چهل و دومین گردهمایی (همایش) ملی
علوم زمین
The 42nd National Geosciences Congress
ISC
www.geoconf.ir

متاسوماتیسم و دگرسانی در کانسار اپی ترمال معدن طلای موته

مسلم یزدانی[1*]

۱*-دانش آموخته دکتری علوم زمین، گرایش آموزش، دانشگاه اشفورد، امریکا،
رایانامه (yazdani.msolem@yahoo.com)

چکیده

متاسوماتیسم، شامل تغییر و جانشینی در ترکیب سنگ ها در مجاورت یک ماگمای نفوذی و سپس کانی سازی جدید، می باشد که عموما در حضور محلول های هیدروترمال منجر به پیدایش دگرسانی های گوناگون در سنگ های مجاور می شود. آلتراسیون (دگرسانی) آرژیلیک، در شرایط اسیدی انجام می گیرد و تمامی کاتیون های قلیایی به طور کامل از سنگ، بیرون کشیده می شوند. هجوم سیالات اسیدی در بعضی شرایط، باعث تشکیل کائولینیت-دیکیت و در بعضی شرایط، پیروفیلیت می شود. هرگاه این فاز، همراه با دیاسپور، کوارتز یا سیلیکای آمورف آندالوزیت یا به ندرت کروندوم باشد؛ این مجموعه به دگرسانی آرژیلیک پیشرفته، موسوم است. کانی سولفیدی اصلی که با دگرسانی آرژیلیک یافت می شود، پیریت می باشد. دگرسانی پروپیلیتیک، توسط کانی های کلسیم و منیزیم دار مشخص می شود. این کانی ها در اثر تبلور مجدد، حاصل می شوند. این دگرسانی، اساسا معادل رخساره شیست سبز است. کانی های مربوط به این دگرسانی، شامل آپاتیت، اندریت، آنکریت و هماتیت است. سولفید هایی که ممکن است همراه با دگرسانی پروپیلیتیک یافت شوند، شامل مقادیر ناچیزی پیریت و کالکوپیریت است. در سنگ های دیواره دولومیتی، ابتدا اسکارنِ بدون آبِ حاوی دیوپسید و فورستریت، تشکیل می شود و سپس رگه های مربوط به کانی های آبدار نظیر تالک و سرپانتین، توسعه می یابد. در معدن طلای موته، نمونه های متنوعی از دگرسانی های آرژیلیک، پروپیلیتیک و سولفیدی در مجاورت کانی سازی طلا، دیده می شود.

واژه های کلیدی: متاسوماتیسم، آلتراسیون(دگرسانی)، معدن طلای موته، اپی ترمال

۱- مقدمه

به کلیه تغییرات شیمیایی و کانی شناسی که تحت تأثیر محلول های گرمابی در سنگ ها ایجاد می‌شود، آلتراسیون می‌گویند. در آلتراسیون آرژیلیک، کانی‌های مهم عبارت است از: دیکیت، کائولونیت، هالوزیت، آلوفان، مونت موریلونیت و مقدار جزئی سرسیت. فلدسپات‌ها به طور عمده، به کانی‌های رسی، آلتره می شوند. بیوتیت به رنگ سبز تا قهوه ای، یافت می شود. پلاژیوکلاز به طور عمده، آلتره شده اما پتاسیم فلدسپات به مقدار جزئی، آلتره می شود. این نوع دگرسانی در مجاورت کانسار های رگه ای دیده می شود (مهرابی، ۱۳۹۱).

در آلتراسیون آرژیلیک، کانی‌های مهم، عبارت است از: دیکیت، کائولینیت، دیاسپور، پیروفیلیت، و گاهی سرسیت، کوارتز، آلونیت، پیریت، تورمالین و توپاز. هیدرولیز شدید سیلیکات های آلومینیوم دار (محیط اسیدی)، موجب تشکیل کانی‌های رسی از جمله کائولینیت می‌شود.کانی های ایجاد شده، به شدتِ هیدرولیز، دمای محلول و ترکیب کانی شناسی سنگ اولیه، بستگی دارد (Asadi, 1999).

به مجموعه‌ای از آلتراسیون های کلریتی، اپیدوتی، زوئیزیتی و آلبیتی، آلتراسیون پروپلتیک، اطلاق می‌گردد و کانی‌های مهم آن عبارت است از: اپیدوت، زوئیزیت، کلینوزوئیزیت، کلریت،کلسیت و آلبیت و پیریت، نسبت به آلتراسیون سرسیتک و آرژیلیک، از شدت کمتری برخوردار است. در صورت بالا رفتن درصد فراوانی اپیدوت، زوئیزیت، کلریت و یا آلبیت به جای کلمه پروپلیتیک، از نام کانی مربوطه استفاده خواهد شد. رگچه های مهم زون پروپلیتیک، عبارت است از: رگچه های کلریت و اپیدوت و کربنات(کوهستانی، ۱۳۸۵).

محلول های هیدروترمالِ غنی ازمنیزیم، آهن، کلسیم، سدیم و یا بی‌کربنات، درسنگ های آذرین، موجب تشکیل اپیدوت، کلریت، زوئیزیت و یا آلبیت می‌شوند. آلتراسیون ابتدا از کانی های فرومنیزیم دار، نظیر پیروکسن ها، آمفیبول و بیوتیت، شروع شده و سپس پلاژیوکلاز و به ندرت، پتاسیم فلدسپات، آلتره می شود. کانی های مهم زون پروپلیتیک در مرکز سیستم، عبارت است از: اپیدوت-کلریت که به طرف خارج به آلبیت، کلسیت و کانی‌های رسی، تبدیل می‌شوند (مهرابی، ۱۳۹۱).

