

مطالعه کانه‌زایی طلا در منطقه میاردان، غرب بستانآباد، بر اساس ریزدماسنجی سیالات درگیر در رگه های سیلیسی

فاطمه جهانگیریار^{۱*}، صمد علیپور^۱، وارطان سیمونز^۲، الکساندر توالچرلیدزه^۳

1- دانشجوی دکتری، گروه علوم زمین، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

۲- استاد، ژئوشیمی اکتشافی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

۳- دانشیار زمین شناسی اقتصادی، مرکز تحقیقات علوم پایه دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

۴- استاد زمین شناسی اقتصادی، گرجستان

*fjahangirya@yahoo.com

چکیده

منطقه میاردان در استان آذربایجان شرقی، غرب شهرستان بستان آباد واقع شده است. از نظر زمین شناسی مهمترین واحدهای زمین شناسی منطقه را واحدهای آذرین پلیوسن تشکیل میدهند که بیشترین گسترش وضخامت را در این منطقه دارند. کانی سازی طلا در داخل سنگهای آندزیتی دگرسان، خرد شده و برشی شده به سن ائوسن در کنتاکت با استوک دیوریت پورفیری شکل گرفته است. این سنگ ها توسط محلول های گرمابی دستخوش دگرسانی سیلیسی و سریسیتی شده اند و تحت فرآیند متاسوماتیزم حاصل از تزریق توده نفوذی، به کوارتزیت و هورنفلس تبدیل شده اند. براساس مطالعات ریزدماسنجی سیالات درگیر، اولین نقطه ذوب یخ در حدود ۲۲- درجه سانتی گراد است و نقطه ذوب نهایی یخ نیز در محدوده ۰/۳- تا ۱/۶- درجه سانتی گراد می باشد. بیشترین فراوانی دماهای همگن شدن در محدوده ۱۷۰ - ۲۰۰ درجه سانتیگراد است و بیشترین فراوانی شوری در محدوده ۱/۵ تا ۲/۵ درصد وزنی معادل نمک طعام می باشد. هم چنین براساس نمودار شوری در مقابل دمای همگن شدن، فشار بخار سیال در موقع به دام افتادن عمدتاً کمتر از ۵۰ بار بوده است. براساس شواهد موجود می توان کانه زایی در این منطقه را از نوع کانی سازی اپی ترمال معرفی نمود.

کلیدواژه‌ها: کانه‌زایی طلا، دگرسانی گرمابی، سیالات درگیر، میاردان

Study of Gold mineralization in the Miardan area, west of Bostan Abad, based on Fluid Inclusion in silica veins
Fatemeh Jahangirya^{1*}, Samad Alipour², Vartan Simmonds³, Alexander towalcherlidzeh⁴
¹ Ph.D. Student of Economic Geology, Geology Department, Faculty of Sciences, Urmia University

2) Professor of Geochemistry, Geology Department, Faculty of Sciences, Urmia University

3) Associate professor of Economic Geology, Research Institute for Fundamental Sciences, University of Tabriz, Tabriz, Iran

4) Professor of Economic Geology, Georgia

Abstract

The study area is located in East Azarbaijan province, west of Bostan Abad city. From the geological point of view, the most important geological units are the igneous Pliocene units, which have the most expansion and thickness in this area. Major rock units in the area include Eocene-associated andesitic tuff and lava. old mineralization is formed in altered, crushed and shear-age andesitic rocks in contact with Eocene porphyritic stock. According to fluid studies, the first ice melting point is often at -22 ° C. The final melting point of the ice is

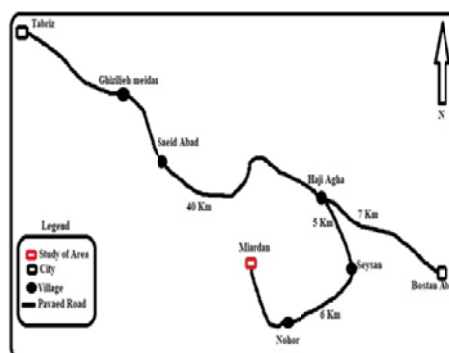
also in the range of -0.3 to -1.6 ° C. The highest salinity abundance was in the range of 1.5 to 2.5% by weight of NaCl. Also, according to the graph of changes in pressure versus temperature, the minimum pressure at the time of trapping was generally less than 50 bar. Based on the available evidence, mineralization in this area can be classified as epithermal mineralization.

