. بررسی میانبارهای سیال بر روی رگه‌های سیلیسی با بافت نواری، شوری سیال را ۷/۷۷-۱/۲۲ درصد و دمای همگن شدن را ۲۹۶-۱۹۰ درجه سانتی گراد نشان داده است. بر پایه مطالعات صحرایی، کانی‌شناسی، ساخت و بافت، ویژگی‌های ژئوشیمیایی و میانبارهای سیال، کانه‌زایی طلای شمال بزمان را می‌توان در زمره ذخایر طلای اپی‌ترمال سولفیداسیون پایین قرار داد.

کلید واژه‌ها: کانه‌زایی طلا، بزمان، برش گرمایی، رگه‌های سیلیسی، اپی‌ترمال.

***نویسنده مسئول:** محمد رضا امیدوار اشکلک

E-mail: mohammadrezaomidvar@gmail.com

۱- پیش‌نویس

منطقه مورد مطالعه، در انتهای جنوب خاوری کمربند ماگمایی سهند- بزمان و محور طلادار کرمان، در ۳۵ کیلومتری شمال بزمان و در شمال باختری شهرستان ایرانشهر واقع شده است (شکل ۱). این منطقه در حد فاصل آتشفشان بزمان در جنوب و دشت سمسور در شمال قرار گرفته است. در مطالعات انجام شده پیشین در قالب تهیه نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ چاه‌سنگی (خلقی خسرقی و محمدی گل، ۱۳۸۶)، اکتشاف ژئوشیمیایی ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ چاه‌سنگی (سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۳۸۰)، گزارش نیمه تفصیلی اکتشاف طلای چاه‌نلی بزمان در مقیاس ۱:۵۰۰۰ (امیدوار اشکلک، ۱۳۹۰) و گزارش اکتشاف ژئوشیمیایی و تهیه نقشه زمین‌شناسی- معدنی ۱/۲۰۰۰۰ چاه‌نلی (مهندسین مشاور پارس کانی، ۱۳۸۳) به حضور طلا در این منطقه اشاره شده است. لیکن، اطلاعات جامع و دقیقی از زمین‌شناسی، کانی‌شناسی، ژئوشیمی و گسترش و کیفیت ماده معدنی ارائه نشده است.

در پژوهش حاضر که برگرفته شده از پروژه کنترل نواحی امیدبخش معدنی در ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ زمین‌شناسی چاه‌سنگی است (امیدوار اشکلک، ۱۳۹۱)، توان معدنی منطقه از نظر کانی‌سازی طلا مورد بررسی قرار گرفته است که نتیجه آن منجر به معرفی پنج محدوده طلادار گشته است. در این نوشتار، ویژگی‌های زمین‌شناسی و دگرسانی محدوده‌های کانی‌سازی، همراه با ژئوشیمی آنها مورد بررسی قرار گرفته است. همچنین، مطالعه اولیه میانبارهای سیال از برخی مناطق کانی‌سازی ارائه شده است.

۲- روش پژوهش

پژوهش‌های به عمل آمده در طی این پژوهش، دربرگیرنده دو بخش مطالعات صحرایی و آزمایشگاهی است. مطالعات صحرایی شامل پیمایش‌های صحرایی به منظور شناسایی پهنه‌های کانی‌سازی و رگه‌های کوارتزی، بررسی ارتباط فضایی آنها

با سنگ‌های دربرگیرنده و در نهایت نمونه‌گیری از آنها برای مطالعات آزمایشگاهی بوده است. نمونه‌گیری از رگه‌های سیلیسی به صورت کانالی و نمونه‌های حاشیه‌های دگرسانی رگه‌ها به دو صورت کانالی و چپ (لب‌پری) بوده است. لازم به یادآوری است که تعدادی ترانسه نیز به صورت عمود بر امتداد پهنه‌های کانی‌سازی و رگه‌های کوارتزی حفر شد که عمدتاً به روش کانالی نمونه‌گیری شدند. مطالعات آزمایشگاهی شامل مطالعات سنگ‌نگاری (۱۰ نمونه)، کانه‌نگاری (۲۰ نمونه)، XRD (۵ نمونه) و تجزیه شیمیایی ۷۵۱ نمونه مربوط به رگه‌های کوارتزی و پهنه‌های کانی‌سازی برای عنصر طلا و عناصر وابسته است. آنالیز نمونه‌ها به روش‌های جذب اتمی، ICP-OES و Fire Assay در آزمایشگاه‌های مرکز پژوهش‌های کاربردی سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور در کرج انجام پذیرفته است. همچنین، مطالعه میانبارهای سیال برای به دست آوردن دمای تشکیل کانی‌سازی و شیمی سیال‌های کانی‌ساز، روی ۴ نمونه از رگه‌های دارای بافت کلوform و نواری در آزمایشگاه میانبارهای سیال دانشگاه تربیت مدرس با بهره‌گیری از دستگاه Linkam و کنترل کننده حرارت THMS600 انجام شده است.

۳- زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه

از نظر زمین‌شناسی، منطقه مورد مطالعه عبارت از انتهای جنوب خاوری کمان ماگمایی سهند- بزمان است. بر اساس نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ جهان‌آباد (آقاباتی و همکاران، ۱۳۶۱)، واحدهای سنگی شمال و شمال باختر آتشفشان بزمان متشکل از گدازه‌های آندزیت، آندزیت بازالتی و داسیت همراه با مقدار کمی بازالت، ولکانو کلاستیک، ماسه سنگ و توف با سن میوسن است. بر اساس نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ چاه‌سنگی (خلقی خسرقی و محمدی گل، ۱۳۸۶)، در گستره منطقه مورد مطالعه، کهن‌ترین سنگ‌های رخنمون‌یافته عبارت از سنگ‌های آتشفشانی و آتشفشانی- رسوبی متعلق به میوسن است. این سنگ‌ها متشکل از گدازه‌های

در برخی نقاط، ساخت شبه استوک‌ورکی را پدید آورده‌اند. بافت‌های موجود در رگه‌های سیلیسی شامل بافت کلوform، حفره‌ای، قشری، کاکلی، نواری و برش‌های گرمایی است (شکل ۶). بافت‌های یاد شده، نشان از تشکیل در ژرفای کم و فشار پایین بوده و از ویژگی‌های کانی‌سازی اپی‌ترمال هستند (Sillitoe, 1999; Hedenquist et al., 1996; Guilbert & Park, 1986; Sillitoe & Hedenquist, 2003; Yilmaz et al., 2007 & 2010).

بررسی‌های صحرایی نشان از آن دارد که رگه‌های سیلیسی در این منطقه در طی دو مرحله تشکیل شده‌اند. در مرحله اول، رگه سیلیسی روشن رنگ با بافت کلوform، قشری، نواری و شانه‌ای تشکیل شده است که با مقادیر محدود کانی‌سازی سولفیدی یا بدون همراهی آن است. مرحله دوم که به‌نظر می‌رسد مرحله اصلی کانی‌سازی در این محدوده باشد، عبارت از برش‌های گرمایی است که دربرگیرنده قطعات سیلیسی مرحله اول با بافت کلوform، نواری و شانه‌ای است (شکل ۶-د) که بیشتر در بخش‌های میانی رگه‌های مرحله اول تشکیل شده است. زمینه برش‌های گرمایی مزبور متشکل از هیدروکسیدهای آهن به همراه سیلیس است (شکل ۶-د). قطعات سیلیسی یاد شده، بیشتر زاویه‌دار است و از گردشدگی و جورشدگی ضعیفی برخوردار هستند (شکل ۶-د). این موضوع نشانگر این است که قطعات سیلیسی پس از شکسته شدن، از محل اولیه خود چندان جابه‌جا نشده‌اند.

محدوده Z7: این محدوده در شمال و شمال باختر محدوده Z1 قرار دارد و به‌صورت ارتفاعات نسبتاً بلندی رخنمون دارد (شکل ۷). در این منطقه، رگه‌های سیلیسی با بافت نواری و برش‌های گرمایی (شکل ۷) در درون آندزیت‌های دگرسان شده آذرئیلی و سیلیسی حضور دارند. رگه‌های سیلیسی و برش‌های گرمایی دارای روند شمال خاور- جنوب باختر بوده (N30E) و در سبترهای کمتر از یک متر و طول رخنمون تا ۱۰۰ متر قابل مشاهده هستند. کانی‌سازی سولفیدی به‌طور غالب از نوع پیریت در همراهی با برش‌های گرمایی مشاهده می‌شود (شکل ۷). فراوانی سولفیدها گاه تا ۵ درصد می‌رسد. در برخی نقاط، آغشتگی‌های مالاکییتی نیز قابل مشاهده است.

محدوده Z6: این محدوده نیز در شمال و شمال باختر محدوده Z7 قرار دارد و متشکل از پهنه دگرسانی آذرئیلی متوسط دارای پیریت به همراه رگه‌های سیلیسی پیریت‌دار و برش‌های گرمایی است. رگه‌های سیلیسی با امتداد شمال خاور- جنوب باختر (N50-70E) و شیب تقریباً قائم به سبترهای ۵ تا ۶ متر و طول رخنمون تا ۶۰۰ متر در درون آندزیت‌ها و توف‌های آندزیتی حضور دارند (شکل ۸). این رگه‌ها دارای کانی‌سازی سولفیدی پیریت فراوان بوده که گاه اکسید شده‌اند. افزون بر این، در برخی نقاط رگه‌های سیلیسی نیز در درون پهنه دگرسانی قابل مشاهده هستند.

۴-۲. بخش مرکزی یا محدوده Z5

این محدوده در حاشیه خاوری جاده بم- بزمان قرار گرفته است. کانی‌سازی شاخص در این محدوده عبارت از یک رگه سیلیسی است که با روند شمال و شمال باختر- جنوب و جنوب خاور در درون گدازه‌های آندزیتی رخنمون دارد. سبترهای رگه سیلیسی مزبور میان ۱ تا ۳ متر متغیر بوده و در طول حدود ۶۰۰ متر قابل پیگیری است (شکل ۹). این رگه به‌صورت تپه نسبتاً کم ارتفاع باریک و کشیده بوده که حالت نسبتاً قوسی شکل دارد. رگه سیلیسی یاد شده، مشابه با رگه‌های سیلیسی محدوده Z1 (چاه نلی) به رنگ‌های شیری و صورتی با بافت کلوform، قشری، نواری، شانه‌ای و برش‌های گرمایی با قطعات رگه سیلیسی قابل مشاهده است (شکل ۱۰). همچنین، رگه و رگچه‌های سیلیسی باریک در حاشیه رگه اصلی و در درون سنگ میزبان آندزیتی حضور دارند که در برخی نقاط، ساخت شبه استوک‌ورکی را پدید آورده‌اند. بررسی‌های صحرایی نشان از این دارد که مشابه با محدوده Z1 (چاه نلی)، رگه سیلیسی در این منطقه نیز در طی دو مرحله تشکیل شده است. در مرحله اول، رگه سیلیسی روشن رنگ با بافت کلوform، قشری، نواری و شانه‌ای تشکیل شده است که همراه با مقادیر محدود کانی‌سازی سولفیدی یا بدون همراهی آن است. در مرحله

آندزیتی تا داسیتی است که واحدهای ماسه‌سنگ توفی نازک تا متوسط لایه، اینگمبریت، آگلومرا، توف و سیلت‌سنگ در میان آنها دیده می‌شود (شکل ۲). همچنین، گدازه‌های آندزیتی تا آندزیت بازالتی به همراه واحدهای آذرآواری مربوطه در بخش‌های جنوب باختری منطقه مورد مطالعه رخنمون دارند که بر اساس نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ چاه‌سنگی (خلقی خسرقی و محمدی گل، ۱۳۸۶) به نئوژن منتسب شده‌اند. مجموعه سنگ‌های یاد شده، به درجات متوسط تا شدیدی متحمل دگرسانی‌های پروپیلیتی، آذرئیلی و سیلیسی شده است که در تصاویر ماهواره‌ای با رنگ روشن مشخص هستند (شکل ۳). بخش عمده‌ای از منطقه مورد مطالعه متشکل از رسوبات کواترنری است که به‌صورت آبرفت‌ها و مخروط افکنه‌هایی، نواحی پست و کم‌ارتفاع را پوشانده‌اند.

روند عمومی سنگ‌های آتشفشانی و آتشفشانی- رسوبی منطقه مورد مطالعه، شمال باختر- جنوب خاور است که از روند عمومی نوار ماگمایی سهند- بزمان پیروی می‌کند. گسل‌های اصلی منطقه، بیشتر روند شمال خاوری- جنوب باختری دارند. گروه دیگری از گسل‌ها و خطواره‌ها که در واقع کنترل‌کننده‌های کانی‌سازی هستند، عموماً در دو سوی شمالی- جنوبی و گاه خاوری- باختری امتداد یافته‌اند (شکل ۲).

۴-۱. کانی‌سازی

کانی‌سازی‌های موجود در منطقه مورد مطالعه را می‌توان بر اساس موقعیت کانی‌سازی، در سه بخش مجزای شمالی (محدوده‌های Z1، Z6 و Z7)، جنوبی (محدوده Z4) و مرکزی (محدوده Z5) تقسیم‌بندی کرد (امیدوار اشکلک و همکاران، ۱۳۹۱؛ شکل ۳) که در مطالب بعدی، به ترتیب اولویت و ارزش کانه‌زایی طلا به تشریح آنها پرداخته می‌شود.

