

کانهزایی اپیترمال فلزات پایه (نقره) نوع سولفیداسیون حدواسط در کانسار گویجه ییلاق، جنوبباختر زنجان

حسین باقرپور'، میرعلی اصغر مختاری'، حسین کوهستانی'*، قاسم نباتیان' و بهنام مهدیخانی'

۱) گروه زمینشناسی، دانشکاده علوم، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران ۲) گروه مهنادسی معادن، دانشکاده فنی و مهنادسی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

دریافت مقاله: ۱۳۹۶/۱۲/۲۱، پذیرش: ۱۳۹۷/۰۷/۱۵

چکیدہ

کانسار سرب-روی (نقره) گویجهیلاق در فاصله ۱۲۰ کیلومتری جنوبخاور زنجان واقع شده است و بخشی از کمان ماگمایی ارومیه-دختر محسوب می شود. در این کانسار، کانهزایی سرب-روی (نقره) به صورت رگه های سیلیسی-سولفیدی در میزبان گدازه های آندزیت بازالتی و آندزیتی البگومیوسن رخداده است. بر اساس بررسی های میکروسکوپی، کانه های فلزی در کانسار گویجه ییلاق شامل کانی های درون زاد گالن، اسفالریت و کالکوپیریت، کانی های مرحله برون زاد (کوولیت، سروزیت و گوتیت) و کانی های باطله کوار تز مرحله کانه زایی در کانسار گویجه ییلاق قابل می ار گه-رگیجهای، برشی، دانه پراکنده، پُرکننده فضای خالی، بازماندی و جانشینی است. سه مرحله کانه زایی در کانسار گویجه ییلاق قابل تشخیص است. این مراحل با ته نشست کوار تز و سولفیدها (گالن، اسفالریت و کالکوپیریت) کلسیت است. مهم ترین بافت های کانسنگ شامل رگه-رگیجهای، برشی، دانه پراکنده، پُرکننده فضای خالی، بازماندی و جانشینی است. سه در رگه ها و سیمان گرمابی برش ها (مرحله اول) آغاز شده و با تشکیل رگیجه های منفرد و یا دسته رگیجه های نیمه موازی تا متقاطع تأخیری است. دگرسانی گرمابی برش ها (مرحله اول) آغاز شده و با تشکیل رگیجه های منفرد و یا دسته رگیده فضاهای خالی (مرحله سوم) ادامه یافته کلسیت (مرحله دوم) و کانی های برون زاد کوولیت، سروزیت و گوتیت با بافت جانشینی و پرکننده فضاهای خالی (مرحله سوم) ادامه یافته ساست. دگرسانی گرمابی به بخش های سیلیسی و کربناتی پهنه های کانه دار محدود می شود. دگرسانی پروپلیتیک (سریسیت، اپیدوت، کلسیت و کلریت) در خارج از بخش های کانه دار رخداده است. شباهت الگوهای به نجار شده عناصر کمیاب خاکی در رگه های کانه دار و سنگ های میزبان آندزیت بازالتی و آندزیتی سالم و دگرسان شده بیانگر ارتباط زایشی کانه زایی و توالی آتشفشانی منطقه است؛ به طوری که دگرسانی واحدهای آتشفشانی و شسته شدن عناصر از آنها در تشکیل کانی سازی منطقه مؤثر بوده است. ویژ گی های کانسار گویجه ییلاق با کانسارهای اپی ترمال فلزات پای (نقره) نوع سولفیداسیون حدواسط قابل مقایسه است.

واژه های کلیدی: کانهزایی اپی ترمال، سولفیداسیون حدواسط، گویجه ییلاق، زنجان

قراردارد. این کانسار در بخش شمالخاوری ورقه ۱:۱۰۰۰۰ زمین شناسی مرزبان (Majidifard and Shafei, 2006) و در فاصله حدود ۱۵ کیلومتری خاور کانسار سرب-روی (نقره)

مقدمه کانسار سـرب-روی (نقـره) گویجـهیـیلاق در فاصـله ۱۲۰ کیلـومتری جنـوبخـاور زنجـان و ۲۰ کیلـومتری جنـوب قیـدار

*مسئول مكاتبات: kouhestani@znu.ac.ir

DOI: https://doi.org/10.22067/econg.v11i4.71615

زمينشناسي اقتصادى

با سنگهای میزبان مشخص شد. در این راستا، ۶۰ نمونه از واحدهای سنگی و رخنمونهای کانهزایی برداشت شد. سپس، تعداد ۱۶ مقطع نازک و ۱۰ مقطع نازک-صیقلی برای بررسیهای سنگ شناسی، کانهنگاری و ساخت و بافت، تهیـه و مورد بررسی قرار گرفت. سپس برای انجام بررسی های زمین شیمیایی، تعداد ۶ نمونه از سنگ میزبان سالم، ۲ نمونه از سنگ میزبان دگرسانشده و ۳ نمونه از بخشهای کانهدار انتخاب شد. بدین منظور، ابتدا نمونه ها توسط خرد کننده فولادی تا اندازه حدود ۵ مش (۴ میلیمتر) خرد شده و سپس با استفاده از آگات به مدت ۲ دقیقه تا اندازه حدود ۲۰۰ مش (۷۴ میکرون) پودر شدند. پس از آمادهسازی، میزان ۲۰ گرم از پودر نمونهها برای تعیین میزان عناصر كمياب و كمياب خاكي بهروش ICP-MS به آزمايشگاه شرکت زر آزما در تهران، ارسال شد و مورد تجزیه قرار گرفت. برای تعیین میزان عناصر کمیاب خاکی، حدود ۰/۲ گرم از هر نمونـه در ليتيم متابورات/ تترابورات ذوب و سپس در اسيد نيتريك حل شد. برای تعیین میزان فلزات پایه، حدود ۰/۵ گرم از هر نمونه به صورت جداگانه در تیزاب سلطانی داغ (۹۵ درجه سانتی گراد) حل شد. حد پايين دقت اندازه گيري براي عناصر مختلف در جدول ۱ آمده است.

زمین شناسی و سنگ شناسی منطقه گویجه ییلاق با توجه به نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰ ورقه مرزبان (Majidifard 2006 محرایی انجام شده در قالب تهیه نقشه زمین شناسی ۲۰۰۰ ۲۰۱ منطقه گویجه ییلاق (شکل ۱)، واحدهای سنگی رخنمون یافته در منطقه گویجه ییلاق متعلق به سنوزوئیک بوده و شامل واحدهای آتشفشانی و آتشفشانی – رسویی الیگومیوسن و میوسن و واحدهای آبرفتی کواترنری است. یک گروه منطقه وجود دارد که به داخل توالی سنگی الیگومیوسن نفوذ کرده اند. گدازه های آندزیتبازالتی و آندزیتی (OMq^{ba}) مهم ترین واحد سنگی و میزبان کانهزایی در منطقه مورد بررسی هستند (شکل ۲–۸). در محدوده کانسار گویجه ییلاق، این گدازه ها به صورت تپه های کم ارتفاع دیده می شوند؛ اما در بخش های شمالی منطقه، مورفولوژی

باقرپور و همکاران

گمیش تپه واقع شده است. در تقسیم بندی پهنه های زمین ساختی – رسوبی ایران (Aghanabati, 2004)، منطقه مورد بررسی بخشی از کمان ماگمایی ارومیه – دختر است. در این بخش از کمان ماگمایی ارومیه – دختر است. در این بخش از نیمه آتشفشانی ارتباط فضایی و مکانی نزدیکی با کانه زایی های منطقه مانند سرب – روی – نقره گمیش تپه (, , Salehi et al مای منطقه مانند سرب – روی – نقره گمیش تپه (, , Salehi et al مسگر منطقه مانند سرب – روی – نقره گمیش تپه (, , Salehi et al مسگر منطقه مانند سرب – روی – نقره گمیش تپه (, , Salehi et al مسگر (2015; Salehi et al , 2015) و گویجه ییلاق و آهن مسگر (Salehi, 2009) دارند. کانسار گمیش تپه به تفصیل توسط صالحی (Salehi, 2009) و صالحی و همکاران (Salehi کرفته توسط صالحی (و اطلاعات ارز شمندی در رابطه با زمین شناسی و کانی سازی آن و اطلاعات ارز شمندی در رابطه با زمین شناسی و کانی سازی آن گویجه ییلاق انجام نشده است.

بررسیهای قبلی انجامشده در منطقه گویجه ییلاق شامل تهیه نقشههای زمین شناسی در مقیاس های ۲۵۰۰۰۰ (جهار گوش کبودر آهنگ (Bolourchi and Hajian, 1979) و (Majidifard and Shafei, 2006) و همچنین فعالیت های اکتشافی موضوعی در رابطه با اکتشاف همچنین فعالیت های اکتشافی موضوعی در رابطه با اکتشاف سرب و روی (Mehdikhani, 2014) بوده است. در این پژوهش ها، به نوع کانهزایی و سازو کار تشکیل آن چندان توجهی نشده است. در این پژوهش، ویژ گی های زمین شناسی، توجهی نشده است. در این پژوهش، ویژ گی های زمین شناسی، قرار گرفته و نوع کانهزایی و خاستگاه آن تعیین شده است. بررسی دقیق این نوع کانهزایی و خاستگاه آن تعیین شده است. زمانی و مکانی برای اکتشاف کانهزایی های مشابه در این بخش زمانی و مکانی برای اکتشاف کانهزایی های مشابه در این بخش

روش مطالعه

ایــن پــژوهش شــامل دو بخــش بررســیهـای صــحرایی و آزمایشگاهی است. در بررسیهای صحرایی، نقشه زمـینشناسی مقیاس ۱:۲۰۰۰۰ منطقه تهیه و چگونگی ارتباط رگههای کانهدار

صخرهساز داشته و به صورت نواری با راستای تقریبی خاوری- برشی و لیتیک توف در تناوب با گدازه های آندزیت بازالتی و بر آندز ىتى قرار دارند (شكل C-T).

