

بررسی کانه‌زایی طلا در محدوده مسجدداغی جلفا

نویسنده: افشین اکبرپور*، دکتر ایرج رساء**، دکتر محمود مهرپرتو*** و بهزاد محمدی****

Gold Mineralization in Masjeddaghi Area

By: A. Akbarpour*, Dr. A. Rasa**, Dr. M. Mehrpartou*** & B. Mohamady****

چکیده

محدوده اکتشافی مسجد داغی جلفا در ورقه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ جلفا قرار دارد. این محدوده از نظر زمین‌شناسی ساختاری بخشی از زون البرز باختری - آذربایجان (نبوی، ۱۳۵۵) است. قدیمی‌ترین رخنمونهای سنگی در محدوده مورد مطالعه مربوط به فلیشهای اتوسن است که به طور گسترده در بخش جنوبی و شمال خاوری محدوده دیده می‌شود. بخش دیگر رخنمونهای سنگی محدوده را به طور عمده مجموعه سنگهای آتشفشانی آندزیت- تراکی آندزیت تشکیل می‌دهد که بر اثر عملکرد توده‌های نفوذی درونی کوارتز مونزونیتی قرار گرفته و دگرسانی فلیک و فلیک کربناتی را در محدوده مورد مطالعه ایجاد کرده‌اند. کانی‌سازی به طور عمده در مجموعه آتشفشانی به صورت رگه‌های سیلیسی - باریتی نمود یافته است.

مطالعات کانه‌نگاری و SEM در محدوده مورد مطالعه نشان دهنده وجود کانی‌سازی از نوع سولفیدی بخصوص سولفیدهای مس سرب و روی و انواع پیریت است که به صورت اولیه و ثانویه ظاهر شده‌اند. کانی‌سازی گالن و اسفالریت در رگه اصلی محدوده دیده شده و در بخش دگرسان شده گمانه‌های حفاری دیده نمی‌شود (حاجی علیلو، ۱۳۷۸).

مطالعات SEM نشان دهنده عدم وجود طلا در کانه‌های سولفیدی است. از طرفی مطالعات میانبارهای سیال در محدوده نشان دهنده دمای پایین هنگام تشکیل کانه‌زایی طلا است (از ۱۲۰ تا ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد) و مقدار شوری بسیار کم که نشان دهنده احتمالی عدم حمل طلا توسط کمپلکسهای کلریدی در این مرحله بوده است (Mehrpartou, 1993). بررسیها با توجه به عناصر پاراژنز، باطله و همچنین دگرسانی در اطراف رگه‌های سیلیسی نشان دهنده وجود یک کانسار مس پورفیری طلا دار است، که رگه‌های طلا دار از نوع اپی ترمال با سولفید بالا و در شکستگیهای وابسته به این سامانه پورفیری جایگزین شده است (Zoto, 1992).

کلیدواژه‌ها: طلا، کانه زایی، کانه‌نگاری، میانبارهای سیال، مسجدداغی، جلفا، ایران

Abstract

The Masjeddaghi area, located in the Jolfa 1/100000 geological map sheet, is a part of West Alborz zone – Azarbaijan. The oldest rock unit outcropped belongs to the Eocene flysh, widely distributed in the southern and north eastern part of the area. The other outcrops are mainly volcanic rock complex of andesite and trachyandesite affected by quartz monzonite intrusives and produced phyllic and carbonate phyllic alteration. The mineralization in volcanic complex is mainly silicic and barite veins. SEM and mineralography studies indicate the occurrence of sulphide mineralization especially Cu, Pb, and Zn sulphides. In addition, various pyrites occur as primary and secondary minerals. The galena and sphalerite mineralization can be observed in the main vein but not in the altrated area. SEM study indicates absence of gold in sulphide minerals. On the other hand fluid inclusion studies shows low temperature gold formation (120 – 150 °C) and very low salinity which specify probably that the gold is not carried along with chloridric complex in this stage. Evidences like parageneses, elements, gangue and alteration around silicified veins all indicate the presence of a polymetal gold – copper vein ore deposit of epithermal origin with high sulphide values.

Keywords: Gold, Mineralization, Mineralography, Fluid inclusion, Masjeddaghi, Jolfa, Iran

مقدمه

کشور عامل این توجه بوده است و طی سالیان اخیر، رساله‌ها و پایان‌نامه‌های دانشجویی بسیاری در این منطقه نگاشته شده است.

منطقه البرز باختری و آذربایجان از سالیان دور مورد توجه زمین‌شناسان بوده است. وجود و فراوانی انواع کانی‌سازیهایی فلزی و غیرفلزی در این بخش از

و اغلب حدود ۵ تا ۱۰ میکرون با بافت افشان و عیار حدود یک درصد درون بخش روشن باطله غیر فلزی تشکیل شده است و پیریت کلوییدی به شکل دانه‌های با ساختار کروی هم‌مرکز با ابعاد حدود ۲ تا ۳۰ میکرون و اکثراً ۵ تا ۱۵ میکرون و عیار حدود یک درصد درون بخش تیره رنگ باطله غیر فلزی تشکیل شده است. باطله غیر فلزی روشن، بخش تیره رنگ باطله غیر فلزی را در بر گرفته است که به همین دلیل بخش تیره رنگ سنگ از لحاظ سنی قدیمی تر است (حاجی علیلو، ۱۳۷۸).