۴-۱.۱. بخش شمالی

محدوده اول یا چاه نلی (Z1): حضور طلا در این منطقه، اولین بار در طی مطالعات ژئوشیمی آبراهه‌ای نشان داده شده است (سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۳۸۰؛ مهندسین مشاور پارس کانی، ۱۳۸۳). عیار طلا در نمونه‌های آبراهه‌ای تا ۱۵۶ میلی گرم در تن و در نمونه‌های کانی‌سنگین از ۱ تا ۱۴ ذره طلا در ابعاد ۶۲ تا ۳۵۰ میکرون بوده است. بر اساس کلاستر تجزیه رسم شده برای نمونه‌های سنگی، عنصر طلا در درجه اول با عنصر نقره و در درجه بعدی با عناصر مس، سرب و روی در یک گروه قرار دارند (مهندسین مشاور پارس کانی، ۱۳۸۳).

بررسی‌های صحرایی، وجود رگه‌های سیلیسی طلا‌دار با راستای N35E با شیب تقریبی عمود را در این منطقه تأیید کرده است (شکل‌های ۴ و ۵). رگه‌های سیلیسی دارای کانی‌سازی سولفیدی در بخش جنوب باختری محدوده، با سبترهای ۵/۰ تا ۳ متر، در مجموع به طول حدود ۲ کیلومتر در درون سنگ‌های میزبان آندزیتی و توف رخنمون یافته‌اند. در بخش‌های شمال خاوری محدوده، ۲ رگه سیلیسی دیگر به سبترهای حداکثر ۱ متر و طول حدود ۵۰۰ متر، در درون واحدهای آندزیتی دگرسان شده رخنمون دارند. در بخش‌هایی از منطقه، به‌علت گسل‌خوردگی‌های متعدد، پیوستگی رگه‌ها به هم خورده و گاه توسط رسوبات کواترنر پوشیده شده است. رگه‌های کوارتزی یاد شده، بیشتر در بخش میانی تپه‌های کم ارتفاع باریک و کشیده متمرکز شده‌اند (شکل‌های ۴ و ۵).

رگه‌های سیلیسی در این محدوده به شکل‌های گوناگون شامل رگه‌های سیلیسی شیری‌رنگ با بافت کلوform، حفره‌ای، قشری، نواری و شانه‌ای و برش‌های گرمایی با قطعات سیلیس نواری قابل مشاهده هستند (شکل ۶). همچنین، رگه‌های سیلیسی به رنگ خاکستری تیره دارای کانی‌سازی سولفیدی (پیریت) ریزدانه در برخی نقاط حضور دارند. افزون بر این، رگه و رگچه‌های سیلیسی باریک در حاشیه رگه‌های اصلی و در درون سنگ میزبان آندزیتی قابل مشاهده هستند که

درونی به شدت دگرسان شده و برشی شده حضور داشته و منطق بر پهنه‌های کانی‌سازی (رگه‌های سیلیسی و برش‌های گرمابی) است. کوارتز و آدولاریا ترکیب کانیایی اصلی سیمان برش‌ها را تشکیل داده است. مجموعه کوارتز-آدولاریا- (سریست) نشانگر شدت‌های بیشتر دگرسانی در مقایسه با دگرسانی سریستی است (Richards et al., 2006).

گسترده‌ترین نوع دگرسانی عبارت از دگرسانی آرژیلیک بوده که با رنگ سفید تا زرد رنگ در تصاویر ماهواره‌ای قابل شناسایی است. این دگرسانی معمولاً توسط درزه‌ها، گسل‌ها و شکستگی‌ها کنترل می‌شود. محصولات این دگرسانی شامل کانی‌های رسی (کائولینیت، مونت‌موریلونیت، دیکیت، ایلیت)، اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن (هماتیت، لیمونیت، جاروسیت)، ژپس، گوتیت و آلونیت است.

مراحل تشکیل دگرسانی‌های مختلف را می‌توان به‌صورت زیر در نظر گرفت:
۱- دگرسانی گسترده پروپلیتی در سنگ‌های آتشفشانی با ترکیب آندزیتی.
۲- نفوذ محلول‌های سیلیسی در راستای شکستگی‌های کشتی منطقه (با راستای غالب شمال خاور- جنوب باختر) و تشکیل دگرسانی‌های سریستی و کوارتز-آدولاریا.
۳- دگرسانی آرژیلی سنگ‌های میزبان رگه‌های سیلیسی.

گسترش پهنه‌های دگرسانی و کانی‌سازی در منطقه مورد مطالعه به‌وسیله سیستم‌های گسلی و شکستگی‌ها و تقاطع آنها (Lindsay et al., 1995; Richards et al., 2001) کنترل شده است. محل تقاطع گسل‌ها و شکستگی‌های با راستای متفاوت، به‌وسیله تمرکز رگه و رگچه‌های سیلیسی، دگرسانی گسترده و عیارهای بالاتر طلا (Sillitoe, 2010 & 2002; Redmondn & Einaudi, 2010) مشخص است. همراهی آدولاریا و ایلیت در پهنه‌های دگرسانی نشان از این است که سیال‌های گرمابی دارای ماهیت نسبتاً اسیدی تا خنثی بوده‌اند (ph=5-6; Thompson & Thompson, 1998; Reyes, 1990; Henley & Ellis, 1983).

۷- ژئوشیمی

در مرحله پیچوبی منطقه مورد مطالعه، تعداد ۵۰ نمونه از بخش‌های مختلف کانی‌سازی برای مطالعات آزمایشگاهی برداشت شد. افزون بر این، در مجموع تعداد ۳۳ رشته ترانسه به‌صورت عمود بر امتداد رگه‌های سیلیسی در بخش‌های مختلف منطقه مورد مطالعه حفر شده و سپس، ترانسه‌های یادشده به‌صورت شکاری و لب‌پری نمونه‌برداری شد. در این بخش، نتایج تجزیه نمونه‌های برداشت شده در هر یک از پهنه‌های یادشده ارائه می‌شود. لازم به توضیح است که به دلیل بالا بودن تعداد نمونه‌ها، نتیجه تجزیه ۷۱ نمونه که عیارهای بالاتر از ۱/۵ ppm داشته‌اند، در جدول ۱ نشان داده شده است.

نتیجه تجزیه حدود ۶۲۲ نمونه برداشت شده از محدوده Z1 نشان می‌دهد که برش‌های گرمابی بیشترین عیار طلا را در این محدوده به خود اختصاص داده‌اند (تا ۲۷/۶ گرم در تن). رگه‌های سیلیسی با بافت نواری، رگه‌های سیلیسی دارای پیریت‌های ریز فراوان و پهنه‌های دگرسانی آرژیلی دارای پیریت فراوان، به ترتیب در رده‌های بعدی قرار می‌گیرند (شکل ۱۳). با توجه به نتایج تجزیه نمونه‌ها، در مجموع می‌توان گفت که یک رگه سیلیسی با عیار متوسط حدود یک گرم در تن طلا، به طول حدود ۲ کیلومتر و پهنای حدود ۲ متر در منطقه Z1 وجود دارد.

نتایج به‌دست آمده از تجزیه تعداد ۲۱ نمونه برداشت شده از بخش‌های مختلف رگه‌های سیلیسی، برش‌های گرمابی و پهنه‌های دگرسانی محدوده Z7 نشان از این دارد که عیار طلا در برش‌های گرمابی غنی از سولفیدهای ریزبلور میان ۰/۰۷ تا ۰/۸۲ گرم در تن، در رگه سیلیسی دارای کالکوپریت میان ۰/۵ تا ۱/۱۶ گرم در تن، در رگه سیلیسی دارای آغشتگی مالاکیت میان ۸ تا ۸/۶۴ گرم در تن و در پهنه دگرسان شده آرژیلی حدود ۵۰۰ میلی گرم در تن است.

دوم، برش‌های گرمابی دارای قطعات سیلیسی مرحله اول تشکیل شده است که در بخش‌های میانی رگه مرحله اول تشکیل شده است.

سنگ‌های میزبان آندزیتی به درجات نسبتاً شدیدی متحمل دگرسانی آرژیلی و گاه سیلیسی شده است که با رنگ روشن مشخص هستند (شکل ۹). در درون سنگ‌های دگرسان شده، رگه و رگچه‌های باریک سیلیسی وجود دارد. افزون بر این، کانی‌سازی سولفیدی پیریت نیز در برخی نقاط در درون پهنه دگرسانی حاشیه رگه سیلیسی حضور دارد.

۴-۳. بخش جنوبی یا محدوده Z4 (چاه رحیم)

این محدوده در حاشیه باختری جاده بزمان- بم قرار گرفته و عمدتاً دربرگیرنده برش‌های گرمابی غنی از هیدروکسیدهای آهن در درون سنگ‌های آندزیتی است (شکل ۱۱). همچنین، یکسری رگه‌های سیلیسی در ستبراهای باریک (تا یک متر) و طول رخنمون تا ۵۰ متر در این منطقه وجود دارد. رگه‌های سیلیسی و برش‌های گرمابی دارای روند شمال خاور- جنوب باختر (N30-50E) با شیب ۷۰ تا ۸۰ درجه به‌سوی جنوب خاور هستند. سنگ‌های میزبان کانی‌سازی‌ها به درجات مختلفی متحمل دگرسانی پروپلیتی، سیلیسی و آرژیلی شده است (شکل ۱۱). پیریت‌های ریز بلور در برخی نقاط در متن رگه‌ها و برش‌های گرمابی مشاهده می‌شود.

۵- کانه‌شناسی

مطالعات کانه‌نگاری نمونه‌های برداشته شده از رگه‌های سیلیسی و برش‌های گرمابی نشان از وجود کانه‌های پیریت، اسفالریت، گالن، طلا، الکتروم، کالکوپریت، بورنیت، تنانتیت، انارژیت، کوولیت و مالاکیت به همراه هیدروکسیدهای ثانویه آهن در این نمونه‌ها است.

بررسی‌های انجام شده توسط کریمی (۱۳۹۱) به روش SEM و EPMA روی نمونه‌های برداشته شده از این منطقه، وجود طلای آزاد را در همراهی با پیریت، کالکوپریت، اسفالریت و گالن نشان داده است. در برخی از نمونه‌ها، طلا همراه توده‌های جاروسیت و Plumbojarosite دیده می‌شود (کریمی، ۱۳۹۱) که اندازه ذرات طلا تا ۴۰ میکرون نیز می‌رسد (شکل ۱۲). در برخی نمونه‌ها، حضور طلا مربوط به دو نسل مختلف با محتوای نقره متفاوت هستند.

حضور گسترده پیریت در مجموعه کانی‌شناسی رگه‌های سیلیسی و برش‌های گرمابی نشانگر این است که گوگرد موجود در محلول‌های گرمابی از نوع احیایی بوده است (Simeone & Simmons, 1999; Thiersch et al., 1997). این شرایط، برای حمل طلا و نقره به‌صورت کمپلکس‌های بی‌سولفیدی در سیال‌های گرمابی مطلوب است (Giggenbach, 1997; Shenberger & Barnes, 1989).

۶- دگرسانی

بررسی‌های صحرایی، میکروسکوپی و XRD بیانگر حضور انواع دگرسانی‌ها شامل پروپلیتی، سریستی، کربناتی، کوارتز-آدولاریا (سیلیسی) و آرژیلیک در منطقه مورد مطالعه است. تقریباً تمام گستردگی منطقه تحت تأثیر دگرسانی پروپلیتی قرار گرفته است. این نوع دگرسانی در بخش‌های بیرونی پهنه‌های دگرسانی گرمابی گسترش دارد. جایگزینی آمفیبول‌ها توسط کلریت، کلسیت و کوارتز، شاخص‌ترین فرم این دگرسانی در سنگ‌های منطقه است. دگرسانی سریستی در راستای شکستگی‌های منطقه و در اطراف رگه‌های سیلیسی و برش‌های پیرامون متمرکز شده است. این دگرسانی با حضور کانی‌های سریست، کوارتز، کانی‌های رسی، کلسیت و پیریت‌های ریزبلور و دانه پراکنده مشخص می‌شود که جایگزین کانی‌هایی مانند فلدسپارها شده‌اند.

دگرسانی مهم در منطقه که کانی‌سازی نیز در درون آن قرار گرفته است، عبارت از دگرسانی سیلیسی (کوارتز-آدولاریا) است. این دگرسانی در پهنه‌های

(چاه نلی) برای مطالعه میانبارهای سیال انتخاب شد. اندازه‌گیری‌های میکروترموتری میانبارهای سیال، در گروه زمین‌شناسی دانشگاه تربیت مدرس با بهره‌گیری از دستگاه Linkam و کنترل‌کننده حرارتی THMSG-600 متصل به میکروسکوپ Leitz صورت گرفت. دقت اندازه‌گیری این دستگاه برابر با $\pm 1^\circ\text{C}$ برای دمای همگن شدن تا 500°C درجه سانتی‌گراد و $\pm 0.1^\circ\text{C}$ برای دمای انجماد است.