باخترى گسترشدارند (شكل ۲-B). واحدهاى آگلومرايي، توف



شکل ۱. نقشه زمینشناسی کانسار گویجه پیلاق

Fig. 1. Geological map of Qoyjeh Yeylaq deposit

کلينو پير وکسن (فراواني حدود ۲۵ درصد) و به مقدار بسيار محدود آمفیبول (فراوانی کمتر از ۵ درصد) در زمینهای دانهریز تشکیل بر اساس بررسی های میکروسکویی، گدازه های آندزیت بازالتی از درشــتبلورهـای پلاژیــوکلاز (فراوانــی حــدود ۷۰ درصـد) و زمینشناسی اقتصادی

باقرپور و همکاران

542

به عنوان ماده اولیه کوره های آجریزی در حال استخراج است. در اطراف کانسار گویجه ییلاق در داخل گدازه های آندزیت بازالتی و آندزیتی، دایک هایی با ترکیب میکرودیوریتی و راستای عمومی شمال باختری جنوب خاوری وجود دارد. ضخامت این دایک ها تا ۲ متر رسیده و رگه های سیلیسی کانه دار آنها را قطع می کنند که این موضوع نشان دهنده جوان بودن سن کانی سازی نسبت به این دایک هاست. این دایک ها از بلورهای در شت پلاژیو کلاز (فراوانی بیش از ۸۰ درصد) همراه با مقادیر کمی کلینو پیرو کسن (فراوانی حدود ۲۰ درصد) تشکیل شده و دارای بافت های سری ایتی، پورفیری و غرب الی هستند (شکل ۳-E و F). تعداد کمی بلور آمفیسول اوپاسیته شده با ابعاد کمتر از ۱ میلی متر نیز در این سنگها مشاهده

واحدهای کواترنری شامل تراسهای آبرفتی قدیمی موجود در ترازهای ارتفاعی بالاتر (Q¹¹)، تراسهای آبرفتی جوان (Q¹²) و خاکهای درجازاد مربوط به ترازهای ارتفاعی پایین (Q¹³) هستند. رسوبات درجازاد اغلب بهعنوان زمینهای کشاورزی مورد استفاده قرار می گیرند (شکل ۲-D).

گنبدهای داسیتی به سن پس از میوسن در بخش های باختری منطقه و در اطراف کانسار گمیش تپه رخنمون دارند (شکل ۲-D). کانـهزایـی سرب-روی (نقره) گمیش تپه توسط ایـن گنبـدهای داسیتی میزبانی شده است. این گنبدهای داسیتی واحدهای سنگی الیگومیوسن را قطع میکنند (شکل ۱).

ساختارهای اصلی در منطقه گویجه ییلاق شامل گروهی از سیستمهای گسلی با روندهای تقریباً خاوری-باختری، شمال باختری-جنوب خاوری و شمال خاوری-جنوب باختری است. گسلهای موجود در محدوده کانسار گویجه ییلاق اغلب از نوع گسلهای عادی با روند شمال باختری-جنوب خاوری هستند. این گسلها، کنترل کننده رگههای سیلیسی کانه دار منطقه هستند.

کانهزایی و دگرسانی کانهزایی در کانسار گویجه ییلاق بـهصورت رگـه-رگچـههای

شدهاند (شکل A-۳). بافت این سنگها پورفیری تا پورفیری ميكروليتي، اينتر گرانولار، آميگدالوئيدي، غربالي، افيتيك و سابافیتیک و بهمقدار محدود یوئی کلیتیک و حفرهای است (شکل B-۳). زمینه این سنگها اغلب متشکل از بلورهای تیغهای ریز یلاژیو کلاز بههمراه مقداری بلورهای کوچک دگرسان شده یروکسن و کانی های کدر به همراه اکسیدهای آهن است. کلریت، کلسیت و کوارتزهای ثانویه، حفرهها و شکستگیهای سنگ را پر کرده است. گدازههای آندزیتی از درشتبلورهای پلاژیو کلاز (فراوانی حدود ۷۵ درصد)، هورنبلند (فراوانی حدود ۱۵ درصد) و کلینویپروکسن (فراوانی حدود ۱۰ درصد) تشکیل شده و دارای بافتهای پورفیری، پورفیری میکرولیتی، آمیگدالوئیدی و غربالی هستند (شکل ۲-C و D). زمینه این سنگ اغلب متشکل از بلورهای ریز پلاژیو کلاز بههمراه مقداری کانیهای مافیک کلریتیشده بوده و داراي تمركز بالايي از كاني هاي كدر و هيدرو كسيدهاي آهن است. کانی های کدر به صورت اولیه در متن سنگ و به صورت ثانویه در نتيجه دگرساني کاني.هاي مافيک تشکيل شدهاند. کوارتزهاي ثانويه و كلسيت ريزبلور در محل حفرهها و شكستكيها تشكيل شدهاند.

تناوب مارن قرمز با میان لایه های ماسه سنگ قرمز (smOM) و تناوب ماسه سنگ های قرمز -خاکستری با میان لایه های سیلت سنگ، مارن و گاهی آگلومرا (smOM) در بخش های خاوری و شمالی کانسار گویجه ییلاق و در سمت شمال و خاور جاده روستاهای تویجه ییلاق - حسین آباد رخنمون دارند (شکل ۲- A و B). لایه های سنگ آهک متوسط تا ضخیم لایه خاکستری رنگ با میان لایه های توف سبز - خاکستری و شیل خاکستری تیره (¹¹, OM) در بخش های باختری کانسار گویجه ییلاق و در اطراف کانسار گمیش تپه رخنمون فضیم لایه تا توده ای حاوی پوسته های کرم تا قهوه ای روشن بخش های شمال باختری و جنوب باختری منطقه دیده می شود. واحدهای رسوبی میوسن شامل تناوب مارن قرمز رنگ با میان لایه های ماسه سنگ قرمز (smM) و تناوب ماسه سنگهای قرمز - خاکستری با ماسه سنگ قرمز (smM) و تناوب ماسه سنگهای قرمز - خاکستری با مان لایه های مارن سبز -خاکستری (smM) در بخش های شمالی منطقه ماسه منای ای دارند. تسوالی sm در مجلورت روستای سازین

جلد ۱۱، شماره ۴ (سال ۱۳۹۸)

کانهزایی اپیترمال فلزات پایه (نقره) نوع سولفیداسیون ...

در نتیجه عملکرد سیالات گرمابی، ساخت برشی نیز در برخی از بخش های کانسار تشکیل شده است که اغلب توسط سولفیدها و کوارتز، سیمانی شده است (شکل ۴-). رگه-رگچههای کلسیتی تأخیری، کانهزایی سولفیدی را قطع کردهاند (شکل ۴-D). ذخیره این کانسار ۱۱۰ هزار تن با عیار متوسط سرب، روی و نقره بهترتیب ۶ و ۱/۵ درصد و ۸۵ گرم در تن (حداکثر تا ۲۴۰ گرم در تن) بر آورد شده است (Mehdikhani, 2014).

سیلیسی-سولفیدی با راستای عمومی شمالباختر-جنوبخاور (N30-40W) و شیب ۷۰ تا ۸۰ درجه به سمت جنوبباختر با میزبان گدازه های آندزیتبازالتی و آندزیتی واحد Mq^{ba} رخداده است (شکل ۴-A و B). کانه غالب رگه های سولفیدی یادشده، گالن است که با اندکی اسفالریت و کالکوپیریت همراهی می شود. ضخامت رگه ها بین ۱ تا ۵ سانتی متر متغیر است (شکل ۴-B). ضخامت پهنه کانه دار در ترانشه های حفرشده حدود ۱۰ متر بوده و بیش از ۱۵۰ متر درازا دارد (شکل ۴-A).



شکل ۲. A: نمایی از گدازههای آندزیتبازالتی و آندزیتی (OM_q^{ba}) منطقه در محل کانسار گویجه ییلاق (دید به سمت خاور). تناوب لایه های مارنی و ماسه سنگی واحد Msm در گوشه بالا و سمت راست تصویر دیده می شود، E: نمایی از گدازه های آندزیت ازالتی و آندزیتی و تناوب لایه های مارنی و مارنی و ماسه سنگی واحد Msm در شمال منطقه مورد بررسی (دید به سمت شمال اختر)، C: نمایی نزدیک از واحد آگلومرایی و C: نمایی از رسوبات کواترنری (واحد Q¹³) که به عنوان زمین های کشاورزی مورد استفاده قرار می گیرند (دید به سمت شمال اختر). گنبدهای داسیتی اطراف کانسار گمیش تپه در گوشه بالا و سمت چپ تصویر دیده می شود.

Fig. 2. A: View of basaltic andesite and andesitic lavas (OM_q^{ba}) in the Qoyjeh Yeylaq deposit (looking to the east). Alternation of marl and sandstone layers of OM^{ms} unit can be seen at the upper right corner of the photo, B: View of basaltic andesite and andesite lavas and alternation of marl and sandstone layers of OM^{sm} unit in the north of the study area (looking northwest), C: A close view of agglomerate unit, and D: View of Quaternary deposits (Q^{t3} unit) which is used as farm lands (looking northwest). Dacitic domes of Qomish Tappeh deposit can be seen at the upper left corner of the photo.



شکل ۳. تصاویر میکروسکوپی (نور عبوری پلاریزه متقاطع، XPL) از کانیهای تشکیل دهنده و بافت در گدازهها و دایکها در منطقه گویجه ییلاق. A: بافت پورفیری متشکل از درشت بلورهای پلاژیوکلاز و کلینوپیروکسن در زمینه دانه ریز سنگ در گدازه آندزیت بازالتی، B آندزیت بازالتی، C: درشت بلورهای پلاژیوکلاز دارای منطقه بندی و بافت غربالی در گدازههای آندزیتی، D: درشت بلور هورنبلند با حاشیه های نازک اکسید آهنی همراه با کلسیت پرکننده حفرهها در گدازههای آندزیتی، E و F: بافت پورفیری متشکل از بلورهای درشت پلاژیوکلاز با بافت غربالی (E) و دارای منطقه بندی (F) همراه با درشت بلورهای کلینوپیروکسن در زمینه دانه ریز سنگ در دایکهای میکرودیوریتی. علایم اخت از ک از ویتنی و اوانز (Hotiney and Evans, 2010) اقتباس شده است (Ca: کلسیت، Cpx: پیروکسن، اطلا: آمفیبول، IP: پلاژیوکلاز).