زون پروپلیتیک، در بیشتر ذخایر ماگمایی و گرمابی، یافت می شود و در مقایسه با دیگر زون ها، گسترش بیشتری دارد. در ذخایر مس پورفیری، شعاع گسترش آن، گاهی تا ۴ کیلومتر، می رسد. زون پروپلیتیک، خارجی ترین زون آلتراسیون است. این زون در اکثر ذخایر یافت می شود، بنابراین در مراحل پی جویی و اکتشاف، مورد استفاده، قرار می گیرد. این نوع آلتراسیون، حالت خاصی از آلتراسیون پروپلتیک که دارای درصد بالای کلریت باشد به نام آلتراسیون کلریتی، موسوم است. (کوهستانی، ۱۳۸۵).

کانسار طلای موته از جمله محدوده‌های مهم اکتشاف طلای کشور است که دارای زون های متعدد و گسترده از آلتراسیون های متنوع می باشد و سیستم های اپی ترمال متعددی در پیدایش آن، موثر می باشد. کانسار طلای موته در یک کمپلکس از سنگ‌های دگرگونی، واقع شده‌اند که به قدیمی ترین واحد لیتولوژی آن به پرکامبرین (بیش از ۵۷۰ میلیون سال قبل) باز می گردد و از نظر سنگ‌شناسی شامل میکا شیست-کواتزیت- گنیس- بیوتیت آمفیبول دار می باشد (مهرابی، ۱۳۹۱).

اندیس‌های عمده در ناحیه طلادار موته عبارت است از معدن طلای چاه خاتون، معدن طلای سنجده، معدن طلای دره اشکی، معدن طلای تنگه زر، معدن طلای چشمه گوهر، معدن طلای قروم قروم، معدن طلای چاه باغ، معدن طلای چاه علامه و معدن طلای سه کلپ. (کوهستانی، ۱۳۸۵).

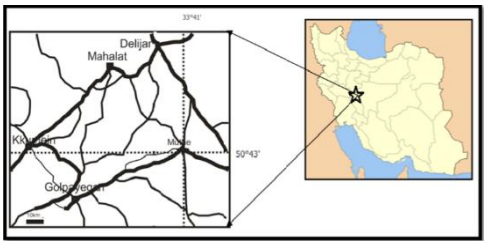
معادن موته به روش پلکانی روباز استخراج می‌شوند. روش کار به این شکل است که برای هر پله معدن، ابتدا طرح مربوط به آن پله به صورت مجزا در یک نقشه پیاده می‌گردد سپس در مرحله بعد، محدوده عیار دار آن پله که با استفاده از اطلاعات اکتشافی، وضعیت زمین‌شناسی و روند گسترش ماده معدنی در پله‌های بالاتر تعیین می‌گردد، بر روی این نقشه پیاده می‌شود، بعد سطح پله به بلوک‌های ماده معدنی و باطله تقسیم می‌شود، سپس حفاری انجام شده و چال‌ها به وسیله مواد ناریه، خرج گذاری شده و پس از انفجار ماده معدنی به وسیله دامپتراک و کامیون به کارخانه و باطله آن به دپو باطله حمل می‌شود (سایت مجتمع طلای موته).

۱-۲ منطقه مورد مطالعه

کانسار طلای موته در در ۲۷۰ کیلومتری جنوب غرب تهران در رشته کوه‌های واقع در جنوب دلیجان - شمال غربی میمه و شمال شرقی گلپایگان قرار دارد. فاصله مجتمع معدنی موته از روستای موته که در کنار جاده آسفالته گلپایگان قرار دارد، ۸ تا ۱۰ کیلومتر می‌باشد. ارتفاع منطقه از سطح دریا ۱۹۰۰ تا ۲۳۰۰ متر می‌باشد (سایت مجتمع طلای موته)

مختصات جغرافیایی کانسار طلای موته عبارت است از: 33°41'18.5"N 50°45'47.2"E.

شکل (۱)، موقعیت کانسار طلای موته در ایران را نشان داده است.



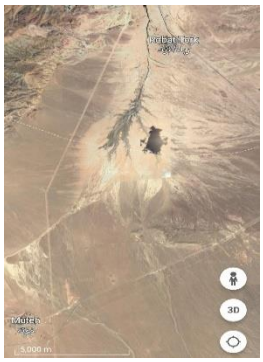
شکل ۱- موقعیت معدن طلای موته (یوسفی، ۱۳۹۰)

در شکل های (۲)، (۳)، (۴) و (۵) که بر مبنای داده های Google Earth تهیه شده است، موقعیت جغرافیایی منطقه، نشان داده شده است:

شکل ۲

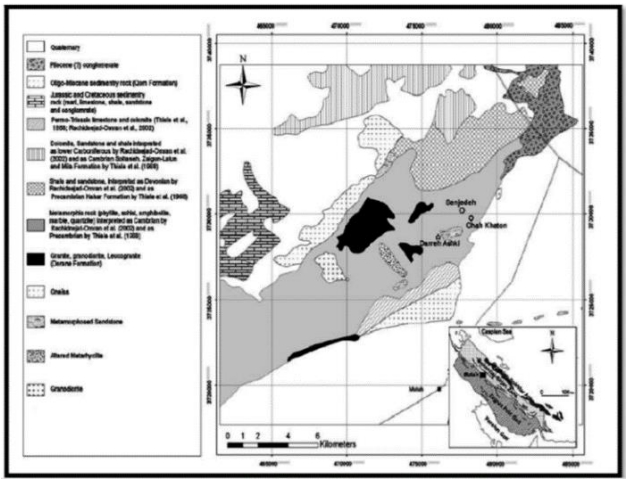
شکل ۳

شکل ۴



شکل ۵

نقشه زمین شناسی کانسار طلای موته در شکل (۶)، نشان داده شده است.



