IRANIAN SOCIETY of CRYSTALLOGRAPHY and MINERALOGY

Vol. 17, No. 4, Winter 1388/2010

IRANIAN JOURNAL of CRYSTALLOGRAPHY and MINERALOGY

The mineralogy of alteration systems in Masjeddaghi, east of Jolfa, East - Azarbaidjan Province

Soheila Sheikh[1], Ali Asghar Calagari[1, 2*], Ali Abedini[3]

1 -Geology Department, Faculty of Natural Sciences, Tabriz University 51666
2- Research Institute for Fundamental Sciences (RIFS), Tabriz University, 51666
3 -Geology Department, Faculty of Sciences, Urmia University, 57173

(Received: 27/2/2009, in revised form: 21/7/2009)

Abstract: Masjeddaghi area is located about 35 km east of Jolfa, north of East-Azarbaidjan province. Field and mineralogical studies show that quartz-diorite subvolcanic stock and quartz-andesitic volcanic rocks in this area were altered by both hypogene and supergene hydrothermal solutions. Alterations are genetically affiliated with four groups of (1) quartz, (2) sulfide, (3) sulfate, and carbonate veinlets and micro-veinlets. The principal hypogene alteration zones recognized in the area are (1) potassic; (2) potassic-phyllic; (3) phyllic; (4) phyllic-argillic; (5) intermediate argillic; (6) propylitic; and (7) silicified. Two zones of supergene alterations were identified: (1) leached and oxidized cap and (2) supergene sulfide blanket. The hypogene copper sulfide ore minerals in order of abundance are chalcopyrite, bornite, and chalcocite that were developed mainly in the potassic, potassic-phyllic, and phyllic alteration zones. The supergene minerals that are intimately related to hypogene alteration zones include kaolinite, goethite, limonite, Mn-oxides, jarosite, malachite, azurite, covellite, and chalcocite. Considerations indicate that the supergene sulfide blanket in this area has not been well-developed and does not have considerable thickness and ore tenor.

Keywords: *Masjeddaghi, Jolfa, mineralogy, alteration zones, mineralization*.

*Corresponding author, Tel.: +98 (0411) 3392699, Fax: +98 (0411) 3356027, E-mail: calagari@tabrizu.ac.ir

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-19]

مجله بلورشناسی و کانی شناسی ایران

سال هفدهم، شمارهٔ ۴، زمستان ۸۸، از صفحهٔ ۵۷۹ تا ۵۹۰

انجمن بلورشناسی و کانی شناسی ایران

کانی‌شناسی سیستم‌های دگرسانی منطقهٔ مسجدداغی، شرق‌جلفا، استان آذربایجان شرقی

سهیلا شیخ [۱]، علی اصغر کلاگری [۱و۲*]، علی عابدینی [۳]

۱- گروه زمین شناسی، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز، کد پستی ۵۱۶۶۶

۲- موسسه تحقیقاتی علوم پایه، دانشگاه تبریز، کد پستی ۵۱۶۶۶

۳- گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه ارومیه، کدپستی ۵۷۱۷۳

(دریافت مقاله: ۸۷/۱۱/۸ ، نسخه نهایی: ۸۸/۴/۱)

چکیده: منطقهٔ مسجدداغی، در ۳۵ کیلومتری شرق جلفا، شمال استان آذربایجان شرقی واقع شده است. بررسی‌های صحرایی و کانی-شناسی نشان می‌دهند که استوک توده‌های نفوذی کم عمق کوارتز دیوریتی و سنگ‌های کوارتز آندزیتی این منطقه در اثر گرمابی‌های درونزاد و برونزاد دگرسان شده‌اند. دگرسانی‌ها از نظر ژنتیکی در ارتباط با ۴ گروه از رگچه‌ها و ریز رگچه‌های (۱) کوارتزی، (۲) سولفیدی، (۳) سولفاتی، و (۴) کربناتی تشکیل شده‌اند. عمده زون‌های دگرسانی درونزاد تشخیص داده شده در منطقه عبارتند از، (۱) پتاسیک، (۲) پتاسیک- فیلیک، (۳) فیلیک، (۴) فیلیک- آرژیلیک، (۵) آرژیلیک حد واسط، (۶) پروپلیتیک و (۷) سیلیسی. دو زون دگرسانی برونزاد شناسایی شده عبارتند از: (۱) پوشش شسته و اکسیده شده و (۲) قشر سولفیدی برونزاد. کانه‌های سولفید مس درونزاد به‌ترتیب فراوانی شامل کالکوپیریت، بورنیت وکالکوسیت بوده که بیشتر در زون‌های دگرسانی پتاسیک، پتاسیک- فیلیک و فیلیک گسترش یافته‌اند. کانی‌های برونزاد که رابطهٔ تنگاتنگی با زون‌های دگرسانی درونزاد دارند شامل کائولینیت، گوتیت، لیمونیت، اکسیدهای منگنز، جاروسیت، مالاکیت، آزوریت، کوولیت و کالکوسیت می‌شوند. بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که قشر سولفیدی برونزاد در این منطقه به‌خوبی گسترش نیافته و از ضخامت و عیار کانسنگی قابل توجهی برخوردار نیست.

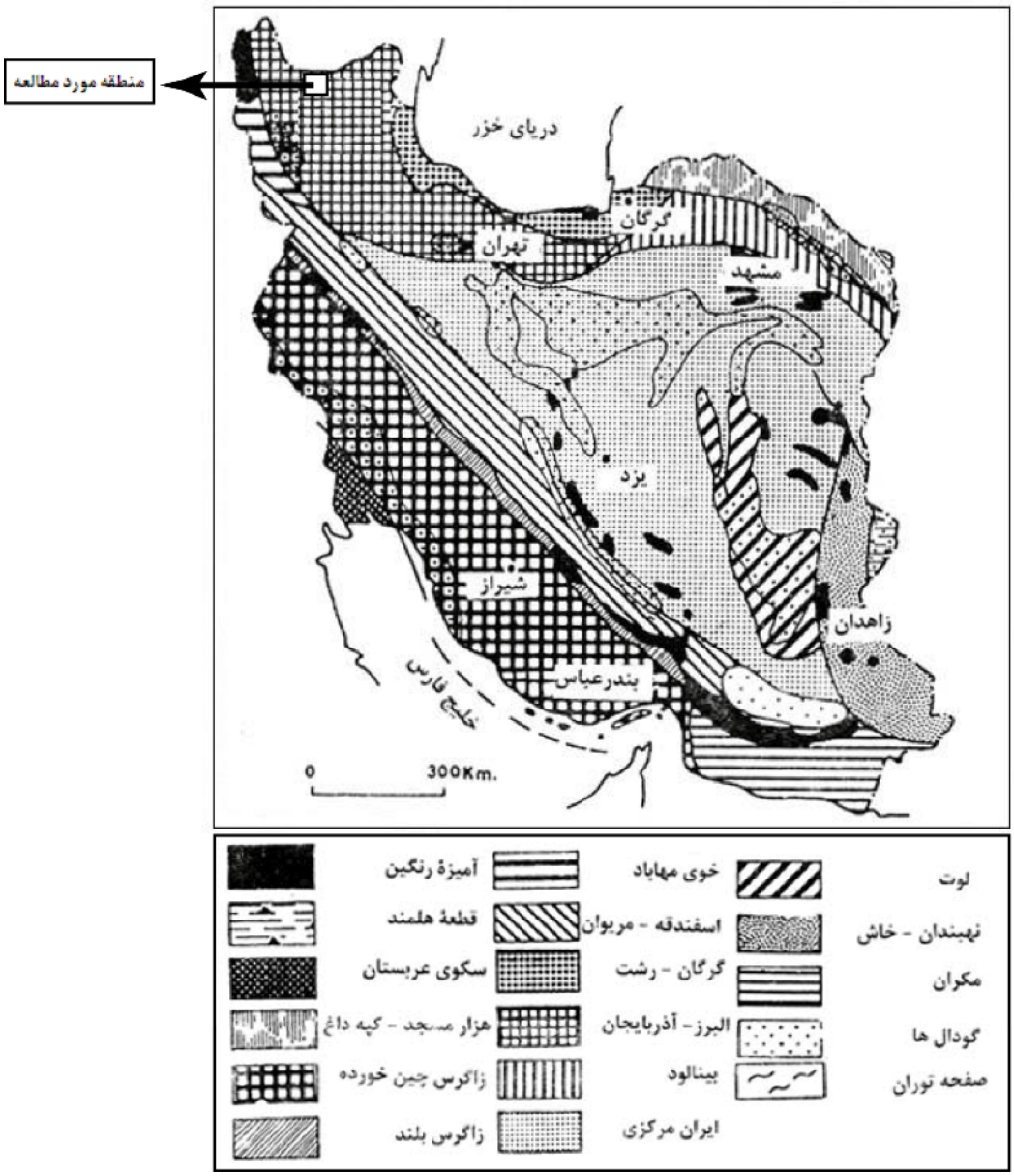
واژه‌های کلیدی: *مسجدداغی، جلفا، کانی‌شناسی، زون‌های دگرسان، کانه زایی.*