الف-۲) کانی‌سازی درهاله‌های دگرسانی اطراف توده کوارتز مونوزونیتی: کانی‌سازی پراکنده در هاله‌های دگرسانی، به طور عمده در زون فیلیک - پتاسیک، پیریت به صورت خود شکل و درشت بلور است که تشکیل آن مقدم بر پیریت‌های نوع دوم و سوم بوده است. آناتاز و مگنتیت از مهم‌ترین کانی‌های تشکیل شده در توده‌های دگرسانی است. آناتاز تشکیل شده معمولاً به طور اولیه و در دامی کمتر از دامی تشکیل روتیل به وجود آمده و نیز به طور ثانویه از هوازدگی روتیل و یا دیگر کانی‌های دارای تیتانیم به وجود می‌آید.

کانی‌سازی در محدوده‌های دگرسانی شامل کانی‌های مس‌دار بدون حضور کانی‌سازی سرب و روی در آنها است و وجود کانی‌سازی سرب و روی بیشتر در رگه‌های سیلیسی است. قاعدتاً کانی‌سازی طلا با رگه سیلیسی - باریتی در ارتباط با کانی‌سازی فاز دوم در منطقه است. البته به این نکته باید توجه کرد که مجموعه سنگهای در برگیرنده رگه سیلیسی طلا دار دارای مقدار بیشتری از عنصر طلا نسبت به زمینه هستند و رگه سیلیسی باعث تجمع بیشتر طلا در درون خود شده است (احمدیان، ۱۳۷۰).

الف-۳) کانی‌سازی در گمانه حفاری DH-8: در گمانه DH-8 که در زون استوک ورک در کوارتز مونوزونیت‌های محدوده حفاری شده است. مجموعه‌ای از کانها شامل هماتیت، مالاکیت، روتیل، مگنتیت، کلکوپیریت و کلکو پروتیت و پیریت و... دیده می‌شود. از مهم‌ترین کانی‌های مس که در این مقاطع دیده می‌شود کلکوپیریت است که به چند صورت دیده می‌شود. (جدولهای ۱ و ۲)

- مجموعه‌ای از بلورهای کوچک بی‌شکل با ابعادی بین ۲ تا ۳۰ میکرون.
- مجموعه‌ای هم رشد از کلکوپیریت و بورنیت نسبتاً درشت دانه و بی‌شکل که در بعضی دانه‌ها از اطراف در حال تبدیل شدن به کلکوسیت است. در این مجموعه کلکوپیریت به صورت تیغه‌های بسیار ظریفی در بورنیت وجود دارند.

- مجموعه‌ای از دانه‌های بی‌شکل کلکوپیریت با ابعاد بین ۱۰ تا ۲۰۰ میکرون به صورت دو رگچه عمود بر هم با حاشیه در حال تبدیل شدن به کوولیت.

سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور در پنج سال گذشته با تعریف اکتشاف در زون ارسباران مطالعات سیستماتیک پایه (ژئوشیمی، دورسنجی، GIS، ژئوفیزیک و زمین‌شناسی) و همچنین ادامه عملیات اکتشاف نیمه تفصیلی و تفصیلی در مناطق امیدبخش این زون را انجام داده است.

وجود محدوده امیدبخش مسجد داغی جلفا برای اکتشاف طلا و مس سبب شده تا برنامه‌ریزی مدونی در راستای انجام عملیات اکتشافی در این محدوده صورت پذیرد. در این نوشتار، سعی شده به مسائل مختلفی پرداخته شود و از نظر کانهای طلا و مس، این محدوده بررسی شود.

موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه

محدوده اکتشافی مسجد داغی در ورقه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ جلفا با مختصات $38^{\circ} 53' 03''$ - $45^{\circ} 56' 03''$ طول خاوری $45^{\circ} 58' 28''$ عرض شمالی قرار دارد. این محدوده دارای ابعاد $3/5 \times 2/5$ کیلومتر و مساحت $8/5$ کیلومتر مربع است (نقشه ۱).

زمین‌شناسی و سنگ‌نگاری رخنمونهای سنگی در محدوده مورد مطالعه

به منظور تهیه اطلاعات دقیق جهت تعبیر و تفسیرهای لازم، یک نقشه زمین‌شناسی معدنی به مساحت $8/5$ کیلومتر مربع در سال ۱۳۸۲ توسط نگارندگان تهیه شد. در این محدوده، مجموعه‌ای متشکل از واحدهای زمین‌شناسی مربوط به دوران سنوزویک وجود دارد. تحت تأثیر رخداد پیرنه توده‌های آذرین در رسوبات فلیشی ائوسن نفوذ کرده و به علت شدت حرکات در زمان میوسن، صفحه آذربایجان دچار شکستگی شده (Eftekharnesad, 1975) و امکان خروج ماگماتیسیم را فراهم آورده است (نقشه زمین‌شناسی ۱:۵۰۰۰).

از نظر چینه‌شناسی مجموعه‌ای از فلیشهای ائوسن، سنگهای آذرین بیرونی و درونی الیگوسن (باباخانی، ۱۳۶۰) و نهشته‌های کواترنری (پادگانه‌های آبرفتی، ماسه‌های بادی و رسوبات مسیل رودخانه) محدوده مورد مطالعه را پوشانده‌اند (شکل‌های ۱، ۲ و ۳).

بررسی کانهای طلا در محدوده مورد مطالعه

الف) کان‌نگاری و بررسی تعدادی از مقاطع صیقلی به وسیله (SEM)

الف-۱) کانی‌سازی در رگه‌های کانهای طلا شده مطالعه کان‌نگاری رگه‌های کانی‌دار سیلیسی - باریتی طلا دار نشان دهنده وجود آناتاز، پیریت، مارکاسیت، اسفالریت، تتراهدريت کوولیت، دیژنیت و پیریت ملنیکوویت است. رگه سیلیسی باریتی از دو بخش تیره و روشن تشکیل شده که بخش روشن دارای پیریت‌های خود شکل و نیمه خود شکل با ابعاد ۲ تا ۲۰ میکرون

سبک و سنگین تفکیک شده و بخش سنگین با استفاده از آهن‌با به سه بخش AA, AV, NM تقسیم شد. سپس هر بخش جداگانه مطالعه و کانه‌های سولفیدی با استفاده از روش جذب اتمی با کوره گرافیتی برای طلا تجزیه شدند که هیچ کدام از کانه‌های سولفیدی دارای طلا نبوده و مقدار طلا در آنها در حد ناچیز است.