شکل ۶- نقشه زمین شناسی موته (یوسفی، ۱۳۹۰)

۲- متن اصلی مقاله

۲-۱ زمین شناسی ناحیه معدنی موته

کانسار طلای موته در بخش مرکزی زون سنندج-سیرجان، مرتبط با رگه های کوارتز، کوارتز-سولفیدی، عدسی ها و رگچه های قطع کننده سنگ بستر است که غالبا در راستای زون برشی با امتداد شمال غرب-جنوب شرق تشکیل شده است. کمپلکس شیست سبز با سن دونین و حتی قدیمی تر، واحد در بردارنده کلیه فعالیت های معدنکاری طلا در منطقه موته است (کوهستانی، ۱۳۸۵).

معادن طلای موته اغلب در امتداد شکستگی های مناطق دگرسان، به وجود آمده اند و تماماً در اثر تجمع کانی های فلزی طلا دار، از قبیل پیریت و کالکوپیریت های طلا دار داخل سنگ های منطقه در داخل شکاف های گسل های موجود که به صورت تله ای برای گرفتن آن ها عمل نموده است، ایجاد شده اند و چون فقط در حد گسترش عمقی و طولی و عرضی گسل موجود توانسته اند تجمع یابند، لذا اغلب دارای گسترش عمقی و عرضی زیاد نبوده و گسترش طولی آن ها نیز بستگی به طول گسل مذکور دارد (مهرابی، ۱۳۹۱).

کانسارهای شناخته شده در معدن طلای موته در مجموعه ای متامورفیک و در دوره پرکامبرین تشکیل شده اند. تشکیلات پرکامبرین به صورت تپه ماهورهای رنگی در شمال روستای موته، گسترش یافته است. ذخایر طلا به شکل رگه ای و رگچه ای در داخل درزها و شکستگی های شیست ها به صورت کانی های طلادار، یافت می شود. مشخصات کانی زایی طلای مذکور، توام با مشخصاتی از کیفیت سیلیسی شدن و سریسیتی شدن سنگ های در بر گیرنده، همراه با برشی شدن رگه های کوارتز و کانی پیریت، می باشد. ماده معدنی در یون های مینرالیزه شده با شیب کم تا متوسط با بدنه های ورقه ای، دیده می شود (پایگاه ملی داده های علوم زمین کشور، ۱۳۸۸).

منطقه معدنی موته، همانند سایر بخش های زون سنندج-سیرجان دارای تاریخچه دگرشکلی چند مرحله ای شامل رخدادهای چین خوردگی، دگرشکلی و دگرگونی است. پژوهش های ساختاری انجام شده، نشان دهنده تاثیر فازهای متعدد و شدید دگرشکلی است، به طوری که توالی های سنگیِ رخنمون یافته در منطقه، تحت تاثیر این فازها، نظم اولیه خود را از دست داده و واحدهای سنگی مختلف با ساختارها و فابریک های متفاوت را به وجود آورده است. نوع و شدت دگرشکلی ایجاد شده، یکسان نبوده و انواع دگرشکلی های شکل پذیر تا شکنا به همراه واحدهای سنگی کمتر دگرشکل شده تا واحدهای سنگی به شدت دگرشکل شده، در منطقه قابل مشاهده است .آثار این دگرشکلی ها به صورت میلونیتی شدن، برگوارگی و خط واره کششی نافذ، در سنگ ها ظاهر شده است (مهرابی، ۱۳۹۱).

مجتمع طلای موته اصفهان دارای ۹ اندیس با برآورد ذخیره بیش از پنج میلیون تن است. اندیس های طلای موته عبارتند از: چاه خاتون، سنجده، دره اشکی، تنگه زر، چشمه گوهر، قروم قروم، چاه باغ، چاه علامه و سه کلپ . در حال حاضر دو اندیس چاه خاتون و سنجده، به صورت روباز در حال استخراج، می باشند (کوهستانی، ۱۳۸۵).

۲-۲ پترولوژی ناحیه معدنی موته

سنگ شناسی ناحیه معدنی موته، متشکل از سنگ های دگرگونی مرمر، گنیس، آمفیبولیت، کوارتزیت، سنگ های دگرگونه- رسوبی پلیتیک شامل میکاشیست، کوارتز-بیوتیت-سریسیت شیست، کوارتز-کلریت- بیوتیت شیست، کوارتز-کلریت-آلبیت شیست و سنگ های آذرین لوکوگرانیت، متاولکانیک ریولیت، توف آندزیتی است (فرهنگی، ۱۳۶۱).

مهم ترین مجموعه های رخنمون یافته در منطقه طلای موته شامل موارد ذیل است:

۱- شیست های سبز: این واحد که در محدوده کانسار، گسترش زیادی دارد، بیشتر به صورت توف وگدازه های مافیک، به ندرت به شکل دایک و سیل های بازی دیده شده و فرایندهای دگرشکلی و دگرگونی را در حد رخساره شیست سبز تحمل کرده است. این واحد سنگی از کانی های اکتینولیت، کلریت، اپیدوت، فلدسپار قلیایی، روتیل، اسفن و مگنتیت تشکیل شده است. از مشخصات بارز این سنگ ها، دگرشکلی و چین خوردگی است که برگوارگی سنگ ها را تحت تاثیر قرار داده و سبب ایجاد ریزچین های تخت گردیده که محور آن ها به موازات برگوارگی عمومی سنگ است.

