Archive of SID

فصلنامه زمین‌شناسی ایران، سال ۱۴، شماره ۵۶، زمستان ۱۳۹۹، صفحات ۷۵-۸۶

# مطالعات زمین‌شناسی، دگرسانی و کانی‌سازی کانسار مس پورفیری بارملک (شمال ورزقان-استان آذربایجان‌شرقی)

**علیرضا روان‌خواه [۱و*]، محسن مؤید[۲] و علی لطفی‌بخش[۱]**

۱. استادیار، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه محقق اردبیلی

۲. استاد، گروه علوم زمین، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۴/۱۶

تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۷/۲۷

## چکیده

گستره اکتشافی بارملک در شمال‌غرب کشور، استان آذربایجان‌شرقی و شمال‌شرق شهرستان ورزقان قرار دارد. رخنمون‌های شمالی منطقه شامل سنگ‌های ولکانیک و ولکانو-کلاستیک ائوسن و توده‌های نفوذی کوارتز مونزونیت پورفیری الیگوسن می‌باشند که خود توسط دایک‌های نسل اول و دوم غیر مینرالیزه قطع می‌شوند. در ادامه به سمت شمال، توده نفوذی با نهشته‌های کربناته-فیلیشی کرتاسه فوقانی-پالئوسن همبری دارد. علاوه بر این تزریق دم‌های ساب‌ولکانیک داسیتی و فوران‌های بازالتی آلکالن پلیو-کواترنر نیز در منطقه انجام شده است. توده پورفیری کیقال در ادامه به سمت جنوب‌غرب به منطقه بارملک می‌رسد. دگرسانی‌های گرمابی فیلیک، پروپیلیتیک و آرژیلیک در این توده شناسایی شده‌اند ولی به دگرسانی پتاسیک برخورد نشده است و این مسئله نشان می‌دهد که توده بارملک پورفیری، توده مستقلی نبوده و حاشیه توده پورفیری کیقال محسوب می‌شود. بافت غالب در توده پورفیری، پورفیریک با خمیره ریزبلور است و کانی‌سازی به فرم افشان، رگه-رگچه‌ای و پرکننده سطوح درزه و شامل کالکوپیریت، گالن، اسفالریت و پیریت رخ داده است. میزان پیریت در این توده کم می‌باشد و یکی از دلایل عدم غنی‌شدگی زون سوپرژن همین مسئله است. با توجه به مشاهده کانی‌سازی سرب و روی اغلب به فرم رگه-رگچه‌ای در دایک‌های کوارتزدیوریتی نسل اول (DK1) و با عنایت به اینکه تزریق این دایک‌ها در سونگون بعد کانی سازی بوده است، می‌توان کانی‌سازی سرب و روی را به فرآیندهای اپی‌ترمالی توده نفوذی بارملک نسبت داد که بعد از تزریق دایک‌های کوارتزدیوریتی نسل اول رخ داده است.

**واژه‌های کلیدی:** دم‌های ساب‌ولکانیک، توده پورفیری بارملک، غنی‌شدگی زون سوپرژن، اپی‌ترمال، ورزقان.

## مقدمه

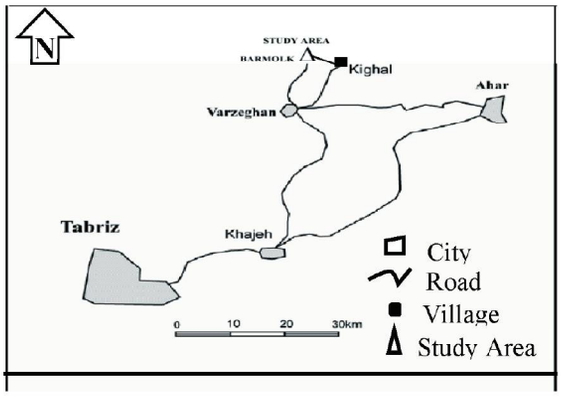
گستره اکتشافی بارملک در شمال‌غرب کشور، استان آذربایجان شرقی و به فاصله ۱۸ کیلومتری شمال‌شرق شهرستان ورزقان قرار دارد و در شمال‌غرب روستای کیقال واقع شده است. به‌دلیل نزدیکی این منطقه به بخش معدنی سونگون و گسترش دگرسانی گرمابی در مناطق کیقال و بارملک، این مناطق از دیرباز مورد توجه زمین‌شناسان بوده و کارهای اکتشافی سطحی متعددی در این مناطق انجام شده است. پژوهش حاضر نتیجه بررسی‌های زمین‌شناسی سطحی و مطالعه مغزه‌های حاصل از حفاری‌های اکتشافی در این گستره و به تعداد پنج حلقه می‌باشد. راه‌های دسترسی به منطقه اکتشافی در شکل ۱ نشان داده شده است.

* نویسنده مرتبط: aravankhah@gmail.com

www.SID.ir

Archive of SID






شکل ۱. راه‌های دسترسی به گستره اکتشافی بارملک (براساس نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰۰ اهر)

کانسارهای پورفیری از مهم‌ترین منابع مس و مولیبدن در دنیا می‌باشند که حدود ۵۰ تا ۶۰ درصد از تولیدات مس دنیا و بیش از ۹۵ درصد از تولیدات مولیبدن دنیا را بر عهده دارند. کانسارهای مس پورفیری اغلب تناژ بالا، عیار پایین، غیر همزاد و درون‌زاد بوده (Titley and Hicks، 1966) و از نظر زمانی و مکانی در ارتباط با نفوذی‌های نیمه عمیق پورفیری کالک‌آلکالن می‌باشند. کانسارهای مس پورفیری را می‌توان محصول سرد شدن سیستم‌های گرمابی مرتبط با نفوذی‌های کم‌عمق جای‌گیر شده در کمان‌های ماگمائی مرتبط با فرورانش پوسته اقیانوسی دانست (Zarasvandi et al.، 2005). کانسارهای مس پورفیری در ایران منطبق بر نوارهای ولکانو-پلوتونیک ترشیری است و در داخل کمربند تتیس قرار دارند (Waterman and Hamilton، 1975). در ایران سنگ‌های ولکانوپلوتونیک کالک‌آلکالن در کمان ماگمائی ارومیه-دختر، توانائی بالائی در اکتشاف کانسارهای Cu±Mo±Au دارند، به‌طوری‌که بسیاری از مهم‌ترین کانسارهای مس پورفیری ایران در شمال‌غرب تا جنوب‌شرق ارومیه-دختر واقع شده‌اند (Hassanpour et al.، 2015؛ Ayati et al.، 2008؛ Shahabpour، 1999). از نظر جایگاه تکتونیکی بخش عمده‌ای از کانسارهای مس پورفیری در حاشیه صفحات همگرا (حواشی فعال قاره‌ای و جزایر قوسی) تشکیل می‌شوند. سامانه‌های پورفیری مس به‌صورت بارز در نواحی فرورانش مرتبط با قاره‌ها و جزایر کمانی گسیل می‌شوند (Chen et al.، 2015). فرورانش مشخصه این مناطق می‌باشد، بااین‌حال فاکتورهای متالوژنیک دیگری نیز تشکیل این کانسارها را کنترل می‌کنند (Sillitoe، 1998). ثابت شده است که تشکیل کانسارهای مس پورفیری نه تنها توسط فرآیندهای گرمابی و ماگمایی کنترل می‌شود، بلکه تکتونیک ناحیه‌ای نیز در زمان تشکیل این کانسارها تأثیرگذار است (Sillitoe، 1994؛ Richards et al.، 2001). تشکیل کانسارهای مس پورفیری در قوس‌های ماگمایی کالک‌آلکالن محصولی از یک سری فرآیندهای گسترده آب‌گیری صفحه اقیانوسی فرورانده و فرآیندهای (MASH) بعدی در پوسته تحتانی است (Richards، 2005). در مناطق حاشیه فعال قاره‌ای، با توجه به اندرکنش پوسته‌ای قابل توجه، نفوذی‌های آلکالن (شوشونیتی) نیز مشاهده می‌شوند (Sillitoe، 1989، 1993، 2000؛ Richards، 2005). اکثر کانسارها در این مناطق در طول گسلی قدیمی قرار گرفته‌اند که تراوائی پوسته‌ای را ایجاد می‌کند (Richards et al.، 2001). Richards (2005) معتقد است که ترکیب سیستم‌های ماگمایی میزبان این کانسارها، فلسیک تا حدواسط کالک‌آلکالن می‌باشد که از یک ماگمای مافیک‌تر گوشته‌ای مشتق شده است. همچنین در نفوذی‌های شوشونیتی میزان Au بالا می‌باشد (Sillitoe، 2000). نفوذی‌های میزبان مس پورفیری در شرایط حرارتی ۷۵۰-۸۵۰°c، فشار یک تا دو کیلوبار و عمق معادل ۱/۵ تا چهار کیلومتر جای‌گیری می‌کنند (Guilbert and Park، 1986).