دماسنجی میانبارهای سیال

در این مطالعات بر روی ۱۵۰ میانبار سیال به وسیله میکروسکوپ بر روی سنگ‌نگاری صورت گرفت (شکل‌های ۱۶ و ۱۷) و ۳۰ مورد آنها برای اندازه‌گیری انتخاب گردیدند و مورد آزمایش دماسنجی در پژوهشگاه شرکت نفت قرار گرفته‌اند (Mehrpartou, 1992).

نتیجه‌گیری مطالعات میانبارهای سیال

- درجه پرشدگی میانبارهای سیال در رگه‌های سیلیسی - باریتی طلا دار بیشتر از درجه پرشدگی میانبارهای سیال در زون استوک ورکی است.
- از نظر شکل میانبارها به صورت سوزنی و بی‌شکل دیده می‌شوند و در تمام آنها پدیده باریک شدن قابل رویت است. اغلب میانبارهای سیال دارای دو فاز مایع و گاز بوده‌اند و فاز جامد به ندرت در آنها دیده شده است.

- عدم وجود حبابهای درشت در میانبارهای سیال محدوده نشان دهنده عدم جوشش میانبارهای است (Muller, 1996).

- عدم وجود بلور جامد در میانبارهای سیال محدوده مورد مطالعه می‌تواند نشان‌دهنده مقدار کمی کلر در محدوده باشد (Hezarkani, 1998)

- تغییرات دمای همگن شدن در میانبارهای سیال از حدود ۱۲۰ تا ۲۱۰ درجه سانتی‌گراد می‌تواند نشانگر دو فاز تشکیل سیالات کانه‌ساز باشد. با توجه به این که یک نبود اندازه‌گیری از ۱۴۰ تا ۱۹۰ درجه سانتی‌گراد در بین اندازه‌گیریها وجود دارد (Mehrpartou, 1992).

- دمای همگن شدن فازهای کانی‌ساز در کانسار پورفیری منطقه نشانگر تشکیل کانسارهای مس و طلا در دمای نسبتاً پایین‌تری به کانسارهای نقاط دنیا است.

نتیجه‌گیری و مقایسه کانی‌سازی در این محدوده نسبت به دیگر مناطق

ارسباران

- توده کوآرتز موزونیتی در این محدوده در خاور و باختر دره آریاچای ظاهر شده و دارای کانی‌سازی مس است.

- این مجموعه به دلیل فعالیت گسترده سیالهای کانی‌سازی و فوگاسیته بالای گوگرد توانسته است دگرسانیهای بسیار گسترده گرمایی انتخابی و فراگیر

- کلکوپروتیت به صورت دانه‌های بی‌شکل و نیمه خود شکل با ابعاد متغیر از حدود ۲۰ الی ۱۵۰ و بیشتر بین ۵۰ تا ۱۰۰ میکرون با پراکندگی یکنواخت (شکل ۴).

- کانه پیریت در سه نسل دیده می‌شود: (۱) پیریت به شکل بلورهای خودریخت با بافت افشان و پراکندگی غیریکنواخت با ابعاد ۲۰۰ تا ۳۰۰ میکرون در ژرفای ۴۶ تا ۱۲۷ متری، (۲) پیریت به صورت دانه‌های نیمه خودریخت با ابعاد بین ۱۰ تا ۲۰ میکرون در ژرفای ۱۷۲ متری، (۳) پیریت فاقد شکل هندسی مشخص با ابعاد ۵ تا ۲۰ میکرون همراه با باطله غیرفلزی در ژرفای ۶۶ متری (شکل‌های ۵، ۶، ۷، ۸ و ۹).

ب) مطالعات به وسیله SEM

بررسی مقاطع نشان‌دهنده نبود کانه طلا همراه با کانه‌های سولفیدی است. طلا به صورت ریزدانه در زمینه و به صورت پراکنده در حاشیه کانیهای سولفیدی که تحت تأثیر دگرسانی سیال گرمایی قرار گرفته‌اند، وجود دارد (لطفی، ۱۳۶۶).

نتیجه‌گیری مطالعات کانه‌نگاری

- بیشترین کانیهای شناخته شده اولیه در این کانی‌سازیه پیریت، کلکوپیریت، بورنیت، کلکوسیت، تتراهدريت، مارکاسیت و مولیبدنیت است.
- کانیهای شناخته شده ثانویه شامل کولیت، دیژنیت، مالاکیت، آزوریت و لیمونیت است.

- وجود بافتیهای مانند بافت برون رانشی بین کلکوپیریت - بورنیت و در پیریت وجود کلکوپیریت، گالن و آرسنوپیریت نشان دهنده دمای نسبتاً بالاتر از ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد است. (حاجی علیلو، ۱۳۷۸)

- کانی‌سازی گالن و به خصوص اسفالریت در رگه اصلی طلا دار وجود دارد و در محدوده دگرسان دیده نمی‌شود.

- در زونهای دگرسانی منطقه کانی‌سازی مس نسبتاً فراوان است.

- مهم‌ترین کانی‌سازیهایی داخل مناطق دگرسانی آاناتاز، پیریت و به مقدار کمتری کلکوپیریت، تتراهدريت، کولیت، دیژنیت و بورنیت است.

- مطالعات SEM بر روی مقاطع نشان‌دهنده عدم وجود و تمرکز طلا در کانه‌های سولفیدی است.