براساس مطالعات سنگ‌نگاری مقاطع دو برصیقلی تهیه شده از نمونه‌های برداشت شده (شکل ۱۴)، دو نوع کوارتز در این رگه‌ها قابل تشخیص است. کوارتزهای دانه‌ریز و کوارتزهای دانه‌درشت بی‌رنگ که میزبان میانبارهای سیال مورد مطالعه در این منطقه هستند. مطالعات سنگ‌نگاری انجام شده نشان از وجود هر سه نوع سیال اولیه (P)، ثانویه (S) و ثانویه کاذب (PS) در این رگه‌ها است (شکل ۱۴). میانبارهای سیال اولیه در امتداد پهنه‌های رشد کوارتز به دام افتاده و مستطیلی تا بیضی شکل بوده و میانبارهای سیال ثانویه، ادخال‌های اولیه و مرزهای رشد کوارتز را قطع می‌کنند و در درون بلور مجاور ادامه می‌یابند یا این که در امتداد شکستگی‌ها تشکیل شده و معمولاً بی‌شکل هستند (Van den Kerkhof and Hein, 2001; Roeder & Bodnar, 1997; Shepherd et al., 1985; Roeder, 1979). مطالعات میکروترموتری روی میانبارهای سیال اولیه و گاه ثانویه کاذب صورت گرفته است. میانبارهای سیال موجود در نمونه‌های مطالعه شده، شکل‌ها بسیار گوناگونی دارند که مهم‌ترین آنها عبارت از اشکال منفی بلورین، گرد و نیمه گرد، نامنظم، کشیده و باریک، دوکی شکل و چندضلعی است. پدیده تراوش و باریک‌شدگی در تعدادی از میانبارهای سیال قابل مشاهده است. بررسی‌ها نشان می‌دهد که اندازه میانبارهای سیال از $5\mu\text{m}$ تا $1\mu\text{m}$ متغیر است (شکل ۱۴).

به طور کلی، بر اساس تقسیم‌بندی (Shepherd et al., 1985)، چهار نوع میانبار سیال در نمونه‌های مورد مطالعه شناسایی شد: ۱- سیال‌های دوفازی مایع-گاز غنی از فاز مایع، ۲- سیال‌های دو فاز مایع-گاز غنی از گاز، ۳- سیال‌های تک‌فازی تماماً مایع، ۴- سیال‌های سه‌فازی مایع-گاز-جامد (اوپاک) (شکل ۱۴). مورد اخیر از فراوانی بسیار محدودی برخوردار بوده و تنها ۵ عدد میانبار سیال از این نوع شناسایی شده است. مطالعات میکروترموتری روی سیال‌های دو فاز مایع انجام شد. سیال‌های دوفازی غنی از فاز گازی از فراوانی بسیار محدودتری نسبت به سیال‌های دو فاز مایع غنی از فاز مایع برخوردار هستند. سیال‌های دوفازی غنی از فاز مایع با محتوای ۷۰ تا ۹۰ درصد حجمی فاز مایع، در مرحله همگن‌سازی، به فاز مایع همگن می‌شوند. سیال‌های دوفازی غنی از فاز گازی، دارای حدود ۳۰ تا ۴۰ درصد حجمی فاز مایع بوده و با حذف فاز مایع در طی گرم‌شدن، همگن می‌شوند.

بر اساس مطالعات میکروترموتری انجام شده روی سیال‌های دو فاز مایع غنی از فاز مایع، دمای نقطه T_e که در واقع دمای ذوب اولین یخ است، میان ۲۱- تا ۲۲- درجه سانتی‌گراد به‌دست آمده است (جدول ۴). از روی این دما می‌توان در مورد ترکیب سیال‌های درگیر و نوع نمک‌های موجود در سیال (MgCl_2 , CaCl_2 , NaCl) اظهار نظر کرد (Bodnar & Vityk, 1994). در مرحله بعد، دمای ذوب آخرین قطعه یخ به‌عنوان نقطه T_m ثبت شد. این دما برای تخمین شوری (معادل درصد وزنی NaCl) سیالی که از آن کریستال متبلور شده، استفاده می‌شود (Bodnar & Vityk, 1994). دمای نقطه T_m میان ۱- تا ۴/۵- درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد (جدول ۴). با توجه به دمای T_m و با استفاده از روش (Bodnar & Vityk, 1994)، شوری میانبارهای سیال میان ۱/۷۷ تا ۷/۷۷ درصد وزنی NaCl مشخص شد (جدول ۴). در نهایت، با ادامه گرم کردن سیال، در دمای میان ۱۹۰ تا ۲۹۶ درجه سانتی‌گراد، میانبارهای سیال با از میان رفتن حباب گاز به سیال همگن تبدیل شدند (جدول ۴). با توجه به دماهای به‌دست آمده برای هموزن شدن میانبارهای سیال و با توجه به موقعیت نمونه‌ها روی نمودار شوری-دمای همگن شدن (Wilkinson, 2001)، کانی‌سازی‌های طلای شمال بزمان در محدوده کانسارهای اپی‌ترمال قرار می‌گیرد.

نتایج تجزیه تعداد ۲۱ نمونه برداشت شده از بخش‌های مختلف کانی‌سازی رگه‌های سیلیسی، برش‌های گرمابی و پهنه‌های دگرسانی محدوده Z6 نشانگر آنست که عیار طلا در رگه‌های سیلیسی میان ۰/۱۲ تا ۳/۴۵ گرم در تن و در نمونه‌های پهنه دگرسانی دارای کانی‌سازی سولفیدی و رگچه‌های سیلیسی میان ۰/۰۱ تا ۳/۰۶ گرم در تن بوده است. عیارهای بالاتر، در ارتباط با رگچه‌های سیلیسی است.

نتایج تجزیه‌های به‌دست آمده از تعداد ۳۲ نمونه سنگی برداشت شده از رگه‌های سیلیسی، برش‌های گرمابی و پهنه‌های دگرسانی حاشیه رگه‌ها در محدوده Z5 بیانگر این است که عیار طلا در رگه‌های سیلیسی و برش‌های گرمابی درون آنها میان ۵۰ میلی‌گرم تا ۴/۹ گرم در تن است. بالاترین عیارهای طلا در این منطقه نیز مربوط به برش‌های گرمابی بوده است.

نتایج تجزیه‌های به‌دست آمده از تعداد ۱۹ نمونه سنگی برداشت شده از برش‌های گرمابی غنی از هیدروکسیدهای آهن، رگه‌های سیلیسی-هماتیتی-ژاسپروید و پهنه‌های برشی شده پیرامون گسل‌ها در محدوده Z4، عیارهای قابل توجهی از طلا را نشان ندادند. بالاترین عیار طلا در این منطقه در حدود ۶۰ ppb به‌دست آمده است. به‌طور کلی، با توجه به اطلاعات به‌دست آمده از مطالعات صحرایی محدوده‌های کانی‌سازی موجود در منطقه مورد مطالعه (ابعاد و گسترش رگه‌های سیلیسی و پهنه‌های کانی‌سازی) و نتایج به‌دست آمده از تجزیه نمونه‌های برداشت شده، می‌توان این محدوده‌ها را به ترتیب اهمیت و اولویت روند اکتشافی به‌صورت زیر دسته‌بندی کرد (جدول ۲). محدوده Z1 (چاه نلی) مهم‌ترین محدوده کانی‌سازی طلا در این منطقه بوده و محدوده‌های Z5، Z7، Z6 و Z4 در اولویت‌های بعدی قرار می‌گیرند.

افزون بر طلا، عناصر همراه نقره، مس، سرب، روی، آرسنیک، آنتیموان، جیوه، مولیبدن و بیسموت نیز عیارهای قابل توجهی را نشان داده‌اند (جدول ۱). بالاترین عیار به‌دست آمده برای عناصر یاد شده به ترتیب عبارت از ۱۲۱، ۴۶۰، ۱۰۰۰، ۹۸۰، ۴۴۵۰، ۳۸۰، ۸/۹ و ۳۸ گرم در تن بوده است.

بررسی همبستگی میان عناصر در محدوده‌های مختلف یاد شده نشان از همبستگی متوسط طلا با عنصر نقره بوده و همبستگی نسبتاً ضعیفی با عناصر سرب، جیوه و مولیبدن در محدوده Z1 است (جدول ۳). در محدوده Z7، طلا با عناصر سرب، بیسموت و قلع همبستگی بالایی داشته و با عناصر مس، آنتیموان، جیوه و روی همبستگی متوسطی دارد (جدول ۳). همچنین، همبستگی ضعیفی میان طلا و مولیبدن در این محدوده مشاهده می‌شود. در محدوده Z5، همبستگی بسیار بالایی میان طلا و نقره وجود دارد (جدول ۳). در این محدوده، همبستگی متوسطی میان طلا و سرب به همراه همبستگی ضعیف طلا با عناصر آرسنیک، جیوه و مولیبدن مشاهده می‌شود (جدول ۳). در محدوده Z6، همبستگی متوسط تا بالا میان طلا و عناصر سرب، نقره، مس، آنتیموان و آرسنیک همراه با همبستگی ضعیف تا متوسط طلا با عناصر مولیبدن، جیوه، بیسموت و قلع مشاهده می‌شود (جدول ۳). در محدوده Z4، همبستگی بالای طلا با عنصر نقره، همراه با همبستگی متوسط طلا با بیسموت قابل مشاهده است (جدول ۳). در این محدوده، عناصر مولیبدن، سرب و روی همبستگی ضعیف با طلا نشان می‌دهند (جدول ۳).

۸- مطالعه میانبارهای سیال

میانبارهای سیال حجم‌های کوچکی از سیال در درون یک بلور هستند که ممکن است در طول پهنه‌های رشد یا هر گونه نقص بلورین در طی رشد بلور به دام افتاده باشند (Wiesheu & Hein, 1998). این سیال‌ها در کانسارهای گرمابی بسیار فراوان بوده و گاه تا یک میلیارد یا بیشتر در یک سانتی‌متر مکعب از بلور یافت می‌شوند (Van den Kerkhof & Hein, 2001; Craig & Vaughan, 1981). به منظور ارزیابی دمای تشکیل رگه‌های سیلیسی و ماهیت سیال‌های کانی‌ساز در منطقه مورد مطالعه، تعداد ۴ نمونه از رگه‌های سیلیسی دارای بافت کلوفرم و شانه‌ای در محدوده Z1

کوارتزی و برش‌های گرمابی کانی‌سازی‌های شمال بزمان نشان از این است که فرایند جوشش یکی از مهم‌ترین فرایندهای درگیر در سیال‌های گرمابی منطقه مورد مطالعه بوده است. بر این اساس، به نظر می‌رسد که نهشته‌شدن فلزات گرانبها محصول ناپایداری کمپلکس‌های بی‌سولفیدی در نتیجه کاهش H_2S فاز بخار در طی پدیده جوشش باشد (Seward, 1989; Brown, 1986; Henley, 1985). همچنین، کاهش دمای سیال در نتیجه انتقال دما به فاز بخار در طی پدیده جوشش منجر به افزایش نهشته‌شدن فلزات می‌شود (Thiersch et al., 1997). هر چند که کاهش درجه حرارت سیال منجر به توقف جوشش می‌شود، اما کاهش فشار در نتیجه صعود سیال موجب جوشش خواهد شد. تشکیل بافت کوکاد و برشی‌شدن رگه‌های کوارتزی تشکیل شده قبلی که احتمالاً ناشی از فشار بخار بوده است، سبب جوشش شده که به عقیده (Hedenquist & Henley, 1987)، این جوشش و برشی‌شدن، سازوکار غالب نهشته‌شدن طلا در محیط‌های اپی‌ترمال است. در مجموع می‌توان گفت که پدیده جوشش، مکانیسم بسیار مهمی در نهشته‌شدن فلزات گرانبها در رگه‌های کوارتزی و برش‌های گرمابی منطقه شمال بزمان بوده است.

بر پایه شواهدی همچون وجود بافت‌های کلوform، حفره‌ای، قشری، نواری، پرکننده فضاهای خالی و برش‌های گرمابی، پهنه‌های دگرسانی کوارتز-آدولاریا، حضور کانه‌های پیریت، اسفالریت، گالن، طلای آزاد، الکتروم، کالکوپیریت، سولفوسالت‌ها، آرسنوپیریت و پیریت آرسنیک‌دار و همچنین شواهد آزمایشگاهی به‌دست آمده از همبستگی عناصر و نیز مطالعات میانبارهای سیال روی رگه‌های سیلیسی، کانی‌سازی‌های طلای شمال آتشفشان بزمان را می‌توان در زمره کانسارهای اپی‌ترمال نوع سولفیداسیون پایین قرار داد (Yilmaz et al., 2007 & 2010; Sillitoe & Hedenquist, 2003; Einaudi et al., 2003; Sillitoe, 1995 & 1993; Hedenquist et al., 1996) وجود ایلیت و آدولاریا در رگه‌های کوارتزی و برش‌های گرمابی نشان می‌دهد که واکنش سنگ‌های میزبان با سیال نسبتاً اسیدی تا خنثی با حرارت ۱۹۰ تا ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد، مسئول رخداد دگرسانی و کانه‌زایی در کانی‌سازی‌های شمال بزمان بوده است (Henley & Ellis, 1983; Reyes, 1990; Thompson & Thompson, 1998).

در مجموع می‌توان گفت که کانی‌سازی در این منطقه عبارت از بخش بالایی یک سیستم اپی‌ترمال سولفیداسیون پایین بوده و بخش عمده کانی‌سازی طلای اپی‌ترمال، احتمالاً در سطوح پایین‌تر قرار گرفته است. ویژگی‌های کانی‌سازی‌های شمال بزمان با کانسارهای چاه‌زرد و ساری‌گونی در ایران و برخی از سامانه‌های اپی‌ترمال در دیگر نقاط جهان در جدول ۵ مقایسه شده است.