Keywords: Gold mineralization, Hydrothermal alteration, Fluids inclusions, Miardan

مقدمه

محدوده کانی سازی طلای میاردان به وسعت تقریبی $24/1$ کیلومتر مربع با مختصات 46° تا $46^{\circ}38'$ طول شرقی و $37^{\circ}49'$ تا $37^{\circ}47'$ عرض شمالی بوده و بخشی از ورقه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ بستان آباد را تشکیل می‌دهد. از نظر تقسیم بندیهای ساختاری، محدوده مورد مطالعه جزو ایران مرکزی و کمربند ارومیه - دختر محسوب می‌شود (آقائباتی، ۱۳۸۳). پی سنگ منطقه مورد مطالعاتی را واحدهای آتشفشانی سرپانتینی و کلریتی شده بازالتی، توف بازیک و گابرو و واحدهای آهک مازنی نازک لایه، ماسه سنگ، کنگلومرا و شیل به سن کرتاسه پسین می‌سازند. بر روی این واحدها رسوبات منسوب به ائوسن به صورت ناپیوسته با ترکیب آذرآواری قرار گرفته‌اند. توده‌های نفوذی گرانیتی، کوارتز مونزونیتی، گرانودیوریتی، سنگهای داسیتی و ریوداسیتی با رنگ روشن به شکل گنبد و سیل و دایکهای ریولیتی منسوب به الیگوسن در درون واحدهای قدیمی تزریق شده‌اند. واحدهای آهکی سازند قم و واحدهای گچدار مازنی، سیلت، ماسه سنگ و کنگلومرا به سن میوسن در شمال شرق محدوده مورد مطالعه رخنمون دارند. رسوبات پلیوسن بیشتر از نوع کنگلومرای سست می باشند که اجزای آن از بولدرهای آندزیتی، لاپیلی توف، قطعات پومیس و خاکستر ریزدانه آتشفشانی تشکیل شده است. رسوبات کواترنری به شکل رسوبات کوهپایه‌ای و تراسهای قدیمی و رسوبات آبراههای، جوانترین واحدهای منطقه مورد مطالعه را تشکیل می‌دهند. راه های دسترسی به محدوده در شکل ۱ نشان داده شده است. کانی زایی طلا در ذخیره بستان آباد در سنگهای آندزیتیدگرسان گرمابیخرد و برشی شده به سن ائوسن در کنتاکت با استوک دیوریت پورفیریشکل گرفته است. کنتاکت این تشکیلات، زون های خرد شده است که جهت شیب آنها $40-65$ درجه به سمت جنوب غرب می‌باشد. کانسنگ طلا دار در درون سنگهای میزبانبا شیب تقریباً عمودی قرار گرفته و تصور می شود در ارتباط با غسل های کوچک و شکستگیهایقدیمی باشند که در طی چندین مرحله فعال شده‌اند.

میانبراهای سیال بخشی از سیالات کانسار ساز هستند که در حفرة های ریزی به اندازه کوچکتر از 100 میکرون در داخل کانیهها به دام میافتند. یکی از راههای مطالعه منشأ و دمای کانه‌زایی، مطالعه سیالات درگیر است (Sorby, 1980). هدف اصلی این تحقیق، مطالعه شرایط فیزیکوشیمیایی کانه زایی طلا بر اساس ریزدماسنجی سیالات درگیر موجود در رگه های سیلیسی این سیستم کانی سازی، جهت تعیین منشأ، نوع کانی سازی و نیز مقایسه این داده ها با سیستم های مشابه می باشد. مقادیر شوری و دمای همگن شدن سیالات کانه‌ساز در این منطقه حاکی از شباهت آن ها با سیالات کانه‌ساز در چند کانسار طلای اپی ترمال در ایران و ترکیه دارد (جدول ۱).



شکل ۱: راههای دسترسی به محدوده مورد مطالعه و نمایی از فعالیتهای معدنکاری در آن.

جدول ۱: مقایسه مقادیر شوری و دمای همگن شدن در منطقه میاردان با کانسارهای طلای اپی ترمال در ایران و ترکیه.