- طلا به صورت آزاد و ریزدانه در مطالعات مطالعات SEM مشاهده شد که حضور آن را در شکل ۱۵ می‌توان مشاهده کرد.

- طلا هم در رگه سیلیسی و هم در سنگ در برگیرنده رگه وجود دارد و مقاطع مطالعه شده نشان دهنده این موضوع است.

بررسی نتایج حاصل از فراوری رگه کانی‌سازی شده

حدود ۵ تن سنگ با متوسط مقدار ۶ گرم در تن طلا، به وسیله خردایش تخریب شده و سپس کنسانتره حاصل با استفاده از پروموفرم به دو بخش

- کانیهای کانسار ساز: همراه با رگه‌های سیلیسی، باریتی شامل پیریت، کولیت، اسفالریت، کلکوپیریت، تتراهدريت است (Takagi, 1997).
- باطله: کوارتز، باریت، آلونیت (ژاروسیت)، کائولینیت (با مقدار کم) و پیروفیلیت (با مقدار کم)

عناصر و فلزهای همراه: Au, Ag, Zn, Cu, (Pb, Mo, Sn, Sb)

- دمای تشکیل سیال کانه ساز: ۱۲۰ تا ۱۴۰ درجه سانتی‌گراد
- ترکیب غنی از پتاسیم توده نفوذی (>2% K₂O)، فوگاسیته بالای گوگرد (وجود گوگرد به صورت آزاد و همجنین پیریت فراوان در رگه‌های کانی سازی شده نشان دهنده نقش کمپلکسهای بی سولفیدی در حمل طلا است (Ridley, 1996)).

همراه با کانی سازی رگه‌ای، رگچه‌ای و پراکنده و پورفیر در سنگهای آتشفشانی و نیمه عمیق الیگوسن ایجاد کند (Ridley, 1996).
- زمان تزریق این توده نفوذی احتمالاً به فاز پیرنه الیگوسن آغازی نسبت داده می‌شود.

- نقش پدیده‌های زمین‌شناسی ساختاری از قبیل محور تاقدیسها و ناودیسها و گسلهای با راستای شمال باختری - جنوب خاوری و خاوری - باختری و شمال - جنوبی در جایگیری توده‌های نفوذی و گسترش مناطق دگرسانی گرمابی در راستای گسلهای مؤثر محدوده مورد مطالعه بسیار مهم بوده است

شواهد کانی‌سازی طلای اپی ترمال پرسولفید در محدوده مورد مطالعه

- شکل ذخیره طلا به صورت آزاد همراه با سیلیس و باریت به صورت رگه‌ای و استوک ورکی دیده می‌شود.
- بافت برشی و رگه‌ای و جانشینی سنگ دیواره

جدول ۲- سیر تسلسل کانی‌سازی در رگه مینرالیزه، مسجد داغی جلفا

کانیها	اولیه		ثانویه
	فاز اول	فاز دوم	
آناناز		
مگنتیت		
پیریت	
پیرونیٹ		
مارکاسیت نوع اول		
مارکاسیت نوع دوم		
کالکوپیریت	
اسفالریت		
تتراندريت		
دیژنیت		
کولیت		
لیمونیت		

جدول ۱- سیر تسلسل کانی‌سازی در محدوده دگرسانی مسجد داغی جلفا

کانیها	اولیه	ثانویه
آناناز	---	
مگنتیت	---	
پیریت	-----	
کالکوپیریت	---	
بورنیت	---	
کالکوسیت	---	
تتراندريت	---	
کولیت		-----
مولیدنیت	---	
دیژنیت		-----
لیمونیت		-----
پسیلوملان		-----
مالاکیت و آزوریت		-----

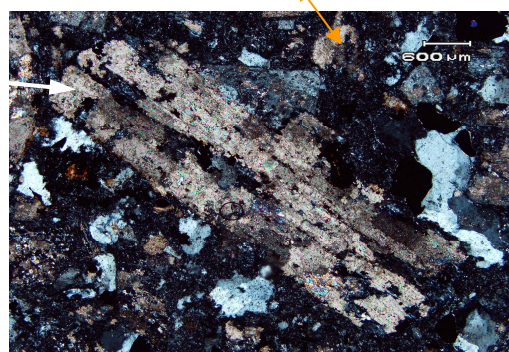
جدول شماره (۲-۱): سیر تسلسل کانی‌سازی در محدوده آلتراسیونی مسجد داغی جلفا