سپاسگزاری

این پژوهش با راهنمایی و کمک‌های بی‌دریغ سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور انجام شده که لازم است به‌ویژه از ریاست محترم سازمان و معاونت محترم اکتشاف قدردانی شود. همچنین، از همکاری سازمان صنعت، معدن و تجارت استان سیستان و بلوچستان، اداره آموزش و پرورش بزمان، پاسگاه نیروی انتظامی بزمان و بخش‌داری بزمان، به‌خاطر هماهنگی‌های به‌عمل آمده برای عملیات صحرایی و اسکان و در نهایت از همه عزیزانی که به هر نحو ما را در به‌ثمر رسیدن این پژوهش یاری رساندند، سپاسگزاری می‌شود.

در بیشتر کانسارها، فرایندهای فیزیکی مهم‌ترین فرایندهایی هستند که در نهایت منجر به ته‌نشست تمرکزهای اقتصادی کانسارها می‌شوند. دو فرایندی که معمولاً شرایط لازم را برای ته‌نشست کانسار در یک حجم محدود از سنگ فراهم می‌کنند، پدیده جوشش در سیستم‌های غنی از مواد فرار و آمیختگی سیال هستند (Wilkinson, 2001). یک یا هر دو این فرایندها، یکی از عوامل اصلی یا عامل منحصربه‌فرد ته‌نشست کانسار در کانسارهای گرمابی است. در واقع، سیال در نتیجه این عوامل به یکباره به حالت فوق اشباع در یک حجم محدودی از سنگ می‌رسد. با توجه به فاز دیاگرام مربوط به سیستم‌های آب خالص یا آب نمک، تولید فاز بخار در نتیجه افزایش دما، کاهش فشار یا ترکیبی از این دو رخ می‌دهد. این عوامل موجب جدایش فاز بخار در اغلب سیستم‌های گرمابی کم ژرفا می‌شوند و اصطلاحاً جوشش رخ می‌دهد. یکی از شواهد مربوط به پدیده جوشش در سیال، همراهی میانبارهای سیال غنی از مایع با میانبارهای سیال غنی از گاز است (Thiersch et al., 1997; White & Hedenquist, 1995; Shepherd et al., 1985; Simmons et al., 2005; Wilkinson, 2001; Ronacher et al., 2000). همان‌طور که در مطالب قبلی گفته شد، در رگه‌های کوارتزی مورد مطالعه، میانبارهای سیال غنی از مایع به همراه میانبارهای سیال غنی از گاز تشکیل شده است که همراهی این دو نوع سیال، می‌تواند بیانگر پدیده جوشش در میانبارهای سیال مورد مطالعه باشد. از دیگر شواهد جوشش در منطقه مورد مطالعه می‌توان به وجود آدولاریا در همراهی با تیغه‌های کلسیتی (Simmons & Christenson, 1994; Brown, 1978; Chauvet et al., 2006) در برخی رگه‌های کوارتزی و همچنین حضور برش‌های گرمابی گسترده در همه پهنه‌های کانی‌سازی منطقه مورد مطالعه اشاره کرد. به اعتقاد (Dong & Morrison, 1995)، آدولاریا ممکن است در نتیجه تغییر سریع شرایط تشکیل شود که بیانگر شرایط تبلور سریع در درجه حرارت پایین بوده و احتمالاً این شرایط زمانی اتفاق می‌افتد که جوشش شدید، طولانی باشد. تشکیل کلسدونی نشانگر نهشته‌شدن سریع SiO_2 احتمالاً در نتیجه کاهش حرارت همراه با جوشش آدیاباتیک است (Thiersch et al., 1997).

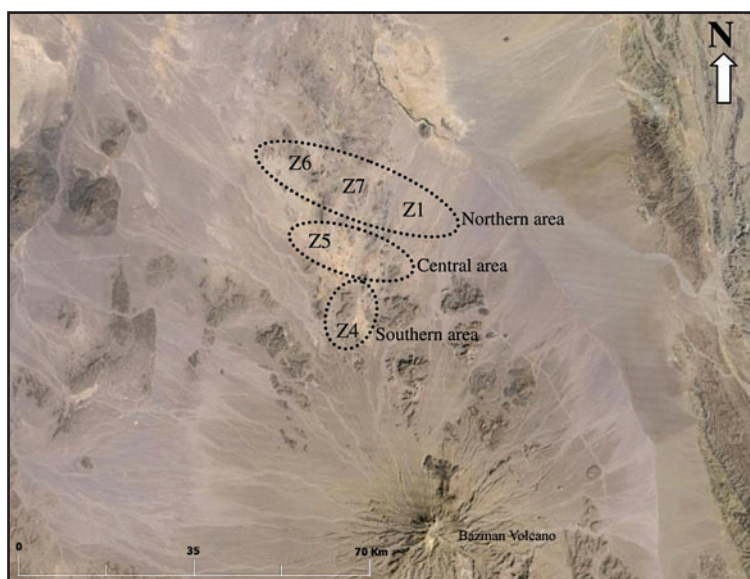
۹- نتیجه‌گیری

نتایج مطالعات صحرایی و آزمایشگاهی در محدوده‌های کانی‌سازی شده شمال آتشفشان بزمان نشان از این دارد که برش‌های گرمابی، بالاترین عیار طلا را در منطقه نشان داده و رگه‌های سیلیسی با بافت نواری و رگه‌های سیلیسی دارای پیریت‌های ریزبلور در رتبه بعدی قرار دارند. پهنه‌های دگرسانی، فاقد عیارهای درخور توجه برای طلا هستند. بر این اساس، پیشنهاد می‌شود که ادامه روند اکتشافی روی برش‌های گرمابی و رگه‌های سیلیسی متمرکز شود.

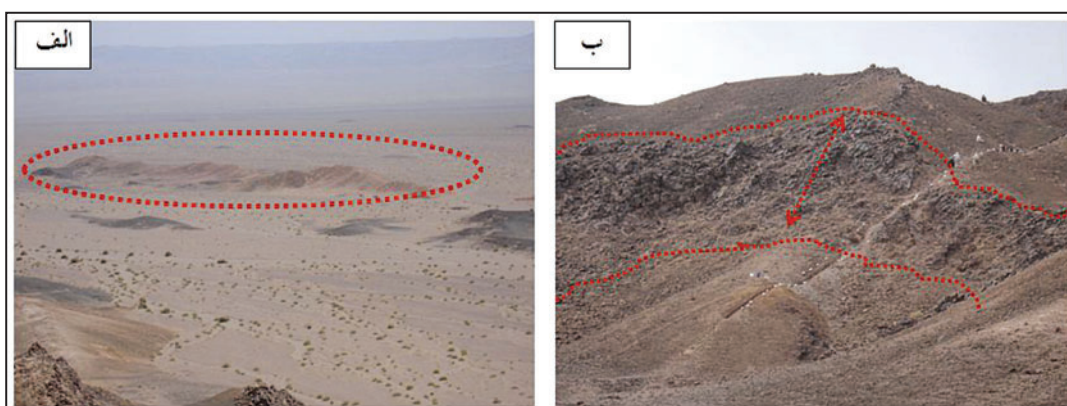
از میان محدوده‌های کانی‌سازی شده شمال آتشفشان بزمان، محدوده‌های کانی‌سازی Z1، Z7، Z5 و Z6 از نظر کانه‌زایی طلا قابل توجه بوده و عیارهای بالایی را برای این عنصر نشان داده‌اند و لذا از اولویت اکتشافی برخوردار هستند. محدوده Z4 از عیارهای مناسب برای طلا برخوردار نیست.

نتایج مطالعات ژئوشیمیایی بر روی نمونه‌های برداشت شده از پهنه‌های کانی‌سازی بیانگر این است که در محدوده‌های مختلف این منطقه، همبستگی خوبی میان طلا با عناصر نقره، آنتیموان، آرسنیک، سرب، روی، مولیبدن، بیسموت و جیوه وجود دارد. حضور آدولاریا و کلسیت در همراهی با داده‌های میانبارهای سیال در رگه‌های

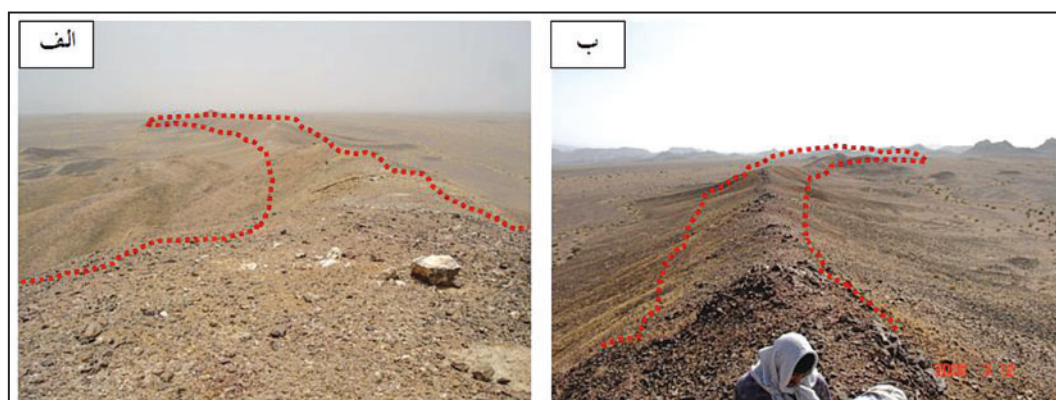




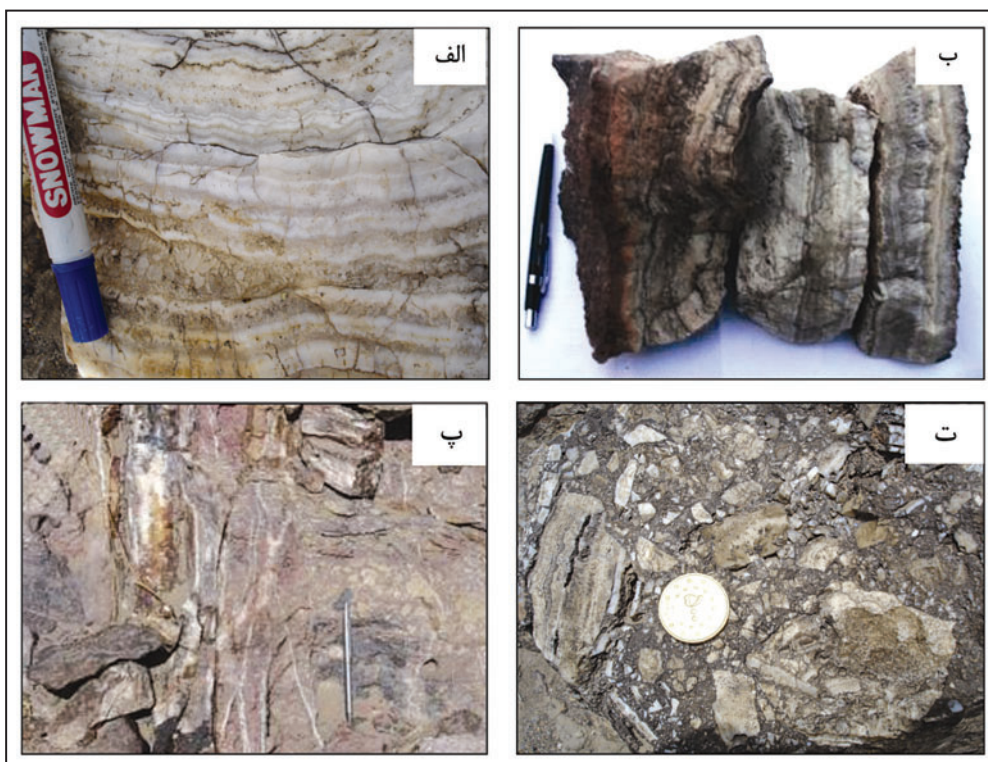
شکل ۳- موقعیت مناطق مستعد برای کانی سازی طلا در شمال آتشفشان بزمان روی تصویر ماهواره‌ای. منطقه شمالی متشکل از پهنه‌های کانی سازی Z1، Z6 و Z7، منطقه مرکزی دربرگیرنده زون Z5 و منطقه جنوبی دربرگیرنده زون Z4 می‌باشد.



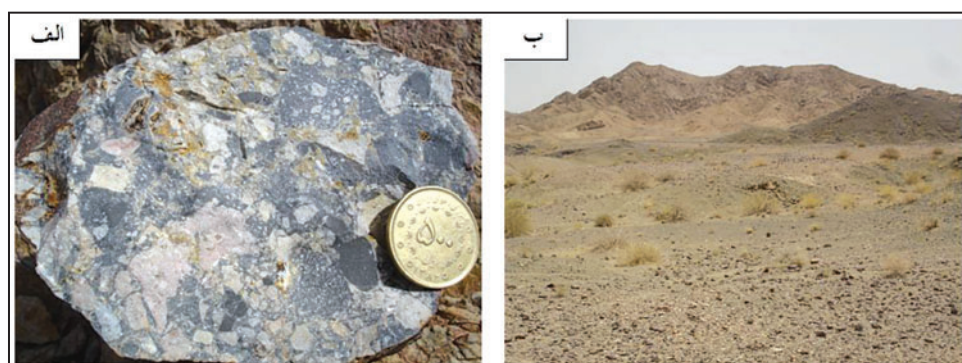
شکل ۴- الف) نمای از تپه‌های کم ارتفاع باریک و کشیده دربرگیرنده رگه سیلیسی کانه‌دار در محدوده Z1 (دید به سوی خاور)؛ ب) دورنمایی از رگه سیلیسی کانه‌دار در محدوده Z1 در درون آندزیت‌ها (دید به باختر).