Fig. 3. Photomicrographs (transmitted cross polarized-light, XPL) of minerals and textures of lavas and dykes in the Qoyjeh Yeylaq area. A: Porphyritic texture consist of plagioclase and clinopyroxene phenocrysts set in fine-grained groundmass in basaltic andesite lava, B: Ophitic texture in basaltic andesite lava, C: Plagioclase phenocrysts with zoning and sieve texture in andesite lava, D: Hornblende phenocrysts with thin oxidation rims along with vug infill calcite in andesite lava, E and F: Porphyritic texture consist of plagioclase phenocrysts with sieve (E) and zoning (F) textures along with clinopyroxene phenocrysts set in fine-grained groundmass in microdioritic dykes. All mineral abbreviations follow Whitney and Evans (2010) (Cal: calcite, Cpx: clinopyroxene, Hbl: hornblende, Pl: plagioclase).

و B). کوارتزها معمولاً بهصورت بلورهای ریز تا درشت (تا ۲ سانتی متر) شکل دار تا نیمه شکل دار حضور داشته و گاه دارای مناطق رشدی است. کانی های سولفیدی اغلب به صورت بلورهای نیمه شکل دار تا بدون شکل و گاه شکل دار در رگه ها و سیمان گرمابی برش ها قابل مشاهده هستند. مرحله اول کانه زایی اغلب توسط مرحله دوم کانه زایی قطع شده است. مرحله دوم با توجه به مجموعه کانی شناسی، روابط بافتی و ارتباط قطع کنندگی رگه های کانه دار، فرایند کانه زایی در کانسار گویجه ییلاق به سه مرحله قابل تفکیک است. مرحله اول کانه زایی که مرحله اصلی کانه زایی در این کانسار است، با ته نشست کوار تز و سولفیدها (گالن، اسفالریت و کالکو پیریت) در رگه ها و سیمان گرمابی بر ش ها مشخص می شود (شکل ۵-A

www.SID.ir

جلد ۱۱، شماره ۴ (سال ۱۳۹۸)

كانهزايي اپي ترمال فلزات پايه (نقره) نوع سولفيداسيون ...

ریزبلور بی شکل تا بلورهای شکل دار با اندازه متوسط در این رگه-رگچهها دیده می شود. کانهزایی مرحله سوم مربوط به فرایندهای برونزاد بوده و سبب تشکیل کوولیت، سروزیت و اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن به صورت جانشینی و پرکننده فضاهای خالی شده است.

کانهزایی با حضور کلسیت به صورت رگچههای منفرد و یا دسته رگچه های نیمه موازی تا متقاطع تأخیری مشخص می شود که رگه ها و برش های گرمابی مرحله اول را قطع کرده است (شکل ۵-C و D). هیچ گونه کانی سولفیدی در این مرحله تشکیل نشده است. بیشینه ضخامت رگه-رگچههای کلسیتی تأخیری به ۳ سانتی متر می رسد. کلسیت اغلب به صورت بلورهای



شکل ۴. A: تصویر صحرایی نشاندهنده موقعیت پهنه کانهزایی در کانسار گویجهییلاق درون گدازههای آندزیتبازالتی و آندزیتی میزبان (دیـد بـه سـمت جنـوبباختر)، B: نمـایی نزدیـک از رگـه کـوارتزی-سولفیدی، C: نمـایی نزدیـک از سـاخت برشـی بـا سـیمان سـولفیدی و کـوارتز و D: نمایی نزدیک از رگچههای کلسیتی تأخیری (BA-L: قطعات آندزیت بازالتی)

Fig. 4. A: Field photograph showing the location of mineralized zone at the Qoyjeh Yeylaq deposit within host basaltic andesite and andesite lavas (looking southwest), B: A close view of quartz-sulfide, C: A close view of breccia structure with sulfide and quartz cement, and D: A close view of late calcite veinlets (BA-L: basaltic andesite fragments)

گرمابی برش ها رخداده و منطبق بر بخش های کانهدار است. ضخامت رگه و رگچههای کوارتزی در این دگرسانی بیشینه به ۵ میلی متر می رسد. در مقاطع میکروسکوپی، بلورهای کوارتز دگرسانی گرمابی در کانسار گویجه ییلاق دارای وسعت چندانی نبوده و شامل دگرسانی های سیلیسی، کربناتی و پروپلیتیک است. دگرسانی سیلیسی اغلب به صورت رگه-رگچهای و سیمان

www.SID.ir

زمينشناسي اقتصادى

باقرپور و همکاران

به طوری که بافت سنگ در این نوع دگرسانی معمولاً حفظ شده و به راحتی قابل شناسایی است. پلاژیو کلازها به طور بخشی به وسیله کانی های سریسیت، کلریت و کلسیت و کانی های مافیک نیز به طور بخشی توسط کانی های اپیدوت، کلسیت و کلریت جانشین شده اند. کوار تز حاصل از این دگرسانی به میزان کم در زمینه سنگ دیده می شود. این دگرسانی، محدود کننده بخش های بیرونی سیستم دگرسانی گرمابی در منطقه است. موجود در این رگچه ها به صورت نیمه شکل دار تا بدون شکل با اندازه های مختلف (کمتر از چند میکرومتر تا ۲/۰ میلی متر) دیده می شوند. دگرسانی کربناتی شامل کلسیت های رگچه ای و شکافه پر کن درون پهنه کانه دار هستند. ضخامت رگچه های کلسیتی تا ۳ سانتی متر می رسد. دگرسانی پروپلیتیک در خارج از بخش های کانه دار و در گدازه های آندزیت بازالتی و آندزیتی میزبان رخداده است. این دگرسانی معمولاً از شدت زیادی بر خور دار نیست؟



شکل ۵. مراحل کانهزایی در کانسار گویجهییلاق. A: مرحله اول کانهزایی بهصورت رگههای سیلیسی-سولفیدی، B: بِرش مرحله اول کانـهزایـی با سیمان کوارتز و سولفید، C: دستهرگچههای متقاطع کلسیتی مرحله دوم که رگههای سیلیسی-سولفیدی مرحله اول را قطع کردهانـد و C: رگچـه کلسیتی مرحله دوم که گدازه آندزیتبازالتی میزبان را قطع کرده است. تصاویر میکروسکوپی در نور عبوری پلاریزه متقاطع، XPL، گرفتـه شـدهانـد. علایم اختصاری کانیها از ویتنی و اوانز (Whitney and Evans, 2010) اقتباس شده است (Cal: کلسـیت، Cpz؛ پیروکسـن، Pl؛ پلاژیـوکلاز، Qz. کوارتز).

Fig. 5. Mineralization stages at Qoyjeh Yeylaq deposit. A: Stage-1 quartz-sulfide veins. B: Stage-1 breccia with quartz and sulfide cement. C: Subparallel sheeted stage-2 calcite veins crosscutting stage-1 quartz-sulfide veins. D: Stage-2 calcite veinlet crosscutting host basaltic andesitic lava. Photomicrographs are taken in transmitted polarized-light, XPL. All mineral abbreviations follow Whitney and Evans (2010) (Cal: calcite, Cpx: clinopyroxene, Pl: plagioclase, Qz: quartz).

۵۵۲

مرحله اصلى كانەزايى تشكيل شـدە اسـت. كوارتزهـا بـەصـورت بلورهای ریز و یا درشت به رنگ روشن، شیری سفید و یا خاکستری تا اندازه ۲ سانتیمتر در رگهها و سیمان گرمابی برش ها حضور دارند (شکل F-۶). کلسیت معمولاً در رگچه ها و یا فضای خالی سیمان کوارتزی-سولفیدی برشها دیده می شوند (شکل F-۶). کلسیت ها به صورت بلورهای شکل دار تا نیمهشکل دار در اندازههایی تا یک میلیمتر قابل مشاهده هستند. توالى پاراژنتيك كانى ها در كانسار گويجە ييلاق بـ سـ مرحلـ ه تقسيم مي شود (شكل ٧). مرحله اول بـا تشكيل بخـش،هـاي کوار تزی-سولفیدی (گالن، اسفالریت و کالکوپیریت) به صورت رگے۔-رگچےہای و سیمان گرمابی برش ہای حاوی خرده سنگ های سنگ میزبان همراه است. بافت های رگه-رگچهای، برشی و دانه پراکنده از بافت های مهم این مرحله بهشمار میروند. مرحله دوم شامل رگه-رگچههای منفرد و یا دستهر گچههای نیم. موازی تا متقاطع کلسیتی است. تشکیل کالکوسیت، کوولیت، سروزیت و گوتیت با بافتهای جانشینی و بازماندی مربوط به مرحله سوم (فرایندهای برونزاد) است.

دادههای زمینشیمیایی بخـشهـای کانـهدار و گدازههای میزبان

هدف از این بررسیها، تعیین غنی شدگی و تهی شدگی های عنصری مرتبط با دگرسانی های گرمابی و کانهزایی در گدازه های آندزیت بازالتی و آندزیتی میزبان و بخش های کانهدار است. نتایج تجزیه های شیمیایی به دست آمده از نمونه های کانسار گویجه ییلاق در جدول ۱ آمده است.