## روش مطالعه

در این پژوهش ابتدا از نمونه‌های سطحی و نیز از مغزه‌های گمانه‌های حفاری شده توسط شرکت ملی صنایع مس ایران، ۱۰۰ مقطع نازک، ۴۰ مقطع صیقلی و ۱۵ مقطع نازک-صیقلی تهیه و مورد بررسی قرار گرفتند. در راستای مطالعات مغزه‌های حفاری علاوه بر لاگینگ نمونه‌های دستی و تعیین زون‌های دگرسانی و مینرالیزه و شکل و فراوانی کانی‌سازی در نمونه‌ها، مبادرت به برداشت‌های ساختاری از این مغزه‌ها شده است و نمونه‌های مناسب برای تهیه مقاطع میکروسکوپی و صیقلی انتخاب شده‌اند که نتایج این مطالعات در پژوهش حاضر منعکس شده است. علاوه بر این نتایج آنالیز پنج حلقه گمانه اکتشافی از سوی شرکت پارس اولنگ مورد استناد قرار گرفتند.



www.SID.ir

Archive of SID



## زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه

در بخش جنوب منطقه مورد مطالعه، سنگ‌های ولکانیک و ولکانو-کلاستیک ائوسن سنگ‌های درون‌گیر توده بارملک پورفیری را تشکیل می‌دهند و سنگ‌های ولکانیک و ولکانو-کلاستیک پلیو-کواترنر با دگرشیبی آذرین‌پی بر روی این مجموعه‌ها قرار گرفته‌اند (شکل ۲). در شمال کیقال و شمال‌شرق بارملک همبری این توده‌ها با ماسه‌سنگ‌های نومولیت‌دار ائوسن گزارش شده است. همچنین گدازه‌هایی با ترکیب ریولیتی و متعلق به الیگوسن در شمال‌شرق بارملک و شمال‌غرب آن گزارش شده‌اند که ارتباط سنی آن با بقیه واحدها مشخص نیست و دلیل انتساب این گدازه‌ها به الیگوسن نیز مشخص نمی‌باشد. توده‌های ساب‌ولکانیک پلیوسن با ترکیب داسیتی، تراکی‌آندزیتی و ریوداسیتی در شمال بارملک گزارش شده‌اند که هم‌سن با توده چال‌داغی در کانسار مس پورفیری سونگون بوده و ریولیت‌های الیگوسن و توده مونزونیتی را قطع کرده‌اند (شرکت پارس اولنگ، ۱۳۸۳). جوان‌ترین فعالیت ماگمایی در منطقه بارملک مربوط به گدازه‌های بازالتی تا آندزیت بازالتی به سن کواترنر است که در شمال روستای بارملک رخنمون دارند. این بازالت‌ها با بازالت‌های آلکالن مسیر جاده اهر-ورزقان هم‌سن بوده و تا حدودی می‌توان آن‌ها را با گدازه‌های تراکی‌آندزیت بازالتی داش‌دیبی در سونگون مقایسه کرد (حیدری و همکاران ۱۳۸۶). بررسی‌های سطحی نشان می‌دهد که توده کوارتزمونزونیتی کیقال که شباهت زیادی به توده کوارتزمونزونیتی سونگون دارد در ادامه به سمت غرب به منطقه بارملک کشیده شده و از پهنای آن به میزان قابل ملاحظه‌ای کاسته می‌شود و در نهایت به‌فرم زبانه مانند به دره قیه‌قشلاق (دوغوز دره سی) با راستای تقریبی N-S کشیده می‌شود. در این محل توده با توف‌ها و سنگ‌های ولکانیک ائوسن دارای همبری مشخصی است و باعث توسعه کانی‌سازی سرب و روی در سنگ‌های درون‌گیر شده است. استوک کوارتزمونزونیت پورفیری کیقال طی فعالیت‌های ماگمائی نفوذی فاز پیرنه به درون واحدهای آتشفشانی قدیمی‌تر نفوذ کرده و موجب کانی‌سازی مس-مولیبدن پورفیری و گسترش زون‌های دگرسانی گرمابی در منطقه شده است. پس از جایگیری این توده، دایک‌های تأخیری متعددی با ترکیب عمده دیوریتی-کوارتزدیوریتی در این منطقه به داخل استوک کوارتزمونزونیتی نفوذ کرده‌اند. رخداد شکستگی‌های هیدرولیکی موجب ایجاد زون‌های خرد شده‌ی نفوذپذیر در داخل استوک پورفیری و سنگ‌های پیرامونی و تسهیل گردش سیالات گرمابی شده که منجر به گسترش زون‌های دگرسانی پتاسیک، فیلیک، آرژیلیک پیشرفته و پروپیلیتیک در گستره کیقال شده است. تجزیه شیمیایی نمونه‌های استوک کوارتزمونزونیتی و دایک‌های تأخیری نشان می‌دهد که آن‌ها سرشت کالک‌آلکالن غنی از پتاسیم و شوشونیتی دارند. این نفوذی‌ها از نظر زمین‌شناسی ساختمانی در قوس آتشفشانی پس برخوردی و حواشی فعال قاره‌ای شکل گرفته‌اند (سیمونز و همکاران ۱۳۹۰، ۱۳۸۹). توده کوارتزمونزونیت پورفیری در صحرا با دگرسانی شدید نسبت به سنگ‌های درون‌گیر و دایک‌های نفوذی و با رنگ روشن مشخص می‌شود (شکل ۳-A). دایک‌های کوارتزدیوریتی نسل دوم با برجستگی مشخص و مقاومت فرسایشی بالا نسبت به توده پورفیری مشاهده می‌شوند (شکل ۳-B). سنگ‌های ولکانیک و ولکانو-کلاستیک ائوسن شامل تناوبی از گدازه‌های آندزیتی تا آندزیت بازالتی و توف‌های وابسته می‌باشند که در شکل‌های ۳-C و ۳-D نمایی از این سنگ‌ها مشاهده می‌شوند.

## بحث

### سنگ‌نگاری

با توجه به نمونه‌های سنگی اخذ شده از مغزه‌های حفاری و نمونه‌های سطحی منطقه اکتشافی، توده نفوذی این منطقه ترکیبی در حد کوارتزمونزونیت دارد که مشابه توده کیقال پورفیری است و در حقیقت ادامه آن به سمت غرب و جنوب‌غرب می‌باشد. دایک‌های تأخیری شامل دایک کوارتزدیوریتی نسل اول و دایک کوارتزدیوریتی نسل دوم و سنگ‌های درون‌گیر این مجموعه‌ها که شامل سنگ‌های ولکانیک با ترکیب آندزیت تا آندزیت بازالتی و توف‌های متنوع می‌باشند.