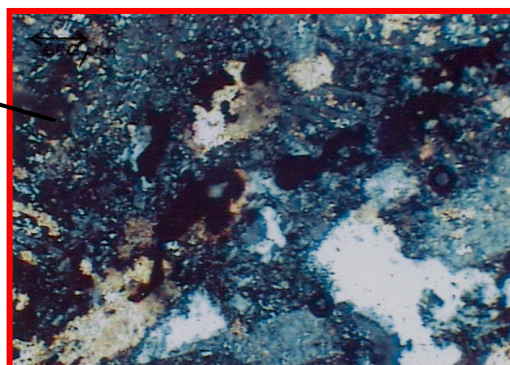
نقشه ۱- مقیاس ۱:۳۰۰۰۰۰



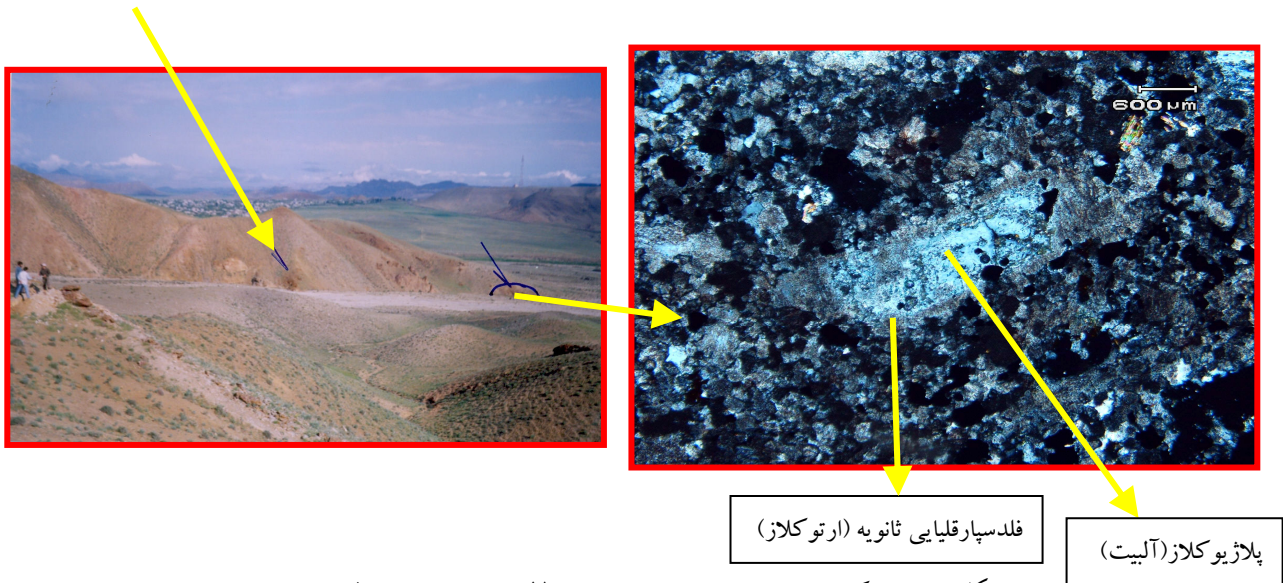
واحد تراکی آندزیتی دگرسان در نور پلاریزه



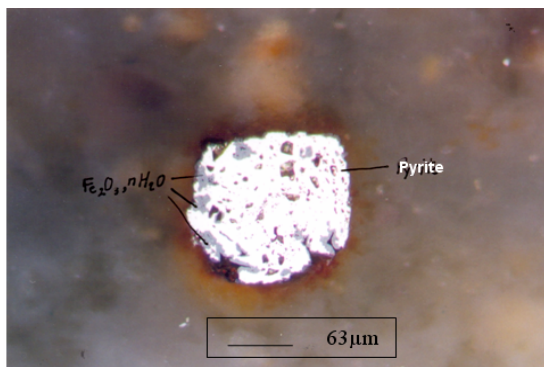
شکل ۱- رگه کانی‌سازی شده در سنگ میزبان تراکی آندزیتی دگرسان



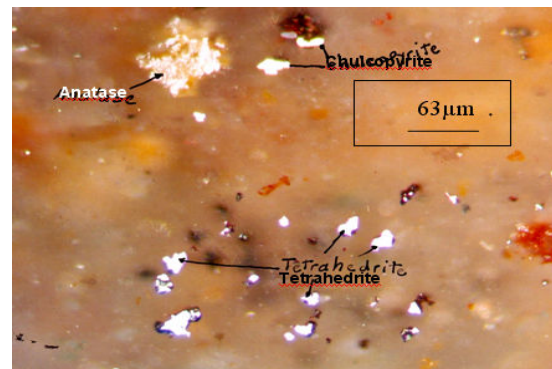
شکل ۲- واحد آندزیتی در محدوده مورد مطالعه دید به سمت شمال خاوری و همان واحد در نور پلاریزه



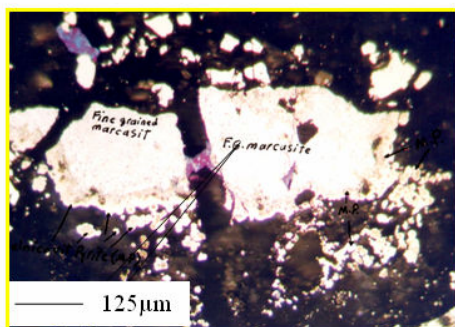
شکل ۳- واحد کوارتز مونزونیتی در محدوده مورد مطالعه دید به سمت شمال باختری



شکل ۵- نمایش تخلخل در بلور پیریت (احتمالاً به علت عبور گازهای داغ) و شروع دگرسانی پیریت و تبدیل به اکسیدهای ثانویه و آبدار آهن از سمت حواشی در نمونه شماره RA-21 با بزرگنمایی X160

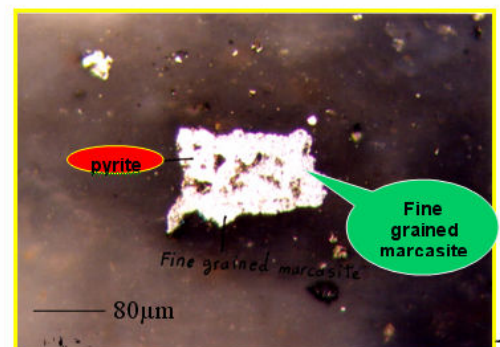


شکل ۴- بلور غیر خود شکل تتراهدریت و کالکوپیریت و آناتاز از نمونه RA-19B با بزرگنمایی 160X

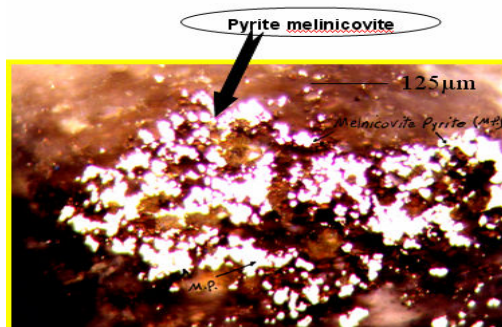


Fine grained marcassite

شکل ۷- تشکیل پیریت ژله‌ای (ملنیکوویت) در حاشیه لکه‌های مارکاسیت ریزدانه در نمونه T3-7 با بزرگنمایی X160