مقدمه

منطقهٔ مسجدداغی، در۳۵ کیلومتری شرق شهرستان جلفا و ۵ کیلومتری غرب شهرستان سیه رود، به‌مختصات جغرافیایی "۰۳، '۵۷، ۴۵° تا "۰۷، '۵۸، ۴۵° طول شرقی و"۱۱، '۵۲، ۳۸° تا "۴۴، '۵۲، ۳۸° عرض شمالی، در شمال استان آذربایجان شرقی واقع شده است. این منطقه از نظر تقسیم-بندی زون‌های زمین‌شناسی ایران [۱] در زون البرز- آذربایجان قرار می‌گیرد (شکل ۱). در سال‌های اخیر بررسی-های زیادی در زمینهٔ زمین‌شناسی این منطقه برای شناسایی پتانسیل‌های فلزی طلا و مس از سوی سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور صورت گرفته است. افزون بر بررسی-های انجام شده بالا، ویژگی‌های زمین‌شناسی اقتصادی این منطقه طی سالیان اخیر در قالب رساله‌های کارشناسی ارشد، دکترا و مقالات علمی- پژوهشی مورد توجه قرار گرفته و دو گونهٔ کانه‌زایی مس پورفیری و طلای وراگرمایی سولفیدی شدن بالا به‌عنوان دو رخداد فلززایی در این منطقه معرفی شده است [۲- ۵]. با نگاهی بر بررسی‌های انجام شده قبلی مشخص می-شود که تاکنون بررسی‌های انجام‌شده بیشتر روی سیستم کانی‌سازی طلا متمرکز بوده و سیستم دگرسانی منطقه کمتر مورد توجه قرار گرفته است. در این مقاله به‌تفصیل به بررسی ویژگی‌های کانی‌شناسی سیستم دگرسانی، بررسی رگچه‌ها و ریز رگچه‌های موجود در زون‌های دگرسان و نهایتاً با استفاده از نتایج به‌دست آمده به ارائه مدل کانه‌زایی پرداخته شده است.

* نویسنده مسئول، تلفن: ۳۳۹۲۶۹۹ (۰۴۱۱) ۹۸+، نمابر: ۳۳۵۶۰۲۷ (۰۴۱۱) ۹۸+، پست الکترونیکی: calagari@tabrizu.ac.ir

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-19]

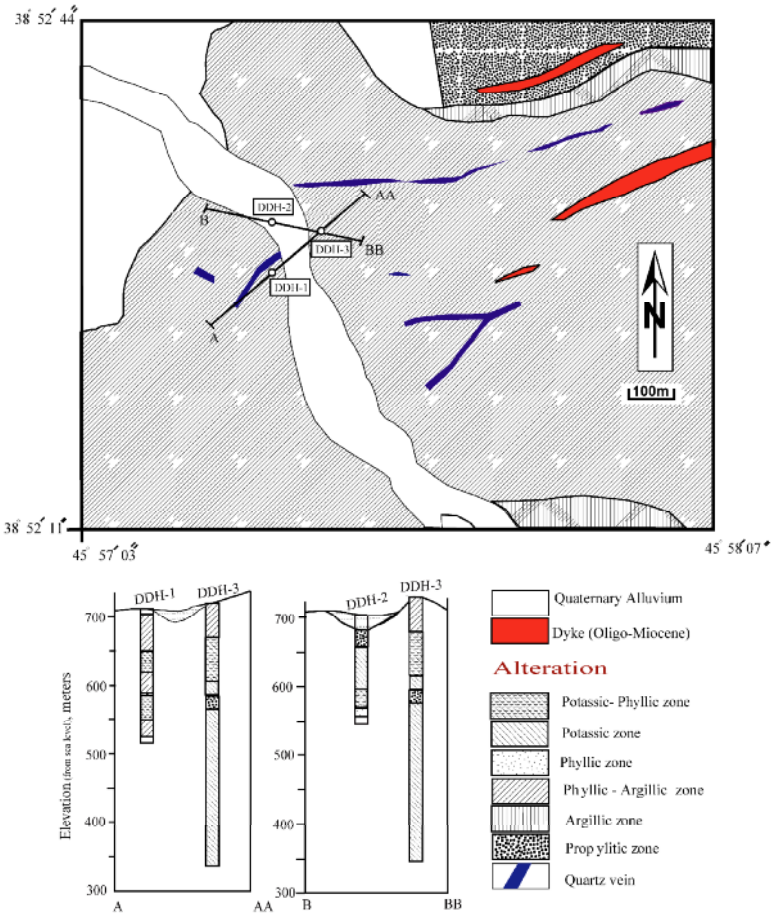


شکل ۱ موقعیت منطقهٔ مسجدداغی در تقسیم‌بندی زون‌های زمین‌ساختی ایران [۱].

روش بررسی

بررسی زون‌های دگرسان و کانه‌زایی‌های وابسته به آن‌ها در دو بخش صحرایی و آزمایشگاهی انجام شد. در بخش صحرایی پیمایش‌هایی برای بررسی تشکیلات واحدهای زمین‌شناسی موجود، زون‌های دگرسانی و کانه‌زایی در رخنمون‌های سطحی صورت گرفته است. با توجه به گونه گونی سنگی موجود، تعداد ۹۰ نمونه سنگی برای بررسی‌های سنگ‌نگاری برداشت شدند. هچنین برای بررسی‌های زون‌های دگرسانی و کانه‌زایی‌هایی که فاقد رخنمون‌های سطحی بودند، نمونه‌گیری از مغزه‌های حفاری (گمانه‌های DDH-1، DDH-2 و DDH-3) صورت گرفته است (به‌شکل ۲ مراجعه شود). بررسی‌های آزمایشگاهی که شامل شناسایی ویژگی‌های بافتی و ترکیب کانی‌شناسی سنگ‌های مربوط به زون‌های دگرسان و کانه‌زایی شده بود با بررسی سنگ‌نگاری حدود ۴۰ مقطع نازک، ۱۰ مقطع صیقلی و ۱۵ مقطع نازک- صیقلی انجام گردید.

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-19]



شکل ۲ نقشهٔ دگرسانی‌های درونزاد منطقه مسجدداغی و دو مقطع از گمانه‌های بررسی شده در راستاهای A-AA و B-BB در آن.