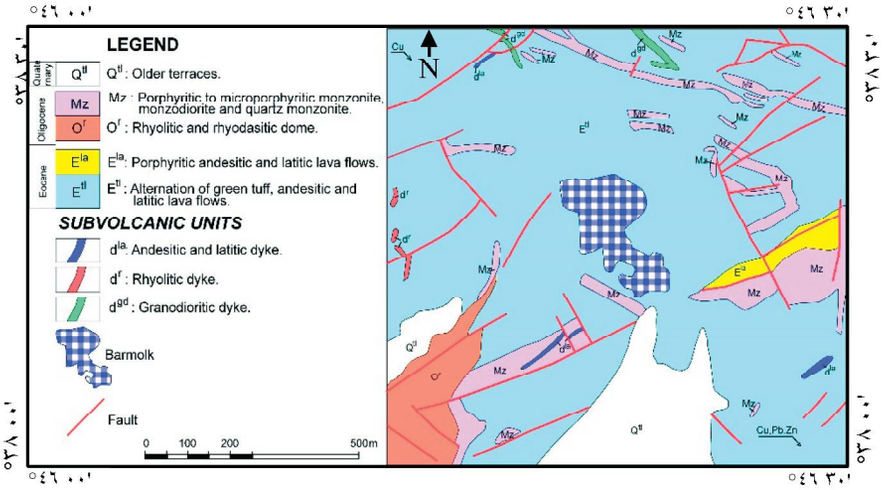
توده کوارتزمونزونیت پورفیری شامل فنوکریستال‌های نیمه‌شکل‌دار پلاژیوکلاز است که در خمیره ریز تا درشت‌بلوری



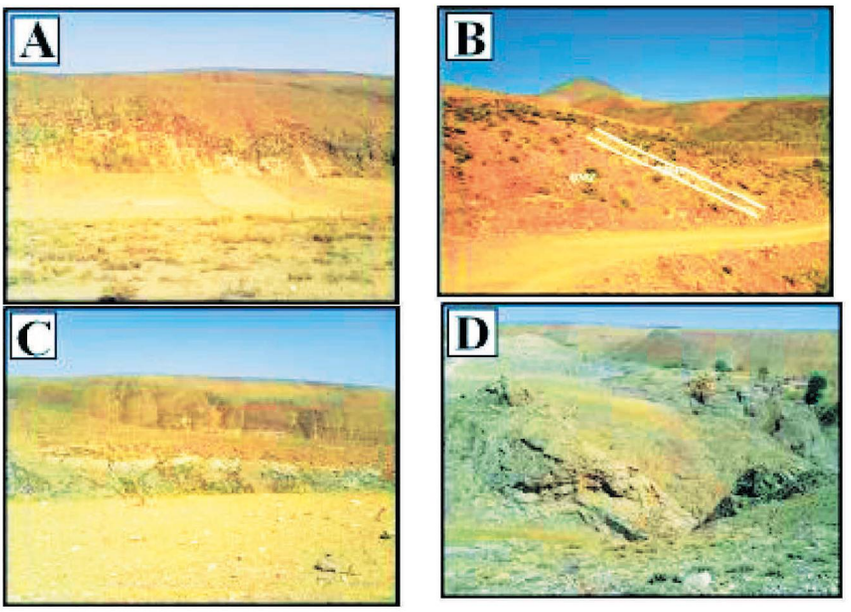
www.SID.ir

Archive of SID






شکل ۲. نقشه زمین‌شناسی محدوده اکتشافی بارملک (شرکت مهندسین زرناب، مقیاس ۱:۵۰۰۰)




شـــکل ۳. A) نمایی از توده بارملک پورفیری (دید به سمت شرق)، B) کنتاکت دایک کوارتز دیوریتی نسل دوم با توده پورفیری (دید به سمت شمال‌شرق)، C) تناوب توف و گدازه (دید به سمت شرق)، D) سنگ‌های آندزیت و آندزی بازالت (دید به سمت شرق)

از کوارتز و فلدســـپار آلکالن قرار دارند. کانی‌های فرومنیزین این توده شـــامل بلورهای نیمه‌شکل‌دار تا بی‌شکل آمفیبول و بیوتیت اســـت و کانی‌های متفرقه شامل آپاتیت و زیرکن می‌باشـــند. بافت این توده از پورفیریک با خمیره ریزبلور تا پورفیریک با خمیره درشت‌بلور در نوسان است (شکل ۴-A).

کانی‌های اصلی تشکیل‌دهنده دایک‌های کوارتزدیوریتی نســـل اول شامل بلورهای نیمه شـــکل‌دار پلاژیوکلاز که در خمیره ریز تا درشـــت‌بلوری از کوارتـــز و پلاژیوکلاز و مقادیر جزئی فلدســـپار آلکالن قـــرار دارند. کانـــی فرومنیزین این دایک‌ها شـــامل فنوکریستال‌های نیمه شکل‌دار تا شکل‌دار بیوتیت اســـت که به کلریت، مســـکوویت و کربنات تجزیه شده‌اند. زینوکریستال‌های گرد شده کوارتز که گاهی دارای خوردگی خلیجی شـــکل می‌باشند (شکل ۴-B)، به‌وفور در آن‌ها دیده می‌شـــود و از ویژگی‌های بارز این دایک‌ها است. در برخی از نمونه‌ها، کوارتز بصورت بلورهای نیمه شکل‌دار تا شکل‌دار با حاشیه واکنشی مشاهده می‌شود. از مشخصات بارز این دایک‌ها وجود بلورهای شـــکل‌دار بیوتیت و آپاتیت در این ســـنگ‌ها اســـت و زیرکن نیز گاهی به همراه آپاتیت مشـــاهده می‌شود. بافت این دایک‌ها از پورفیریک با خمیره ریزبلور تا درشت‌بلور در نوسان است.