الگوی توزیع عناصر کمیاب خاکی

الگوی عناصر کمیاب خاکی برای بخش های کانهدار و گدازه های میزبان سالم و دگرسان شده در کانسار گویجه ییلاق که نسبت به کندریت (Nakamura, 1974) بهنجار شدهاند، در شکل ۸ نشان داده شده است. بر اساس این نمودار، گدازه های میزبان سالم و بدون کانهزایی، گدازه های دگرسان شده و گدازه های حاوی رگه و

بحث و بررسی

کانیشناسی و ساخت و بافت کانسنگ

بررسی های کانه نگاری نمونه های برداشت شده از پهنه های کانه دار در کانسار گویجه ییلاق نشان دهنده حضور گالن، اسفالریت و کالکوپیریت است. گوتیت، کوولیت و سروزیت در اثر فرایندهای برون زاد تشکیل شده اند.

کوارتز و کلسیت، کانیشناسی اصلی مواد باطله را در این کانسار تشکیل میدهند. بر اساس این بررسیها، بافت کانـهها و مواد باطله شامل رگه-رگچهای، برشی، دانـهپراکنـده، پرکننـده فضای خالی، بازماندی و جانشینی است.

گالن فراوان ترین کانه معدنی در کانسار گویجه ییلاق است. ایـن کانی اغلب بهصورت بلورهای درشت نیمهخودشکل و بی شکل تا اندازه ۳ میلیمتر دیده شده و معمولاً دارای رخهای مثلثی است (شکل B،A-۶، B و C). در برخی از نمونهها، ادخال هایی از اسفالریت و کالکوپیریت در داخل گالن دیده میشود (شکل ۶-B). گالن معمولاً از حاشیه ها به سروزیت دگر سان شده است (شکل P-۶ و D). اسفالریت معمولاً به صورت ادخالهای ریز بی شکل تا نیمهخود شکل درون گالن (شکل ۶-B) و یا بلورهای بی شکل در همراهی با گالن (شکل ۶-C) مشاهده می شود. این موارد بهترتيب بيانگر تبلور زودتر اسفالريت نسبت بـه گالن و تبلور همزمان اسفالريت و گالن است. كالكوپيريت اغلب بهصورت ادخال های نیمهخودشکل تا بی شکل درون گالن مشاهده می شود (شکل B-۶) که بیانگر تبلور زودتر این کانی نسبت به گالن در توالی همیافتی است. کالکوپیریتها در بیشتر موارد از حاشیه ها و در امتداد شکستگی ها به کوولیت، کالکوسیت و گوتیت د گرسان شدهاند (شکل ۶-D). کالکوسیت، کوولیت و گوتیت محصول دگرسانی برونزاد کالکوپیریت از حاشیهها و در امتداد شکستگیها هستند (شکل D-۶ و E). گاه شدت دگرسانیهای برونزاد به حدی است که تنها بقايايي از كالكوييريت و گالن باقي مانده و بافت بازماندي يا جزیر های تشکیل شده است.

کوارتز باطله اصلی در کانسار گویجه ییلاق است که همزمان با

| ۵۵۴ | باقرپور و همکاران | زمینشناسی اقتصادی |
|--|--------------------------|---|
| رگچـههـای سـولفیددار (گـالن⊣سـفالریت-کالکوپیریـت | دارای گدازههای حاوی | ماوی رگەھای سولفیدی نیز تھیشدگی بیشتر LREE |
| روندی مشابه برده و الگری غنبی از LREE ب | ـــبت را در مقایسه با گد | با گدازههای سالم و دگرسانشده نشان میدهند (شکل |
| LREE/HREE پايين و الگوي مسطح HREE را نشان م | دهنـد ۸). تهی شد گی ایر | ی این عناصر میتواند مرتبط با عملکرد سیالات |
| (شکل ۸). در گدازههای دگرسانشده، تهی،شدگی ن | ببي از گرمابي و خروج ً | وج آنها از محيط سنگ باشد. |
| LREE در مقایسه با گدازههای سالم مشاهده مے شو د (ش | .(٨, ١ | |



شکل ۶. تصاویر میکروسکوپی از کانیهای معدنی و باطله در کانسار گویجهییلاق. A: گالن با رخهای مثلثی، B: گالن با ادخالهای کالکوپیریت و اسفالریت، C: اسفالریت همرشد با گالن، D: دگرسانی کالکوپیریت به کالکوسیت و کوولیت همراه با دگرسانی گالن به سروزیت، E: گوتیت با بافت گل کلمی و F: بلورهای ریز کوارتز در سیمان کلسیتی. تصاویر A تا E در نور بازتابی و تصویر F در نور عبوری پلاریزه متقاطع گرفته شدهاند. علایم اختصاری کانیها از ویتنی و اوانز (Cv یکوارتز، 20، اسفالریت) اقتباس شده است (Cal: کلسیت، ccp؛ کالکوپیریت، cct؛ کوریت، ccp؛ سروزیت، Cv. کوولیت، Gth، گالن، Gth؛ گوتیت، 22؛ کوارتز، Sp؛ اسفالریت).

Fig. 6. Photomicrographs of ore and gangue minerals at the Qoyjeh Yeylaq deposit. A: Galena with triangle cleavage, B: Galena with chalcopyrite and sphalerite inclusions, C: Sphalerite intergrown with galena, D: Alteration of chalcopyrite to chalcocite and covellite along with alteration of galena to cerussite, E: Goethite with colloform texture, and F: Fine-grained quartz cemented by calcite. Photomicrographs are taken in reflected light (A–E) and transmitted XPL (F). All mineral abbreviations follow Whitney and Evans (2010) (Cal: calcite, Ccp: chalcopyrite, Cct: chalcocite, Cer: cerussite, Cv: covellite, Gn: galena, Gth: goethite, Qz: quartz, Sp: sphalerite)



كانەزايى اپىترمال فلزات پايە (نقره) نوع سولفيداسيون ...

جلد ۱۱، شماره ۴ (سال ۱۳۹۸)

شکل ۷. توالی همیافتی، فراوانی نسبی، ساخت و بافت مواد معدنی و باطله در کانسار گویجه ییلاق

Fig. 7. Paragenetic sequences showing the relative abundance, structure and texture of gangues and ore minerals at the Qoyjeh Yeylaq deposit

گرمابی با ماهیت احیایی (وجود آنومالی مثبت Eu) (Eu) (Alderton et) (Eu) گرمابی با ماهیت احیایی و (al., 1980; Kikawada et al., 2001) توانستهاند به جابهجایی و تحرک عناصر کمیاب خاکی منجر شوند.

تهی شد گی و غنی شد گی عناصر در بخش های کانه دار برای بررسی تهی شدگی و غنی شدگی عناصر طی کانه زایی در کانسار گویجه ییلاق، میانگین داده های مربوط به نمونه های کانه دار و گدازه های میزبان د گرسان شده بر میانگین داده های مربوط به گدازه های میزبان سالم و دگرسان نشده به نجار شد (شکل ۹- مو B) تا عناصر کم یا اضافه شده به سنگ طی کانه زایی مشخص شود. این روش کیفی بوده و برای تعیین میزان کمی تهی شدگی و غنی شدگی عناصر نیاز به محاسبات موازنه جرم است که در این پژوهش انجام نشده است. ر گههای سیلیسی-سولفیدی کانهدار در مقایسه با گدازههای سالم و دگرسانشده، تهیشدگی مشخصی از عناصر LREE و HREE را نشان میدهند (شکل ۸). دو عنصر Sm و Eu تغییرات مشخصی را در مقایسه با گدازههای سالم و دگرسانشده نشان نمیدهند. عناصر LREE تهییشدگی بیشتری نسبت به HREE دارد و عناصر HREE الگوی مسطح را به نمایش می گذارند.

به اعتقاد آلدرتون و همکاران (Alderton et al., 1980)، به دست آمدن یا از دست رفتن عناصر کمیاب خاکی طی دگرسانی توسط چند عامل کنترل می شود: ۱- تمرکز عناصر کمیاب خاکی در کانی های واکنش دهنده، ۲- پایداری نسبی کانی ها در برابر سیال، ۳- جذب عناصر کمیاب خاکی آزادشده طی دگرسانی توسط کانی های ثانویه، ۴- غلظت عناصر کمیاب خاکی در سیالات و ۵-توانایی سیال برای به حرکت در آوردن عناصر کمیاب خاکی. بر این اساس، به نظر می رسد در منطقه گویجه ییلاق، سیالات

www.SID.ir

| باقرپور و همکاران | 506 |
|-------------------|-------------------|
| | باقرپور و همکاران |

جدول ۱. نتایج تجزیههای شیمیایی عناصر کمیاب و کمیاب خاکی برای رگههای کانهدار (نمونههای G-22, G-24 و G-26)، گدازههای آندزیتبازالتی و آندزیتی دگرسان (نمونههای G-31 و G-34) و سالم (نمونه G-40) در کانسار گویجهییلاق. تمامی دادهها بر حسب گرم در تن هستند. نمونه G-40، میانگین آنالیز ۶ نمونه است.