بحث و بررسی

زمین‌شناسی

با توجه به‌بررسی‌های زمین‌شناسی، نهشته‌های آواری فیلیش گونه ائوسن، سنگ‌های آذرین درونی و بیرونی الیگوسن، کنلگومرا با قلوه‌های آندزیتی و ته نشست‌های عصر حاضر مهم‌ترین واحدهای سنگی منطقهٔ مورد بررسی را تشکیل می‌دهند [۶، ۷]. بررسی‌های صحرایی و سنگ‌نگاری نشان می‌دهند که ترکیب سنگ‌های آتشفشانی در حد کوارتزآندزیت، ریوداسیت و داسیت، و ترکیب سنگ‌های نفوذی شامل کوارتزدیوریت و هورنبلند- بیوتیت مونزودیوریت هستند. مجموعه‌های یاد شده با دایک‌هایی با ترکیب غالب آندزیتی و به‌طور محدود گرانیتی تا گرانودیوریتی قطع شده‌اند.

دگرسانی

با توجه به مشاهدات صحرائی و سنگ‌نگاری سنگ‌های کوارتز دیوریتی و کوارتزآندزیتی منطقه در اثر گرماب‌ها دگرسان شده‌اند. این دگرسانی‌ها شامل کانی‌های فلدسپار پتاسیم، بیوتیت، سریسیت، پیریت، کوارتز، کائولینیت، ایلیت، کلریت، اپیدوت، انیدریت، کلسیت، جاروسیت، گوتیت، لیمونیت، کالکوسیت، کوولیت، اکسیدهای منگنز، مالاکیت و آزوریت بوده و از دو نوع درونزاد و برونزاد تشکیل شده‌اند.

دگرسانی درونزاد

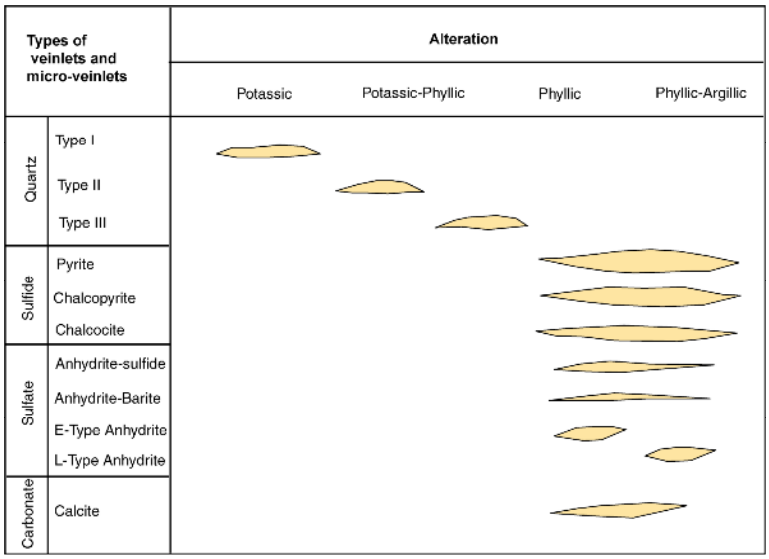
هفت زون دگرسانی درونزاد در مسجدداغی تشخیص داده شده‌اند: (۱) پتاسیک، (۲) پتاسیک-فیلیک، (۳) فیلیک، (۴) فیلیک- آرژیلیک، (۵) آرژیلیک حدواسط، (۶) پروپلیتیک و (۷) سیلیسی (شکل ۲). دگرسانی‌های سیلیسی و آرژیلیک حدواسط اساساً به‌سنگ‌های کوارتز آندزیتی، دگرسانی‌های پتاسیک، پتاسیک- فیلیک و فیلیک به‌سنگ‌های کوارتزدیوریتی و دگرسانی فیلیک- آرژیلیک و پروپلیتیک، به هر دو نوع سنگی وابسته‌اند. تنها دگرسانی‌های آرژیلیک حدواسط، فیلیک- آرژیلیک، پروپلیتیک و سیلیسی در سطح زمین رخنمون دارند

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-19]

(شکل ۲). شناسایی سایر دگرسانی‌ها از طریق بررسی مغزه‌های حفاری صورت گرفته است. حضور رگچه‌ها و ریزرگچه‌های فراوان در اغلب زون‌های دگرسان درونزاد نشان می‌دهد که شکستگی‌ها و ریزشکستگی‌های متقاطع نقش مهمی در رهنمون گرماب‌ها و دگرسانی سنگ‌های میزبان فراهم کرده‌اند. بر اساس محتوای کانیائی و چگونگی تقاطع، رگچه‌ها و ریز رگچه‌ها در استوک کوارتزدیوریتی به انواع زیر طبقه‌بندی شده‌اند (شکل ۳):

الف) رگچه‌ها و ریز رگچه‌های کوارتزی: این گروه که تقریباً در همه جا حضور دارند به سه زیر گروه جدایش پذیرند. رگچه‌ها و ریزرگچه‌های زیر گروه I نسبتاً باریک‌اند و غالباً با مقادیر ناچیزی پیریت و کالکوپیریت همراهند. بلورهای کوارتز غالباً ریزدانه‌اند و بافت موزائیکی دارند. اندازهٔ سولفیدها کوچک و تقریباً نزدیک به دانه‌های کوارتز و به‌طور کلی شبیه به سولفیدهای پراکنده در زمینه‌اند. این رگچه‌ها در برخی از بخش‌ها شکل منحنی و نامنظم دارند که احتمالاً زمانی که سنگ میزبان کاملاً جامد نشده بود، دستخوش تغییرشکل پلاستیکی شده‌اند [۸]. رگچه‌ها و ریزرگچه‌های زیر گروه II رگچه‌ها و ریزرگچه‌های زیر گروه I را قطع کرده و ضخامت بیشتری نسبت به آن‌ها دارند. کوارتز به‌صورت بلورهای میان دانه‌ای با بافت موزائیکی حضور دارد که با مقداری سولفید همراهی می‌شود. سولفیدها در بخش میانی رگچه‌ها قرار داشته و بیشتر به‌صورت پیریت و به مقدار کمتر کالکوپیریت درآمده‌اند. مقادیر ناچیزی کالکوسیت و کوولیت نیز در این رگچه‌ها دیده می‌شود که از دگرسانی برونزاد کالکوپیریت حاصل شده‌اند. رگچه‌ها و ریزرگچه‌های زیر گروه III، رگچه‌های زیر گروه II را کرده، و از نظر کانی‌شناسی مشابه آن‌ها بوده ولی ضخامت کمتری نسبت به آن‌ها دارند.

ب- رگچه‌ها و ریزرگچه‌های سولفیدی: این گروه در زون‌های دگرسانی فیلیک و پتاسیک- فیلیک مشاهده شده و به سه زیر گروه (۱) پیریتی و (۲) کالکوپیریتی و (۳) کالکوسیتی تقسیم می‌شوند. رگچه‌ها و ریز رگچه‌های پیریتی فراوان‌تر از رگچه‌ها و ریزرگچه‌های کالکوپیریتی بوده و بیشتر حاوی بلورهای درشت پیریت و مقادیر کمی کالکوپیریت ریزدانه و بلورهای ریز تا متوسط دانه کوارتز هستند. این رگچه‌ها اغلب نامنظم و ناپیوسته بوده و بلورهای پیریت در آن‌ها به‌طور منطقه‌ای شکسته شده‌اند. این رگچه‌ها، غالباً رگچه‌های کوارتز را قطع کرده‌اند که نشان می‌دهد پس از آن‌ها تشکیل شده‌اند. بلورهای پیریت مجاور این رگچه‌ها بسیار شبیه به پیریت‌های درون این رگچه‌ها هستند. رگچه‌ها و ریزرگچه‌های کالکوپیریتی، رگچه‌های کوارتز را قطع کرده، فراوانی کمتری داشته، باریک و ناپیوسته‌اند و بیشتر حاوی کالکوپیریت و مقادیر کمی پیریت و کوارتزند. در برخی قسمت‌ها مقادیر ناچیزی کالکوسیت و کوولیت نیز دیده می‌شوند که از دگرسانی برونزاد کالکوپیریت حاصل شده‌اند. سولفیدها در این رگچه‌ها و ریزرگچه‌ها همانند رگچه‌های دیگر بسیار شبیه به سولفیدهای پراکنده در متن سنگ هستند. رگچه‌های کالکوسیتی تنها در نمونهٔ دستی زون پتاسیک مشاهده شده‌اند.