نام کانسار	نوع کانی	نوع سیال درگیر	محدوده شوری (معادل درصد وزنی نمک طعام)	دمای همگن شدن (درجه سانتی گراد)
میاردان	کوارتز	L+V, V	۳-۰	۲۸۲-۱۷۶
ساریلار، ایران (میرانوری و همکاران، ۱۳۹۷)	کوارتز	L+V, V	۰/۳۵ - ۲/۵۷	۲۸۰-۱۷۰
استرقان، ایران (فردوسی، ۱۳۹۴)	کوارتز	L+V	۰/۶ - ۷/۳	۳۲۰-۱۰۰
Sindirgi, Turkey (Yilmaz et al., 2013)	کوارتز	L+V, V+L, V	۰/۵ - ۴/۸	۳۳۰-۱۵۷
شرف آباد، ایران (ابراهیمی و همکاران، ۱۳۸۸)	اسفالریت - کوارتز	L+V, V+L	کوارتز (۱-۸/۷) اسفالریت (۱۰/۸-۱۵/۳)	کوارتز (۱۷۰-۲۷۰) اسفالریت (۲۱۵-۲۶۵)
میرکوه علی میرزا، ایران (مقصودی و همکاران، ۱۳۹۱)	کوارتز	L+V, L, V	۰/۵ - ۴/۸	۳۳۰-۱۵۷

مواد و روش‌ها

در ابتدا به منظور شناخت مقدماتی منطقه مورد مطالعه، نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰۰ بستان آباد مورد بررسی قرار گرفت. برای شناخت بیشتر منطقه بازدیدهای صحرایی در چند نوبت صورت گرفت و نمونه برداری از منطقه با ثبت مختصات توسط GPS انجام پذیرفت. از نمونه‌های برداشت شده برای مطالعه کانه‌زایی طلا، مقطع نازک و صیقلی تهیه شد و در دانشگاه ارومیه مورد مطالعه قرار گرفت و از تعدادی از نمونه‌های مربوط به رگه‌های کوارتزی جهت مطالعه میانبارهای سیال، مقطع دوبر صیقل تهیه گردید و بررسی ها در آزمایشگاه کانیشناسی دانشگاه اصفهان به کمک استیجLinkam مدل THMS600 متصل به میکروسکوپ Olympus صورت گرفت.

بحث

کانه‌زایی طلا در منطقه بستان آباد در سنگهای آندزیتی دگرسان، خرد و برشی شده ائوسن در کنتاکت با استوک دیوریت پورفیری شکل گرفته است. این محدوده عمدتاً بصورت برشی و تیره رنگ بوده که ناشی از پوشش سطحی متشکل از اکسیدهای آهن آبدار میباشد و حاکی از اکسایش کانیهای سولفیدی اولیه است. در این محدوده، سنگهای آندزیتی توسط تعداد زیادی رگه و رگچه‌های کوارتزی سفید و شیری رنگ حاوی طلا با عیار تقریبی ۱/۲ گرم در تن باشند باشند قطع شده‌اند (شکل ۲الف). این رگه‌ها بصورت ناهمگن در گدازه آندزیتی و توفهای برشی توزیع شده‌اند. حاشیه رگه‌های کوارتزی اغلب توسط لایه نازکی از کانه‌های سولفید (پیریت، کالکوپیریت، اسفالریت و گالن) احاطه شده که به کوارتز رنگ خاکستری داده است که عیار طلای آن بیشتر از ۱۰ ppm است (شکل ۲ب). علاوه بر رگه‌های کوارتز، طلا در سنگهای دگرسان و برش‌ها نیز یافت میشود.