Table 1. Geochemical data of trace and rare earth elements for mineralized veins (samples G-22, G-24 and G-26), fresh and altered basaltic andesite and andesite lavas (samples G-31 and G-34, and G-40, respectively) from the Qoyjeh Yeylaq deposit. All data in ppm. Sample G-40 is the average of 6 analysis.

| | Ag | As | Ba | Cd | Co | Cr | Cs | Cu | Hf | Nb | Pb | Rb | Sc |
|------|-------|------|------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|
| D.L. | 0.1 | 0.5 | 1 | 0.1 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.2 |
| G-22 | 41.9 | 0.1 | 589 | 227.9 | 2.3 | 6 | 2.3 | 329 | < 0.5 | 1.5 | >3% | 10 | 3.7 |
| G-24 | 47.4 | 0.6 | 503 | 323.6 | 2 | 8 | 1.3 | 344 | < 0.5 | 1.4 | >3% | 6 | 3.7 |
| G-26 | 28.9 | 0.8 | 198 | 447.6 | 1.1 | 6 | 1.7 | 225 | < 0.5 | 1.6 | >3% | 7 | 5 |
| G-31 | 0.4 | 9.2 | 1168 | 24.8 | 12.3 | 10 | 3 | 63 | 3.61 | 9 | 1456 | 22 | 27.75 |
| G-34 | 0.6 | 6.9 | 459 | 125.2 | 13.2 | 9 | 7.5 | 154 | 3.42 | 8.3 | 6341 | 21 | 25 |
| G-40 | 0.6 | 11.7 | 654 | 13.2 | 15.9 | 13 | 2.3 | 21.6 | 5.49 | 15.86 | 206.25 | 44.62 | 19.48 |
| | Sr | Та | Th | U | v | Y | Zn | Zr | La | Ce | Pr | Nd | Sm |
| D.L. | 0.5 | 0.1 | 0.2 | 0.1 | 7 | 0.1 | 1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.02 | 0.3 | 0.05 |
| G-22 | 0.5 | 0.19 | 0.62 | 0.2 | 20 | 5.1 | 8717 | 18 | 1 | 1 | < 0.05 | 3.2 | 2.2 |
| G-24 | 0.7 | 0.19 | 0.68 | 0.2 | 20 | 4.4 | 12902 | 18 | 1 | 1 | < 0.05 | 3.4 | 1.69 |
| G-26 | 1.4 | 0.21 | 1.07 | 0.3 | 19 | 25.2 | 12348 | 22 | 10 | 24 | 2.15 | 12.1 | 3.01 |
| G-31 | 6.8 | 1.01 | 5.24 | 1.1 | 170 | 28.9 | 4025 | 116 | 19 | 42 | 4.59 | 22.5 | 5.6 |
| G34 | 30 | 0.95 | 5.18 | 1.2 | 175 | 26.8 | 3387 | 109 | 15 | 34 | 3.78 | 19.7 | 4.86 |
| G-40 | 331.6 | 1.76 | 8.94 | 2.34 | 138.7 | 28.0 | 523.2 | 191.2 | 28.75 | 63 | 6.84 | 30.28 | 6.28 |
| | Eu | Gd | Tb | Dy | Er | Tm | Yb | Lu | | | | | |
| D.L. | 0.1 | 0.05 | 0.01 | 0.05 | 0.03 | 0.01 | 0.05 | 0.01 | | | | | |
| G-22 | 1.2 | 0.89 | 0.19 | 0.85 | 0.66 | 0.13 | 0.6 | 0.13 | - | | | | |
| G-24 | 0.81 | 0.84 | 0.17 | 0.75 | 0.63 | 0.12 | 0.6 | 0.11 | | | | | |
| G-26 | 0.82 | 2.91 | 0.62 | 3.71 | 2.97 | 0.43 | 2.5 | 0.4 | | | | | |
| G-31 | 2.04 | 4.56 | 0.86 | 4.95 | 3.58 | 0.51 | 3.2 | 0.46 | | | | | |
| G34 | 1.76 | 4.1 | 0.79 | 4.58 | 3.34 | 0.48 | 3.1 | 0.46 | | | | | |
| G-40 | 2.00 | 5.01 | 0.87 | 4.92 | 3.49 | 0.51 | 3.1 | 0.48 | | | | | |

Archive of SID



شکل ۸. الگوهای عناصر کمیاب خاکی بهنجارشده نسبت به کندریت (Nakamura, 1974) برای رگههای کوارتز-سولفیدی و گدازههای آندزیتبازالتی و آندزیتی سالم و دگرسان شده میزبان در کانسار گویجه ییلاق

Fig. 8. Chondrite-normalized REE patterns (Nakamura, 1974) for the quartz-sulfide veins and fresh and altered host basaltic andesite and andesite lavas at Qoyjeh Yeylaq deposit

غلظت تمام عناصر کمیاب خاکی در رگه و رگچه های سیلیسی-سولفیدی، گدازه های دگرسان شده و گدازه های دگرسان حاوی رگههای کانهدار در مقایسه با گدازههای سالم و بدون کانهزایی کاهش یافته است (شکل B-۹). تهی شدگی در عناصر کمیاب خاکی سبک سیار شاخص تر از عناصر کمیاب خاکی سنگین است. همچنین، تهی شدگی عناصر مزبور با شدت دگر سانی سنگ ميزبان ارتباطي مستقيم دارد؛ به طوري كه از گدازه هاي دگر سان شده به سمت گدازههای دگرسان حاوی رگههای کانهدار، بر شدت تهی شدگی افزوده شده و در رگه و رگچههای سیلیسی-سولفیدی به بیشترین مقدار میرسد. این موضوع نشان میدهد که در نتیجه عملکر د سیالات گرمایی کانهساز، عناصر مزبور از سنگ میزبان آندزيتبازالتي و آندزيتي شستهشده و از محيط خارج شدهاند. در شکل A-۹، غنی شدگی و تھی شدگی عناصر کمیاب در رگه و ر گچههای سیلسے -سولفیدی، گداز دهای دگر سان شده و گدازههای دگرسان حاوی رگههای کانهدار در مقاسه با گدازههای سالم و بدون کانهزایی نشانداده شده است؛ بهطوری که در این شکل دیدہ سے شود عناصر Zn ،Pb ،Cu ،Ag و Cd در همه نمونه های مزبور غنی شدگی مشخصی دارند و بقیه عناصر اغلب تهی شده هستند. شدت غنی شدگی و تهی شدگی از گدازه های دگرسانشده به گدازههای دگرسان حاوی رگههای کانهدار و درنهایت رگه و رگچه های سیلیسی -سولفیدی افزایش می یابد. عنصر Ag در گدازه های دگرسان شده، تهی شدگی ضعیفی نشان می دهد. همچنین، نمونه های مربوط به گدازه های دگر سان شده در عناصر Sa، Ra، و Sc غنی شدگی ضعیفی را نشان می دهند.

Archive of SID



شکل ۹. A: نمودار عناصر کمیاب برای رگههای کوارتز-سولفیدی و گدازههای آندزیتبازالتی و آندزیتی دگرسانشده و حاوی رگههای کانهدار در کانسار گویجهییلاق که نسبت به میانگین دادههای گدازههای آندزیتبازالتی و آندزیتی سالم و بدون کانهزایی (نمونه G-40، جدول ۱) بهنجار شدهاند و B: نمودار عناصر کمیاب خاکی برای رگههای کوارتز-سولفیدی و گدازههای آندزیتبازالتی و آندزیتی دگرسانشده و حاوی رگههای کانهدار در کانسار گویجهییلاق که نسبت به میانگین دادههای گدازههای گدازههای آندزیتبازالتی و آندزیتی سالم و بدون کانهزایی (نمونه G-40، جدول ۱) بهنجار یهنجار شدهاند.

Fig. 9. A: Histogram of trace elements in quartz-sulfide veins and altered basaltic andesite and andesite lavas with quartz-sulfide veinlets at Qoyjeh Yeylaq deposit, normalized against average data of fresh and barren basaltic andesite and andesite lavas (sample G-40, Table 1), and B: Histogram of rare earth elements in quartz-sulfide veins and altered basaltic andesite lavas with quartz-sulfide veinlets at Qoyjeh Yeylaq deposit, normalized against average data of fresh and barren basaltic andesite and andesite lavas with quartz-sulfide veinlets at Qoyjeh Yeylaq deposit, normalized against average data of fresh and barren basaltic andesite and andesite lavas (sample G-40, Table 1).

دگرسانی، ویژگیهای فیزیکوشیمیایی محلول کانهساز، نسبت سیال به سنگ و الگوی عناصر کمیاب خاکی، همبستگی وجود دارد (Alderton et al., 1980). ترکیب سیال و شرایط دما و فشار، پایداری و فراوانی نسبی فازهای دربر دارنده عناصر کمیاب خاکی را کنترل میکنند. اگر دگرسانی و کانیسازی در شرایط یکسانی از بهطور معمول، رفتار زمین شیمی عناصر کمیاب خاکی در محیطهای دگرسانی و کانهزایی تحت تأثیر فرایندهایی از قبیل واکنش سیال با سنگ، نهشت سیال، جذب، تجزیه به اجزاء، تغییرات دما، فشار، Eh ،pH، آلکالینیتی و تمرکز سیال وابسته است (Humphris, 1984; Lottermoser, 1992). لذا بین مجموعه et al., 2001). علاوهبر این، کاهش این عناصر در بخشهای کانهدار می تواند ناشی از تأثیر سیالات ماگمایی-گرمابی غنی از کلر و فلوئورداری باشد که سبب شستوشو و حمل آنها از بخشهای کانهدار شدهاند (Gramaccioli et al., 1999; Kikawada et 2001).