شکل۳ ردیف شدگی رگچه‌ها و ریز رگچه‌ها در زون‌های دگرسان منطقهٔ مسجدداغی.

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-19]

ج- رگچه‌ها و ریزرگچه‌های سولفاتی: این رگچه‌ها و ریزرگچه‌ها اساساً در زون پتاسیک و به مقدار کمتر در زون پتاسیک- فیلیک حضور دارند و به چهار زیر گروه (۱) رگچه‌ها و ریزرگچه‌های انیدریت- سولفید، (۲) انیدریت- باریت (۳) انیدریت مرحلهٔ پیشین (Early anhydrite) و (۴) انیدریت مرحلهٔ پسین (Late anhydrite) قابل تفکیک‌اند. رگچه‌ها و ریزرگچه‌های انیدریت- سولفید باریک و ادامه‌دار بوده و رگچه-های کوارتز را قطع کرده‌اند و بیشتر حاوی انیدریت و سولفیدند. بلورهای انیدریت ریز تا میان دانه بوده و بافت موزائیکی نشان می‌دهند. سولفیدها غالباً پیریت و به مقدار کمتر کالکوپیریت و بسیار شبیه به سولفیدهای مجاور رگه‌ها هستند. مقدار ناچیزی کوارتز ریزدانه نیز در این رگچه‌ها دیده می‌شود. رگچه‌ها و ریزرگچه‌های باریت- انیدریت بیشتر شامل باریت و انیدریت‌اند و رگچه‌های کوارتز- سولفید را قطع می-کنند. در اغلب موارد انیدریت در حاشیهٔ رگچه‌ها و باریت در مرکز آن‌ها دیده می‌شود. به‌نظر می‌رسد که گرماب‌ها در آغاز غنی از کلسیم بوده‌اند که باعث شده‌اند تا نخست انیدریت و سپس باریت ته‌نشین شوند. در رگچه‌ها و ریزرگچه‌های انیدریت مرحلهٔ پیشین بلورهای انیدریت غالباً ریزدانه‌اند و بافت موزائیکی دارند و اغلب با مقادیر ناچیزی سولفید و کوارتز ریزدانه نیز همراهند. این رگچه‌ها در بعضی از بخش‌ها با رگچه-ها و ریزرگچه‌های انیدریت مرحلهٔ پسین قطع شده و رگچه‌ها و ریزرگچه‌های کوارتز- سولفید را قطع کرده‌اند. رگچه‌ها و ریزرگچه‌های انیدریت مرحلهٔ پسین مشابه رگچه‌ها و ریزرگچه-های انیدریت مرحله پیشین بوده و آن‌ها را قطع کرده‌اند و طبعاً پس از آن‌ها تشکیل شده‌اند.

د- رگچه‌ها و ریز رگچه‌های کربناتی: این رگچه‌ها و ریزرگچه‌ها اساساً در زون دگرسانی فیلیک و به‌صورت رگچه‌های کلسیتی مشاهده می‌شوند.

کانی‌شناسی زون‌های درونزاد

۱- دگرسانی پتاسیک: دگرسانی پتاسیک با حضور پتاسیم فلدسپار ثانویه و بیوتیت ثانویه شناسایی می‌شود (شکل۴a). پتاسیم فلدسپار ثانویه به‌صورت بلورهای بی‌شکل ریزدانه در متن سنگ دیده می‌شود که جانشین پلاژیوکلاز شده‌اند. بیوتیت ثانویه به‌صورت فلس‌های خردشده که به‌طور کامل و یا بخشی جانشین صفحات بیوتیت‌های اولیه و فنوکریست‌های هورنبلند شده‌اند و گاهی به‌صورت انبوهه‌های ریز دانه در زمینه دیده می‌شوند. هورنبلند که در مواردی قالب اولیه آن به‌صورت شبح باقی مانده است، به‌طور کامل با بیوتیت ثانویه جانشین شده است. در قالب هورنبلند علاوه بر بیوتیت ثانویه، کلسیت ریزدانه و سولفیدها نیز قابل مشاهده‌اند. سولفیدها علاوه بر محل تخریب کانی‌های فرومنیزین به‌صورت پراکنده در متن سنگ نیز دیده می‌شوند. زون پتاسیک در راستای زون‌های شکسته، شدیداً سیلیسی شده است. تشکیل کلسدونی در راستای این زون‌ها احتمالاً در دماهای پائین‌تر و در مراحل تاخیری صورت گرفته است.

۲- دگرسانی فیلیک: کانی‌های زون فیلیک در مسجددداغی سریسیت، کوارتز و پیریت هستند.

۳- دگرسانی پتاسیک- فیلیک: این زون، حد واسط بین زون-های پتاسیک و فیلیک بوده و با حضور بیوتیت ثانویه، سرسیت، کوارتز و فلدسپار پتاسیم ثانویه مشخص می‌شود. سریسیت به-صورت بلورهای بسیار ریزدانه از دگرسانی فلدسپارها و پیریت به‌صورت بلورهای شکل‌دار تا نیمه شکل‌دار از دگرسانی بیوتیت‌ها و آمفیبول‌ها حاصل شده‌اند. در این زون علاوه بر پیریت سولفیدهای دیگر مانند کالکوپیریت و بورنیت نیز به-مقدار کم دیده می‌شوند.

۴- دگرسانی فیلیک-آرژیلیک: این دگرسانی به‌طور فراگیر اغلب سنگ‌های منطقه را تحت تأثیر قرار داده است. در این زون مقدار کمی از کانی‌های سریسیت تبدیل به کانی‌های رسی (کائولینیت) شده‌اند.