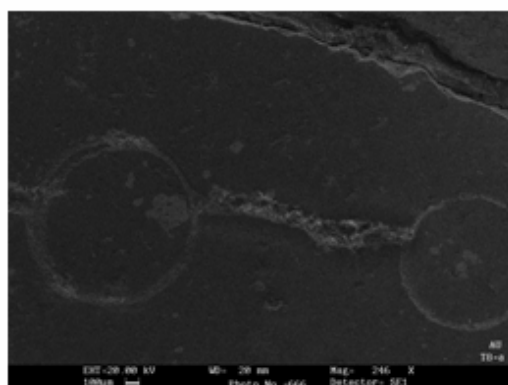
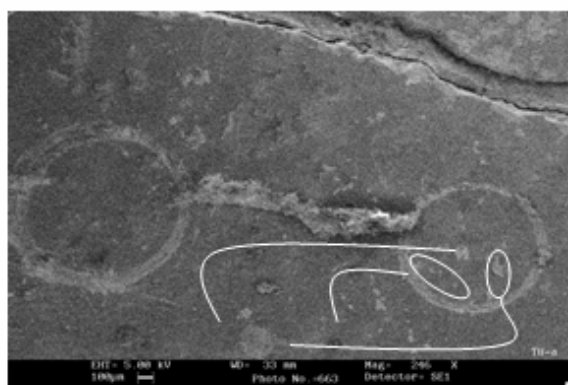
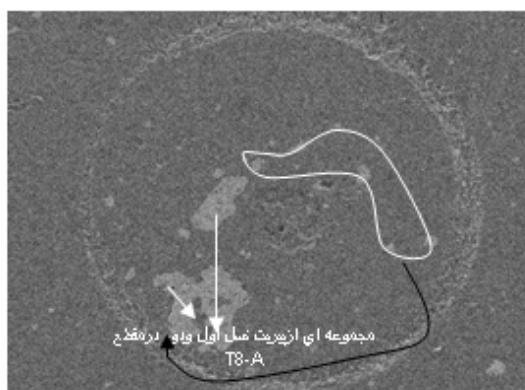
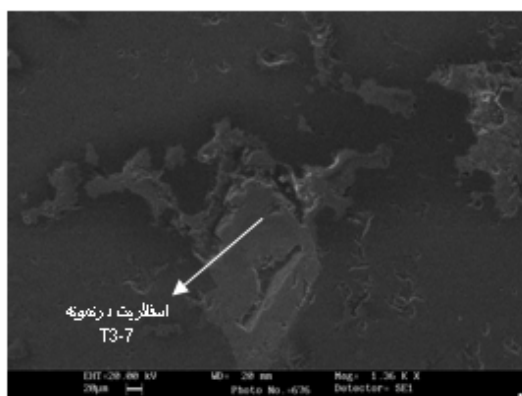
شکل ۶- تشکیل مارکاسیت بسیار ریزدانه (ژل بلورین) در اطراف بلور گزنومورف پیریت در نمونه T8-A با بزرگنمایی X250



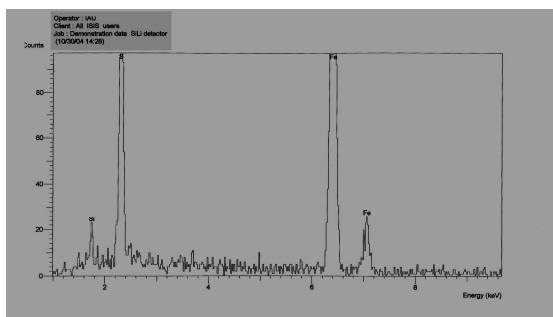
شکل ۹- تجمع دانه‌های کروی پیریت با منشأ ژله‌ای یا پیریت ملنیکوویت در نمونه شماره T4-6 با بزرگنمایی X250



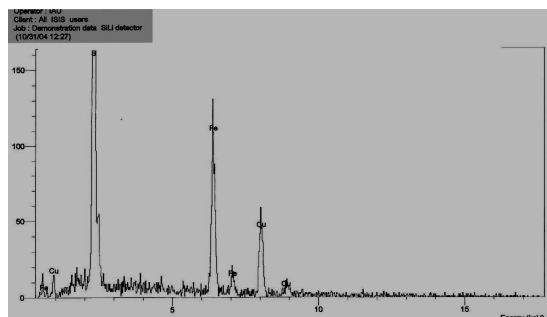
شکل ۸- تشکیل پیریت ژله‌ای (کلوئیدی) در اطراف بلورهای پیریت در نمونه T8-A با بزرگنمایی X250



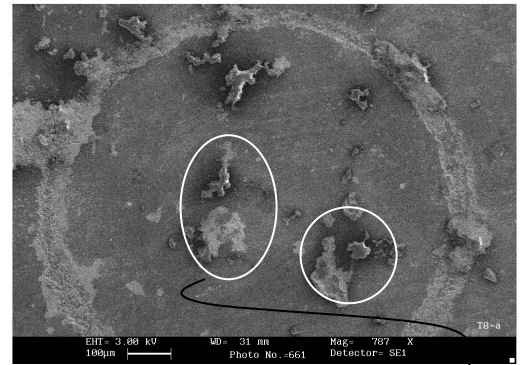
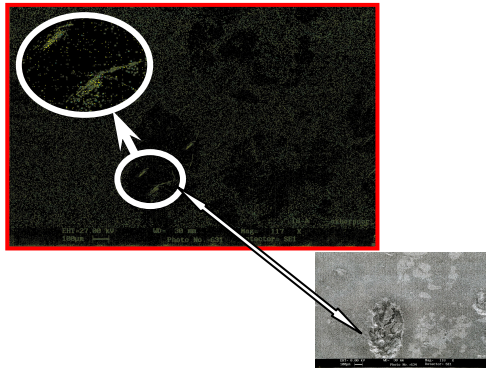
مجموعه‌ای از پیریت، کولین، کالکوپیریت همراه با خمیره سیلیسی T8-A
شکل‌های ۱۰، ۱۱، ۱۲ و ۱۳- تصاویر گرفته شده به وسیله SEM