نوع کانهزایی و مدل تشکیل کانسار گویجه ییلاق ویژگیهای زمین شناسی، کانهزایی، دگرسانی گرمابی، ترکیب کانی شناسی و ساخت و بافت کانسنگ در کانسار گویجه ییلاق نشان می دهد که این کانسار را می توان در دسته کانسارهای اپی ترمال فلزات پایه (نقره) نوع سولفیداسیون حدواسط Sillitoe, 1993; John et al., 1999; Hedenquist et) al., 2000; Albinson et al., 2001; Sillitoe and Hedenquist, 2003; Gemmell, 2004; Camprubi and Hedenquist, 2003; Gemmell, 2004; Camprubi and Solisica et al. کرد (جدول ۲). ویژ گی های کانهزایی در این کانسار شباهت زیادی با کانهزایی های اپی ترمال فلزات پایه (نقره) موجود در پهنه های کانهدار طرود – چاه شیرین، تکاب و جنوب خاور زنجان دارد (جدول ۳). دما و فشار رخدهد، تمركز عناصر كمياب خاكي توسط تركيب سیال، فو گاسیته اکسیژن و تمرکزهایی از لیگاندهای مناسب مانند Wood, 1990a; Wood,)PO4 F Cl OH CO3 SO4 1990b; Giere and Williams, 1992) كنترل مى شود. اين ليگاندها ياسخي به تغييرات تر کيب سيال، بسته به فرايندهاي واکنش سال-سنگ و با اختلاط سیالات هستند (Brunsmann et al., 2001; Rolland et al., 2003). همچناین، طبی فرایندهای كانهزايي، سيالات غنى از CO، F و CO، قادر به تحرك عناصر كمياب خاكي هستند؛ بهطوري كه كمپلكس هاي هالوژني و كرىنىك، عامل اصلى انتقال و تحرك عناصر مزبور محسوب می شوند (Murphy and Hynes, 1986; Whitford et al., 1988; Bienvenu, 1990). حجم يايين دگرساني هاي موجود در كانسار گويجه ييلاق بيانگر ميزان پايين واكنش بين سيالات كانهزا و سنگ میزبان است. بر این اساس، بهنظر می رسد در منطقه گو یجه ییلاق، تر کیب اسیدی سیالات گرمابی و ماهیت احیایی آنها (وجود آنومالی مثبت Eu) در تمرکز و تحرک عناصر کمیاب خاکی نقش داشته است (Alderton et al., 1980; Kikawada

| شاخص کانسارهای اپیترمال فلزات پایه (نقره) نوع حدواسط در مکزیک | ِ گویجهییلاق با نمونههای [.] | جدول ۲. مقایسه ویژگیهای اصلی کانسار | |
|---|---------------------------------------|-------------------------------------|-----|
| Table 2. Comparison of main characteristics of Qoyjeh | Yeylaq deposit with | typical examples of intermedia | te- |
| sulfidation type of epithermal base metal (Ag) deposits from | Mexico | | |

| | | Palomositas- Lo | os Acros | Cobr | e-Babilon | ia | Qoyjeh Y | 'eylaq | |
|---------------------|--|-----------------------------|--------------------------|--|-------------|---|----------------------|-----------------|-------|
| Loca | ation | Sinaloa state, N | <i>A</i> exico | Taxcoe area, Mexico | | | SE Zanjan, Iran | | |
| Host | rock | Rhyolite, ignii | nbrite | Rhyolite, dacite, andesite | | | Basaltic ar andes | idesite, ite | |
| Timi minera | ing of lization | Oligocen | Oligocene | | | Oligocene | | | |
| O contr struc | re- colling ctures | Normal fat | ılts | Nor | rmal faults | Normal | faults | | |
| Ore M | linerals | Gn, Sp, Ttr-Tnt, | Gn, Sp, Ttr-Tnt, Ccp, Py | | | Py, Po, Apy, Sp, Gn, Ccp, Ttr-Tnt, Mrc | | | |
| Ore t | exture | Vein-veinlet, bre infill | Vein-ve crustife | Vein-veinlet, breccia, crustiform, vug infill | | | inlet, ıg infill | | |
| Alter | ration | Silica, sericitic, | argillic | Silica, sericitic, argillic, Silica, car propylitic propy | | onatic, itic | | | |
| Refei | References Gonzalez-Partida et al., 2006 Camprubi et al., 2006 Th | | | This st | udy | | | | |
| viations: | Apy: | arsenopyrite, Ccp: | chalcopy | rite, Gn: | galena, | Mrc: | marcasite, | Po: | pyrrh |

Abbreviations: Apy: arsenopyrite, Ccp: chalcopyrite, Gn: galena, Mrc: marcasite, Po: pyrrhotite, Py: pyrite, Sp: sphalerite, Tnt: tetrahedrite, Ttr: tetrahedrite. All mineral abbreviations follow Whitney and Evans (2010).

زمینشناسی اقتصادی

باقرپور و همکاران

جدول ۳. مقایسه ویژگیهای اصلی کانسار گویجه ییلاق با برخی از کانسارهای اپی ترمال فلزات پایه (نقره) نوع حدواسط در ایران **Table 3.** Comparison of main characteristics of Qoyjeh Yeylaq deposit with some intermediate-sulfidation type of epithermal base metal (Ag) deposits in Iran.

| | Qoyjeh Yeylaq | Qomish Tappeh | Arpachay | Ay Qalasi | Cheshmeh Hafez | Gandi and Abolhassani |
|-----------------------------------|---|---|--|--|---|--|
| Location | SE Zanjan | SE Zanjan | Takab | Takab | Torud-Chah Shirin | Torud-Chah Shirin |
| Host rock | Basaltic andesite, andesite | Acidic tuff, crystal-vitric dacitic tuff | Gabbro | Siltstone, sandstone, feldspar porphyry dyke | Tuff, andesite, dacite | Andesite, pyroclastic rocks |
| Timing of mineralizati on | Miocene (?) | Pliocene (?) | Oligo- Miocene (?) | Mid-late Miocene (?) | Miocene (?) | Eocene (?) |
| Ore- controlling structures | Normal faults | Normal faults | Normal faults | Normal faults | Normal faults | Normal faults |
| Ore Minerals | Gn, Sp, Ttr- Tnt, Ccp, Py | Py, Ccp, Apy, Bn, Gn, Sp, Ttr- Tnt | Gn, Sp, Ccp, Py | Py, Ccp, Sp, Gn, Ttr-Tnt | Gn, Sp, Py, Ccp, Bn, Ttr-Tnt | Sp, Gn, Ag, Py, Ttr, Ccp |
| Ore texture | Vein-veinlet, breccia, vug infill | Vein-veinlet, breccia, vug infill, crustiform | Vein-veinlet, breccia, colloform, plumose, comb, vug infill | Vein-veinlet, breccia, comb, crustiform, vug infill, colloform | Vein- veinlet, breccia, comb, vug infill | Vein-veinlet, breccia, vug infill, crustiform, colloform |
| Alteration | Silica, carbonatic, propylitic | Silica, sericitic, carbonatic, argillic, propylitic | Silica, sericitic, carbonatic, argillic, propylitic | Silica, sericitic, argillic, propylitic | Silica, sericitic, argillic, propylitic | Silica, argillic, propylitic |
| References | This study | Salehi, 2009; Salehi et al., 2011; Salehi et al., 2015 | Talebi, 2015; Talebi et al., 2017 | Shirkhani, 2007; Mohammadi Niaei, 2014; Mohammadi Niaei et al., 2015 | Mehrabi and Ghasemi Siani, 2012; Mehrabi et al., 2014 | Shamanian et al., 2003; Shamanian et al., 2004 |

Abbreviations: Ag: silver, Apy: arsenopyrite, Bn: bornite, Ccp: chalcopyrite, Gn: galena, Py: pyrite, Sp: sphalerite, Tnt: tetrahedrite, Ttr: tetrahedrite. All mineral abbreviations follow Whitney and Evans (2010).

كانهزايي اپي ترمال فلزات پايه (نقره) نوع سولفيداسيون ...

جلد ۱۱، شماره ۴ (سال ۱۳۹۸)

میوسن مشخص می شود (شکل ۱۰–C). رخنمون این توده ها در بخش های باختری منطقه و در اطراف کانسار گمیش تپه قابل مشاهده است. این توده های نیمه آتشفشانی به عنوان موتور حرارتی عمل کرده و سبب چرخش آب های جوی در منطقه شده اند. این آب ها علاوه بر توسعه پهنه های دگرسانی در منطقه، سبب شسته شدن عناصر فلزی از سنگ های مسیر و تمرکز مجدد آنها به صورت رگه های فلزی از سنگ های مسیر و تمرکز مجدد آنها به صورت رگه های سیلیسی – سولفیدی کانه دار شده است. احتمال اینکه بخشی از ماده معدنی و سیالات گرمابی از توده های نیمه آتشفشانی داسیتی منشأ گرفته باشد نیز وجود دارد. مرحله چهارم با بالاآمدگی ناحیه ای و توسعه فرایندهای هوازدگی و فرسایش همراه است (شکل ۱۰–D).

بر اساس نتایج بهدست آمده از بررسی های زمین شناسی، کانهزایی، ساخت و بافت، مجموعه کانی شناسی و آنالیز های زمین شیمیایی در کانسار گویجه ییلاق، مراحل تکوین و تکامل این کانسار را می توان به صورت توالی چهار مرحله ای خلاصه کرد (شکل ۱۰): مرحله نخست با تشکیل توالی های آتشفشانی و رسوبی الیگومیوسن و توالی رسوبی میوسن در منطقه همراه است (شکل ۱۰–۸). در مرحله دوم، مجموعه سنگهای الیگومیوسن و میوسن منطقه در اثر نیروهای فشارشی، چین خورده و شکستگی هایی در آنها ایجاد شده است (شکل ۱۰–8). مرحله سوم با نفوذ توده های نیمه آتشفشانی داسیتی به داخل توالی های سنگی الیگومیوسن و



شکل ۱۰. تصویر شماتیک از مراحل تکامل کانهزایی در کانسار گویجهییلاق. A: تشکیل توالی آتشفشانی-رسوبی الیگومیوسن و رسوبی میوسن، B: چینخوردگی و تشکیل درز و شکاف در واحدهای سنگی الیگومیوسن و میوسن، C: نفوذ تودههای نیمهآتشفشانی داسیتی بـهداخـل واحـدهای سنگی الیگومیوسن و میوسن. نفوذ این تودهها سبب چرخش آبهای جوی و شکلگیری کانهزایی بهصورت رگههای سیلیسی-سولفیدی کانـهدار درون واحدهای آتشفشانی منطقه شده است و D: بالاآمدگی ناحیهای و توسعه فرایندهای هوازدگی و فرسایش

Fig. 10. Schematic representation of mineralization evolution stages at Qoyjeh Yeylaq deposit. A: Formation of Oligo-Miocene volcano-sedimentary and Miocene sedimentary units, B: Folding and development of fissures and cracks in Oligo-Miocene and Miocene rock units, C: Dacitic subvolcanic plutons intruded into the Oligo-Miocene and Miocene rock units. Intrusion of these plutons caused circulation of meteoric waters and formation of mineralized quartz-sulfide veins within volcanic units in the area, and D: Regional exhumation and development of weathering and erosion processes

زمينشناسي اقتصادي

تهی شدگی عناصر کمیاب خاکی در این نمودارها بیانگر ترکیب

اسیدی سیالات گرمابی غنی از کلر و فلوئورداری است که مانع

۴) ژئومتری رگهای بخش های کانهدار در کانسار گویجه پیلاق

نشان میدهد که ساختارهای گسلی معبر اصلی برای عبور جریان

سالات کانهساز بودهاند. علاوه بر این، کانسار گمیش تیه (در

مجاورت منطقه مورد بررسي) درون واحدهاي آتشفشاني

الیگومیوسن و در ارتباط فضایی نزدیک با تودههای

نيمه آتشفشاني داسيتي تشكيل شده است. از اين رو، بررسي

زونهاي گسلي موجود در توالي آتشفشاني اليگوميوسن بهويژه

در مناطقی که مورد هجوم تودههای نیمه آتشفشانی داسیتی قرار

گرفتهاند، از نظر اکتشاف کانسارهای ایی ترمال فلزات یا یه (نقره)

مي تواند حائز اهميت باشد. تعميم شواهد بهدست آمده از اين

بررسی ها به مناطق مشابه در کمان ماگمایی ارومیه-دختر

نویسندگان از حمایت های مالی دانشگاه زنجان برای انجام این

پژوهش و از سردبیر و داوران محترم نشریه زمین شناسی اقتصادی

بهخاطر راهنمایی های علمی که به غنای بیشتر مقاله حاضر

مي تواند به شناسايي اين نوع از كانيزاييها منجر شود.