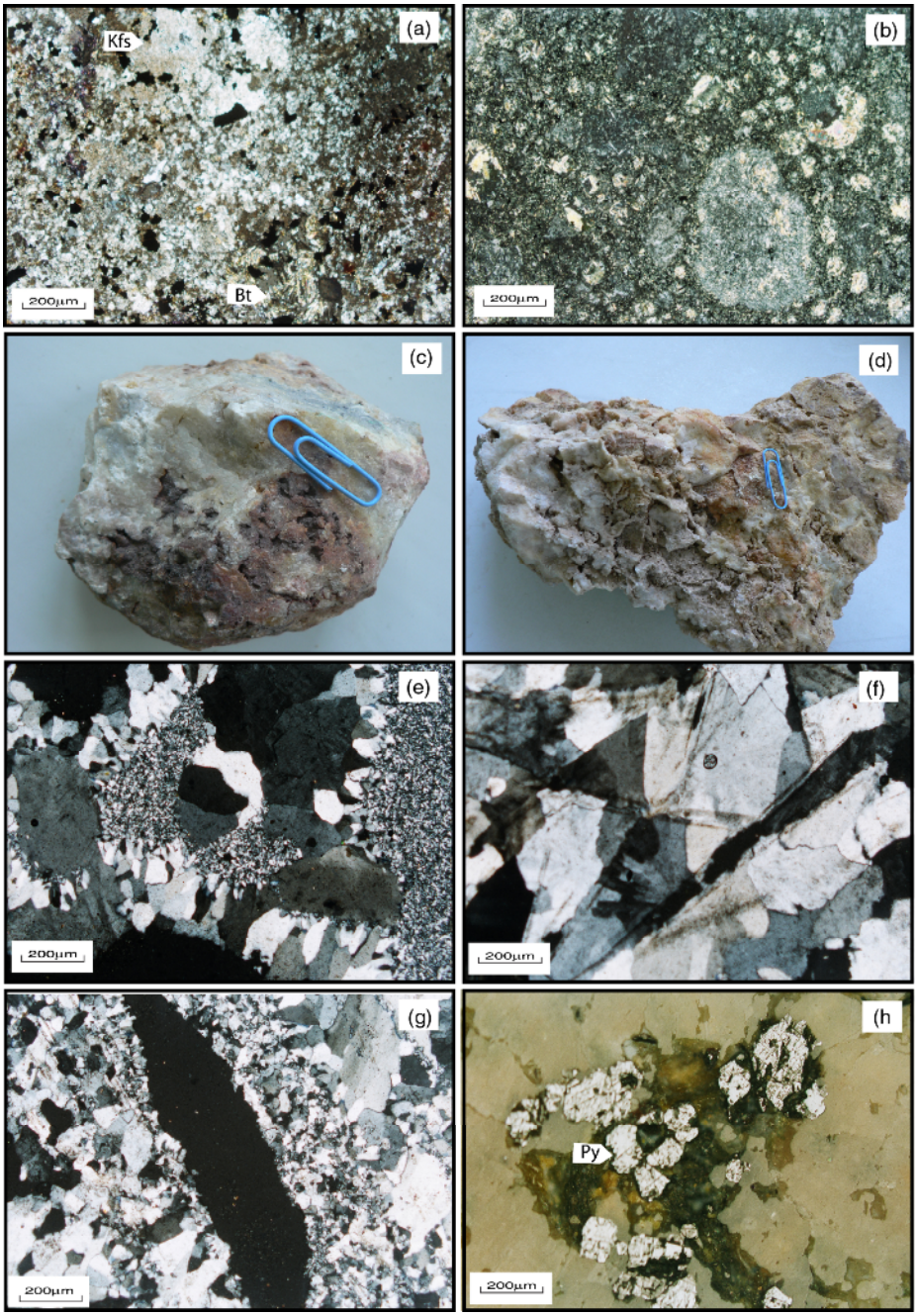
۵- دگرسانی آرژیلیک حدواسط: نمونه‌های دستی در این زون به رنگ سفید تا زرد آجری هستند. در زیر میکروسکوپ سنگ-ها شامل کانی‌های رسی، سریسیت، اپیدوت، کربنات‌ها، کوارتز و کانی‌های کدر می‌باشند. آنالیزXRD از نمونه‌های این زون حضور کانی ژیپس را نیز مشخص کرده است [۳].

۶- دگرسانی پروپلیتیک: کانی‌های شاخص این دگرسانی شامل اپیدوت، کلینوزوئیزیت، کلریت و کلسیت‌اند که به سنگ رنگ سبز داده‌اند. پلاژیوکلازها بیشتر به کلریت و به‌طور بخشی به کلسیت و اپیدوت تبدیل شده‌اند، هر چند که پلاژیوکلاز سالم حضور دارد. کلریت‌ها بافت اسفرولیتی نشان می‌دهند (شکل ۴b). آمفیبول‌ها به‌طور کامل به کلریت، سرسیت، اپیدوت و کلینوزوئیزیت دگرسان شده به‌طوری که تنها شبحی از آن‌ها باقی مانده است. بیوتیت نیز به‌طور کامل به کلریت دگرسان شده است. کانهٔ سولفیدی غالب در این زون پیریت بوده ولی مقدار کمی کالکوپیریت به صورت انکلوزیون در درون پیریت حضور دارد.

۷- دگرسانی سیلیسی: این دگرسانی بیشتر در زون‌های دارای رگه‌ها و رگچه‌های سیلیسی و سنگ مادر کوارتزدیوریتی دیده

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-19]

می‌شود که واجد کانه‌زائی مس و طلا هستند. بافت‌های حاصل از پرشدگی فضاهای باز از قبیل برشی (شکل ۴c)، دروزی (شکل ۴d)، کوکاد (شکل ۴e)، موزائیکی (شکل ۴f) و نواربندی پوسته‌ای (شکل ۴g) در رگه‌های سیلیسی منطقه دیده می‌شود. وجود برش‌های گرمابی در رگه‌های سیلیسی نشان‌دهندهٔ سرشت انفجاری شارهٔ گرمابی است. وجود کوارتز دروزی احتمالاً به واسطهٔ جوشش در این سیستم است [۱۰،۹].



شکل ۴ تصاویر نمونهٔ دستی و میکروسکوپی از زون‌های دگرسان. (a) پلاژیوکلاز و بیوتیت ثانویه در زون پتاسیک. نورxpl. (b) کلریتی شدن پلاژیوکلازها و بافت اسفرولیتی کلریت در زون پروپلیتیک. نورxpl. (c) بافت برشی در زون سیلیسی، (d) بافت دروزی در زون سیلیسی. (e) بافت کوکاد در زون سیلیسی. نورxpl. (f) بافت موزائیکی در زون سیلیسی، نورxpl. (g) بافت نواربندی پوسته‌ای در زون سیلیسی. نور xpl. (h) پیریت‌های بی‌شکل تا شکل‌دار. نورxpl. علائم اختصاری به‌کار رفته عبارتند از: Kfs= فلدسپار، Bt= بیوتیت ثانویه و Py= پیریت.

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-19]

دگرسانی برونزاد

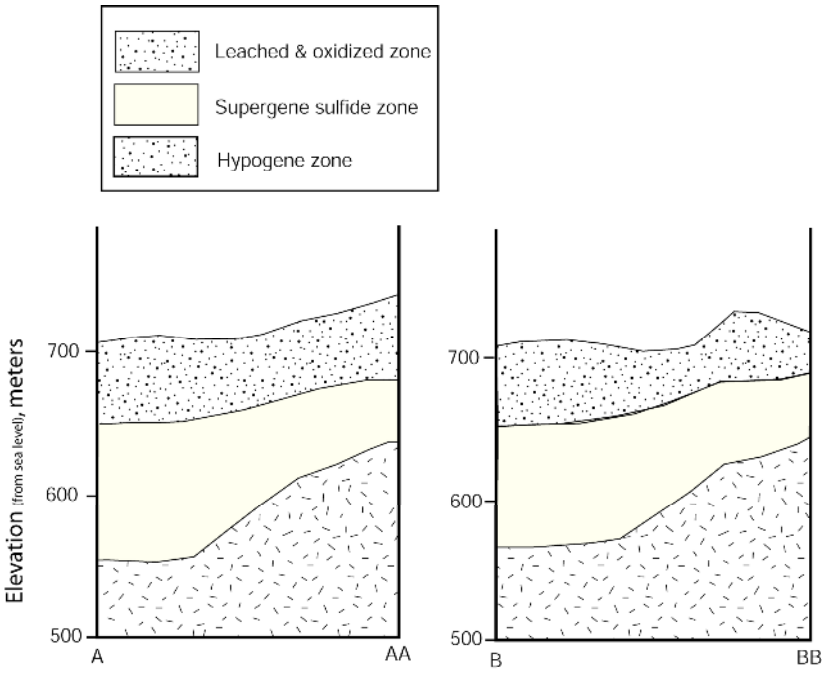
فرایندهای برونزاد پس از ظاهرشدن سیستم مس پورفیری مسجدداغی در سطح زمین، آغاز شده‌اند. خردشدگی‌ها و شکستگی‌های فراوان و نیز حضور کانی‌های سولفیدی (پیریت و کالکوپیریت) در سنگ‌های میزبان، دگرسانی برونزاد قابل-توجهی را در منطقه فراهم کرده‌اند. سولفیدهای درونزاد فراوان در سنگ‌های میزبان و نیز واکنش آب‌های اکسیژن‌دار فرورو با این سنگ‌ها، باعث پیدایش آبگون‌های اسیدی فعالی‌شده که عامل اصلی دگرسانی برونزاد است. وجود ترک‌ها و شکستگی-های بسیار ریز در استوک پورفیری کوارتز دیوریتی سبب شده تا آبگون‌های اسیدی به تمامی اجزای تشکیل‌دهندهٔ سنگ میزبان در زون برونزاد دسترسی داشته باشند.