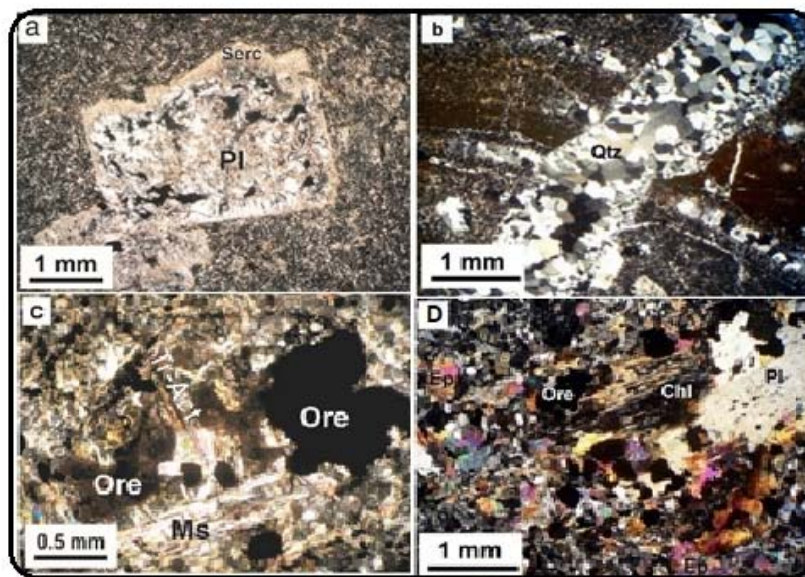
دگرسانی‌های موجود در منطقه شامل انواع سریسیتی، آرژیلیک و پروپلیتیک بوده که دگرسانی سریسیتی گسترده‌ترین زون دگرسانی در محدوده مورد مطالعه، هم در سطح و هم در عمق است. مطالعه مقاطع نازک این زون نمایانگر حضور کانیهای کوارتز، پیریت و سریسیت است. رنگ نمونه‌های دستی متعلق به دگرسانی آرژیلیک سفید مایل به خاکستری می‌باشد. از نظر گسترش عمقی، این دگرسانی بیشتر در نزدیکی شکستگیها و گسلها و مناطق با نفوذپذیری بالا مشاهده میشود، چراکه مستلزم شستشوی اسیدی شدیدتر میباشد. مهمترین مشخصه این زون دگرسانی، شکل‌گیری کانیهای رسی نظیر کائولینیت همراه با مقادیری سریسیت است. مطالعه پتروگرافیکی اغلب مقاطع نازک متعلق به این زون، تبدیل‌شدگی فلدسپاتها به کانیهای رسی را نشان می‌دهد. کانیهای شاخص دگرسانی پروپلیتیک در منطقه مورد مطالعه، کلریت، اپیدوت و کلسیت هستند که علاوه بر آنها، مقادیری سریسیت و بطور محلی پیریت (کمتر از ۲ درصد) نسط در سنگهای متعلق به این زون تشکیل شده‌اند. فلدسپارها بخشی به اپیدوت تبدیل شده و بخشی نیز سریسیتی شده‌اند (شکل ۳).



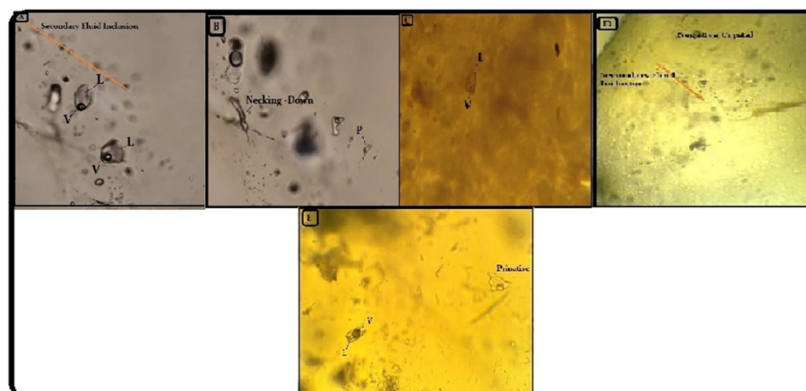
شکل ۲: بافت استوک ورک متشکل از رگچه‌های کوارتزی سفید و شیری رنگ در محدوده بستان آباد. (ب) رگه کوارتز طلادار حاوی پیریت، کالکوپیریت، اسفالریت و گالن در آندزیت با عیار طلای $< 10 \text{ ppm}$. گمانه BHB-۲۰-۴۹/۵-۵۲/۵. (پ) برشهای طلادار. رنگ روشن متعلق به سنگ متاسوماتیک متشکل از کوارتز-سریسیت بوده و رنگ قهوه‌ای مربوط به بخشهای حاوی کوارتز و هیدرواکسید آهن است.

مطالعات پتروگرافی مقاطع دوبر صیقل تهیه شده از رگه‌های کوارتزی سولفیددار شیری تا شفاف بیانگر حضور دو فاز مایع و گاز میباشد. سیالات درگیر از نظر شکل ظاهری به صورت مدور بی‌شکل، چند وجهی نامنظم، شکل بلوری منفی می‌باشند (شکل ۴). از نظر فراوانی، سیالات درگیر نوع مدور بیشترین فراوانی را در نمونه‌های مورد مطالعه نشان میدهند که نشان دهنده این است که فضاهای بین سطوح بلوری که باعث به دام افتادن میانبارها شده دارای شکل خاصی نبوده‌اند (شکل ۴). سیالات درگیر در نمونه‌های مورد مطالعه کوچکتر از ۴۰ میکرون بوده و سیالات درگیر با اندازه ۱۰ تا ۴۰ میکرون معمولاً بیشترین فراوانی را در این نمونه‌ها دارند. با توجه به تقسیم‌بندی شفرد و همکاران (Shepherd et al., 1985) سیالات درگیر در نمونه‌های منطقه میاردان از نوع دو فاز مایع-گاز (L+V) بوده و متشکل از مایع آبگین و حباب بخار هستند. حباب بخار حدود ۲۰ الی ۳۰ درصد و فاز