www.SID.ir

Archive of SID



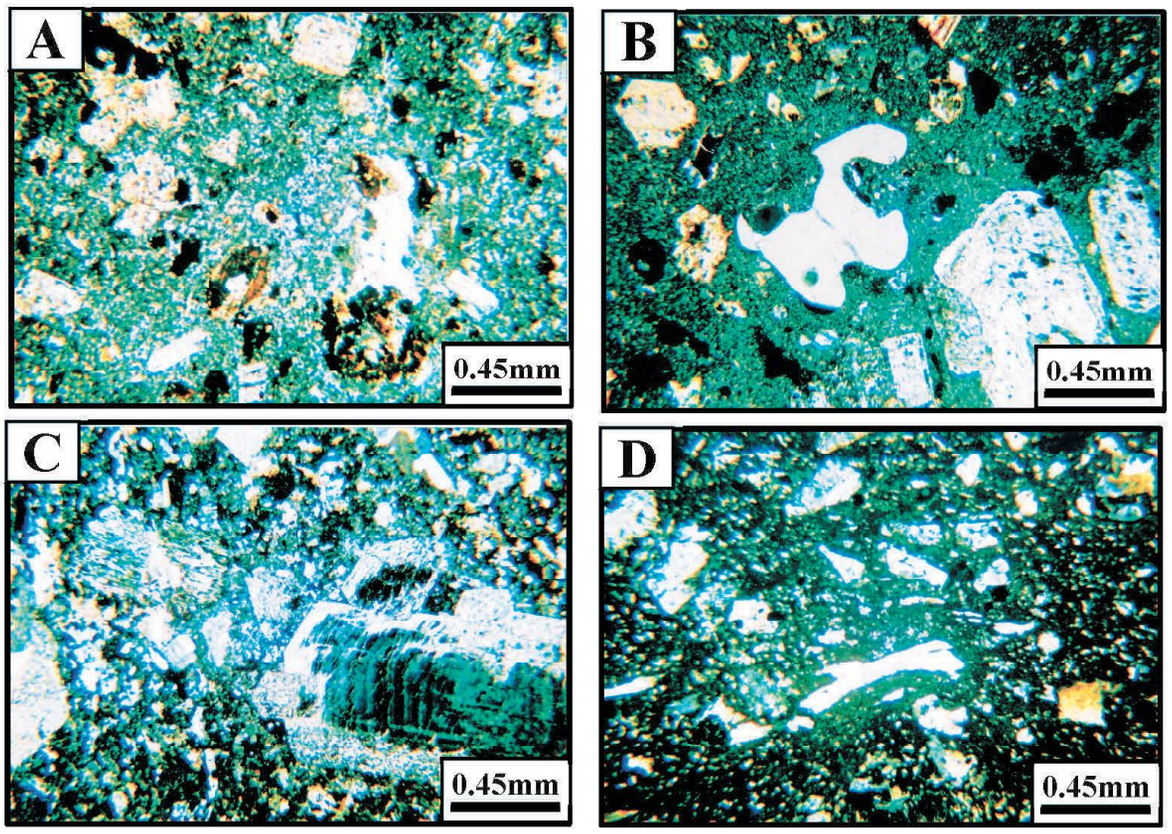
کانی‌های اصلی تشکیل‌دهنده دایک‌های کوارتزدیوریتی نسل دوم شامل فنوکریستال‌های پلاژیوکلاز با زونینگ نوسانی است (شکل ۴-C) که در حواشی، اندکی به سریسیت تجزیه شده‌اند و در خمیره ریز تا درشت‌بلوری از کوارتز و پلاژیوکلاز قرار دارند. کانی فرومنیزین اصلی آن‌ها آمفیبول است که اغلب به مجموعه کلریت، کربنات و گاهی اپیدوت تجزیه شده است و بلورهای نیمه شکل‌دار تا شکل‌دار بیوتیت نیز به کلریت و کربنات تجزیه گشته‌اند. کانی عارضه‌ای غالب در این دایک‌ها آپاتیت است. این دایک‌ها فاقد کانه‌زایی‌اند و بافت غالب در آن‌ها پورفیریک با خمیره ریز تا درشت‌بلور است.

سنگ‌های ولکانیک و ولکانو-کلاستیک ائوسن شامل تناوبی از گدازه‌های آندزیتی تا آندزیت بازالتی و توف‌های وابسته (کریستال توف تا لیتیک توف) می‌باشند و در بخش جنوب منطقه با شیب متوسط به سمت جنوب جنوب‌غربی رخنمون دارند.

کانی‌های اصلی تشکیل‌دهنده آندزیت‌ها شامل فنوکریستال‌های نیمه شکل‌دار پلاژیوکلاز و مقادیری آمفیبول نیمه شکل‌دار می‌باشد که در خمیره شیشه‌ای و میکرولیتی قرار دارند. بافت این سنگ‌ها هیالومیکرولیتی پورفیریک است (شکل ۴-D) و کانی عارضه‌ای در آن‌ها اغلب آپاتیت می‌باشد. در برخی از نمونه‌ها پلاژیوکلازها به مجموعه سریسیت، کلسیت و کانی رسی تجزیه شده‌اند.

کانی‌های اصلی تشکیل‌دهنده آندزیت‌های بازالتی شامل میکروکریستال‌های پلاژیوکلاز و کلینوپیروکسن است و مقادیری آمفیبول نیز در آن‌ها دیده می‌شود. کانی عارضه‌ای در این سنگ‌ها آپاتیت است. کلینوپیروکسن و آمفیبول اغلب به کلریت نوع پنین تجزیه شده‌اند و تجمعاتی از کلریت در خمیره این سنگ‌ها دیده می‌شود. بافت این سنگ‌ها میکرولیتیک است.

توف‌های مشاهده شده در مغزه‌های حفاری شده به دو دسته کریستال توف و لیتیک‌توف تقسیم می‌شوند. کریستال




شکل ۴. A) بافت پورفیریک با خمیره متوسط بلور در توده کوارتزمونزونیت پورفیری، (25× ،XPL)، B) زینوکریستال‌های کوارتز با خوردگی خلیجی شکل در دایک کوارتزدیوریتی نسل اول، (25× ،XPL)، C) زونینگ نوسانی در فنوکریستال‌های پلاژیوکلاز در دایک کوارتزدیوریتی نسل دوم که در حواشی به سریسیت تجزیه شده‌اند، (25×،XPL)، D) بافت هیالو میکرولیتی پورفیریک در آندزیت، (25× ،XPL)



www.SID.ir

Archive of SID



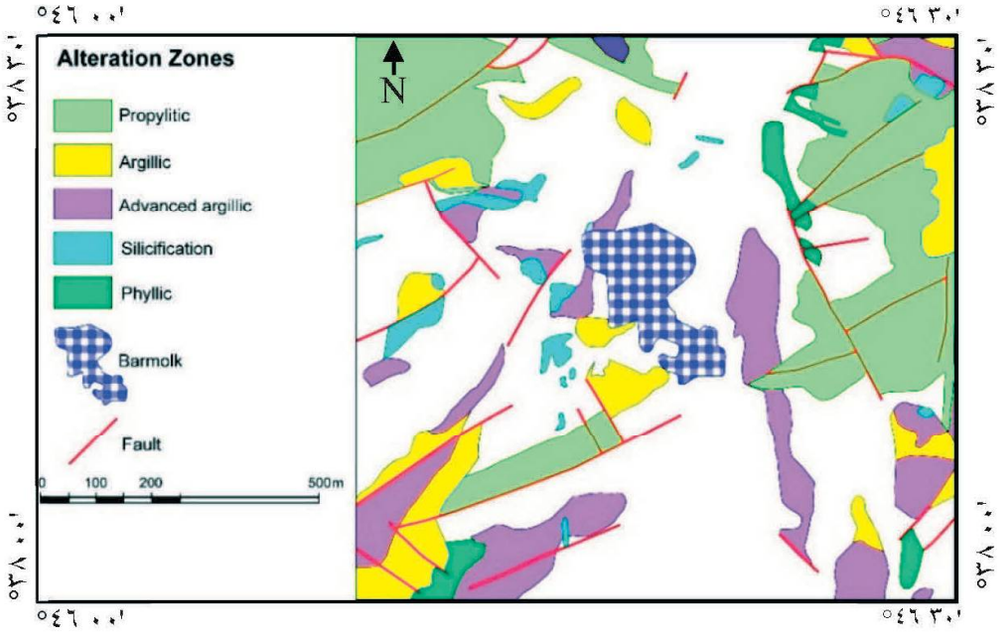
توف‌ها شامل بلورهای ریز و شکسته شده و زاویه‌دار پلاژیوکلاز، مقادیر جزئی کوارتز و کانی‌های فرومنیزین که به میزان جزئی سریسیته هستند و اغلب بافت کریستالوکلاستیک دارند. لیتیک توف‌ها از قطعات سنگ‌های آتشفشانی با ترکیب آندزیتی تشکیل شده‌اند و توسط رگه‌های کربناته قطع شده و واجد پیریت می‌باشند. در برخی از نمونه‌ها، رگچه‌های سیلیسی و کربناته سنگ را قطع کرده‌اند و پیریت‌های شکل‌دار در متن آن‌ها مشاهده می‌شود. ترکیب کلی این توف‌ها آندزیتی می‌باشد و وابسته به ولکانیزم آندزیتی ائوسن می‌باشند. این سنگ‌ها در حاشیه توده پورفیری میزبان کانی‌سازی سرب و روی می‌باشند.