بررسی گمانه‌های حفاری نشان‌داده که آثار دگرسانی برونزاد تا اعماق ۱۵۰-۱۳۰ متری ادامه می‌یابد. دگرسانی و کانی‌سازی برونزاد در مسجدداغی بیشتر بر روی زون‌های دگرسانی درونزاد همپوشی شده است. با توجه به بررسی‌های کانی‌شناسی، بافت و مغزه‌های حفاری دو زون مجزای دگرسانی برونزاد در منطقه تشخیص داده شده‌اند (شکل۵):

۱) زون اکسیده و شسته شده (leached & oxidized zone): این زون بخش‌های بالائی و بیرونی دگرسانی برونزاد (از بالای سطح سفره تا سطح زمین) را در بر می‌گیرد و ضخامت آن از ۴۰ تا ۶۵ متر متغیر است. سنگ‌های این زون رنگ باخته (bleached) و دارای لکه‌های سرخ، قهوه‌ای و زرد (اکسیدهای آهن) هستند. کانه‌های مشخصه این زون بیشتر از انبوهه‌های کائولینیت، اکسیدهای آهن (گوتیت و لیمونیت)، اکسیدهای منگنز، جاروسیت و کربنات‌ها (مالاکیت و آزوریت) تشکیل شده‌اند.

۲) زون سولفیدهای برونزاد (supergene sulfide zone): این زون از حد پائینی زون اکسیده شروع شده و تا ضخامتی در حدود ۸۰ تا ۱۰۰ متری را شامل می‌شود. این زون به‌طور مشخص دارای سولفیدهای درونزاد و برونزاد بوده و نیز فاقد کانی‌های غیرسیلیکاتی برونزاد موجود در زون اکسیده است. وجود سولفیدهای برونزاد (کالکوسیت و کوولیت) در این زون، رنگ تیره‌ای به سنگ‌ها داده است. افزون بر سولفیدهای برونزاد که به‌طور انتخابی جانشین کالکوپیریت درونزاد شده‌اند، مقادیری کائولینیت نیز در این زون دیده می‌شوند.

بررسی‌های میکروسکوپی و شواهد صحرائی نشان می‌دهد که به‌واسطهٔ دلایل زیر قشر سولفیدهای مس برونزاد در مسجدداغی به‌خوبی گسترش نیافته و از عیار و ضخامت قابل-توجهی برخوردار نیست: (۱) فراوانی نسبتاً کم سولفیدهای مس‌دار درونزاد (کالکوپیریت) در بخش بالائی استوک کوارتزدیوریتی. (۲) حجم نسبتاً کمی از کانسنگ‌های اولیه حاوی کانی‌های سولفیدی مس، در معرض هوازدگی قرار گرفته‌اند.



شکل ۵ زون‌های دگرسانی برونزاد در دو جهت A-AA و B-BB (به‌شکل ۲ رجوع شود).

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-19]

کانه‌زائی

بررسی‌های کانی‌شناختی نشان می‌دهند که کانه‌سازی در منطقه، به دو صورت درونزاد و برونزاد رخ داده است. کانه‌های درونزاد بیشتر در زون‌های دگرسانی پتاسیک، پتاسیک- فیلیک و فیلیک گسترش داشته و مقدار آن‌ها در زون پروپلیتیک کاهش چشمگیری نشان می‌دهد (شکل ۶). کانه‌های دگرسانی برونزاد نیز بیشتر در ارتباط تنگاتنگ با زون‌های درونزاد می‌باشند.

۳-۳-۱- کانه زائی درونزاد: کانه‌زائی گرمابی درونزاد وابسته به زون‌های دگرسانی درونزاد بوده و در مکان‌هایی که تراکم و تمرکز رگچه‌ها و ریزرگچه‌ها زیاد است به‌خوبی گسترش یافته است. کانه‌زائی غالباً به‌صورت پراکنده در متن سنگ و یا همراه با رگه‌های سولفیدی و کوارتز- سولفیدی دیده می‌شود. پیریت فراوان‌ترین کانهٔ سولفیدی و کالکوپیریت مهم‌ترین کانهٔ سولفیدی مس در مسجدداغی است.

پیریت: پیریت تقریباً در تمامی زون‌های دگرسان درونزاد، به‌صورت بلورهای منفرد شکلدار تا بی‌شکل (شکل 4h) یا مجموعهٔ پراکنده در متن سنگ نزدیک به سیلیکات‌های دگرسان، به ویژه کانی‌های فرومنیزین و یا به‌صورت رگچه‌ای مشاهده می‌شود. در بعضی مقاطع پیریت در راستای سطوح کلیواژ آمفیبول تشکیل شده است (شکل 7a). این کانه به‌صورت بخشی یا کامل توسط کالکوپیریت جانشین شده است (شکل 7b). این جانشینی اغلب در طول حاشیه بلورها صورت گرفته است. در مکان‌هایی که این کانه تحت تاثیر آبگون‌های اکسید کننده قرار گرفته، به‌طور بخشی یا کامل به اکسیدها، هیدروکسیدها و سولفات‌های آهن تبدیل شده است. حفره‌های شکل‌دار موجود در مقاطع زون‌های فیلیک و فیلیک- آرژیلیک را می‌توان پیریت های آبشویی شده در نظر گرفت.

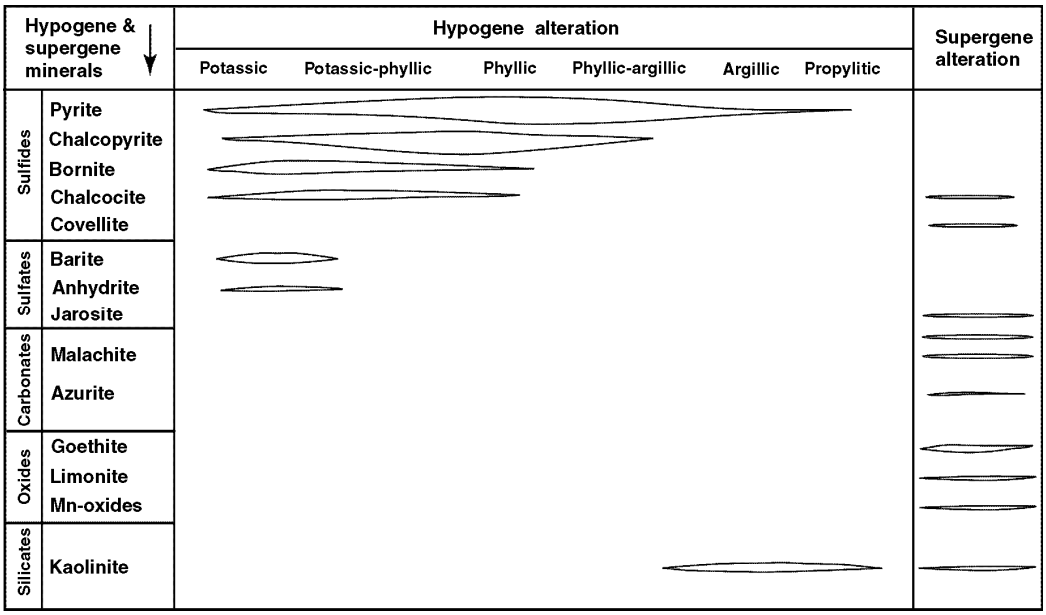
کالکوپیریت: کالکوپیریت بیشتر به‌صورت پراکنده و برخی از آن‌ها به‌صورت رگچه‌ای مشاهده می‌شود و گاهی به‌طور بخشی یا کامل با بورنیت و یا کالکوسیت جانشین شده است (شکل 7c).