شکل ۵- دو نمای مختلف از ژئومتری رگه سیلیسی کانه‌دار در محدوده Z1 (چاه نلی، الف) دید به شمال خاور؛ ب) دید به جنوب باختر.



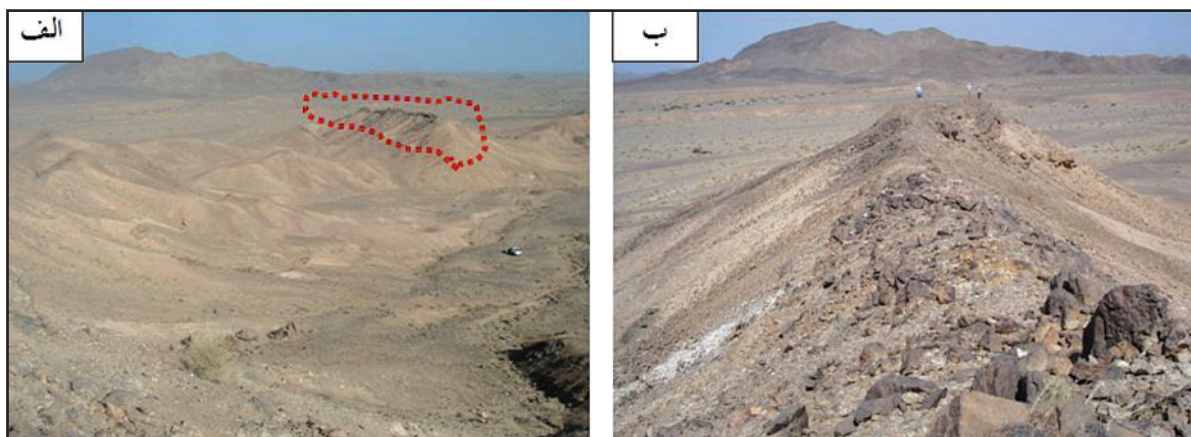
شکل ۶- تصاویری از بافت‌های موجود در رگه‌های سیلیسی محدوده Z1؛ الف) نوارهای متشکل از سیلیس کلوفرم؛ ب) نوارهای متشکل از سیلیس کلوفرم و شانه‌ای؛ پ) رگه سیلیسی با بافت دانه‌ریز و شانه‌ای؛ ت) برش‌های گرمایی دارای قطعات سیلیسی با بافت کلوفرم و نواری.



شکل ۷- الف) نمایی از ارتفاعات دارای رگه‌های سیلیسی و برش‌های گرمایی کانه‌دار محدوده Z7 (دید به خاور)؛ ب) نمایی نزدیک از برش‌های گرمایی دارای کانی‌سازی سولفیدی در محدوده Z7.



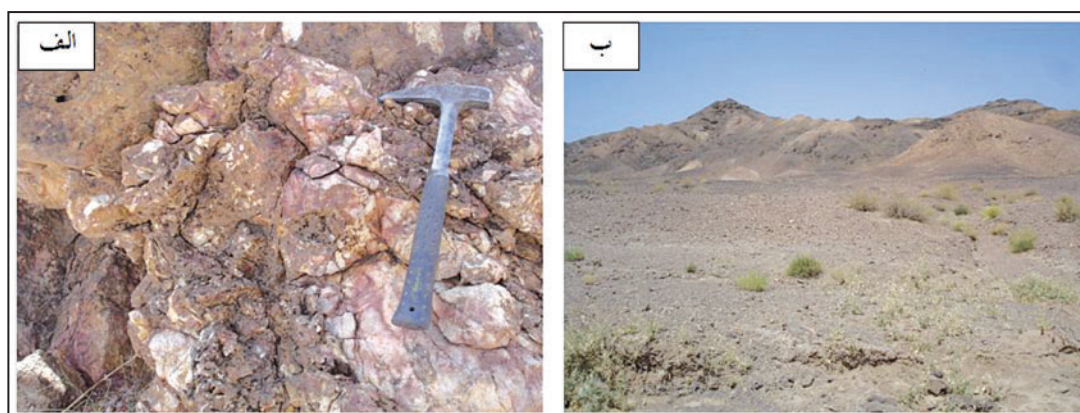
شکل ۸- نمایی از رگه‌های سیلیسی موجود در محدوده Z6 (دید به سوی شمال خاور).



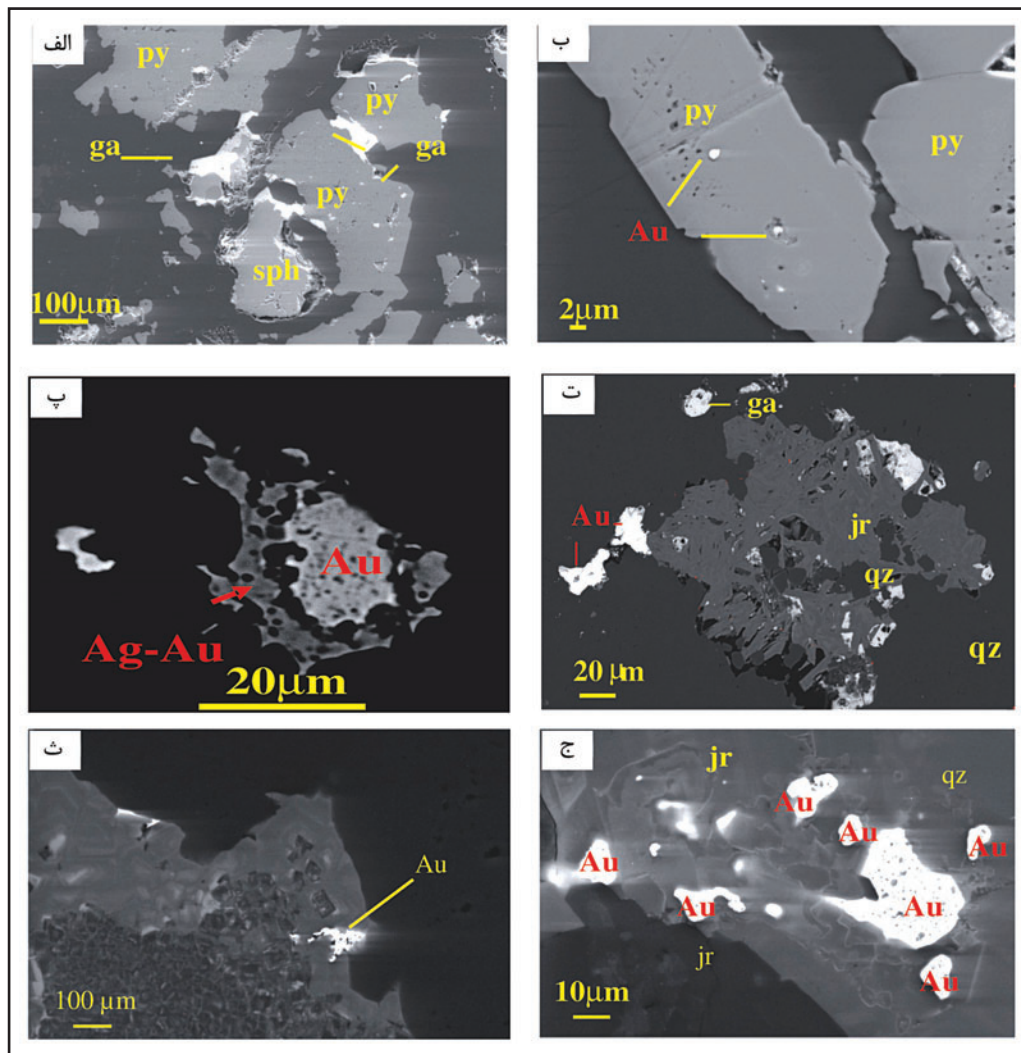
شکل ۹- الف) نمایی از تپه کم ارتفاع و کشیده به رنگ روشن دارای رگه سیلیسی در محدوده Z5 (دید به سوی جنوب)؛ ب) نمایی از امتداد رگه سیلیسی به صورت تپه کم ارتفاع باریک و کشیده (دید به سوی جنوب).



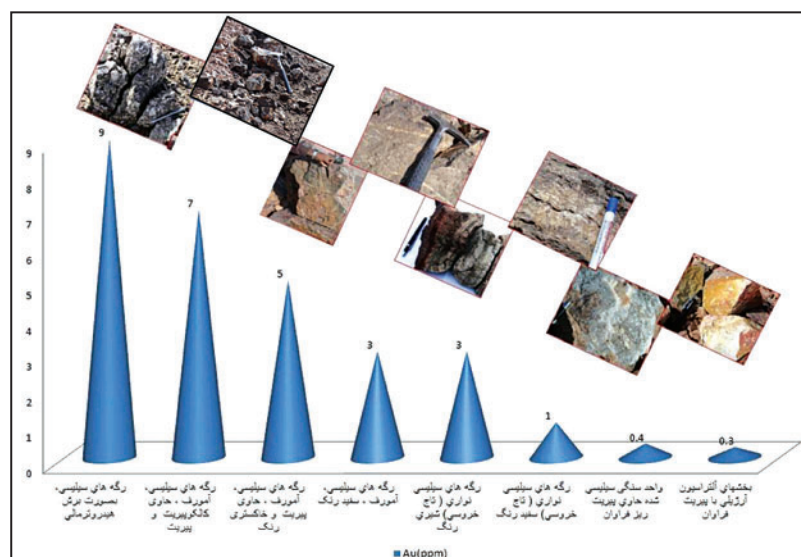
شکل ۱۰- الف) نمایی نزدیک از برش گرمایی دارای قطعات رگه سیلیسی؛ ب) نمایی نزدیک از بافت کلوفر، نواری و شانه‌ای در رگه سیلیسی.



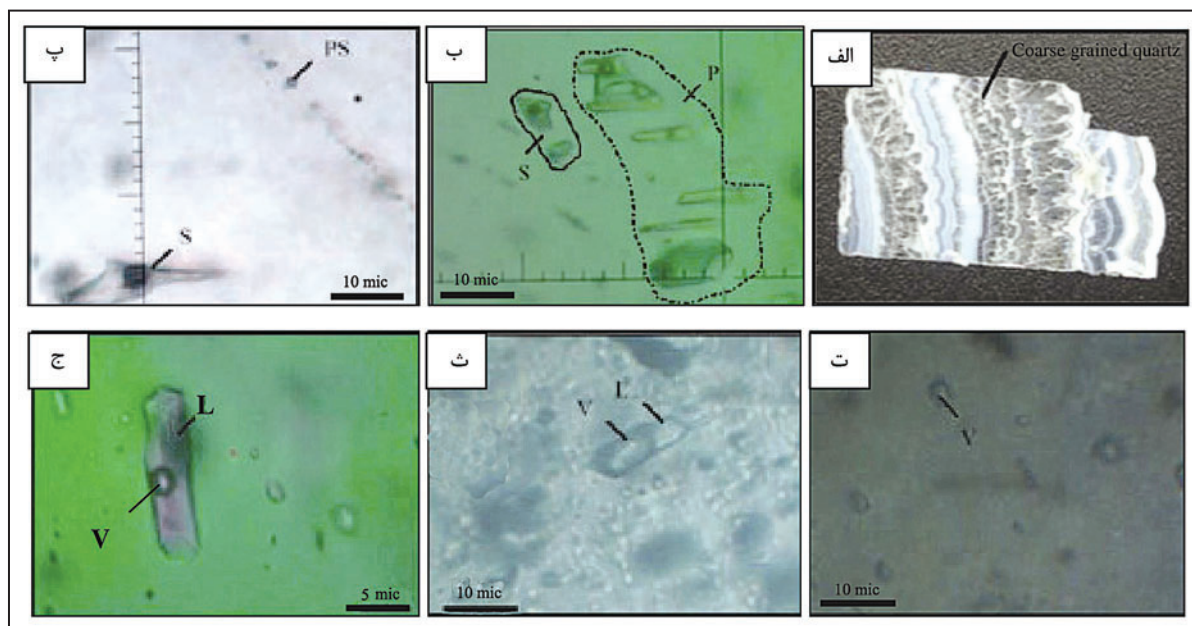
شکل ۱۱- الف) نمایی نزدیک از برش‌های گرمایی غنی از هیدروکسیدهای آهن در محدوده Z4؛ ب) نمایی از سنگ‌های آندزیتی دگرسان شده آرژیلی و سیلیسی در محدوده Z4 (دید به شمال باختر).



شکل ۱۲- ذرات طلای آزاد در درون کوارتز، پیریت و جاروسیت همراه با کانه‌های اسفالریت، گالن و پیریت در نمونه‌های منطقه چاه نلی بزمان (کریمی، ۱۳۹۱).



شکل ۱۳- مقایسه عیار طلا در انواع رگه‌های سیلیسی، برش‌های گرمابی و پهنه‌های دگرسانی حاشیه رگه‌ها در محدوده Z1 (عیار به ppm).