## دگرسانی

بررسی نمونه‌های سطحی و مغزه‌های حاصل از گمانه‌های اکتشافی در منطقه بارملک نشان می‌دهد که توده کوارتزمونزونیتی بارملک که ادامه توده کیقال پورفیری به سمت جنوب‌غرب می‌باشد، بخش حاشیه‌ای این توده است و فاقد دگرسانی پتاسیک می‌باشد. دگرسانی‌های مشاهده شده در این توده و در منطقه بارملک شامل دگرسانی‌های فیلیک متوسط تا شدید می‌باشد که توسط دگرسانی‌های پروپیلیتیک ضعیف تا متوسط و آرژیلیک ضعیف تا متوسط همراهی می‌شود (شکل‌های ۵ و ۶-A, B). در دایک‌های کوارتزدیوریتی نسل اول فنوکریستال‌های نیمه شکل‌دار تا شکل‌دار بیوتیت به کلریت، مسکوویت و کربنات و در دایک‌های کوارتزدیوریتی نسل دوم بلورهای نیمه شکل‌دار تا شکل‌دار بیوتیت به کلریت و کربنات تجزیه شده‌اند (شکل ۶-C, D). بخشی از دگرسانی پروپلیتیک در سنگ‌های درون‌گیر این توده توسعه‌یافته است و نمونه‌های آندزیتی و توف‌های وابسته این ویژگی را به‌خوبی نشان می‌دهند (شکل ۶-E).

## کانی‌سازی

با توجه به عمق فرسایش بالا در این منطقه و قرار گرفتن گستره اکتشافی بارملک در حاشیه توده مذکور، کانی‌سازی مس در این منطقه قابل توجه نیست ولی کانی‌سازی سرب و روی که خاص زون‌های حاشیه‌ای سیستم‌های پورفیری است، در این منطقه به‌خوبی گسترش دارد. کانی‌سازی مس در توده بارملک پورفیری به‌صورت افشان، رگه-رگچه‌ای و پرکننده سطوح درزه می‌باشد. در زون‌های فروشست هماتیت، لیمونیت و جاروسیت در نمونه‌ها مشاهده می‌شود. کانی‌های سولفیدی مس در این منطقه از تنوع بسیار کمتری برخوردار می‌باشد و بیشتر شامل کالکوپیریت است. کانی‌های سولفیدی سرب و



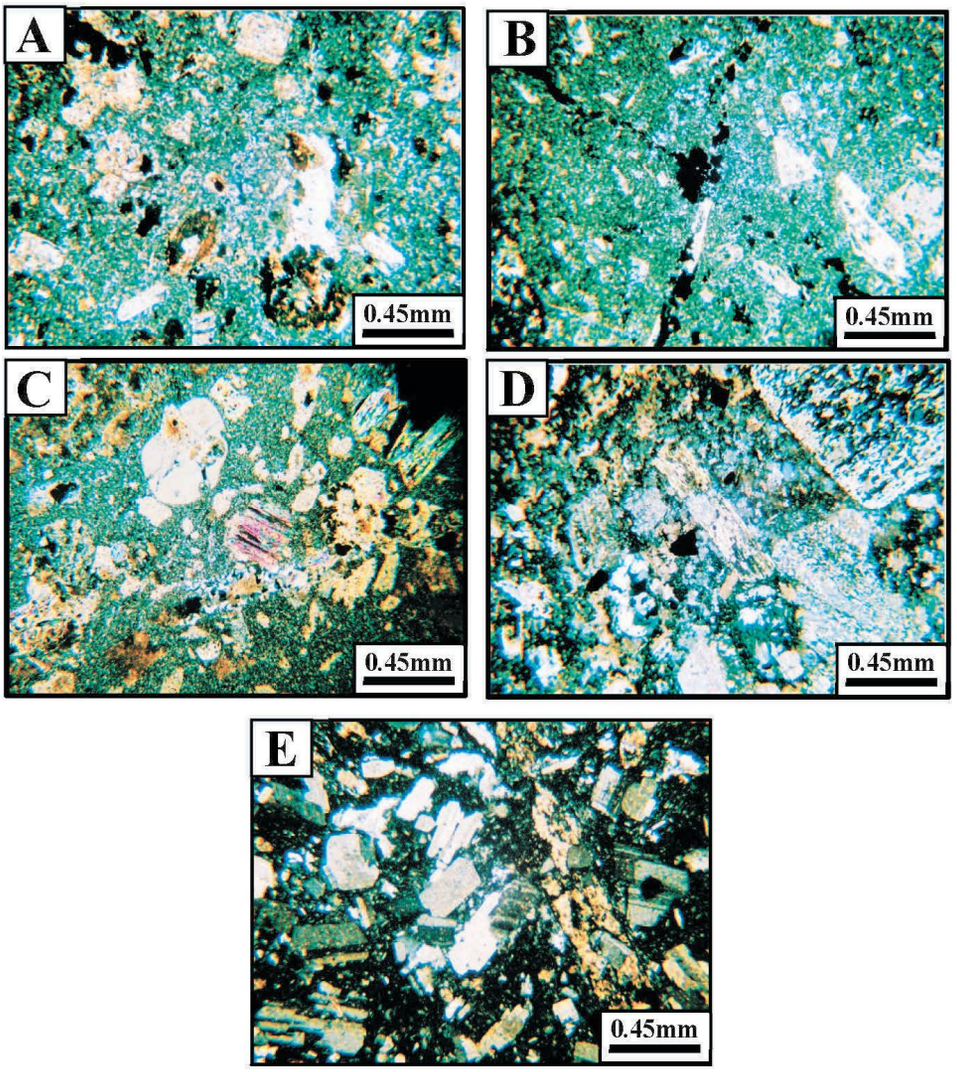

شکل ۵. نقشه دگرسانی محدوده اکتشافی بارملک (شرکت مهندسین زرناب، مقیاس ۱:۵۰۰۰)



www.SID.ir

Archive of SID






شـــکل ۶. A) بافت پورفیریک با خمیره متوســـط بلور و دگرسانی فیلیک ضعیف تا متوســـط-آرژیلیک، پروپیلیتیک ضعیف تا متوسط در توده پورفیری، B) بافت پورفیریک با خمیره ریزبلور و دگرسانی فیلیک ضعیف-پروپیلیتیک ضعیف تا متوسط در توده پورفیری، C) تجزیه بیوتیت به کلریت، موسکویت و کربنات در دایک کوارتزدیوریتی نسل اول، D) تجزیه بلورهای نیمه شکل‌دار تا شکل‌دار بیوتیت به کلریت و کربنات در دایک کوارتزدیوریتی نسل دوم، E) بافت پورفیریک با خمیره درشت‌بلور و دگرسانی فیلیک ضعیف-پروپیلیتیک ضعیف در آندزیت

روی شـــامل گالن و اســـفالریت در این منطقه به‌وفور دیده می‌شوند. این کانی‌سازی اغلب به فرم رگه-رگچه‌ای در توده کوارتزمونزونیت پورفیری و سنگ‌های درون‌گیر توده توسعه یافته‌است و در تمامی گمانه‌های اکتشافی کمابیش مشاهده شده اســـت. پیریت به فرم افشان، رگه-رگچه‌ای و پرکننده سطوح درزه در تمامی سنگ‌های این منطقه مشاهده شده است. از کانی‌های اکسیدی می‌توان به مگنتیت و هماتیت اشـــاره کرد. مگنتیت در توده کوارتزمونزونیت پورفیری به مارتیت تجزیه شده است (شکل ۷-B).