۲- فلسیک شیست ها: این سنگ ها، در واقع، سنگ های دگرگونی آتشفشانی- رسوبی مخلوط رسوبات پلیتی و توف های اسیدی دگرگونی هستند که در حد رخساره شیست سبز دگرگون شده اند. این سنگ ها در تناوب با دیگر برونزدهای منطقه، به طور مکرر، دیده می شوند اما رخنمون اصلی آن ها در محل کانسار و شمال باختری محدوده معدن است. پارامترهای دگرشکلی مانند برگوارگی چین خورده، تبلور مجدد و دگرشکلی شکنا در آن ها به خوبی دیده می شود. از نظر کانی های همراه به طور عمده از

کوارتز، فلدسپار پلاژیوکلاز، بیوتیت و مسکوویت و کانی های کدر، تشکیل شده اند. سریسیت،کلریت و کلسیت، به عنوان کانی های ثانویه، کم و بیش حضور دارند.

۳- متاریولیت ها: این سنگ ها به صورت روانه های اسیدی در تناوب با واحدهای فلسیک شیستی، دیده شده و فرایندهای دگرگونی و دگرشکلی را همراه با دیگر نهشته ها، متحمل شده اند. کوارتز، میکا پلاژیوکلاز و فلدسپار پتاسیم از کانی های اصلی آن ها به شمار می روند. زیرکن و آپاتیت از کانی های فرعی و هیدروکسیدهای آهن، پیریت، لوکوکسن و فرآورده های ثانویه ناشی از دگرسانی کانی ها، نیز از دیگر سازند های این سنگ ها هستند.

٤- ریولیت میلونیتی: این واحد در خاور دره کال شور و درون پهنه برشی شکل پذیر قرار دارد. به دلیل کرنش بسیار بالای پهنه برشی، ساخت گنیسی نشان داده و به یک میلونیت تبدیل شده است. کناره های آن توسط گسل هایی هم روند با امتداد NE/W80N محدود می شود. از نظر ترکیب کانی شناسی از پرفیروکلاست های فلدسپار قلیایی، کوارتز، پلاژیوکلاز سدیم، بیوتیت و مسکویت، تشکیل شده اند.

٥- متابازیت ها : این دسته از سنگ ها، اساساً به صورت سیل و دایک بازی (متاریولیت و متاگابرو)، در مجموعه های دگرگونی منطقه، جایگزین شده و در حاشیه خود هاله های گرمابی به ضخامت چند ده سانتیمتر ایجاد نموده اند. بخشی از این سنگ ها، دگرگونی در حد رخساره مرزشیست سبز به آمفیبولیت را متحمل شده اند. مجموعه کانی شناسی شامل پیروکسن، آمفیبول، پلاژیوکلاز، بیوتیت، کانی های کدر، کوارتز، اپیدوت، زوئیزیت، کلینوزوئیزیت، کلریت، کلسیت و سریسیت است (کوهستانی، ۱۳۸۵).

در منطقه معدنی موته، کانی های مختلفی از جمله فلدسپار، سیلیکات های کلسیم، میکا، بیوتیت، مسکویت و سریسیت، اسفن، اپیدوت، زیرکن، کانی های رسی،کائولینیت، آلونیت، ایلیت، مونت موریلونیت، پیریت، آرسنوپیریت های مس دار، کالکوپیریت، کوولیت و هیدروکسیدهای آهن وجود دارد. در موته دست کم دونسل کانی سازی تشخیص داده شده است. نسل اول در کرتاسه پایانی- پالئوسن بوده که کانی سازی طلا همراه مقادیر بالای کانی های سولفیدی (بیش از ۵۱ درصد حجمی) شامل پیریت، کالکوپیریت و آرسنوپیریت در سنگ میزبان متاریولیت های شسته شده و انواع مختلف شیست های دگرگون شده می باشد. نسل دوم که در ائوسن اتفاق افتاده، کانی سازی طلا همراه با مقادیر فراوان رگه و رگچه های کوارتز- سولفیدی، تشکیل شده است. پیریت و کالکوپیریت به عنوان کانی های غالب در منطقه، مهم ترین فازهای حامل کانی سازی طلا، محسوب می شوند (فرهنگی، ۱۳۶۱).

۳-۲ آلتراسیون های ناحیه معدنی موته

مهم ترین دگرسانی منطقه، سیلیسی شدن می باشد. دگرسانی گرمابی عامل اصلی در ته نشست اغلب کانه ها بوده و از نظر زمانی و مکانی، ارتباط نزدیکی با کانه سازی دارد. دگرسانی های مهم دیگر، شامل سریسیتی شدن، کربناتی شدن،کلریتی شدن و سولفیدی شدن می باشند که این دگرسانی ها در راستای پهنه های برشی و گسل ها، شکل گرفته اند و هرچه به مرکز کانه زائی نزدیک شویم شدت دگرسانی افزایش می یابد. دگرسانی ها زون بندی مشخصی را نشان می دهند، به این صورت که سیلیسی شدن و سولفیدی شدن در مجاورت کانه زائی، کلریتی شدن در مناطق دور از کانه زائی و در بین این دو دگرسانی سریسیتی شدن و کربناتی شدن رایج می باشد. (مهرابی، ۱۳۹۱).