مایع حدود ۷۰ تا ۸۰ درصد حجم سیال درگیر را اشغال کرده است، بنابراین درجه پرشدگی این نوع از سیالات درگیر در حدود ۰/۷ الی ۰/۸ است. مطالعات پتروگرافی نشان داد که در هیچیک از نمونه های منطقه، CO_2 (فاز مایع و گاز) مشاهده نشد و فازهای جامد و بلورهای نوزاد نیز شناسایی نشدند. عدم وجود فازهای نوزاد مانند هالیت در سیالات درگیر این منطقه نشان میدهد که شوری این سیالات کمتر از ۲۶٪ وزنی معادل نمک طعام میباشد (Roedder, 1984) و می‌تواند ناشی از مشارکت بالای آب‌های جوی در سیالات گرمابی باشد (Barnes, 1979).

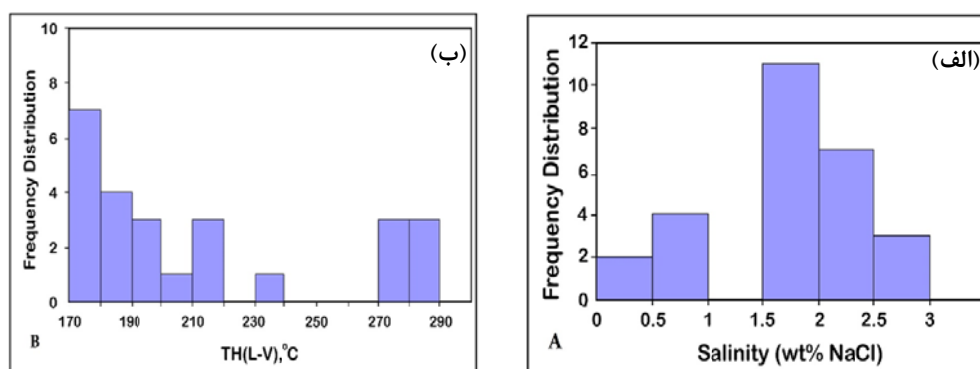


شکل ۳: (a) دگرسانیسریستی (b) رگه سیلیسی (c) اکتینولیت (d) دگرسانی پروپلیتیک.

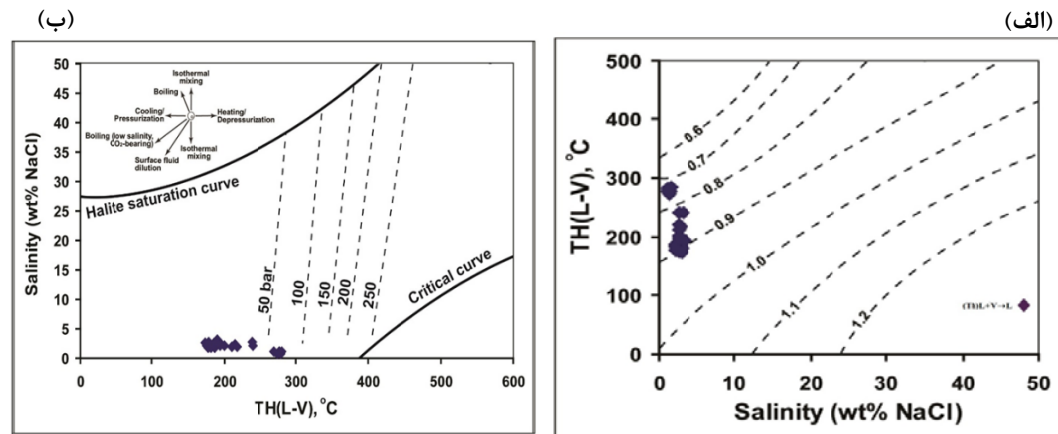


شکل ۴: سیالات درگیر موجود در رگه‌های سیلیسی مطالعه شده. A: شکل مکعب مربع. (C, E): اشکال کروی تا نامنظم سیال درگیر. B: باریک شدگی. (A, D): سیالات درگیر ثانویه. E: سیال درگیر اولیه. (p).