شکل ۱۴- الف) تصویری از مقطع دوبرصیقلی تهیه شده از رگه‌های کوارتزی با بافت نواری؛ ب) تصویری از میانبرهای سیال اولیه و ثانویه؛ پ) میانبرهای سیال ثانویه کاذب به همراه سیال دارای فاز جامد (هماتیت؟)؛ ت) میانبرهای سیال گازی؛ ث) میانبر سیال دوفازی غنی از گاز؛ ج) میانبر سیال دوفازی غنی از فاز مایع.

جدول ۱- نتیجه تجزیه ۱۱۱ نمونه از کل ۷۵۱ نمونه برداشت شده از محدوده‌های Z1, Z4, Z5, Z6 و Z7 برای طلا و عناصر همراه (بر حسب ppm).

Zn	Sn	Pb	Cu	Mo	Bi	Sb	As	Hg	Ag	Au	S.N.
۱	۱	۱	۱	۰/۵	۰/۱	۰/۱	۰/۵	۰/۰۵	۰/۰۱	۰/۰۰۱	D.L.
۲۹/۳۷	<۱	۵	۱۱/۹۸	۱/۵۱	<۰/۱	۰/۴	۷	۰/۱۴	۲۷	۲۷/۶	CN-T20-8
۲۳۰	۲/۷	۹۰/۹	۱۸	۳/۸	۰/۲	۰/۵	۱۷/۶	----	۹/۱	۱۶	CNT2-36
۶۶/۱۹	<۱	۱۱۰	۲۸/۲۵	۵	۰/۴	۰/۹۱	۳۰	<۰/۰۵	۵۵	۱۳/۷	CN-T19-11
۳۰	۲	۲۲۰	۱۳	۱۱	۰/۲	۱/۳	۲۴/۶	----	۱/۱	۱۱/۹۵	CNT14-14
۴۸۶/۶۳	<۱	۸۰۰	۶۷/۲۵	۴/۱۲	۰/۶۸	۰/۹۳	۴۰	۰/۰۸	۲۷	۱۱/۸	CN-T19-17
۳۰	۲/۲	۳۱	۲۳	۵/۸	۰/۲	۰/۷	۲۵/۷	----	۲۳/۴	۱۱/۲	CNT10-26
۲۶/۳۸	۱	۱۵۵	۹۲/۶۳	۶/۴۵	۰/۶	۰/۳۴	۳۱	۰/۰۶	۳۲	۱۱/۲	CN-T18-30
۵۴۹/۳۶	<۱	۸۰۰	۸۹/۰۶	۴/۹۴	۰/۶	۰/۶۳	۳۳/۵	۰/۱۶	۳۲	۱۱	CN-T19-18
۱۵۰	۲	۱۶۰	۲۸	۱۱۰	۰/۲	۲	۱۶	----	۶/۷	۱۰/۶	CNT2-32
۱۶/۲۵	<۱	۵	۳/۰۸	۲/۳	۰/۱۹	۰/۲۷	۳	<۰/۰۵	۸/۵	۱۰/۳	CN-134-1
۱۲/۷۶	<۱	۵	۳/۸۱	۲/۶۵	<۰/۱	۰/۲۷	۳	۰/۱۴	۱۲	۹/۳	CN-T20-9
۲۴	۱/۱	۵۲	۳۰/۵۷	۳/۲۶	<۰/۱	۱/۲	۱۳	۰/۰۶	۹	۸/۹	CN-T25-4
----	----	----	----	۲۰/۶	۳۸	۲۶۰	۶۷۰	۸/۹	----	۸/۶۴	C.N7-17-m
۳۸	۲	۲۳	۱۳	۲/۴	۰/۲	۰/۹	۲۶/۲	----	۱۴/۱	۸/۳۷	CNT5-20
----	----	----	----	۴/۷۳	۲/۵	۴/۵	۲۲	۰/۳	----	۸/۱	C.N7-15-m
----	----	----	----	۵/۸۹	۵	۳/۵	۲۰	۰/۴	----	۸	C.N7-16-m
۳۰	۲	۱۳۰	۱۸	۳/۳	۰/۲	۰/۵	۱۶/۲	----	۱/۹	۵/۸۷	CNT5-17
۱۳۰	۲	۸۰	۴۵	۵/۷	۰/۲	۰/۷	۳۶/۳	----	۲۱/۸	۵/۵	CNT11-23
۴۸	۲	۱۸	۱۹	۱/۲	۰/۲	۰/۵	۲۲/۴	----	۴/۲	۵/۴۸	CNT4-9
۳۷/۴۲	<۱	۴۵	۱۲/۲۵	۳/۴۲	<۰/۱	۱	۴۲	<۰/۰۵	۷/۵	۵/۳	CN-T25-2
۸۱	۲	۱۲	۲۳	۱۱	۰/۲	۰/۸	۴۶/۶	----	۸/۵	۵/۰۶	CNT11-21
۷۰	۴	۲۲	۳۰	۶/۳	۰/۲	۰/۷	۱۷	----	۴/۹	۴/۹۸	CNT2-8
۱۷/۱۴	<۱	۷۴/۷	۲۶	۱۳/۹	۰/۴	۲/۵	۸۵	۰/۰۵	۱۱/۰۸	۴/۹	Ch4-11-m

ادامه جدول ۱

Zn	Sn	Pb	Cu	Mo	Bi	Sb	As	Hg	Ag	Au	S.N.
۴۳۰	۲	۱۱۰	۴۶	۳/۶	۰/۲	۰/۵	۱۵/۱	----	۶/۴	۴/۸۸	CNT2-37
۸۰/۳۸	۱	۵	۲۹/۶۲	۱/۱۴	۰/۱	۱/۵	۵/۵	۰/۰۷	۲/۹	۴/۸	CN-T24-10
۳۷/۰۱	<۱	۳۱۰	۴۰/۹۶	۲/۹۳	۰/۲۵	۰/۴۷	۱۸	<۰/۰۵	۱۱	۴/۶	CN-T18-1
۱۲/۶۳	۱	۲۰۰	۱۹/۵۳	۵/۸۸	۰/۹۵	۰/۳۵	۵/۵	۰/۱	۱۰	۳/۴	CN-T18-10
۷۰	۲	۲۹	۲۴	۱۴	۰/۲	۱	۶۳/۳	----	۱۷/۵	۴/۰۸	CNT11-18
۴۳/۷۱	۱	۱۴۰	۲۸/۱۷	۵/۴۷	<۰/۱	۰/۴۴	۳۱	<۰/۰۵	۸/۴	۳/۸	CN-100-X
۲۶۰	۲/۳	۸۴	۷۶	۲۴	۰/۲	۱/۵	۱۱۰	----	۱	۳/۶۸	CNT1-34
۱۵/۹	۱	۹۵	۲۳/۹۲	۴/۱۹	۱	۰/۶۹	۱۸/۵	۰/۰۹	۲۰	۳/۶	CN-T18-3
۱۰/۱۱	۱/۱	۹۵	۲۲/۱۱	۵/۴۱	۰/۷	۰/۸۴	۱۷	۰/۰۵	۱۷	۳/۶	CN-T18-9
۶/۷۳	<۱	۵	۳/۷۲	۲/۰۵	<۰/۱	۰/۴۵	۱	<۰/۰۵	۰/۸	۳/۶	CN-T29-1
۱۰۸/۰۲	<۱	۱۱۰	۲۸/۱۵	۱/۶۲	۰/۲۷	۰/۳۴	۱۵/۵	۰/۰۸	۱۲	۳/۵	CN-T19-12
----	----	----	----	۶/۴۷	۱/۵	۳/۵	۱۳/۵	۰/۱۵	----	۳/۴۵	C.N6-18-m
۳۰	۲	۲۳	۱۸	۱۱	۰/۶	۲	۲۴/۸	----	۰/۴	۳/۴۱	CNT2-22
۳/۵	۱	۱۲	۴۱/۸۸	۸/۲۴	۰/۳	۰/۵۲	۱۴	۰/۰۶	۶/۱	۳/۴	CN-T18-19
۵/۰۱	۱/۱	۱۵	۲۱/۲	۷/۹۴	۰/۸۵	۰/۵۸	۱۹/۵	۰/۰۸	۰/۹۲	۳/۴	CN-T19-2
----	----	----	----	۱۸/۷	<۰/۱	۷/۵	۴۷۰	۰/۴۵	----	۳/۲	C.N6-5-m
۵/۰۴	۱	۲۵	۱۷/۷۱	۷/۱۱	۰/۵۶	۰/۳۷	۱۸	۰/۰۶	۸/۵	۳/۲	CN-T17-2
۳۴	۲	۷۸	۱۹	۲۳	۰/۳	۰/۹	۲۱/۲	----	۲/۲	۳/۱۸	CNT2-26
۱۲۰	۲	۲۸	۳۲	۷	۰/۲	۱/۱	۸۲/۶	----	۱۶/۶	۳/۱۱	CNT11-19
۱۸۰	۲/۳	۶۰	۵۳	۵/۸	۰/۲	۱/۱	۲۷/۴	----	۳/۲	۳/۰۸	CNT2-30
۹۶	۴	۱۵	۴۸	۱/۳	۰/۲	۱/۱	۴۵/۹	----	۱۷	۳/۰۷	CNT11-22
----	----	----	----	۱۴/۱	<۰/۱	۱۹/۵	۴۴۵۰	<۰/۰۵	----	۳/۰۶	C.N6-2-m
۳۰	۲	۹۰	۵۲	۶/۸	۰/۲	۰/۷	۵۰/۶	----	۱/۹	۲/۹۸	CNT1-32
۴۲	۲	۲۹	۲۱	۱۳	۰/۲	۰/۵	۱۲/۹	----	۱/۵	۲/۹۵	CNT2-31
۵۶	۲	۹/۶	۳۸	۱/۵	۰/۲	۰/۵	۷/۴	----	۹/۱	۲/۹۱	CNT8-7
۲۰۱/۲۷	۱	۳۴	۳۵/۰۷	۷/۲۸	۰/۵۵	۰/۴۴	۱۷/۹	<۰/۰۵	۶/۲	۲/۹	CN-134-16
۱۸۶/۶۹	<۱	۱۴۵	۱۸/۹۶	۳/۲۹	۰/۱۵	۰/۸	۲۲/۵	۰/۱۴	۱۵/۵	۲/۷	CN-T19-20
۸۰/۰۴	<۱	۷۰	۳۶/۰۱	۱/۲۸	۰/۱	۰/۲۸	۱۱/۵	<۰/۰۵	۱۵	۲/۷	CN-T19-9
۱۲/۸۵	۱/۱	۱۴	۸/۶۴	۲/۴۵	۰/۱۵	۱	۲۰	<۰/۰۵	۰/۹۲	۲/۶	CN-134-9
۲۹/۶۴	۱/۱	۴۴	۴۵/۰۹	۶/۴۲	۰/۱۵	۰/۶	۶۳	۰/۰۵	۳	۲/۶	CN-T18-33
۲۹/۰۴	۱	۱۰	۱۰/۸	۱/۲۴	<۰/۱	۰/۳۵	۷	۰/۰۸	۴/۱	۲/۶	CN-T20-7
۸/۴۱	۱	۵	۶/۷۳	۲/۱۱	<۰/۱	۰/۷	۱۱/۵	<۰/۰۵	۲/۸	۲/۶	CN-T25-3
۳۰	۲	۱۳	۲۱	۷/۹	۰/۲	۰/۵	۲۳/۸	----	۶/۳	۲/۵۶	CNT11-24
۷۶	۲	۵۸	۴۶	۱۳	۰/۲	۱/۲	۱۰۰	----	۲/۹	۲/۵۴	CNT1-31
۸/۷۱	۱	۱۵	۲۱/۲۸	۶/۴۵	۰/۳	۰/۸۹	۱۶/۵	<۰/۰۵	۵/۵	۲/۵	CN-T18-18
۳۰	۲	۱۷	۱۳	۱۰	۰/۲	۰/۵	۲۳/۸	----	۵/۲	۲/۴۸	CNT1-12
۳۰	۲/۲	۲۵	۱۷	۱۲	۰/۳	۰/۵	۲۸/۴	----	۵/۷	۲/۴۴	CNT1-13
۲۱/۴۷	۱	۸	۸/۲	۲/۸۴	<۰/۱	۱	۱۹/۵	۰/۰۶	۳/۹	۲/۴۱	CN-T24-6
۹۴/۳۹	۱/۴	۵۸۰	۱۹۷/۲	۹۴/۵	۱/۸۵	۰/۵۸	۲۲/۵	۰/۰۵	۲/۴	۲/۴	CN-T18-28
۳۰	۲	۵۴	۱۶	۵/۲	۰/۲	۰/۵	۱۸/۵	----	۳/۳	۲/۳۷	CNT1-7
۳۶۰	۲	۵۳	۸۰	۱۰	۰/۲	۱	۹۵	----	۴/۲	۲/۳۴	CNT1-36
۱۸/۰۵	۱	۲۰۰	۳۰/۷۴	۴/۷۵	۰/۳۵	۰/۳۸	۹/۵	۰/۰۷	۱۱/۵	۲/۳۳	CN-T18-5
۳۱	۲/۶	۲۰	۲۱	۷/۶	۰/۲	۰/۶	۱۷/۵	----	۷/۵	۲/۳۳	CNT9-18
۹/۹۸	۱/۶	۸۸	۲۵/۳۴	۴/۳۷	۰/۴	۰/۷۵	۸	<۰/۰۵	۱۲	۲/۳	CN-T18-11
۴۰	۲	۶۱	۲۱	۸۰	۰/۳	۰/۸	۳۲/۱	----	۹/۳	۲/۲۶	CNT1-26
۴۳۰	۲	۴۰۰	۱۲۰	۴/۴	۰/۲	۱/۵	۱۹۵	----	۹/۹	۲/۱۷	CNT1-30