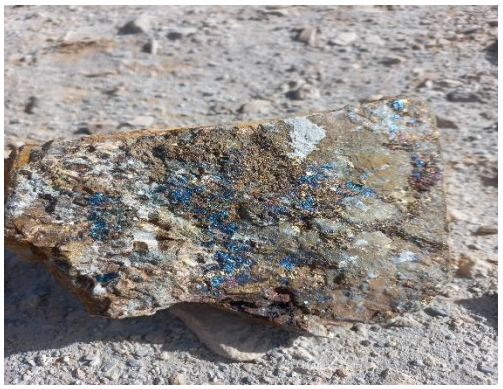
آلتراسیون‌های پتاسیک، سدیک- پتاسیک، سدیک، فیلیک و پروپیلیتیک نیز ردیابی شده‌اند. از نظر فضایی سه زون دگرسانی پتاسیک، پروپیلیتیک و سریسیتیک در این معدن قابل مشاهده است. پیریت، همراهی خوبی با کالکوپیریت دارد به طوری که گاهی به صورت رشد یافته در داخل هم، دیده می‌شوند. این حالت در زون هیپوژن عمومیت دارد. در کنار این دو کانی و در عمق زیاد توده نفوذی، فیتیت مشاهده می‌شود که میزان آن پایین است. اسفالریت به مقدار کم و در تمام طول معدن دیده می‌شود. مولیبدن نیز به مقدار ناچیز حضور دارد.کالکوپیریت نیز به کالکوسیت، دیژنیت، کوولیت و بورنیت تبدیل شده است (فرهنگی، ۱۳۶۱).

در زون هیپوژن، دگرسانی پروپیلیتی، عمومیت دارد، هرچند زون‌های باریکی از دگرسانی فیلیک نیز مشاهده می‌شود. در این منطقه، رگه‌های کوارتز، پراکنده می‌باشند و پیریت به صورت رگه‌هایی همراه با کالکوپیریت تاخیری، دیده می‌شود. رگه‌های پلی‌متال در سطح، رخنمون ندارند ولی در عمق، توسط گمانه‌ها قطع شده‌اند و شامل کوارتز، پیریت، اسفالریت و گالن می‌باشند. در بخش‌هایی پیریت توسط

تتراهدریت جایگزین شده است. رگه‌ها به شدت برشی شده‌اند و ذرات کانه به وسیله سریسیت، به یکدیگر متصل شده‌اند. یکسان بودن ساختار دگرسانی ها، نشانه یکی بودن خاستگاه آن ها و تشکیل شدن آن ها در یک فرآیند هیدروترمال باشد (کوهستانی، ۱۳۸۵).
در شکل های (۷)، (۸)، (۹) و (۱۰)، دگرسانی های مختلف از جمله سیلیسی، سریسیتی، پروپیلیتیک و آرژیلیک، مشاهده می شود.

شکل ۷- دگرسانی پروپیلیتیک-سیلیسی (نگارنده)

شکل ۸- دگرسانی آرژیلیک-سیلیسی (نگارنده)



شکل ۹- دگرسانی و تشکیل کالکوپیریت-آزوریت

شکل ۱۰- دگرسانی سولفیدی-آرژیلیک-سیلیسی

۲-۴ نمونه ای از دگرسانی و متاسوماتیسم در ناحیه معدنی موته

اولیوین، پیروکسن و آمفیبول در حضور دی‌اکسید کربن و آب، دگرگون می شوند که این فرآیند را کربن گیری می‌نامند. تالک در اثر واکنش آب پوشی، یون‌ها و کربن‌گیری سرپانتین، به شکل زیر تشکیل می‌شود.

آب + منیزیت + تالک ⟶ دی‌اکسید کربن + سرپانتین

$$2Mg_3Si_2O_5(OH)_4 + 3CO_2 \rightarrow Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2 + 3\ MgCO_3 + 3\ H_2O$$ رابطه (۱)

(Deer, 1992).

در اثر واکنش بین دولومیت و سیلیس نیز، تالک تشکیل می‌شود این واکنش در فشار و دمای دگرگونی سنگ ها در اثر مجاورت دولومیت و سیلیس اتفاق می‌افتد و اصطلاحا به آن اسکارن کردن دولومیت می‌گویند.

دولومیت + سیلیس + تالک ⟶ آب + کلسیت + دی‌اکسید کربن

$$3CaMg(CO_3)_2 + 4\ SiO_2 + H_2O \rightarrow Mg_3Si_4O_{10}:(OH)_2 + 3\ CaCO_3 + 3\ CO_2$$ رابطه (۲)

(Deer, 1992).

همچنین تالک از واکنش بین کانی‌های کلریت منیزیمی و کوارتز در شیست آبی و اکلوژیت طی واکنش‌های دگرگونی تشکیل می‌شود.

آب + کیانیت + تالک ⟶ کلریت + کوارتز

در این حالت میزان تولید تالک و کیانیت بستگی به میزان آلومینیم دارد اگر آلومینیم بیشتر باشد کیانیت بیشتری خواهیم داشت.

(Deer, 1992).

در شکل (۱۱)، یک متاسوماتیسم مجاورتی تحت تاثیر محلول های گرمابی و تشکیل تالک در کنار آمفیبول از نمونه بدست آمده از ناحیه معدنی طلای موته، مشاهده می شود. آمفیبول گروهی از سیلیکات‌ها است که دارای ساختمان زنجیره‌ای مضاعف اکسید سیلیکات متبلور می‌باشد، از دسته سیلیکات‌های زنجیره‌ای یا اینوسیلیکات است و البته شباهت زیادی به پیروکسن که از سیلیکات‌های زنجیره‌ای ساده‌اند، دارند. از آنجایی که آمفیبول‌ها دارای یون (OH) اند، به آن‌ها کانی‌های هیدروکسیل نیز می‌گویند.

شکل ۱۱- دگرسانی، متاسوماتیسم و تشکیل تالک در مجاورت آمفیبول (نگارند)

در جدول (۱)، خصوصیات مربوط به کانسارهای طلای اپی ترمال نوع سولفیداسیون و اثرات دگرسانی های مختلف را بر آن ها می بینیم.