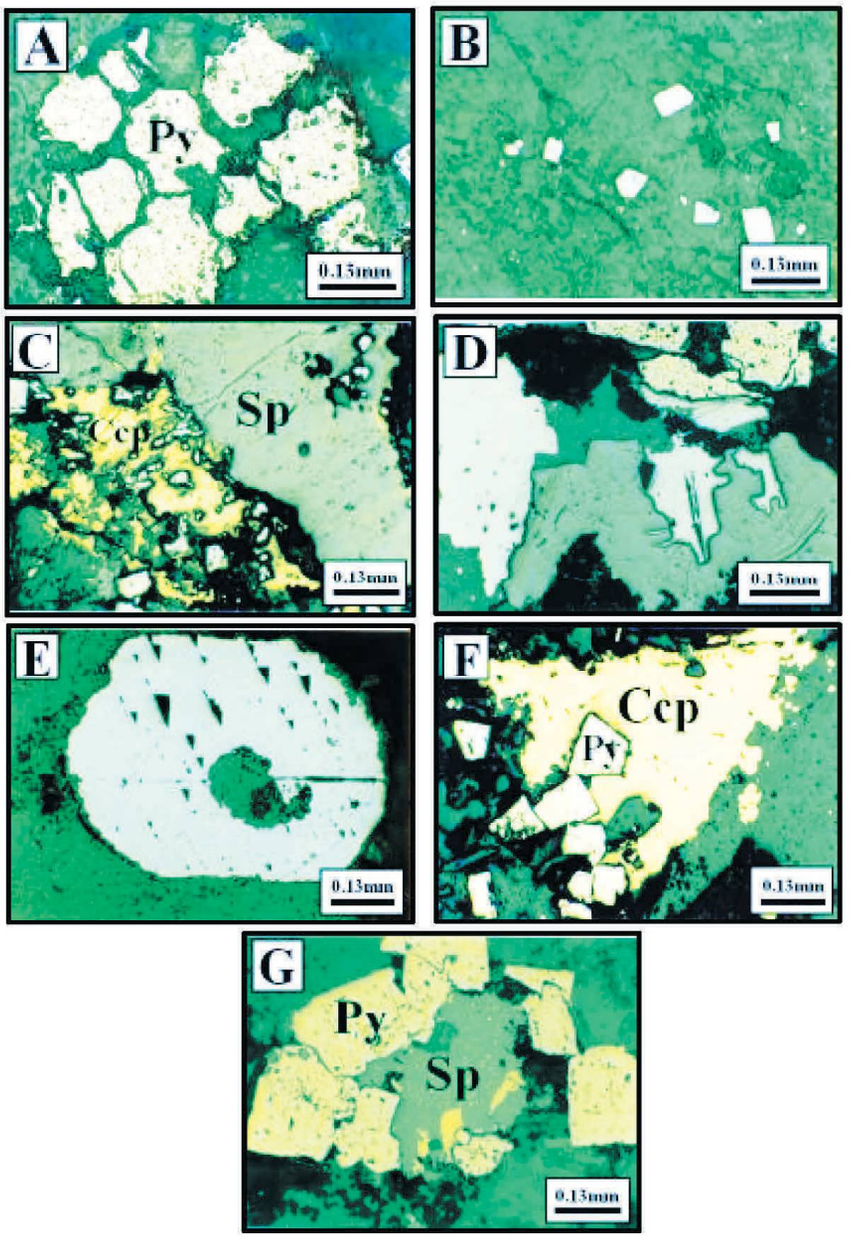
پیریت به فرم افشـــان و به‌صورت بلورهای شـــکل‌دار تا نیمه شکل‌دار (شکل ۷-A) و همچنین به فرم رگه-رگچه‌ای و افشـــان در توده کوارتزمونزونیت پورفیری دیده می‌شود. اصولاً میزان پیریت در این توده کم اســـت و شـــاید یکی از دلایل عدم غنی‌شـــدگی زون سوپرژن همین مسئله باشد. با عنایت به اینکه زون ســـوپرژن در اثر ســـطح فرسایش و عمق فرســـایش بالا از بین رفته است، اظهار نظر قطعی در این خصوص منطقی به نظر نمی‌رســـد. پیریت در برخی از نمونه‌ها توسط گوتیت جانشین شده است. همچنین پیریت توســـط کالکوپیریت و اسفالریت جانشین شده است (شکل ۷-C). در نمونه‌های واجد گالن و اسفالریت اکسولوشن بین



www.SID.ir

Archive of SID






شـــکل ۷. A) پیریت‌های به فرم افشـــان و به‌صورت بلورهای بی‌شکل در توده کوارتزمونزونیت پورفیری، B) تجزیه مگنتیت به مارتیت در توده کوارتزمونزونیت پورفیری، C) جانشـــینی کالکوپیریت و اسفالریت به‌جای پیریت در توده کوارتزمونزونیت پورفیری، D) پیریت، گالن، اسفالریت و اکسولوشـــن بین کالکوپیریت و اســـفالریت در توده کوارتز مونزونیت پورفیری، E) گالن به فرم افشـــان با پیت‌های قابل مشـــاهده در توده کوارتزمونزونیت پورفیری، F) درهم‌رشـــدی پیریت و کالکوپیریت در نمونه‌های آندزیتی، G) جانشـــینی پیریت توســـط اسفالریت با اکسولوشن کالکوپیریت و اسفالریت در توف‌ها. حروف اختصاری (Ccp:Chalcopyrite، Py:Pyrite، Sp:Sphalerite)

کالکوپیریت و اسفالریت قابل مشاهده است و پاراژنز شامل پیریت، کالکوپیریت، گالن و اسفالریت است (شکل ۷-D). پیریت در برخی از نمونه‌ها توسط گالن و اسفالریت جانشین شده است. در این نمونه اکسولوشن کالکوپیریت و اسفالریت قابل رویت است. در نمونه‌های با کانی‌سازی گالن، پیت‌های آن به‌خوبی قابل مشاهده است (شکل ۷-E). همان‌طوری‌که اشاره شد کانی‌سازی علاوه بر توده نفوذی کوارتزمونزونیتی در ســـنگ‌های درون‌گیر ولکانیک و ولکانو-کلاستیک نیز انجام شده است. پیریت در نمونه‌های آندزیتی به فرم افشان حضور دارد و در هم‌رشدی پیریت و کالکوپیریت نیز در آن‌ها قابل روئیت است (شکل ۷-F). در نمونه‌های آذرآواری نیز پیریت‌های شکل‌دار به همراه هم‌رشدی پیریت و کالکوپیریت