قدردانی

منجر شده است، تشكر مي نمايند.

از تمرکز آنها در بخش های کانهدار شدهاند.

باقرپور و همکاران

نتيجه گيري

۱) شواهدی از قبیل مشاهدات صحرایی، ساخت و بافت، سنگ میزبان، همیافت، زمین شیمی و الگوی دگرسانی ها در کانسار سرب-روی (نقره) گویجه ییلاق نشان می دهد که این کانسار را می توان در ردیف کانسارهای اپی ترمال فلزات پایه (نقره) نوع سولفیداسیون حدواسط تقسیم بندی کرد. ویژگی های کانهزایی و دگرسانی در این کانسار شباهت زیادی با کانهزایی های اپی ترمال فلزات پایه (نقره) موجود در پهنههای کانهدار طرود-چاه شیرین (مانند چشمه حافظ، گندی و ابوالحسنی)، تکاب (مانند آی قلعه سی و آرپاچای) و جنوب خاور زنجان (مانند گمیش تپه) دارد. در هر حال، این مقایسه نیاز مند اطلاعات دقیق ایزوتوپی (پایدار و سن سنجی) برای بسیاری از ایس کانهزای هاست.

۲) شباهت روند الگوی بهنجارشده عناصر کمیاب خاکی در رگههای کانهدار و سنگهای میزبان آندزیتبازالتی و آندزیتی سالم و دگرسانشده نشاندهنده ارتباط زایشی کانهزایی و توالی آتشفشانی منطقه است. از اینرو، دگرسانی واحدهای آتشفشانی و شستهشدن عناصر از آنها می تواند در تشکیل کانی سازی منطقه مؤثر بوده باشد.

۳) بررسی نمودارهای تهیشدگی و غنیشدگی عناصر در کانسار گویجهییلاق نشاندهنده تمرکز عناصر کانهساز (مانند Zn, Cu, Pb و Ag) در رگههای سیلیسی کانهدار است.

References

- Aghanabati, A., 2004. Geology of Iran. Geological Survey of Iran, Tehran, 606 pp. (in Persian)
- Albinson, T., Norman, D.I., Cole, D. and Chomiak, B., 2001. Controls on formation of low-sulfidation epithermal deposits in Mexico: Constraints from fluid inclusion and stable isotope data. Society of Economic Geology Special Publication, 8: 1–32.
- Alderton, D.H.M., Pearce, J.A. and Potts, P.J., 1980.
 Rare earth element mobility during granite alteration: evidence from south-east England.
 Earth and Planetary Science Letters, 49(1): 149–

165.

- Bienvenu, P., 1990. MORB alteration: Rare earth element/non-rare hydromagmaphile element fractionation. Chemical Geology, 82: 1–14.
- Bolourchi, M.H. and Hajian, G., 1979. Geological map of Kabudar Ahang, scale 1:250,000. Geological Survey of Iran.
- Brunsmann, A., Franz, G. and Erzinger, J., 2001. REE mobilization during small-scale highpressure fluid-rock interaction and zoisite/fluid partitioning of La to Eu. Geochemica et Cosmochimica Acta, 65(4): 559–570.

Camprubi, A. and Albinson, T., 2007. Epithermal

588

deposits in Mexico, update of current knowledge, and an empirical re-classification. The Geological Society of America, Special Paper, 422: 14–39.

- Camprubi, A., Chomiak, B.A., Villanueva-Estrada, R.E., Canals, À., Norman, D.I., Cardellach, E. and Stute, M., 2006. Fluid sources for the La Guitarra epithermal deposit (Temascaltepec district, México): Volatile and helium isotope analyses in fluid inclusions. Chemical Geology, 231(3): 252–284.
- Ebrahimi, M., Kouhestani, H. and Shahidi, E., 2015. Investigation of type and origin of iron in the Mesgar occurrence, south of Zanjan, using by petrology, mineralogy and geochemistry data. Journal of Economic Geology, 7(1): 111–127. (in Persian with English abstract)
- Gemmell, J. B., 2004. Low- and intermediatesulfidation epithermal deposits. In: D.R. Cooke, C.L. Deyel and J. Pongratz (Editors): 24 Ct Gold Workshop. University of Tasmania, Hobart, Australia, pp. 57–63.
- Giere, R. and Williams, C.T., 1992. REE-bearing minerals in a Ti-rich vein from the Adamello contact aureole (Italy). Contributions to Mineralogy and Petrology, 112(1): 83–100.
- Gonzalez-Partida, E., Camprubi, A., Gonzalez-Sanchez, F. and Sanchez-Torres, J., 2006. Fluid inclusion study of the Plomositas-Los Arcos polymetallic epithermal vein tarct, Plomosas district, Sinaloa, Mexico. Journal of Geochemical Exploration, 89(1–3): 143–148.
- Gramaccioli, C.M., Diella, V. and Demartin, F., 1999. The role of fluoride complexes in REE geochemistry and the importance of 4f electrons: some complexes in minerals. European Journal of Mineralogy, 11(6): 983–992.
- Hedenquist, J.W., Arribas, A. and Gonzalez-Urien,
 E., 2000. Exploration for epithermal gold deposits.
 In: S.G. Hagemann and P.E. Brown (Editors),
 Gold in 2000. Reviews in Economic Geology 13,
 Society of Economic Geologists, Littleton, pp. 245–277.
- Humphris, S.E., 1984. The mobility of the rare earth elements in the crust. In: P. Henderson (Editor), Rare earth element geochemistry. Elsevier, Amsterdam, pp. 317–342.
- John, D.A., Garside, L.J. and Wallace, A.R., 1999. Magmatic and tectonic setting of late Cenozoic epithermal gold-silver deposits in northern Nevada, with an emphasis on the Pah Rah and

Virginia Ranges and the northern Nevada rift. In: J.A. Jr. Kizis (Editor), Low-sulfidation gold deposits in northern Nevada. Geological Society of Nevada, Reno, pp. 64–158.

- Kikawada, Y., Ossaka. T., Oi, T. and Honda, T., 2001. Experimental studies on the mobility of lanthanides accompanying alteration of andesite by acidic hot spring water. Chemical Geology, 176(1–4): 137–149.
- Lottermoser, B.G., 1992. Rare earth elements and hydrothermal ore formation processes. Ore Geology Reviews, 7(1): 25–41.
- Majidifard, M.R. and Shafei, A., 2006. Geological map of Marzban, scale 1:100,000. Geological Survey of Iran.
- Mehdikhani, B., 2014. Final Exploration Report of Pb-Zn in Qoyjeh Yeylaq Area. Industry, Mine and Trade Organization of Zanjan, Zanjan, 120 pp. (in Persian)
- Mehrabi, B. and Ghasemi Siani, M., 2012. Intermediate sulfidation epithermal Pb-Zn-Cu (±Ag-Au) mineralization at Cheshmeh Hafez deposit, Semnan Province, Iran. Journal of the Geological Society of India, 80(4): 563–578.
- Mehrabi, B., Ghasemi Siani, M. and Tale Fazel, E., 2014. Base and precious metal oreformation system in the Cheshmeh Hafez and Challu mining area, Torud-Chah Shirin magmatic arc. Scientific Quarterly Journal, Geosciences, 24(93): 105–118.
- Mohammadi Niaei, R., 2014. Genesis and economic geology of Ay Qalasi Pb-Zn deposit with special view on mineralization of precious metals. Unpublished Ph.D. Thesis, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran, 210 pp. (in Persian with English abstract)
- Mohammadi Niaei, R., Daliran, F., Nezafati, N., Ghorbani, M., Sheikh Zakariaei, J. and Kouhestani, H., 2015. The Ay Qalasi deposit: An epithermal Pb–Zn (Ag) mineralization in the Urumieh–Dokhtar volcanic belt of northwestern Iran. Neues Jahrbuch für Mineralogie - Abhandlungen (Journal of Mineralogy and Geochemistry), 192(3): 263– 274.
- Murphy, J.B. and Hynes, A.J., 1986. Contrasting secondary mobility of Ti, P, Zr, Nb and Y in two meta-basaltic suites in the Appalachians. Canadian Journal of Earth Sciences, 23(8): 1138–1144.