جدول ۱- اثرات دگرسانی بر کانسارهای طلای اپی ترمال (Corbett. 2002)

	سولفیداسیون بالا (H_S) یا اسید سولفات (آلونیت)	سولفیداسیون پایین (H_S) یا (آدولاریا – سرسیت)
موقعیت تکتونیکی	جزایر قوسی و جاشیه های قاره ای	نوع غنی از گوگرد در جزایر قوسی و جاشیه های قاره ای و نوع فقیر از گوگرد در شرایط کشش واقع در قوس ها و نیز در شرایط بعد از کوهزایی
سنگ های آتشفشانی همراه	عمدتا آندزیت - ریوداسیت	آندزیت- ریوداسیت- ریولیت
مناطق دگرسانی	دارای گسترش عرضی (معمولا از چند کیلومتر مربع) و واضح – آرژیلیک پیشرفته	دارای گسترش کم و عیر واضح (رسی حدواسط-سرسیتیک-ندرتا کلریتی)
کانی های دگرسانی کلیدی	آلونیت متبلور بر روی سطح و پیروفیلیت در اعماق	سرسیت یا ایلیت + آدولاریا ، رزکولیت در کانسارهایی که همراه با سنگ های قلیایی هستند با یا بدون کلریت
کوارتز	دانه ریز و توده ای – عمدتا دارای منشا جانشینی	کالسدونی و یا کوارتز با بافت قشر گونه کلوفرم- تیغه ای کوتاه و شکاف پرکن
کربنات	-	موجود است و اغلب منگنز دار می باشد

۴-۲ کانسارهای طلای اپی ترمال موته

کانی‌سازی اپی ترمال معمولاً در دمای ۵۰ تا ۲۰۰ درجه سانتی گراد در سطح زمین تا عمق ۱۰۰۰ متری، تشکیل می‌شوند. بافت کانی‌ها در نوع اپی ترمال از نوع پر کننده فضاهای خالی(شانه‌ای و لایه‌ای متقارن) و در سنگ های کربناته و توف‌ها، به صورت جانشینی است و شکل کانسار اپی ترمال بیشتر به صورت رگه‌ای، رگچه‌ای و ذرات افشان می‌باشد. در این کانی‌سازی؛ آلتراسیون آرژیلیک، آلونیتی، سرسیتیک، ژاسپروئید و پروپیلیتیک مشاهده می‌شود. آب های زیر زمینی و ماگمایی نقش اساسی در این نوع کانسارها دارند. عیار معدن کاری این نوع کانسار ۵- ۱/۵ گرم در تن می‌باشد. منشأ مواد می‌تواند توده‌های نفوذی، شسته شدن ازسنگ های منطقه و یا هر دوی آن ها باشد. غلظت NaCl در این محلول ها معمولاً کمتر از ۱۰ درصد است(مهرابی، ۱۳۹۱).

ذخایر طلای نوع اپی ترمال، به دلیل ذخیره نسبتاً زیاد، امکان بهره‌برداری به روش روباز و مینرالوژی ساده که روش تغلیظ را آسان تر می‌سازد، توجه شرکت های معدنی زیادی را به خود جلب نموده است. گسترش آنومالی در کانسارهای اپی ترمال، رابطه مستقیمی با حجم محلول و ساختمان‌های اولیه و ثانویه منطقه خواهد داشت. ذخایر طلای اپی ترمال، بیشتر به همراه سنگ های پیروکلاستیک اسیدی و حد واسط نوع کالک آلکالن دوران سوم که در خارج از آب تشکیل شده، یافت می‌شوند (Asadi, 1999).

کانی‌های اقتصادی کانسار اپی ترمال می‌تواند سیلوانیت $(Au, Ag)Te_2$ و پتزیت $(Au, Ag)_2Te$ باشد. براساس مطالعه ایزوتوپ های اکسیژن و هیدروژن، نقش آب های سطحی در تشکیل این ذخایر، بسیار حائز اهمیت است. مطالعه سیالات درگیر، دمای تشکیل این ذخایر را حدود۵۰ تا۲۰۰ درجه سانتی گراد، نشان می‌دهد. بافت ذخیره، متنوع و اکثراً از نوع پرکننده فضای خالی، استوک ورک، برشی، افشان و جانشینی می‌باشد. با در نظر گرفتن دما و بافت، محیط تشکیل این ذخایر از سطح تا عمق حداکثر ۸۰۰ متری، متغیر می‌باشد (Asadi, 1999).