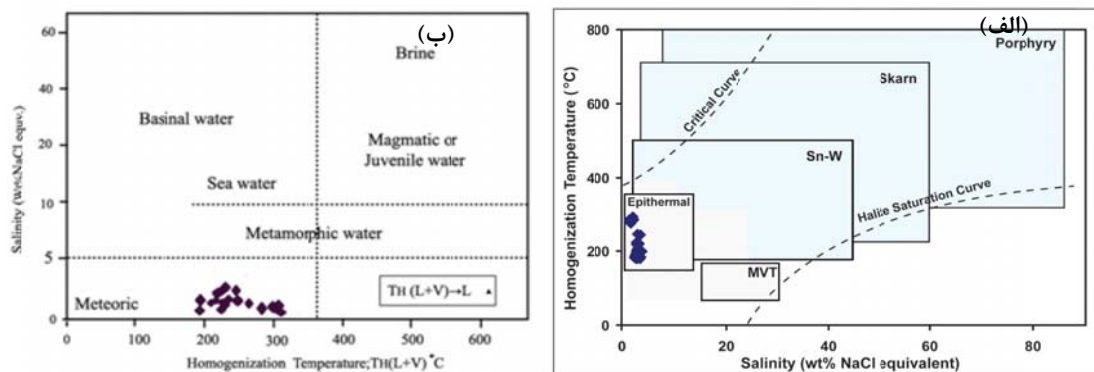
مطالعه گرمایش و سرمایش در این منطقه بر روی ۳ مقطع حاوی بلورهای کوارتز صورت گرفت. اندازه‌گیری بر روی سیالات درگیر دوفازی اولیه نشان داد که دمای اولین ذوب یخ (Te) بالاتر از ۲۲- تا ۲۳- درجه سانتیگراد بود. لذا بر اساس جدول ارائه شده توسط Borisenko (1977) میتوان گفت نمک محلول در این میانبرهای سیال عمدتاً NaCl بوده و علاوه بر آن مقداری KCl نیز وجود دارد. دماهای نهایی ذوب یخ (Tm_{ice}) بدست آمده در بازه ۰/۳- تا ۱/۶- درجه سانتی گراد بوده‌اند. برای بدست آوردن مقدار شوری از نرم افزار AqSo WHS (Bakker, 2012) استفاده شد. مقادیر بهدست آمده نشان دهنده شوری پایین سیالات (۵/۶۳- تا ۰/۵ درصد وزنی معادل نمک طعام) در سیالات درگیر مورد مطالعه هستند (شکل ۵ الف). نبود بلورهای نوزاد در سیالات درگیر این منطقه نیز تأکیدی بر شوری پایین سیالات است. بررسیها نشان می دهد که بیشترین فراوانی شوری در محدوده ۱/۵ تا ۲/۵ درصد وزنی معادل نمک طعام می باشد (شکل ۵ الف) که حکایت از شوری پایین سیالات درگیر دارد. دماهای همگن شدن در سیالات درگیر مورد مطالعه (TH_(L+V)) در بازه ۱۷۶ تا ۲۸۲ درجه سانتیگراد هستند (شکل ۵ ب) که در همه موارد، همگن شدن با ناپدید شدن فاز بخار صورت گرفته است. (L+V→L). بیشترین فراوانی دماهای همگن شدن در محدوده ۱۷۰ - ۲۰۰ درجه سانتیگراد است. یک مجموعه از دادههای TH_(L+V) نیز در محدوده ۲۹۰-۲۷۰ درجه سانتیگراد قرار دارند. لذا سیالات درگیر مورد مطالعه از نوع دما متوسط تا دما پایین اپی ترمال میباشند. در نمودار Wilkinson, 2001 برای تعیین چگالی سیال با استفاده از دمای همگن شدن و مقدار شوری میتوان گفت که چگالی سیالات درگیر در این منطقه در محدوده ۰/۷ - ۰/۹ gr/cm³ میباشد (شکل ۶ الف). برای بدست آوردن حداقل فشار بخار در زمان به دام افتادن سیالات درگیر از نمودار شوری در مقابل دمای همگن شدن (Ahmad and Rose, ۱۹۸۰) استفاده شد (شکل ۶ ب). با توجه به دمای همگن شدن (۱۷۶ تا ۲۸۲ درجه سانتیگراد) بهدست آمده از مطالعات ریزدماسنجی، حداقل فشار بخار سیال در زمان به دام افتادن عمدتاً کمتر از ۵۰ بار بوده (سیالاتی که دمای همگن شدنشان زیر ۲۴۰ درجه سانتیگراد است) و تنها تعداد کمی از سیالات درگیر که دمای همگن شدن بالایی (۲۹۰-۲۷۰ درجه سانتیگراد) داشتند، حداقل فشار بخار حدود ۵۰ تا ۷۰ بار نشان میدهند. نتایج به دست آمده از مطالعات سیالات درگیر در نمونه های مورد مطالعه (شوری، دمای همگن شدن) و ترسیم آن ها در دیاگرام شوری در مقابل دمای همگن شدن (Wilkinson, 2001) نشان می دهد که سیالات مسئول تشکیل سیلیس در این منطقه از نوع اپی ترمال بوده‌اند (شکل ۷ الف). سیالات کانه ساز در کانسارهای اپی ترمال معمولاً دارای دمای کمتر از ۳۰۰ درجه سانتی گراد و شوری کمتر از ۵ درصد وزنی نمک طعام میباشند. هم چنین بررسی منشأ سیال کانه‌ساز با استفاده از دمای همگن شدن و شوری سیالات درگیر، Kesler, 2005 نشان میدهد سیالات کانه ساز در منطقه مورد مطالعه در محدوده آبهای متوریک قرار گرفته و لذا منشأ جوی دارند (شکل ۷ ب).