بورنیت: این کانه بیشتر به‌صورت پراکنده و همراه با کالکوپیریت یافت می‌شود و به‌طور ترجیحی جانشین آن شده است.

کالکوسیت: این کانه به‌صورت پراکنده همراه با بورنیت، کالکوپیریت و پیریت به‌ویژه در مکان‌هایی که مقدار کالکوپیریت بالاست به‌مقدار کم قابل مشاهده است (شکل 7d). این کانه به‌طور ترجیحی جانشین بورنیت و کالکوپیریت شده است.

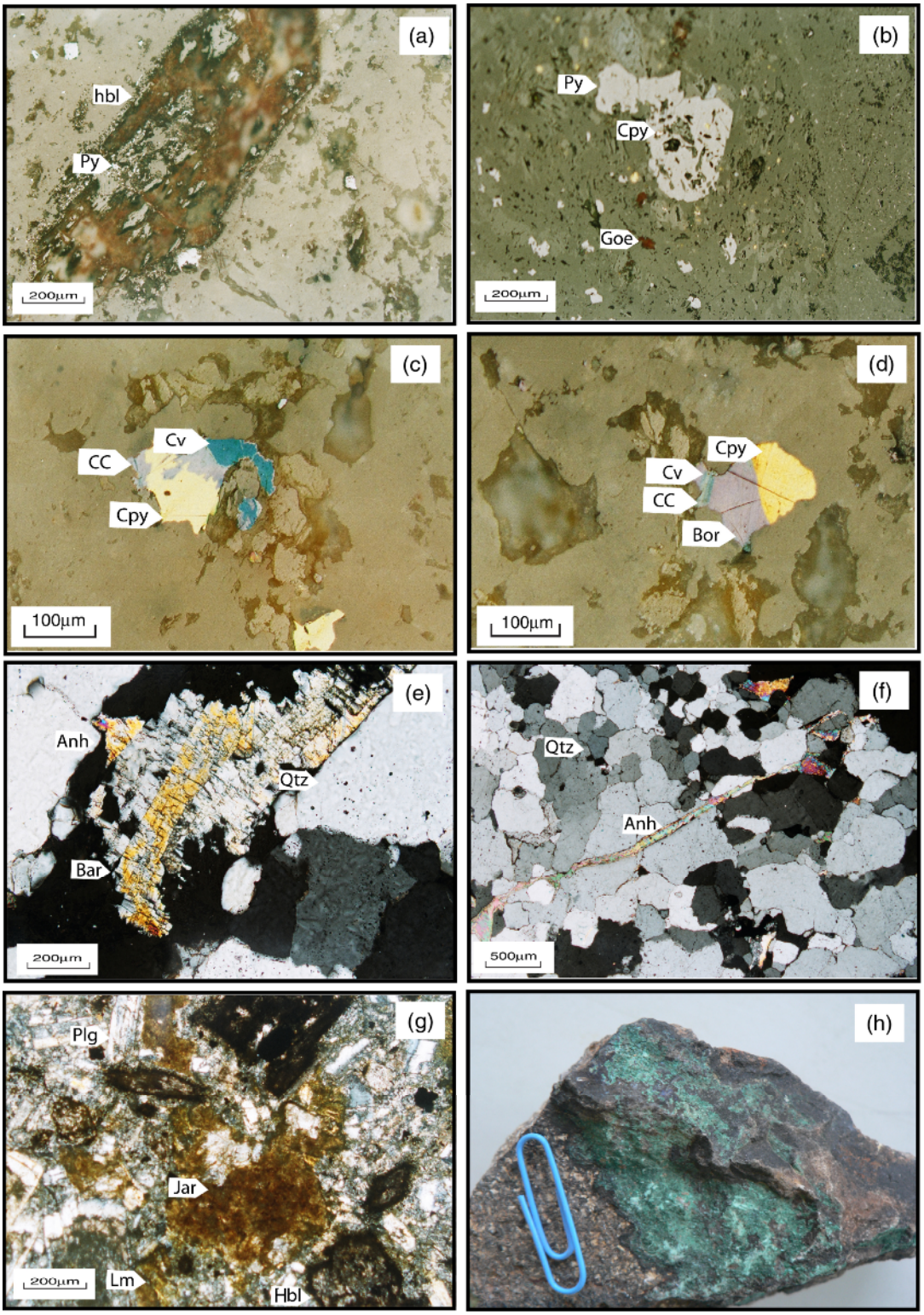
باریت: این کانی در نمونهٔ دستی به‌صورت خاک دانه‌های شعاعی یا جاروئی دیده می‌شود و به‌شکل رگچه‌ای در زون دگرسانی پتاسیک حضور دارد (شکل 7e).

انیدریت: این کانی بیشتر در زون پتاسیک (شکل 7f) و به‌صورت ریز رگچه‌هائی همراه با باریت و سولفیدها مشاهده می‌شود.



شکل ۶ ردیف شدگی پاراژنتیکی کانه‌های درونزاد و برونزاد در منطقهٔ مسجدداغی. ضخامت خطوط به‌فراوانی نسبی کانه‌ها وابسته است.

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-19]



شکل۷ تصاویر میکروسکوپی و نمونهٔ دستی از زون‌های دگرسان. (a) پیریتی شدن آمفیبول. نور xpl. (b) انکلوژن‌های پیریت درون کالکوپیریت. نور xpl. (c) جانشینی کالکوپیریت با کالکوسیت و کوولیت. نورxpl. (d) جانشینی بورنیت با کالکوسیت و کوولیت. نور xpl. (e) باریت و انیدریت در زون پتاسیک. نور ppl. (f) رگچه‌های انیدریتی قطع کننده در زون سیلیسی. نورppl. (g) کانی‌سازی جاروسیت و لیمونیت. نورxpl. (h) نمونهٔ دستی از مالاکیت. علائم اختصاری به کار رفته عبارتند از: hbl= آمفیبول، Py= پیریت، Cpy= کالکوپیریت، Goe= گوتیت، Cc= کالوسیت، Cv= کوولیت، Bor= بورنیت، Qtz= کوارتز، Bar= باریت، Anh= انیدریت، Plg= پلاژیوکلاز، Jar= جاروسیت، Lm= لیمونیت.

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-19]

۳-۳-۲- کانه‌زائی برونزاد: کانه‌های اصلی و مهمی که طی فرایند برونزاد در منطقه تشکیل شده‌اند، شامل اکسیدهای آهن (گوتیت و لیمونیت)، اکسیدهای منگنز، سولفات‌ها (عمدتاً جاروسیت)، کربنات‌های مس (مالاکیت و آزوریت) و سولفیدهای مس (کوولیت و کالکوسیت) هستند.

اکسیدهای آهن: این کانه‌ها اغلب در سطح سنگ‌ها در زون دگرسانی آرژیلیک حدواسط دیده شده و شامل گوتیت و لیمونیت بوده که غالباً بر اثر دگرسانی پیریت و دیگر سولفیدهای آهندار حاصل شده‌اند. این در حالی است که شبه ریخت گوتیت پس از پیریت رایج است. لیمونیت غالباً به‌صورت انبوهه‌های ریز دانه و به رنگ زرد مایل به قهوه‌ای حضور دارد (شکل 7g).

جاروسیت: این کانی بیشتر به‌صورت انبوهه‌های ریز دانه و پراکنده دیده می‌شود (شکل 7g).