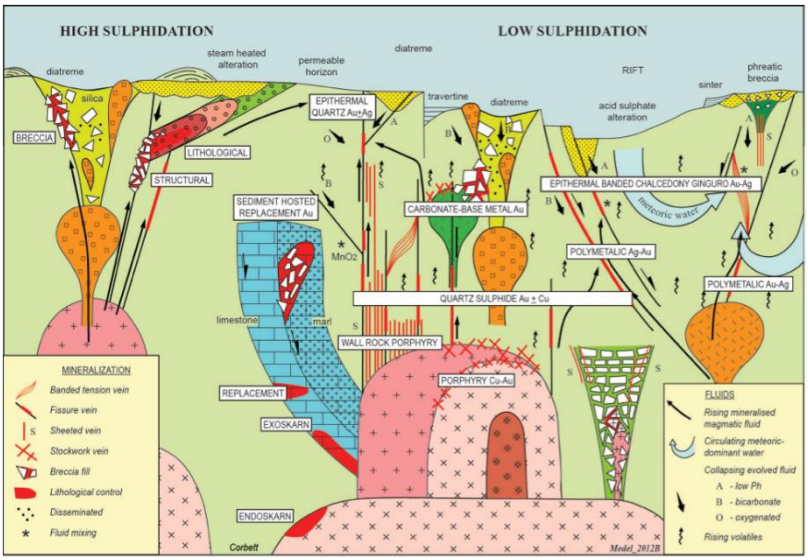
مطالعه ترکیب شیمیایی سیالات درگیر، بررسی موقعیت تکتونیکی و پترولوژی سنگ های میزبان ذخایر طلای اپی ترمال، ارتباط نزدیک آن ها را با چشمه‌های آب گرم کمربند تکتونیکی مخرب، تأیید می‌کند. کانسارهای اپی‌ترمال از روی نوع کانی ها و نوع دگرسانی در سنگ‌های دیواره، تشخیص داده می‌شوند. پیروتیت و آرسنوپیریت قبلاً به عنوان کانی های با درجه حرارت بالا، تلقی می‌شدند اما امروزه پیروتیت هم به صورت فرم هگزاگونال، مربوط به حرارت بالا و هم به فرم منوکلینیک مربوط به حرارت پایین، یافت می‌شوند(مهرابی، ۱۳۹۱).

مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که در دمای بیش از ۳۰۰ درجه سانتی گراد، بخش اعظم طلا به صورت کمپلکس کلر و در دمای کمتر از ۳۰۰ درجه سانتی گراد، به صورت کمپلکس‌های بی‌سولفیدی، حمل می‌شود. در کانسارهای مس پورفیری و ذخایر اکسیدهای آهن نوع Cu-Au و بخشی از کانسارهای ماسیوسولفید، طلا در محلول گرمابی، عمدتاً به صورت کمپلکس کلر، حمل می‌شود. در کانسارهای اپی ترمال و بخشی از ماسیوسولفیدها، طلا عمدتاً به صورت کمپلکس‌های بی‌سولفید طلا، حمل می‌شود (کوهستانی، ۱۳۸۵).

در زون جوشش کانسار طلای موته، کانی سازی طلا، شکل گرفته است.کاهش فشار ایستایی، باعث خروج گازهای H_2S, CO_2 و HClمحلول شده و عمقی که این گازها شروع به ظاهر شدن می‌کنند، تابع غلظت گازها و مقدار املاح محلول است. در صورتی که عناصر Au As و Hg توسط کمپلکس بی‌سولفیدی حمل شوند، بر اثر ناپایداری کمپلکس، به ترتیب از پائین بالا Au، As و Hg، رسوب خواهند نمود.

در شرایطی که غلظت CO_2 در محلول، بالا باشد، عمق پیدایش فاز گازی، افزایش یافته و در نتیجه، عمق ناپایداری کمپلکس‌های کلر افزایش خواهد یافت. در مکان های جدایش فاز گازی، به دلیل بالا رفتن pH، زون آلتراسیون، می‌تواند از نوع پتاسیک باشد که کانی مهم این زون در ذخایر اپی‌ترمال، آدولاریا می‌باشد (فرهنگی، ۱۳۶۱).

در شکل (۱۱)، سازوکارهای یک سیستم هیدروترمال، نشان داده شده است.



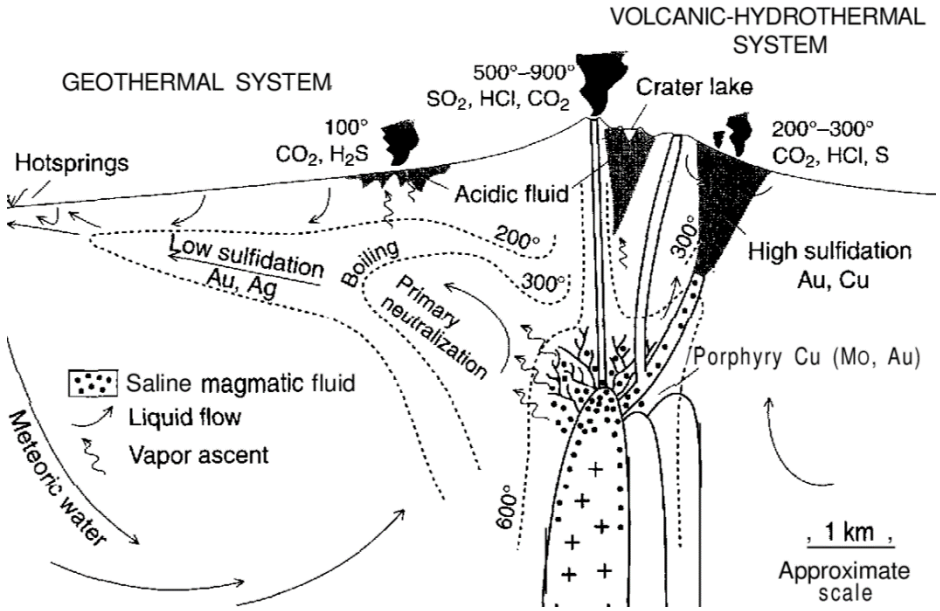
شکل ۱۱- اجزای مهم یک سیستم هیدروترمال (https://www.aig.org.au)

عمقی که محلول شروع به جوشیدن می‌کند، تابع حرارت محلول، املاح و میزان ساختمان های اولیه و ثانویه مفید می‌باشد. اختلاف عمق ظهور حباب های گاز و شروع جوشش، بیشتر به غلظت گازها بستگی دارد که هر اندازه غلظت گازها بیشتر باشد، این اخلاف بیشتر می‌شود (کوهستانی، ۱۳۸۵).