ادامہ جدول ۱

Zn	Sn	Pb	Cu	Mo	Bi	Sb	As	Hg	Ag	Au	S.N.
۲۰/۶۱	۱	۱۰	۸/۳۶	۳/۲۲	۰/۱	۰/۵۷	۲/۵	۰/۰۶	۱/۶۵	۲/۱۵	CN-T24-7
۱۹/۱۵	۱	۳۶	۳۶/۳۷	۶/۱	۰/۱۹	۰/۵۹	۶۱	<۰/۰۵	۳/۵	۲/۱	CN-134-4
۳۲/۲۷	۱/۲	۶۵	۴۹/۴۸	۳/۹۳	۰/۲۵	۰/۴۹	۳۵	<۰/۰۵	۳	۲/۱	CN-T18-31
۳۰۲/۶۵	<۱	۶۰۰	۷۷/۴۷	۶/۷۶	۰/۴	۰/۹۵	۸۰	۰/۱	۹/۴	۲/۱	CN-T19-16
۱۵۰	۲	۳۲	۴۶	۸/۹	۰/۲	۰/۵	۱۱/۹	----	۲	۲/۰۸	CNT2-38
۱۸/۲	<۱	۷	۸/۱۷	۳/۰۸	<۰/۱	۰/۴۲	۲/۵	۰/۰۶	۲/۳	۲/۰۶	CN-T24-8
۹۶	۲	۲۴	۳۳	۱۱	۰/۲	۰/۵	۱۷/۵	----	۸/۵	۱/۹۹	CNT11-2
۳۸	۲	۳۴	۲۳	۶۸	۰/۲	۱/۵	۲۲/۲	----	۸/۵	۱/۹۹	CNT2-25
۱۴۰	۲	۷۵	۴۶۰	۱۸	۰/۶	۱/۳	۱۶/۹	----	۵/۷	۱/۹۹	CNT2-27
۵۳۰	۲	۳۸۰	۷۲	۳/۴	۰/۲	۰/۷	۲۷/۳	----	۱۵/۷	۱/۹۹	CNT2-40
۶۰	۲/۴	۸/۸	۱۶	۲۱	۰/۲	۱/۴	۱۱۹	----	۲/۲	۱/۹۳	CNT10-24
۳۰	۲	۲۷	۲۱	۴/۶	۰/۲	۱/۵	۲۴/۸	----	۱/۸	۱/۹۳	CNT1-6
۳۰	۲	۳۲	۱۴	۱۶	۰/۶	۰/۵	۱۶/۵	----	۱	۱/۹۳	CNT2-28
۳۰	۲	۱۲	۱۹	۲/۸	۰/۲	۰/۵	۱۵/۷	----	۲/۳	۱/۹۳	CNT4-10
۱۰۰	۲/۸	۲۳	۲۸	۵/۳	۰/۲	۰/۹	۴۱	----	۷/۵	۱/۹۲	CNT9-19
۲۶/۰۸	<۱	۳۰	۱۷/۴۶	۱۴/۵	۰/۱۵	۲/۸	۹۰	۰/۰۸	۱/۳	۱/۹	CN-T20-2
۴۸	۲	۱۳	۱۸	۷/۹	۰/۲	۲/۶	۱۸/۵	----	۵/۶	۱/۸۷	CNT11-3
۲۱۳/۰۸	<۱	۴۸	۲۱/۰۲	۲/۸۴	۰/۱۵	۰/۵۳	۱۲/۵	<۰/۰۵	۱۶	۱/۸۴	CN-T19-10
۳۰	۲	۲۳	۲۱	۹/۳	۰/۲	۰/۵	۲۶/۴	----	۵/۱	۱/۸۳	CNT1-11
۱۶۰	۲/۳	۱۴۰	۷۷	۱/۲	۰/۲	۰/۵	۳۲/۸	----	۱۱/۸	۱/۸	CNT1-56
۹۹/۴۷	۱	۳۰	۳۱/۷۸	۱/۳۱	۰/۲۵	۰/۷۲	۹/۱	۰/۰۸	۱۵	۱/۸	CN-T19-8
۳۰	۲	۲۵	۱۲	۶/۶	۰/۲	۲/۷	۱۸/۱	----	۰/۱	۱/۷۹	CNT14-11
۴۰	۲	۴۲	۲۴	۳/۳	۰/۲	۰/۷	۱۲/۲	----	۱/۱	۱/۷۶	CNT1-14
۳۰	۲	۱۹	۲۸	۱۸	۰/۲	۱/۱	۲۹/۱	----	۷/۵	۱/۷۵	CNT2-24
۴۵	۲/۹	۱۱	۲۰	۱/۶	۰/۲	۰/۸	۵۲/۶	----	۲	۱/۷۲	CNT10-23
۵۴	۲	۸۲	۲۷	۵/۸	۰/۲	۲/۱	۴۸/۵	----	۷/۱	۱/۷۱	CNT1-10
۳۰	۲	۵۴	۲۵	۴/۲	۰/۲	۰/۶	۳۶/۹	----	۳/۲	۱/۷۱	CNT1-9
۵۲۶/۲۲	<۱	۴۶۰	۱۷۹/۱۳	۴/۲۴	۱/۴	۱/۱	۳۹/۵	۰/۱۶	۲۶	۱/۷	CN-T19-19
۹/۹۵	۱	۳۳	۲۲/۰۱	۵/۱۳	۰/۵۵	۰/۷	۴۸/۵	<۰/۰۵	۴/۴	۱/۶۸	CN-T19-1
۱۱۰	۲	۴۸	۸۵	۱۲	۰/۲	۰/۵	۲۹/۶	----	۲/۴	۱/۶۶	CNT1-20
۶۰	۲/۶	۵۶	۲۱	۵/۶	۰/۲	۱/۵	۸۸/۷	----	۲/۵	۱/۶۶	CNT5-19
۵۳	۲/۶	۲۳	۱۹	۵/۶	۰/۲	۱	۹۷/۵	----	۲/۷	۱/۶۶	CNT5-21
۶۱	۲/۳	۱۱	۲۴	۳/۷	۰/۲	۰/۷	۱۱/۲	----	۲/۶	۱/۶۳	CNT8-11
۴۸	۲/۸	۱۴	۱۴	۶/۲	۰/۲	۰/۶	۱۷/۵	----	۲/۳	۱/۶	CNT10-25
۲۵/۰۶	۱/۱	۲۰۰	۲۹/۷۴	۵/۶۹	۰/۳۵	۰/۸	۱۰	<۰/۰۵	۵/۸	۱/۶	CN-T18-7
۲۱۴/۵۴	<۱	۱۷۰	۳۷/۳۲	۶/۰۴	۰/۵	۰/۵۹	۲۱	۰/۰۶	۵/۱	۱/۶	CN-T19-15
۵۶	۲	۲۳	۲۷	۱/۸	۰/۲	۰/۷	۴۸/۵	----	۲/۱	۱/۶	CNT5-26
۹۰	۲	۹/۱	۴۷	۴/۶	۰/۲	۰/۵	۴/۵	----	۷/۹	۱/۵۷	CNT8-6
۵۸	۲	۸۰	۱۵۰	۱۲	۰/۳	۱/۷	۱۵/۵	----	۵/۷	۱/۵۵	CNT2-21
۶۰	۲	۳۸	۶۰	۲/۸	۰/۲	۱/۲	۹۵	----	۵/۱	۱/۵۲	CNT1-47
۱۷۴/۴۴	۱/۲	۷	۳۴/۴۷	۲/۱	۰/۱	۰/۴۱	۳/۵	۰/۰۶	۱/۶۱	۱/۵۱	CN-T24-9

جدول ۲- ویژگی‌های توصیفی و نتیجه عیارهای به دست آمده در محدوده‌های Z1, Z7, Z5, Z6 و Z4 به ترتیب اهمیت و اولویت اکتشافی.

Au (ppm)	تعداد نمونه آنالیز شده	مجموع طول رگه‌ها و کانه‌زایی (متر)	ستبرای متوسط رگه‌ها و زون کانه‌زایی (متر)	محدوده
۰/۰۱ - ۲۷/۶	۶۲۲	۲۵۰۰	۱	Z1
۰/۰۱ - ۸/۶۴	۲۱	۲۰۰	۰/۵	Z7
۰/۰۱ - ۳/۴۵	۲۱	۳۰۰	۱	Z6
۰/۰۰۸ - ۴/۹	۱۹	۶۰۰	۴	Z5
۰/۰۱۳ - ۰/۰۶۱	۳۲	۱۰۰	۰/۵	Z4

جدول ۳- همبستگی طلا با دیگر عناصر در محدوده‌های Z1, Z7, Z6, Z5 و Z4.

محدوده	همبستگی	Mo	Hg	As	Sb	Bi	Ag	Pb	Sn	Zn	Cu
Z1	Au	۰/۱۸	۰/۲۸	-۰/۰۴	-۰/۰۵	۰/۱۰	۰/۴۷	۰/۲۵	-۰/۲۲	۰/۰۴	-۰/۰۳
Z4	Au	۰/۳۴	-۰/۱۹	-۰/۱۴	-۰/۱۰	۰/۴۰	۰/۸۱	۰/۱۸	-۰/۱۶	۰/۱۱	-۰/۱۴
Z5	Au	۰/۱۱	۰/۱۲	۰/۱۴	۰/۰۱	۰/۰۰	۰/۹۰	۰/۴۶	-۰/۲۴	۰/۰۳	۰/۰۸
Z6	Au	۰/۳۳	۰/۲۳	۰/۴۳	۰/۴۱	۰/۳۷	۰/۵۲	۰/۶۸	۰/۲۱	-۰/۱۰	۰/۵۲
Z7	Au	۰/۱۶	۰/۴۸	-۰/۰۵	۰/۵۶	۰/۶۲	-۰/۰۳	۰/۷۲	۰/۶۴	۰/۵۱	۰/۴۵

جدول ۴- نتایج مطالعات میکروترمومتری میانبارهای سیال نمونه‌های مربوط به محدوده Z1.

Sample	Host mineral	Number of Tm measurements	Tm (°C)	Salinity (wt% NaCl)	Number of Th measurements	Th (°C)	Mean Th (°C)
۱	Quartz	۸	(-۲/۵) - (-۴/۵)	۴/۳ - ۷/۷۷	۱۲	۱۹۰ - ۲۳۰	۲۱۰
۲	Quartz	۴	(-۲/۵) - (-۳/۵)	۴/۳ - ۶	۱۰	۱۹۵ - ۲۴۸	۲۲۲
۳	Quartz	۱۰	(-۱/۵) - (-۲/۵)	۲/۶ - ۴/۳	۱۵	۲۳۵ - ۲۸۰	۲۵۷
۴	Quartz	۸	(-۱) - (-۴/۵)	۱/۷۲ - ۳/۴۵	۱۹	۲۱۰ - ۲۹۶	۲۳۷

جدول ۵- مقایسه کانی‌سازی‌های طلای شمال بزمان با برخی کانی‌سازی‌های شاخص ایران و جهان.