اکسیدهای منگنز: این اکسیدها به‌صورت انبوهۀ دندریتی در زون اکسیده و شسته‌شده دیده می‌شوند.

کربنات‌های مس: مالاکیت و به‌مقدار کمتر آزوریت در زون اکسیده و شسته شده حفره‌ها و شکستگی‌ها را پر کرده‌اند (شکل 7h).

سولفیدهای مس: این سولفیدها بیشتر شامل کوولیت و کالکوسیت بوده و به‌صورت لکه‌های بی‌شکل و آبی رنگ از دگرسانی کانی‌های سولفیدی مس درونزاد حاصل شده‌اند. کالکوسیت‌های برونزاد نرم بوده و شکل دوده‌ای سیاه دارند.

مدل کانه‌زایی

با توجه به شواهد صحرائی و کانی‌شناسی و با در نظر گرفتن سیستم کانه‌زایی برای کانسارهای پورفیری و وراگرمایی ارائه شده توسط هینریچ [۱۱] مدل کانه زائی در مسجدداغی به این صورت پیشنهاد می‌شود: پس از جایگیری استوک پورفیری کوارتزدیوریتی در اعماق km ۲> از سطح زمین و افزایش فشار هیدرولیکی و ایجاد شکاف در بخش فوقانی کیوپولا و به تبع آن کاهش ناگهانی فشار از لیتواستاتیک به هیدروستاتیک، شکستگی‌ها و ریزشکستگی‌هایی در سنگ‌های بخش فوقانی ایجاد شده است. این شکستگی‌ها و ریزشکستگی‌ها مجاری مناسبی را برای عبور گرماب‌ها فراهم کرده‌اند. گرماب‌ها در آغاز سیستم کانه‌زائی پورفیری و دگرسانی‌های پتاسیک، پتاسیک- فیلیک، فیلیک، آرژیلیک حدواسط و پروپلیتیک را ایجاد کرده‌اند. این شاره‌ها در ادامهٔ صعود به بالا به واسطهٔ کاهش دما (کمتر از ۳۵۰ درجه سانتیگراد) اسیدی شده [۱۲] و کانه‌زائی سولفیدی شدن وراگرمایی بالا، دگرسانی‌های فیلیک- آرژیلیک و سیلیسی را نزدیک به‌سطح زمین ایجاد کرده‌اند.

برداشت

استوک کوارتزدیوریتی و سنگ‌های کوارتزآندزیتی منطقهٔ مسجدداغی، در اثر گرماب‌ها دگرسان و با کانه‌زائی همراه شده‌اند. حضور رگچه‌ها و ریز رگچه‌های متقاطع و متعدد (کوارتز، سولفید، سولفات و کربنات) نشان دهندهٔ چندین مرحلهٔ شکستگی و خرد شدگی حاصل از فعالیت‌های گرمابی همراه با تغییر موقتی یا بخشی ترکیب شاره‌های کانه‌ساز است. این دگرسانی‌ها به دو صورت (۱) درونزاد (شامل زون‌های پتاسیک، پتاسیک- فیلیک، فیلیک، فیلیک- آرژیلیک، آرژیلیک حد واسط، پروپلیتیک و سیلیسی) و (۲) برونزاد (شامل زون اکسیده و شسته‌شده، و زون سولفیدهای برونزاد) رخ داده‌اند. کانه‌های درونزاد در مسجدداغی شامل سولفیدها (پیریت، کالکوپیریت، بورنیت و کالکوسیت) و سولفات‌ها (باریت و انیدریت) هستند و بیشتر در زون‌های دگرسانی پتاسیک، پتاسیک- فیلیک و فیلیک گسترش دارند. کانی‌های زون برونزاد نیز بیشتر به زون‌های دگرسانی درونزاد وابسته بوده و شامل کانی‌های رسی (کائولینیت)، اکسیدهای آهن (گوتیت و لیمونیت)، اکسیدهای منگنز، سولفات‌ها (بیشتر جاروسیت)، کربنات‌های مس (مالاکیت و آزوریت) و سولفیدهای مس (کوولیت و کالکوسیت) هستند. با توجه به‌شواهد صحرائی و کانی‌شناسی، گرماب‌ها در منطقهٔ مسجدداغی نخست سیستم کانه‌زائی پورفیری و دگرسانی‌های پتاسیک، پتاسیک- فیلیک، فیلیک، آرژیلیک حدواسط و پروپلیتیک و به دنبال آن کانه‌زائی وراگرمایی سولفیدی شدن بالا و دگرسانی‌های فیلیک- آرژیلیک و سیلیسی را در نزدیکی سطح زمین ایجاد کرده‌اند. شواهد کانی‌شناسی نشان می‌دهند که قشر سولفیدی مس برونزاد در منطقهٔ مورد بررسی از عیار و ضخامت قابل‌توجهی برخوردار نمی‌باشد.

قدردانی

این کار پژوهشی از حمایت‌های مالی معاونت تحصیلات تکمیلی و ادارهٔ امور پژوهشی دانشگاه تبریز برخوردار بوده است.

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-19]

لذا جا دارد که نویسندگان نهایت سپاس و قـدردانی خـود را از مسئولین آن معاونت ابراز دارند.

مراجع

۱- نبوی م.ح.، *″ دیباچه‌ای بر زمین‌شناسی ایران″*، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، (۱۳۵۵) ۱۰۹ص.

۲- اکبرپور ا.، *″ زمین‌شناسی اقتصادی منطقه کیامکی با نگرش ویژه بر کانی‌سازی مس و طلا (مسجددا‌غی جلفا)، آذربایجان شرقی″*، رساله دکتری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، (۱۳۸۴).

۳- زنوزی ر.، *″ کانی‌شناسی و تعیین ژنز کانسار طلا در محدوده مسجددا‌غی جلفا″*، پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، (۱۳۸۵).

۴- اکبرپور ا.، رسا ا.، مهرپرتو م.، محمدی ب.، *″ بررسی کانه زائی طلا در محدوده مسجددا‌غی جلفا″*، فصلنامه علوم زمین، شماره ۶۲، (۱۳۸۵) ص۴۲- ۵۱.

۵- شیخ، س.، *″بررسی زمین‌شناسی و ژئوشیمی عنصری زون-های دگرسان و مینرالیزه در منطقه جلفا، آذربایجان شرقی″*، پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تبریز، (۱۳۸۶).

۶- عبدالهی م.ر.، حسینی م.، *″ گزارش نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ جلفا″*، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، (۱۳۷۵).

۷- باباخانی ع.، *″ پتروگرافی و ژئوشیمی نفلین سینیت‌های شمال آذربایجان″*، پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تهران، (۱۳۶۰).

۸- کلاگری ع.ا.، پاتریک آ، آ، د.، پولیا، د. آ.، *″ مطالعه رگچه‌ها و ریزرگچه‌ها در کانسار مس پورفیری سونگون، آذربایجان خاوری″*. فصلنامه علوم زمین، شماره ۳۹-۴۰، (۱۳۸۰) ص۷۰-۷۹.

[9] Brown P.R.L.,*"Hydrothermal alteration in active geothermal field"*, Review of Earth and Planetary Science 6 (1978) 229-250.

[10] Reyes A.G., *"Petrology of Philippine geothermal systems and the application of alteration mineralogy to their assessment"*, Journal of Volcanology and Geothermal Research 43 (1990) 279- 309.

[11] Heinrich C.A., *"The physical and chemical evolution of low- salinity magmatic fluids at the porphyry to epithermal transition: a thermodynamic study*", Mineralium Deposita 39 (2005) 864-889.

[12] Hedenquist J.W., *"Exploration for epithermal gold deposits",* Society of Economic Geology Reviews 13 (2000) 245-277.

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-19]