نمودار ۲- پیریت دگرسان شده در T8-A



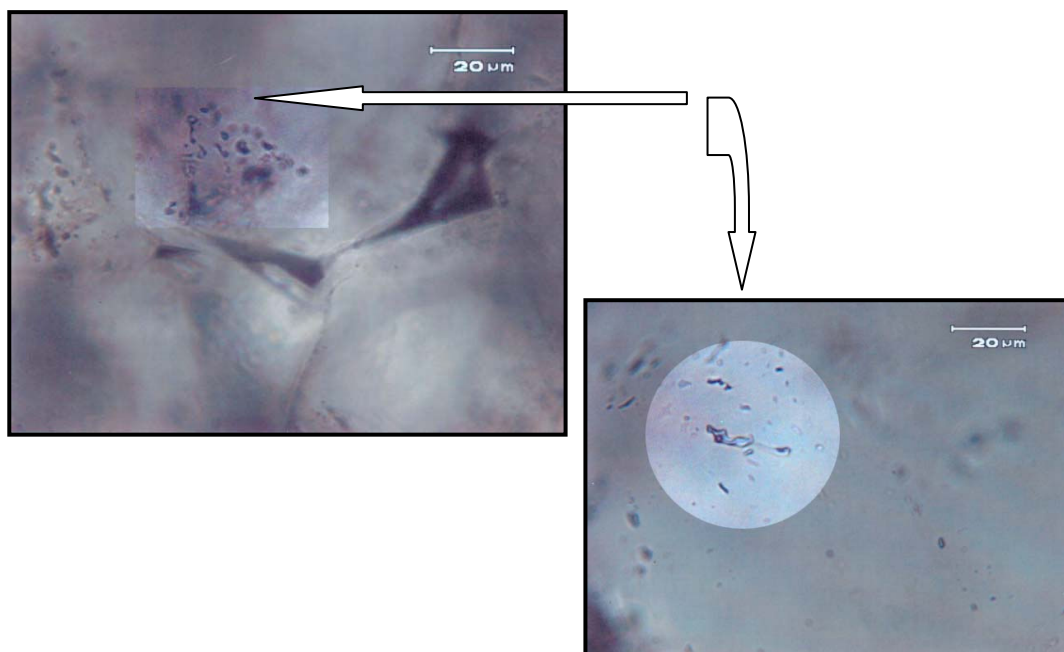
نمودار ۱- پیریت دارای میانبار کلکوپیریت در T8-A



شکل ۱۵- پراکنندگی ذرات طلای ریز دانه در سطح مقطع و

شکل ۱۴- کانه پیریت و کوولیت در T8-A

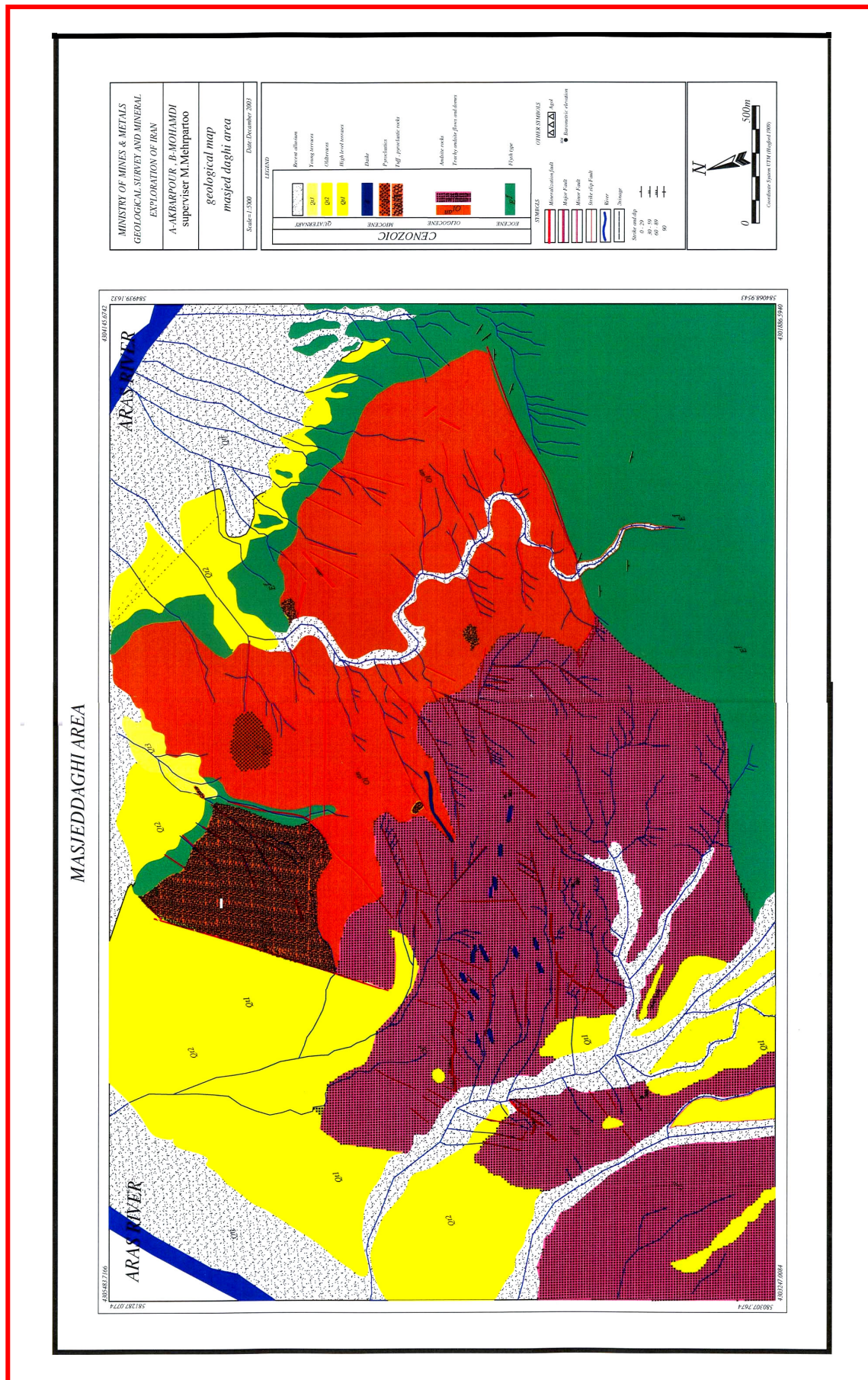
در کناره‌های پیریت در نمونه T8-A با استفاده از SEM