شکل ۵: (الف) هیستوگرام فراوانی شوری و (ب) هیستوگرام فراوانی درجه حرارتهای همگن شدن سیالات درگیر در رگه‌های سیلیسی منطقه میاردان.



شکل ۶: (الف) نمودار دمای همگن شدن - شوری جهت تعیین چگالی سیال (gr/cm^3) در منطقه مورد مطالعه در سیستم $\text{H}_2\text{O}-\text{NaCl}$ (Wilkinson, ۲۰۰۱). چگالی محاسبه شده در بازه $۰.۷-۰.۹ \text{ gr/cm}^3$ می باشد. (ب) نمودار دومتغیره دمای همگن شدن در برابر شوری برای تعیین فشار بخار سیال در زمان به دام افتادن (Ahmad and Rose, ۱۹۸۰). یافته‌های این نمودار نشان میدهد که فشار بخار سیال در زمان به دام افتادن کمتر از ۱۰۰ بار بوده است.



شکل ۷: (الف) نمودار دمای همگن شدن در مقابل شوری میانبارهای سیال در کانسارهای مختلف (Wilkinson, ۲۰۰۱) که در روی آن داده‌های ریز داماسنجی نمونه‌های میاردان در داخل محدوده اپی ترمال قرار میگیرند. (ب) نمودار دمای همگن شدن در مقابل شوری برای سیالات با منشاهای مختلف (Kesler, ۲۰۰۵). نقاط مربوط به منطقه مورد مطالعه در روی این نمودار در محدوده آب های متئوریک قرار می گیرند.

نتیجه گیری

منطقه مورد مطالعه به مساحت $۲۴/۱$ کیلومتر مربع مختصات ۴۶° تا $۴۶^\circ ۳۸'$ طول شرقی و $۳۷^\circ ۴۹'$ تا $۳۷^\circ ۴۷'$ عرض شمالی بوده و در ۱۵ کیومتری غرب شهرستان بستان آباد واقع است. این منطقه عموماً از سنگهای آتشفشانی تشکیل شده که توسط واحد سنگی خاکستر آتشفشانی پوشیده شده است. فرایند دگرسانی و کانی سازی در درون واحدهای آتشفشانی و آذرآواری ائوسن صورت گرفته است. کانه‌زایی طلا در سنگ های دگرسان شده و برشی دیده می شود. دگرسانی سیریسیتی گسترده ترین زون دگرسانی در محدوده مورد مطالعه، هم از نظر سطحی و هم عمقی است. از لحاظ شکل، سیالات درگیر منطقه اغلب اشکال نامنظم داشته و یا بصورت مدور هستند. نبود شکل خاص در میانبارها می تواند نشان دهنده این باشد که فضاهای بین سطوح بلوری که باعث به تله