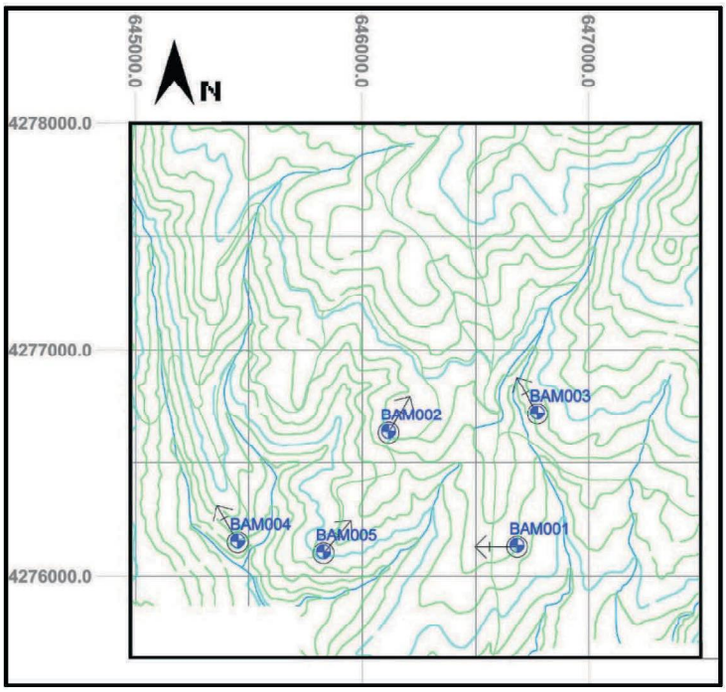
www.SID.ir

Archive of SID



جدول ۱. پارامترهای آماری عیار مس مغزه‌های حفاری

| BH No | Depth | Total sample | Cu Ave% | CuMax% | Cu≤0.15% | | Cu>0.15% | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Ave | Num of sam | Ave | Num of sam |
| BAM_01 | ۳۶۰/۵۰ | ۱۶۲ | ۰/۰۲۵ | ۰/۲۶ | ۰/۰۱۴ | ۱۵۴ | ۸ | ۰/۲۳ |
| BAM_02 | ۳۱۶/۳۰ | ۸۳ | ۰/۰۱ | ۰/۱۷ | ۰/۰۰۸ | ۸۲ | ۱ | ۰/۱۷ |
| BAM_03 | ۳۱۹/۰۰ | ۳۳ | ۰/۰۱۶ | ۰/۱۶ | ۰/۰۱۱ | ۳۲ | ۱ | ۰/۱۶ |
| BAM_04 | ۳۵۲/۲۰ | ۳۵ | ۰/۰۱۲ | ۰/۰۸ | ۰/۰۱۲ | ۳۵ | ۰ | ۰ |
| BAM_05 | ۳۰۰/۶۰ | ۲۷ | ۰/۰۴۲ | ۰/۵۱ | ۰/۰۱۶ | ۲۵ | ۲ | ۰/۳۸ |
| TOTAL | ۱۶۴۸/۶۰ | ۳۴۰ | ۰/۰۲ | ۰/۵۱ | ۰/۰۱۲ | ۳۲۸ | ۱۲ | ۰/۲۵ |




شکل ۸. پلان گمانه‌های اکتشافی در محدوده بارملک

مشاهده می‌شـــود. همچنین پیریت در این نمونه‌ها توسط اسفالریت جانشین شده و جدایش کالکوپیریت و اسفالریت نیز در این سنگ‌ها مشاهده می‌شود (شکل ۷-G).

با توجه به اینکه در منطقه اکتشافی سونگون دایک‌های کوارتزدیوریتی نســـل اول بعد کانی‌ســـازی و حتی بعد از تشکیل زون سوپرژن به درون توده پورفیری سونگون تزریق شـــده‌اند (Moayyed، 1383)، لذا می‌توان کانی‌ســـازی گالن و اســـفالریت در این توده را بـــه فرآیندهای تاخیری اپی ترمالی نســـبت داد که حتی توانسته است دایک‌های بعد کانی‌ســـازی را نیز تحت تأثیر قـــرار دهد. در مجموع بررسی عیار و گسترش کانی‌ســـازی مس در توده بارملک نشـــان می‌دهد که این محدوده از پتانسیل مناسبی برای پی‌جویی ذخائر مس پورفیری برخوردار نیســـت. جدول ۱ وضعیت کانی‌سازی مس در پنج گمانه اکتشافی را مشخص می‌کند.

در شـــکل ۸ پـــلان و مقاطع پنج گمانه اکتشـــافی که براساس شواهد سطحی کانی‌سازی و مطالعات ژئوشیمیایی ارائه گردیده، دیده می‌شـــود. عمق حفاری‌هـــا از ۳۰۰/۶۰ متر تا ۳۶۰/۵۰ متر متغیر اســـت و مجموع متراژ حفاری‌ها ۱۶۴۸/۶ متر می‌باشـــد. اطلاعات سنگ‌شناســـی، مینرال زون، دگرسانی و عیار گمانه‌ها در شکل ۹ آمده است.

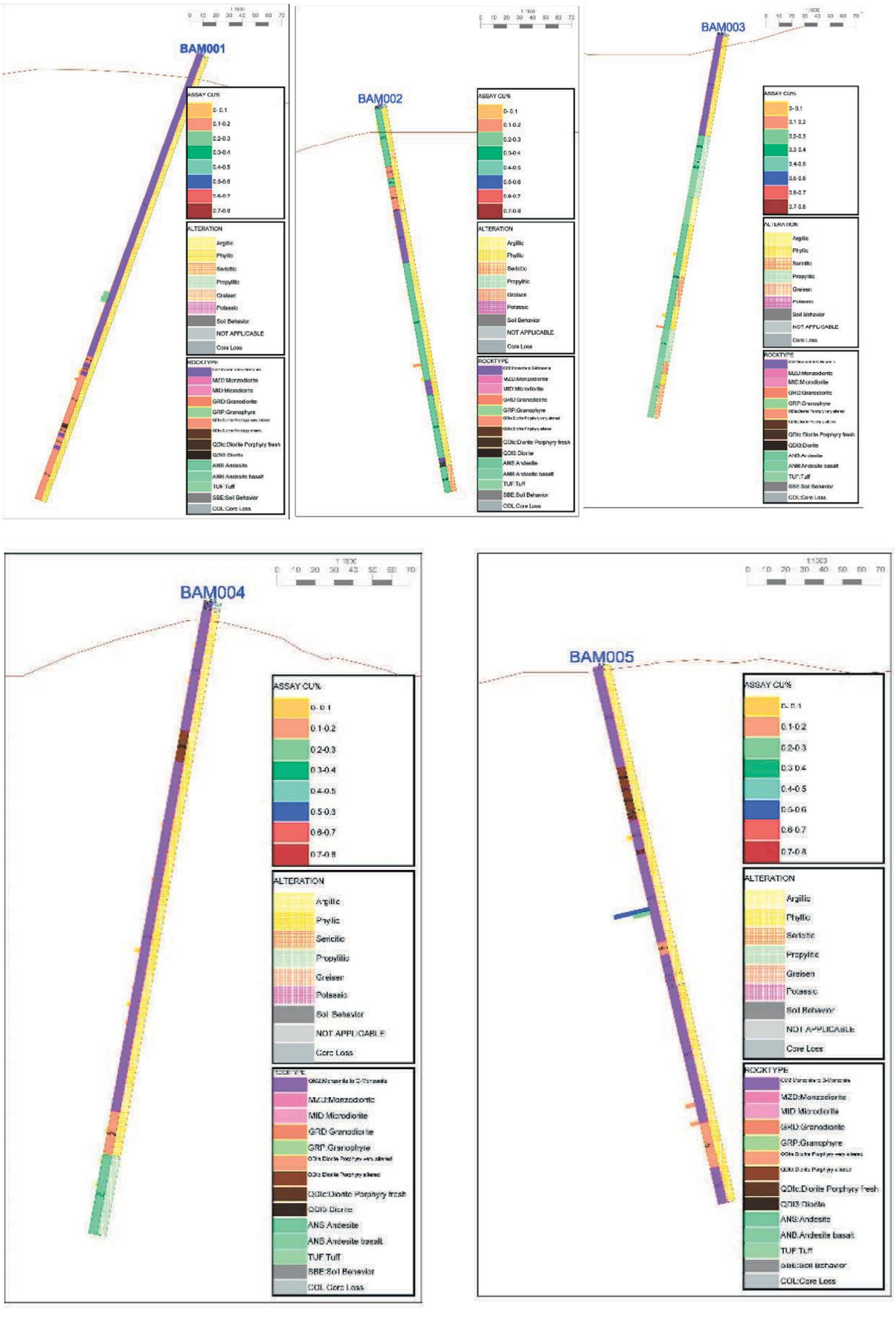
بررسی‌های صحرائی و لاگینگ گمانه‌های حفاری شده



www.SID.ir

Archive of SID






شکل ۹. نمایش لیتولوژی، دگرسانی و عیار در گمانه‌های اکتشافی محدوده بارملک



www.SID.ir

Archive of SID


در منطقه بارملک نشـــان می‌دهد که دگرســـانی غالب در توده کوارتزمونزونیت پورفیری فیلیک همراه با پروپیلیتیک و آرژیلیـــک، در دایک‌های کوارتزدیوریتی نســـل اول و دوم پروپیلیتیـــک همراه با سریســـیت و آرژیلیـــک ضعیف و در سنگ‌های ولکانیک و ولکانو-کلاستیک ائوسن پروپیلیتیک ضعیف می‌باشد.

## نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از بررســـی‌های زمین‌شناســـی سطحی و اطلاعات گمانه‌های اکتشافی در منطقه بارملک را می‌توان به‌صورت زیر جمع‌بندی کرد:

عمق زون‌های سولفوره در منطقه آنومال بارملک ۶۰ تا ۱۰۰ متر می‌باشد و در کل کمتر از ۱۰۰ متر برآورد شده است. تنوع‌های لیتولوژیک در این منطقه به ترتیب رخداد ســـنی شامل سنگ‌های ولکانیک و ولکانو-کلاستیک ائوسن، توده کوارتزمونزونیت پورفیری و دایک‌های کوارتزدیوریتی نســـل اول و دوم است. دگرسانی‌های غالب در توده کوارتزمونزونیت پورفیری که در واقع ادامه توده کیقال پورفیری به ســـمت جنوب‌غرب است شامل دگرسانی‌های فیلیک، پروپلیتیک و آرژیلیک بوده و به علت حاشیه‌ای بودن، دگرسانی پتاسیک در این منطقه دیده نمی‌شـــود. میـــزان پیریت این توده کم اســـت و شـــاید یکی از دلایل عدم تشـــکیل زون غنی‌شده سوپرژن همین مســـئله باشد. کانی‌سازی مشاهده شده در توده پورفیری بارملک شامل کالکوپیریت، گالن، اسفالریت و پیریت به فرم افشـــان، رگه-رگچه‌ای و پرکننده سطوح درزه می‌باشد و گسترش کانی‌سازی سرب و روی در این منطقه دلالت بر قرار داشـــتن این منطقه در بخش حاشیه‌ای یک توده پورفیری است. کانی‌سازی سرب و روی علاوه بر توده پورفیری، در دایک‌های کوارتزدیوریتی نسل اول و سنگ‌های درون‌گیر نیز توسعه یافته است. مشاهده کانی‌سازی سرب و روی در دایک‌های کوارتزدیوریتی نسل اول بعد کانی‌سازی سوپرژن نشان می‌دهد که تزریق این دایک‌ها قبل از رخداد فاز اپی‌ترمالی توده پورفیری انجام شده است.

## منابع


- بابائـــی، ع.، علـــوی تهرانی، م. و نوگل‌ســـادات، ج.، ۱۳۷۵. نقشـــه توپوگرافی اهر با مقیـــاس ۱:۲۵۰۰۰۰. سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- حیـــدری، م.، مؤید، م. و طالبی‌راد، ف.، ۱۳۸۶. ماگماتیسم پلیوکواترنری در محدوده معدن مس سونگون. هفتمیـــن همایش ســـالانه انجمن زمین‌شناســـی ایران، دانشگاه اصفهان، ۴۴۷-۴۳۸.
- سیمونز، و.، کلاگری، ع.ا.، مؤید، م. و جهانگیری، ا.، ۱۳۹۰. بررســـی زون‌های دگرسانی نوع پورفیری و رفتار ژئوشیمیائی عناصر کمیاب و نادر خاکی در آنها در منطقه کیقال (شمال ورزقان، آذربایجان‌شرقی). مجله بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، ۱۹، ۴، ۵۷۸-۵۶۵.
- ســـیمونز، و.، کلاگـــری، ع.ا.، مؤیـــد، م. و جهانگیری، ا.، ۱۳۸۹. بررسی سنگ‌شناسی و سنگ‌زائی اســـتوک کوارتزمونزونیت پورفیری کیقال (شمال ورزقان، آذربایجان‌شـــرقی). فصلنامه زمین‌شناسی ایران، ۴، ۱۳، ۶۰-۴۷.
- شـــرکت مهندســـی زرنـــاب، ۱۳۸۷. گـــزارش زمین‌شناسی محدوده بارملک، ۱۵۲.
- شرکت مهندسی و مشاوره‌ای پارس‌اولنگ، ۱۳۸۸. گزارش زمین‌شناسی محدوده بارملک، ۱۶۶.

- Ayati, F., Yavuz, F., Noghreyan, M., Haroni, H.A. and Yavuz, R., 2008. Chemical characteristics and composition of hydrothermal biotite from the Dalli porphyry copper prospect, Arka, central province of Iran. Mineralogy and Petrology, 94,1, 107-122.
- Chen, J.L., Xu, J.F., Wang, B.D., Yang, Z.Y., Ren, J.B., Yu, H.X., Liu, H. and Feng, Y., 2015. Geochemical differences between subduction and collision-related copper bearing porphyries and implications for metallogenesis. Ore Geology Reviews, 70,1, 424-437.
- Guilbert, J.M. and Park, C.F., Jr., 1986. The Geology of Ore Deposits. Freeman and Company, New York, 985.
- Hassanpour, Sh., Alirezaei, S., Selby, D. and Sergeev, S., 2015. SHRIMP zircon U-Pb and




www.SID.ir

Archive of SID



biotite and hornblende Ar-Ar geochronology of Sungun, Haftcheshmeh, Kighal and Niaz porphyry Cu-Mo systems: evidence for an early Miocene porphyry-style mineralization in northwest Iran. International Journal of Earth Sciences, 104,1, 45-59.

- Moayyed, M., 2004. Reporting of geological studies and drilling cores of logging in Barmolk limit. Pars olang Engineering and Consulting Co, Tehran, 170.

- Richards, J.P., 2005. Cumulative factors in the generation of giant calc-alkaline porphyry Cu deposits, in Porter, T.M., (ed.), Super porphyry copper and gold deposits. A Global Perspective, PGC Publishing, Adelide, 1, 7-25.

- Richards, J.P., Boyce, A.J. and Pringle, M.S., 2001. Geological evolution of the Escondida area, northern Chile: A model for spatial and temporal localization of porphyry Cu mineralization. Economic Geology, 96, 271-305.

- Shahabpour, J., 1999. The role of deep structures in the distribution of some major ore deposits in Iran, NE of Zagros thrust zone. Journal of Geodynamics, 28, 237-250.

- Sillitoe, R.H., 1989. Gold deposits in western Pasific island arcs: the magmatic connection, in: Keays, R.R., Ramsay, W.R.H., and Groves, D.I. (eds.) The geology of gold deposits: the perspective in 1988. Economic Geology Monograph, 6, 274-291.

- Sillitoe, R.H., 1993. Gold-rich porphyry copper deposits: Geological model and exploration implications. Geological Association of Canada Special Paper, 40, 465-478.

- Sillitoe, R.H., 1994. Erosion and collapse of volcanoes: Causes of telescoping in intrusion-centered ore deposits. Geology, 22, 945-948.

- Sillitoe, R.H., 1998. Major regional factors favoring large size, high hypogene grade elevated gold content and supergene oxidation and enrichment of porphyry copper deposits, in: Porter, T.M., (ed.), Porphyry and Hydrothermal copper and gold deposits. A Global Perspective: PGC Publishing, Adelide, 21-34.

- Sillitoe, R.H., 2000. Gold-rich porphyry deposits: Descriptive and genetic models and their role in exploration and discovery. SEG Reviews, 13, 315-345.

- Titley, S.R. and Hicks, C.L., 1966. Geology of the porphyry copper deposits, Southwestern North America. Tuoson: Univ, Ariz Press, 287.

- Waterman, G.C. and Hamilton, R.L., 1975. The Sar Cheshmeh porphyry copper deposit. Economic Geology, 70, 568-576.

- Zarasvandi, A., Liaghat, S. and Zentilli, M., 2005. Geology of the Darreh-Zerreshk and Ali-Abad porphyry copper deposites, central Iran. International Geology Review, 47,6, 620-646.



www.SID.ir