شکل ۱۶- پدیده باریک شدگی در میانبراهای سیال محدوده مورد مطالعه.



شکل ۱۷- میانبراهای دارای سیال و گاز



شکل ۱۸ - نقشه زمین شناسی با مقیاس ۱:۵۰,۰۰۰ محدوده مورد مطالعه

کتابنگاری

- احمدیان، ج.، ۱۳۷۰ - بررسی ژئوشیمیایی زونهای آلتراسیون هیدروترمالی با نگرش کانی‌سازیهای انجام شده در منطقه ذاکر (جنوب باختری طارم)، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تبریز، ۱۶۸ صفحه .
- امینی فضل، ع.، ۱۳۷۳ - مطالعات زمین‌شناسی، کانی‌سازی، پترولوژی و ژئوشیمیایی توده‌های نفوذی اردوباد، آکادمی علوم آذربایجان شوروی .
- اوانز، آ. ام.، ۱۳۷۳ - مقدمه‌ای بر زمین‌شناسی کانسنگها، ترجمه فرید مر و سید جواد مقدسی، انتشارات دانشگاه شیراز .
- بابا خانی، ع.، ۱۳۶۰ - پتروگرافی و ژئوشیمی نفلین شیمیایی شمال آذربایجان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم دانشگاه تهران .
- بهار فیروزی، خ.، ۱۳۷۶ - بررسی دگرسانی و زوناسیون عمودی در کانسار تیپ اسکارن پورفیری مس - مولیبدن سونگون، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت معلم .
- حاجی‌علی‌لو، ب.، ۱۳۷۸ - متالوژی ترشیری در البرز باختری-آذربایجان (میانه- سیه رود)، با نگرشی خاص به منطقه هشجین، رساله دکتری، دانشگاه شهید بهشتی .
- کریم پور، م. ح.، ۱۳۶۸ - زمین‌شناسی اقتصادی کاربردی، انتشارات جاوید مشهد، ۴۰۳ صفحه .
- لطفی، م.، و خوبی، ن.، ۱۳۶۶ - بازنگری بر گزارش: نگاهی بر متالوژی ناحیه زنجان، چهارگوش تهم، اولین تجربه مطالعاتی به کمک دستگاه میکروسوند، سازمان زمین‌شناسی کشور، گزارش داخلی، ۹ صفحه .
- نوی، م. ح.، ۱۳۵۵ - زمین‌شناسی ایران، سازمان زمین‌شناسی کشور .

References

- Eftekhar - Nezhad, J., 1975 - Brief history and structural development of Azarbaijan , G, S, I, Internal rep, N, 8.
- Hayshi, K. I. & Ohmoto, H., 1991- Solubilty of gold in Nach - and H₂S . bearing Solution at 250 - 350 ° C , Geichimica at Cos mochimica Acta Vol . 55 , 2111 - 2126 .
- Hezarkhani, A., & Williams - Jones, A., E., 1998- Control of alteration and mineralization in the Sungun porphyry deposit ,Iran : Evidence . from fluid inclusions and stable isotpes Econ - geol , Vol. 93 , PP : 651 - 640 .
- Mehrprou, M., 1993-Contribution to the geology , geochemistry Ore genesis and fluid inclusion investigation on Sungun Cu - Mo Porphyry deposit (Northwest Iran) , Hamburg University .
- Muller, D. & Gross, D.A., 1996- Might Potassium rocks with gold copper mineralization .
- Ridley, J. et al, 1996- Ore Geology Reuies 10 , PP : 279 - 293 .
- Takagi, T . & Tsakimura, T. K., 1997 - Genesis of oxidized and reduced type granites , Es , Geol , Vol- 92 , PP - 91 .
- Zoto, A., U. , Kudrin, A., V., Levin , K., A., Shikina, N.D. & Varyash, L.N., 1992- Eperimental studies of the slubility and Complexing of selected ore element (Au , Ag , Mo , As , Sb , Mg) in aqueous solution .

* دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

** دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

*** پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور

**** سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور

* Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran

** Shahid Beheshti University, Teheran, Iran

*** Iran Research Institute for Geosciences, Geological Survey of Iran

**** Geological Survey of Iran