افتادن میانبارها شده‌اند، دارای شکل مشخصی نبوده‌اند. در مطالعات پتروگرافی مقاطع دوبرصیقل رگه‌های کوارتز-سولفید منطقه مباردان، سیالات درگیر اولیه و ثانویه شناسایی شده ولی هیچ سیال درگیر ثانویه کاذب مشاهده نگردید. سیالات موجود در نمونه‌های مورد مطالعه دارای شوری بین $2/63 - 0/5$ درصد وزنی معادل نمک طعام هستند که حاکی از شوری پایین است. نبود فاز دختر در این سیالات نیز تأکیدی بر شوری پایین است (Roedder, 1984) و می‌تواند ناشی از اختلاط با آب‌های جوی باشد. بیشترین فراوانی دماهای همگن شدن در محدوده $170 - 200$ درجه سانتیگراد است. یکمجموعه‌ها داده‌های $(T_{H(L+V)})$ نیز در محدوده $270 - 290$ درجه سانتیگراد قرار دارند. لذا سیالات درگیر مورد مطالعه از نوع دما متوسط تا دما پایین اپی ترمال می‌باشند.

مراجع

آقاباتی ع.ا.، ۱۳۸۳، "زمین‌شناسی ایران. انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور"، ۵۸۶ ص.
 ابراهیمی، س.، مینگ پن، ی.، علیرضایی، س.، مهرپرتو، م.، ۱۳۸۸. مطالعات کانی‌شناسی و میانبارهای سیل ذخیره‌های اپی ترمال شرف آباد، شمال باختر ایران، فصلنامه علوم زمین ۷۱، ۱۵۴-۱۴۹.
 فردوسی، ر.، ۱۳۹۴. مطالعه ژئوشیمی، آلتراسیون، کانه زایی، سیالات درگیر و ژنز فلزات پایه (مس، طلا) در منطقه استرقان، خاراوانا، آذربایجان شرقی، رساله دکتری، دانشگاه تبریز، ۳۰۰ ص.
 مقصودی، ع.، رحمانی، م.، رشیدی، ب.، ۱۳۸۴، کانسارها و نشانه‌های معدنی طلادر ایران، انتشارات آراین زمین، ۳۸۸ ص.
 میرانوری، ا.، ۱۳۹۷. مالعالت ژئوشیمی، دگرسانی، کانه زایی و ژنز زون های طلا دار در سنگ های آذرین مناطق زایلک، ساریلار و نقدوز، شرق اهر. استان آذربایجان شرقی. ۲۳۷ ص

- Ahmad, S.N., Rose, A.W., (1980). Fluid inclusions in porphyry and skarn ore at Santa Rita, New Mexico. *Economic Geology* 75, 229-250.
- Bakker, R. (1998). "Improvements in clathrate modelling II: the $H_2O-CO_2-CH_4-N_2-C_2H_6$ fluid system." Geological Society, London, Special Publications 137(1): 75-105.
- Barnes, H. L. (1979) *Geochemistry of hydrothermal ore deposits*. John Wiley & Sons.
- Borisenko, A.S., (1977). Study of the salt composition of solutions in gas-liquid inclusions in minerals by the cryometric method. *Soviet Geology and Geophysics*, 18, 11-19.
- Hall, D. L., Sterner, S. M. and Bodnar, R. J. (1988) Freezing point depression of NaCl-KCl- H_2O solutions. *Economic Geology* 83: 197-202.
- Kesler, S.E., (2005). *Ore-Forming Fluids*. Elements 1, 13-18.
- Sorby, H. C. (1980) on the microscopic structure of crystals indicating the origin of minerals and rocks. *Journal of Geological Society, London*, v. 14, p. 453-500.
- Roedder, E. (1984) *Fluid Inclusions*, Reviews in mineralogy, Mineralogical Society of America.
- Shepherd, T.J., Ranbin, A.H., Alderton, D.H.M., 1985. *A Practical Guide to Fluid Inclusion Studies*. Blackie, Glasgow, 239 p.
- Wilkinson, J. J., (2001), *Fluid Inclusions in Hydrothermal ore deposits*. Lithos 55, 229-227.
- Yilmaz. H., Nuran, F., Akay, E., Sener. A., Tufan, T., 2013. Low-sulfidation epithermal Au-Ag mineralization in the Sindirgi District. Balikesir Province. Turkey . *Turkish Journal of Earth Sciences* 22. 485-522.