زمينشناسي اقتصادى

- Nakamura, N., 1974. Determination of REE, Ba, Fe, Mg, Na and K in carbonaceous and ordinary Chondrites. Geochimica et Cosmochimica Acta, 38(5): 755–773.
- Rolland, Y., Cox, S., Boullier, A.M., Pennacchioni, G. and Mancktelow, N., 2003. Rare earth and trace element mobility in mid-crustal shear zones: insights from the Mont Blanc Massif (Western Alps). Earth and Planetary Science Letters, 214(1– 2): 203–219.
- Salehi, T., 2009. Mineralogy, geochemistry and genesis of Qomish Tappeh Zn-Pb (Ag) deposit, SW Zanjan. Unpublished M.Sc. Thesis, Tarbiat Modares, Tehran, Iran, 221 pp. (in Persian with English abstract)
- Salehi, T., Ghaderi, M. and Rashidnejad-Omran, N., 2011. Mineralogy and geochemistry of rare earth elements in Qomish Tappeh Zn-Pb-Cu (Ag) deposit, southwest of Zanjan. Journal of Economic Geology, 3(2): 235–254. (in Persian with English abstract)
- Salehi, T., Ghaderi, M. and Rashidnejad-Omran, N., 2015. Epithermal base metal-silver mineralization at Qomish Tappeh deposit, southwest of Zanjan. Scientific Quarterly Journal, Geosciences, 25(90): 329–346.
- Shamanian, G.H., Hedenquist, J.W., Hattori, K.H. and Hassanzadeh, J., 2003. Epithermal precious and base-metal mineralization in the Eocene arc of Torud-Chah Shirin mountain range: Gandy and Abolhassani districts, Semnan, northern Iran. In: C.J. Eliopoulos, P. Spry, H. Stein and G. Beaudoin (Editors), Mineral Exploration and Sustain-able Development. Mill press, Rotterdam, pp. 519– 522.
- Shamanian, G.H., Hedenquist, J.W., Hattori, K.H. and Hassanzadeh, J., 2004. The Gandy and Abolhassani epithermal prospects in the Alborz magmatic arc, Semnan province, northern Iran. Economic Geology, 99(4): 691– 712.
- Shirkhani, M., 2007. Mineralogy, geochemistry and genesis of Ay Qalasi Pb-Zn deposit, SE

Takab. Unpublished M.Sc. Thesis, Tarbiat Modares, Tehran, Iran, 143 pp. (in Persian with English abstract)

- Sillitoe, R.H., 1993. Epithermal models: genetic types, geometrical control and shallow features. Geological Association of Canada Special Paper, 40: 403–417.
- Sillitoe, R.H. and Hedenquist, J.W., 2003. Linkages between volcano-tectonic settings, ore-fluid compositions, and epithermal precious-metal deposits. Society of Economic Geologists, Special Publication, 10: 315–343.
- Talebi, L., 2015. Petrology of igneous rocks in the Arpachay area (N Takab) with considering the mineralization. Unpublished M.Sc. Thesis, University of Zanjan, Zanjan, Iran, 122 pp. (in Persian with English abstract)
- Talebi, L., Mokhtari, M.A.A., Ebrahimi, M. and Kouhestani, H., 2017. The Arpachay mineralization occurrence, north of Takab: an epithermal base metal mineralization in the Takab-Angouran-Takht-e-Soleyman metallogenic zone. Scientific Quarterly Journal, Geosciences, 16(104): 281–296.
- Whitford, D.J., Korsch, M.J., Porritt, P.M. and Craven, S.J., 1988. Rare earth element mobility around the volcanogenic polymetallic massive sulfide deposit at Que River, Tasmania, Australia. Chemical Geology, 68(1–2): 105–119.
- Whitney, D.L. and Evans, B.W., 2010. Abbreviations for names of rock-forming minerals. American Mineralogist, 95(1): 185–187.
- Wood, S.A., 1990a. The aqueous geochemistry of the rare earth elements and Yttrium: 1. Review of available low-temperature data for inorganic complexes and the inorganic REE speciation of natural waters. Chemical Geology, 82: 159–186.
- Wood, S.A., 1990b. The aqueous geochemistry of the rare earth elements and Yttrium: 2. Theoretical predictions of speciation in hydrothermal solutions to 350 °C, at station water vapor pressure. Chemical Geology, 88(1–2): 99–125.

584



Intermediate-sulfidation Style of Epithermal Base Metal (Ag) Mineralization at the Qoyjeh Yeylaq Deposit, SW Zanjan – IRAN

Hossein Bagherpour¹, Mir Ali Asghar Mokhtari¹, Hossein Kouhestani^{1*}, Ghasem Nabatian¹ and Behnam Mehdikhani²

1) Department of Geology, Faculty of Sciences, University of Zanjan, Zanjan, Iran 2) Mining department, Faculty of Engineering, Urmia University, Urmia, Iran

Submitted: Mar. 12, 2018 Accepted: Oct. 07, 2018

Keywords: Epithermal mineralization, Intermediate-sulfidation, Qoyjeh Yeylaq, Zanjan

Introduction

The Qoyjeh Yeylaq Pb-Zn (Ag) deposit located 120 km southeast of Zanjan, is situated in the Urumieh-Dokhtar magmatic arc.

apart from Prior to this research no work has been published on Pb-Zn (Ag) mineralization at the Qoyjeh Yeylaq except for small scale geological maps of the area, i.e. 1:250,000 geological maps of Kabudar Ahang (Bolourchi and Hajian, 1979), 1:100,000 geological maps of Marzban (Majidifard and Shafei, 2006) and a number of unpublished Pb-Zn exploration reports.

The present paper provides an overview of the geological framework, mineralization characteristics, and results of geochemistry study of the Qoyjeh Yeylaq deposit with application to ore genesis. Identification of these characteristics can be used as a model for exploration of this type of Pb-Zn (Ag) mineralization in this area and elsewhere.

Materials and methods

Detailed field work has been carried out at different scales in the Qoyjeh Yeylaq area. About 26 polished- thin and thin sections from host rocks, mineralized and altered zones were studied by conventional petrographic and mineralogic methods at the University of Zanjan. In addition, a total of 11 samples from fresh and altered host rocks and ore zones at the Qoyjeh Yeylaq deposit were analyzed by ICP-MS for trace elements and REE compositions at Zarazma Co., Tehran, Iran.

*Corresponding authors Email: kouhestani@znu.ac.ir

Results and Discussion

The host rocks at the Qoyjeh Yeylaq deposit consist of Oligo-Miocene volcano-sedimentary rocks which are overlain conformably by Oligo-Miocene sedimentary rocks. Volcanic rocks are mostly basaltic andesite and andesite lava flows. Basaltic andesites with porphyritic texture consist of predominantly plagioclase (70 vol%) and clinopyroxene (25 vol%) phenocrysts with accessory Hornblende (<5 vol%) crystals. Andesites consists of plagioclase (75 vol%), hornblende (15 vol%), and clinopyroxene (10 phenocrysts fine-grained vol%) set in groundmass. The Oligo-Miocene sedimentary units consist of alternation of sandstone, red marl, and siltstone as well as medium-bedded to massive limestone with interlayers of tuff and shale. The Miocene sedimentary units consist mostly of alternations of red and green marl and red to grey sandstone.

Mineralization at Qoyjeh Yeylaq occurs as quartzsulfide veins in Oligo-Miocene basaltic andesite and andesite lavas. The ore zone reaches up to 150 m in length and 10 m in width. It has NNWtrending and mostly dips 70-80° to SW. Three stages of mineralization can be distinguished at the Qoyjeh Yeylaq deposit. Stage-1 is the most abundant, widespread, and economically important ore forming stage at Qoyjeh Yeylaq and is represented by quartz and sulfide (galena, sphalerite, and chalcopyrite) veins (up to 5 mm wide) plus breccias cement. Stage-2 is represented

DOI: https://doi.org/10.22067/econg.v11i4.71615

Journal of Economic Geology

50

by 2 mm wide individual or sets of late calcite veins and veinlets that usually cut stage-1 mineralization. No sulfide minerals are recognized with stage-2. Covellite, cerussite, Fe-oxides and hydroxides are formed during the supergene stage (stage-3). They usually show replacement and vug infill textures.

The hydrothermal alteration assemblages at Qoyjeh Yeylaq grade from proximal quartz and calcite to distal sericite, epidote, calcite and chlorite (propylitic alteration). The quartz and calcite alteration types are spatially and temporally closely associated with Pb-Zn (Ag) mineralization. The propylitic alteration marks the outer limit of the hydrothermal system.

The ore minerals at Qoyjeh Yeylaq are formed as vein-veinlet and hydrothermal breccia cements, and show vein-veinlet, vug infill, and disseminated textures. Galena, sphalerite, and chalcopyrite are the main ore minerals; covellite, cerussite, and goethite are supergene minerals. Quartz, and calcite are present in the gangue minerals that represent vein-veinlet, breccia, vuginfill, and replacement textures.

Comparison of Chondrite normalized (Nakamura, 1974) REE patterns of Oligo-Miocene fresh and altered basaltic andesite, andesite lavas, and the mineralized samples at Qoyjeh Yeylaq indicate that mineralization is probably genetically related with basaltic andesite and andesite lavas. In this

case, leaching of some elements from the host basaltic andesite and andesite lavas may have been involved in mineralization.

The geological, mineralogical, geochemical, textural and structural characteristics of the Qoyjeh Yeylaq deposit reveals that mineralization at the Qoyjeh Yeylaq deposit is an example of intermediate-sulfidation type of epithermal base metal (Ag) mineralization.

Acknowledgements

The authors are grateful to the University of Zanjan Grant Commission for research funding. The Journal of Economic Geology reviewers and editor are also thanked for their constructive suggestions on modifications of the manuscript.

References

- Bolourchi, M.H. and Hajian, G., 1979. Geological map of Kabudar Ahang, scale 1:250,000. Geological Survey of Iran.
- Majidifard, M.R. and Shafei, A., 2006. Geological map of Marzban, scale 1:100,000. Geological Survey of Iran.
- Nakamura, N., 1974. Determination of REE, Ba, Fe, Mg, Na and K in carbonaceous and ordinary Chondrites. Geochimica et Cosmochimica Acta, 38(5): 755–773.