نام کانسار	نوع ماگماتیسم	سنگ میزبان	سن	فلز اصلی	کانی‌های دگرسانی	کانه‌ها	بافت	نمپ	منبع
شمال بزمان	کالک آلکان پتاسیم بالا	داسیت - آندزیت	۴۴۴	Au, Ag	Qz, Ad, Ser, Ill, Py, Chl, Kao, Cc, Alu	Py, sph, Au, Cpy, Ga, Tn, Arg	کلوفرم، حفره‌ای، قشری، نواری، برشی	LS	مطالعه حاضر
چاه زرد	کالک آلکان پتاسیم بالا	ریولیت	۶/۱۹	Au, Ag	Qz, Ill, Py, Ad, Chl, Car, K-f	Py, Apy, Mar, Cpy, Gn, sph, Au, Ag-Te, Asp, Sulf	کلوفرم، کراسیتفرم، کوکاد، دانه پراکنده، رگه‌ای، برشی	LS-IS	کوهستانی (۱۳۹۰)
ساری گونی	آلکان متوسط	آندزیت - ریولیت	۱۰/۷	Au, Ag, Sb	Qz, Ad, Chl, Ser, Tur, K-f	Apy, Py, Asp, Mar, Sti, Rea, Otp, Sin, Mag, Te	دانه پراکنده، رگه‌ای، برشی	LS	Richards et al., 2006
Kelian اندونزی	کالک آلکان	آندزیت - ریولیت	حدود ۲۰	Au, Ag, Cu, Pb, Zn	Qz, Ad, Car, Ser, Ill, Py, Chl	Py, Sph, Gn, Cpy, Tet, Bol, Asp, Mar, Pyr, Arg, Aho, El, Au	دانه پراکنده، رگه‌ای، پرکنده فضای خالی	LS	Davies, 2002 Davies et al., 2008
Ovajik ترکیه	کالک آلکان	آندزیت - داسیت	۱۸/۲	Au, Ag	Sm, Ill, Qz, Ad, Car	Py, Cpy, Sph, Gn, Asp, Ac, Te, Pgy, Sti, Ce, Bor, Cov, El	کلوفرم، کراسیتفرم، جانشینی	LS	Yilmaz et al., 2007
Shahinli ترکیه	کالک آلکان	آندزیت - داسیت	۳۵	Au, Ag, Cu, Pb, Zn	Ill/Mus, Ill/Sm, Cl, Alu, Dic/ Nac, Pyr	Py, Gn, Sph, Cpy, Ag-Te, El	شانه‌ای، پرکنده فضای خالی، کوکاد، رگه‌ای، برشی	IS	Yilmaz et al., 2010
Eunsan کره	کالک آلکان پتاسیم بالا	ریو داسیت	۷۷/۹	Au, Ag	Ab, Car, Ill, Ad, Qz	Py, Aca, Arg, Ag-sulf, El ± Sph, Gn, Cpy	کلوفرم، کراسیتفرم، کوکاد، رگه‌ای، برشی	LS-IS	Bowden, 2007

کتابنگاری

- آقاباتی، س.ع.، افتخارنژاد، ج.، صمیمی نمین، م. و ارشدی، س.، ۱۳۶۱- نقشه زمین شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ جهان آباد، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- امیدوار اشکلک، م. ر.، ۱۳۹۰- گزارش نیمه تفصیلی ۱:۵۰۰۰ طلای چاهنلی بزمان، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۸۹ صفحه.
- امیدوار اشکلک، م. ر.، ۱۳۹۱- گزارش کنترل آنومالی محدوده های طلا دار چاهنلی، چاه رحیم و پاک در اطراف آتشفشان بزمان، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۹۳ صفحه.
- امیدوار اشکلک، م. ر.، برنا، ب.، روزبه کارگر، س. و مختاری، م. ع. ا.، ۱۳۹۱- اکتشاف مقدماتی طلا در اطراف آتشفشان بزمان، مجموعه مقالات سی و یکمین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- خلقی خسرقی، م. ح. و محمدی گل، م.، ۱۳۸۶- نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ چاه سنگی، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۳۸۰- گزارش اکتشاف ژئوشیمیایی ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ چاه سنگی، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- مهندسین مشاور پارس کانی، ۱۳۸۳- گزارش ژئوشیمیایی و زمین شناسی- معدنی ۱:۲۰۰۰۰ چاهنلی، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- کریمی، م. م.، ۱۳۹۱- مطالعات زمین شناسی، ژئوشیمی، دگرسانی و کانه زایی آنومالی طلای شمال کوه خضر، سیستان و بلوچستان، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران.

References

- Bodnar, R. J. & Vityk, M. O., 1994- Interpretation of micro-thermometric data for H_2O -NaCl fluid inclusions. In: De Vivo, B. and Frezzotti, M.L. (Eds.), Fluid Inclusions in Minerals: Methods and Applications. Short Course of the Working Group, Siena, 117-130.
- Browne, P. R. L., 1978- Hydrothermal alteration in active geothermal fields. Anniversary Review. Earth and Planetary Science, 6, 229-250.
- Brown, K. L., 1986- Gold deposition from geothermal discharges in New Zealand. Economic Geology, 81, 979-983.
- Chauvet, A., Bailly, L., Andr  m, A. S., Moni  , P., Cassard, D., Tajada, F. L., Vargas, J. R. & Tuduri, J., 2006- Internal vein texture and vein evolution of the epithermal Shila- Paula district, southern Peru. Mineralium Deposita, 41, 387-410.
- Craig, J. R. & Vaughan, D. J., 1981- Ore microscopy and ore petrology. John Wiley, New York, 406p.
- Dong, G. & Morrison, G.W., 1995- Adularia in epithermal veins, Queensland: morphology, structural state and origin. Mineralium Deposita, 30, 11-19.
- Einaudi, M.T., Hedenquist, J. W. & Inan, E. E., 2003- Sulfidation state of hydrothermal fluids: the porphyry-epithermal transition and beyond. In: Simmons, SF, Graham IJ (Eds.), Volcanic, geothermal and ore-forming fluids: rulers and witnesses of processes within the Earth. Society of Economic Geologists and Geochemical Society, Special Publication 10:285-313.
- Giggenbach, W. F., 1997- The origin and evolution of fluids in magmatic-hydrothermal systems, In: Barnes, H.L. (Eds.), The Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits, 3rd edition. John Wiley and Sons, 737-796.
- Guilbert, J. M. & Park, C. F., 1986- The geology of ore deposits, Freeman and company.
- Hedenquist, J. W. & Henley, R.W., 1987- Hydrothermal eruptions of the Waiotapu geothermal system, Newland: their origin, associated breccias and relation to precious metal mineralization. Economic Geology, 30, 1640-1668.
- Hedenquist, J. W. & Henley, R.W., 1987- Hydrothermal eruptions of the Waiotapu geothermal system, Newland: their origin, associated breccias and relation to precious metal mineralization. Economic Geology, 30, 1640-1668.
- Hedenquist, J.W., Izawa, E., Arribas, A. & White, N.C., 1996- Hydrothermal system in volcanic arcs, origin of the exploration for epithermal gold deposits: a short course at Mineral Resource Department. Geological Survey of Japan, Higashi 1-1-3, Tsukuba 305, Japan, 139 p.
- Henley, R.W. & Ellis, A. J., 1983- Geothermal systems, ancient and modern. Earth Science Review, 19, 1-50.
- Henley, R.W., 1985- The geothermal framework for epithermal deposits. Reviews in Economic Geology, 2, 1-21.
- Lindsay, D. D., Zentilli, M. & Rojas de la Rivera, J., 1995- Evolution of an active ductile to brittle shear system controlling mineralization at the Chuquicamata porphyry copper deposit, northern Chile. Int. Geol. Rev., 37, 945-958.
- Redmondn, P. B. & Einaudi, M. T., 2010- The Bingham Canyon Porphyry Cu-Mo-Au deposit. I: Sequence of intrusions, vein formation and sulfide deposition. Economic Geology, 105, 43-68.
- Reyes, A.G., 1990- Petrology of Philippine geothermal systems and the application of alteration mineralogy to their assessment. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 43, 279-309.
- Richards, J. P., Boyce, A. J. & Pringle, M., 2001- Geologic evolution of the Escondida area, northern Chile: a model for spatial and temporal localization of porphyry Cu mineralization. Economic Geology, 96, 271-305.
- Richards, J. P., Wilkinson, D. & Ullrich, T., 2006- Geology of the Sari Gunay epithermal gold deposit, northwest Iran. Economic Geology, 101, 1455-1496.
- Roedder, E., 1979- Fluid inclusions as samples of ore fluids. In: Barnes, H.L. (Eds.), Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits. 2nd edition. Wiley, New York, 684-737.

- Roedder, E. & Bodnar, R. J., 1997- Fluid inclusion studies of hydrothermal ore deposits. In: Barnes, H.L., (Eds.), *Geochemistry of hydrothermal ore deposits*. John Wiley, New York, 1223-1247.
- Ronacher, E., Richards, J. P. & Johnston, M. D., 2000- Evidence for fluid phase separation in high-grade ore zones at the Porgera gold deposit, Papua New Guinea. *Mineralium Deposita*, 35, 683-688.
- Seward, T. M., 1989- The hydrothermal chemistry of gold and its implications for ore formation: boiling and conductive cooling as examples. *Economic Geology Monograph*, 6, 394-404.
- Shenberger, D. M. & Barnes, H. L., 1989- Solubility of gold in aqueous sulphide solutions from 150 to 350 °C. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 53, 269-278.
- Shepherd, T. J., Rankin, A. H. & Alderton, D. H. M., 1985- A practical guide to fluid inclusion studies. Blackie, Glasgow, 239p.
- Sillitoe, R. H., 1993- Epithermal models: genetic types, geometrical controls and shallow features. In: Kirkham et al. (Eds.), *Mineral Deposit Modelling*. Geological Association of Canada, Special Publication, 40, 403-418.
- Sillitoe, R. H., 1999- Styles of high-sulphidation gold, silver and copper mineralization in porphyry and epithermal environments. *Pacrim*, 99 Proceedings, Bali, Indonesia. The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Melbourne, 29-45.
- Sillitoe, R. H., 2002- Some metallogenic features of gold and copper deposits related to alkaline rocks and consequences for exploration. *Mineral. Deposits*, 37, 4-13.
- Sillitoe, R. H. & Hedenquist, J.W., 2003- Linkages between volcanotectonic settings, ore-fluid compositions, and epithermal precious-metal deposits. In: Simmons, S. F. & Graham, I., (Eds.), *Volcanic, geothermal, and ore-forming fluids: rulers and witnesses of processes within the earth*. Society of Economic Geologists, Special Publication, 10, 315-343.
- Sillitoe, R. H., 2010- Porphyry copper systems: society of economic geologists. *Economic Geology*, 105, 3-41.
- Simeone, R. & Simmons, S. F., 1999- Mineralogical and fluid inclusion studies of low sulfidation epithermal veins at Osilo (Sardinia), Italy. *Mineralium Deposita*, 34, 705-717.
- Simmons, S. F. & Christenson, B.W., 1994- Towards a unified theory on calcite formation in boiling geothermal systems. *Proceeding 15th New Zealand Geothermal Workshop*, 145-148.
- Simmons, S. F., White, N. C. & John, D. A., 2005- Geological characteristics of epithermal precious and base metal deposits. In: Hedenquist, J.W., Thompson, J.F.H., Goldfarb, J.R. and Richards, J.P. (Eds.), *100th Anniversary Volume. Economic Geology*, 485-522.
- Thiersch, P. C., Williams-Jones, A. E. & Clark, J. R., 1997- Epithermal mineralization and ore controls of the Shasta Au-Ag deposit, Toadoggon District, British Columbia, Canada. *Mineralium Deposita*, 32, 44-57.
- Thompson, A. J. B. & Thompson, J. F. H., 1998- *Atlas of Alteration: A Field Guide to Hydrothermal Alteration Minerals*. Alpine Press Ltd., Vancouver, British Columbia, 119 p.
- Van den Kerkhof, A. M. & Hein, U. F., 2001- Fluid inclusion petrography. *Lithos*, 55, 22-47.
- White, N.C. & Hedenquist, J. W., 1995- Epithermal gold deposits: Styles, characteristics and exploration. *SEG Newsletter*. 27, 1-13.
- Wiesheu, R. & Hein, U. F., 1998- The history of fluid inclusion studies. In: Fritscher, B. and Henderson, F. (Eds.), *Toward a History of Mineralogy, Petrology, and Geochemistry*, Institute für Geschichte der Naturwissenschaften, Munich, 309-325.
- Wilkinson, J. J., 2001- Fluid inclusion in hydrothermal ore deposits. *Lithos*, 55, 229- 272.
- Yilmaz, H., Oyman, T., Arehart, G. B., Colakoglu, A. R. & Billor, Z., 2007- Low-sulfidation type Au-Ag mineralization at Bergama, Izmir, Turkey. *Ore Geology Reviews*, 32, 81-124.
- Yilmaz, H., Oyman, T., Sonmez, F. N., Arehart, G. B. & Billor, Z., 2010- Intermediate sulfidation epithermal gold-base metal deposits in Tertiary subaerial Volcanic rocks, Sahinli/Tespil Dere (Lapseki/Western Turkey). *Ore Geology Reviews*, 37, 236-258.

Geology, Alteration, Geochemistry and Fluid Inclusion of Au Mineralization in the North Bazman

M. R. Omidvar Eshkalak ^{1*} & A. A. Mokhtari ²

¹ Master of Science, Geological Survey of Iran, Tehran, Iran

² Assistant Professor, Department of Geology, Faculty of Sciences, University of Zanjan, Zanjan, Iran

Received: 2014 March 11

Accepted: 2014 October 26

Abstract

The studied area is located in the southeastern end of the Sahand- Bazman Magmatic Belt in the north of Bazman volcano. This area composed of Miocene volcanic rocks including andesitic to dacitic lavas along with tuffaceous sandstone, ignimbrite, agglomerate, tuff and siltstone that underwent propylitic, argillic, sericitic, carbonatic and silicified alterations. Predominant form of the mineralization is silica veins and hydrothermal breccia, which crop out within the alteration zones. The textures within the silica veins include coliform, vuggy, stratiform, banded and hydrothermal breccias. The results of sample analysis demonstrate that hydrothermal breccias have the highest grades of Au (up to 27.6 ppm), and the silica veins with banded texture and fine grained sulfide bearing silica veins are other important Au- bearing mineralization in the next orders. The geochemical investigations demonstrate good positive correlation between Au and Ag, Sb, As, Pb, Zn, Mo, Bi and Hg in the Au- bearing silica veins. The fluid inclusion studies on silica veins with banded texture indicate that the salinity of fluids is 1.22-7.77 W% NaCl, and homogenization temperature is 190-296°C. Based on the field evidences along with mineralogy, textures and structures of silica veins, geochemical and fluid inclusion investigations, the Au mineralization in the north of Bazman can be classified as low sulfidation epithermal gold deposits.

Keywords: Gold mineralization, Bazman, Hydrothermal breccia, Silica veins, Epithermal.

For Persian Version see pages 165 to 180

*Corresponding author: M.R. Omidvar Ashkalack; E-mail: mohammadrezaomidvar@gmail.com