در مورد منشأ کانسارهای اپی ترمال طلا، بحث های زیادی وجود دارد. کانسارهای اپی ترمال و دگرسانی های کائولینیت-آلونیت و پیروفیلیت می توانند در دورن گدازه هایی که از دهانه های تغذیه کننده فاصله گرفته اند، تشکیل شوند. این کانسارها بر اثر جریان یافتن سطحی

آب های جوی در درون گدازه ها حاصل می شوند. لیکن در بعضی مناطق، سیالات کانسارساز اساساً ماگمایی می باشند و درجه مخلوط شدگی آب های جوی و تأثیرات آن متفاوت است (فرهنگی، ۱۳۶۱).

در شکل (۱۲)، یک سیستم طلای اپی ترمال، مشابه سیستم طلای اپی ترمال کانسار طلای موته، نشان داده شده است.



شکل ۱۲- فرآیندهای موثر در تشکیل طلای اپی ترمال (Hedenquist, 2000)

۳- نتیجه گیری

ماگمای کالک آلکالن، ضمن بالا آمدن، در دمای خاصی شروع به تبلور می‌کند و هم زمان با آن، تفریق ماگمایی شروع می‌شود. محلول های ماگمایی غنی از کاتیون‌های سدیم، پتاسیم و کمپلکس‌های کلرور مس، سرب و روی در بخش فوقانی سیستم متمرکز می‌شوند. محلول های ماگمایی موجب تغییرات شیمیایی و کانی شناختی در سنگ های منطقه می‌شود که به آن آلتراسیون گویند. حرارت توده‌های نفوذی موجب به چرخش درآمدن آب های زیر زمینی می‌شود که خود باعث آلتره شدن بیشتر سنگ های منطقه می‌گردد. زون‌های آلتراسیون که در مرکز سیستم واقعند نتیجه تأثیر آب های ماگمایی بود، حال آن که زون های خارجی، تحت تأثیر آب های زیر زمینی به وجود می‌آیند. زون های آلتراسیون سیلیسی، پیروپیلیتیک، آرژیلیک و سرسیت و سولفیدی در سیستم‌های مونزونیتی کانسار طلای موته، یافت می‌شوند. زون آرژیلیک در بالای زون سرسیت، واقع می‌شود. آب های زیرزمینی که تحت تأثیر حرارت توده‌های نفوذی، گرم شده‌اند به چرخش در می‌آیند. این آب ها، سولفیدهای اولیه به خصوص پیریت را در خود حل می‌کنند و خاصیت اسیدی آن ها، افزایش می‌یابد و موجب هیدرولیز شدید سیلیکات‌ها، می‌گردند. این زون از خارج ، زون های یاد شده را در بر می‌گیرد. بدین صورت که از بالا به زون سرسیت- پیریت و از پایین به زون پتاسیک ختم می‌شود . این زون گسترش نسبتاً زیادی دارد و در کانسارهای بزرگ تا فاصله ۵ کیلومتری ذخیره، آثار آن یافت می‌شود. محلول های ماگمایی و سطحی غنی از منیزیم، آهن، کلسیم و بی‌کربنات در سنگ های منطقه موجب تغییرات شیمیایی و کانی شناختی شده است که در نتیجه کانی هایی از جمله اپیدوت، کلریت،کربنات، زئولیت، آلبیت و مونت موریونیت تشکیل می‌شوند. در اکتشاف طلای کانسار موته، توجه به دگرسانی های گوناگون جهت شناخت کانی سازی های متنوع طلا، ضروری است.

۴- تشکر و قدردانی

بدین وسیله از همکاری شایسته جناب آقای مهندس حسینی، سرپرست معدن طلای موته و مساعدت ایشان جهت بازدید و بررسی های زمین شناختی در کانسار طلای موته، تشکر و قدردانی می گردد.

منابع

کوهستانی، ح. راستاد، ا. رشیدنژاد. عمران، ن. محجل، م. ۱۳۸۵. کانه زایی طلا در پهنه های برشی شکل پذیر و شکنای کانسار چاه باغ، منطقه معدنی موته، پهنه سنندج-سیرجان. نشریه علوم زمین.

مهرابی، ب. طالع فاضل، ا. قاسمی سیانی، م. شهابی فر، م. ۱۳۹۱. معرفی کانسار موته به عنوان سامانه طالی مرتبط با توده های نفوذی. نشریه علوم دانشگاه تربیت معلم.

پایگاه ملی داده های علوم زمین کشور، " NGDIR" ۱۳۸۸.

فرهنگی، ع. ۱۳۶۱. طرح اکتشافی و تجهیز معادن طلای موته. انتشارات اداره کل معادن و ذوب فلزات.

یوسفی، زینب. ۱۳۹۰. کانه زایی طلا در کانسار دره اشکی منطقه موته (شمال شرق گلپایگان). پایان نامه ی کارشناسی ارشد رشته ی زمین شناسی اقتصادی. دانشگاه اصفهان.

J. W. Hedenquist, R. Arribas, Eliseo Gonzalez-Urien, S. Hagemann, P. E. Brown less. 2000. Exploration for epithermal gold deposits. DOI:10.5382/rev.13.07Corpus. ID: 89603781.

Asadi, H.H and HALE, M, 1999. "Integrated analysis of aeromagnetic, Landsat TM and mineral occurrence data for epithermal gold exploration in northwest Iran." Proceedings of the thirteenth international.

Deer W.A., Howie R.A., Zussman, J. 1992. An Introduction to the Rock- forming Minerals, 2nd edi. Longman, London. 696pp.

Corbett G. 2002. Epithermal gold for explorationists. Australian Institute of Geoscientists.

http://moutehgold.ir/.

https://www.aig.org.au/.

https://earth.google.com/.