

## تعیین مدل کانی سازی معدن تپه سرخ بیجگان دلیجان - استان مرکزی

معصومه خلیج معصومی<sup>۱</sup>، محمد لطفی<sup>۲</sup>، مازیار نظری<sup>۳</sup>

۱. دانشجوی دکتری زمین شناسی اقتصادی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

۲. گروه زمین شناسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال

۳. گروه زمین شناسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد آشتیان

### چکیده

معدن باریت تپه سرخ بیجگان در ۲۱ کیلومتری شمال شرق شهرستان دلیجان، و در ۴ کیلومتری شمال غرب روستای بیجگان در استان مرکزی به روی کمر بند آتشفشانی ارومیه - دختر که یکی از فعالترین کمر بند های آتشفشانی است واقع شده است. جنس سنگ میزبان آذرین و سن آن ائوسن پایانی - الیگوسن آغازین می باشد. توده معدنی به شکل عدسی ناقص قرمز رنگی در مجاورت آهک کرتاسه، در امتداد گسل، با ابعاد  $6*15*50$  متر و روند شمال شرقی- جنوب غربی است، و بین ولکانیک های ائوسن و سازند قرمز زیرین قرار گرفته است، رنگ قرمز ماده معدنی به دلیل وجود هیدروکسید های آهن و به خاطر فوگاسیته بالای محیط می باشد. معدن از نظر ساختاری از سه بخش استوک ورک، کان سنگ باریتی (توده ماسیو) و چرت سرخ هماتیت دار تشکیل شده است. فراوانی کانیها در توده معدنی ماسیو به ترتیب شامل باریت، گوتیت، هماتیت، کوارتز و مالاکیت و آزوریت می باشد. معدن تپه سرخ را می توان بر اساس بالا بودن نسبت باریت به کانی های سولفیدی، وسعت بخش ماسیو به بخش استوک ورک و منطقه بندی ساده ساختاری آن با مشخصات کانسارهای باریت تیپ کوروکو مطابقت داد.

واژه های کلیدی: مدل کانی سازی - معدن تپه سرخ بیجگان.

## ۱. مقدمه

معدن باریت تپه سرخ در ۲۱ کیلومتری شمال شرق شهرستان دلیجان و در ۱۱ کیلومتری شمال شرق نراق در طول شرقی  $33^{\circ} 46' 50''$  و عرض شمالی  $27.8^{\circ} 34' 05''$  و تقریباً ۴ کیلومتری شمال غرب روستای بیجگان واقع شده است (شکل ۱). راه ارتباطی معدن از طریق اتوبان تهران - قم - سلفچگان و یا اتوبان تهران - ساوه - سلفچگان است و برای دسترسی به آن بایستی از جاده آسفالت سلفچگان - دلیجان (حسین آباد) استفاده نمود که در ۱۲ کیلومتری این جاده، راه آسفالت دیگری به سمت راست منشعب شده که پس از عبور از تنگه بیجگان و آبادی بیجگان به معدن منتهی می گردد. تمامی این مسیر آسفالت و هموار بوده و فقط جاده معدن به طول ۲.۵ کیلومتر خاکی می باشد. رسوبات منطقه در حاشیه زون ارومیه دختر که یکی از فعالترین کمربند های آتشفشانی است قرار گرفته است و قدیمی ترین رسوبات آن آهکهای اربیتولین دار متعلق به کرتاسه زیرین و رسوبات پالئوژن می باشد که توسط رسوبات کربناته نئوژن با ضخامت زیاد پوشیده شده است. این رسوبات به دلیل آرامش طولانی و رسوبگذاری ممتد در دریا های کم عمق این دوره تشکیل شده اند. به طور کلی توده معدنی بین ولکانیکهای ائوسن (واحد E5 سری سبز بالایی) و سازند قرمز زیرین قرار گرفته است.



شکل ۱: راههای دسترسی به معدن باریت تپه سرخ بیجگان

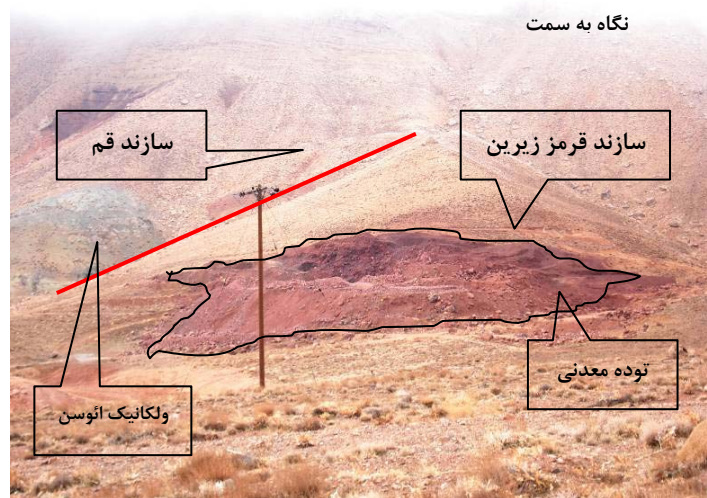
مرز بین سازند قرمز زیرین و ماده معدنی به کمک یک ترانشه با روند شمالی - جنوبی مشخص شده است همان طور که در شکل ۲ دیده می شود دیواره غربی سازند قرمز زیرین و دیواره شرقی ماده معدنی است. شکل ۳ نمای کلی از کانسار و واحدهای سنگی در برگیرنده آن را نشان می دهد. در داخل محدوده یک گسل با روند شرقی و غربی وجود دارد که به نام بید هند (شکل ۳) می باشد که سازند قم در مقابل سازند قرمز زیرین قرار گرفته است. در داخل ترانشه با روند شمالی - جنوبی آثار یک آئینه گسل (شکل ۴) به وضوح دیده می شود که نمونه ای از آن به نمونه شاهد موجود می باشد. که این آئینه گسل شاهدی برای وجود گسل می باشد و روند گسل را نشان می دهد.



شکل ۲: ترانشه - مرز ماده معدنی و سازند قرمز زیرین

## ۲. مدل کانی سازی

مدل پیشنهاد شده برای یک سیستم حرارتی ابتدا فزاینده و سپس سردشونده است که در معدن تپه سرخ احتمالاً با رسوبگذاری گوتیت و هماتیت آغاز شده است و نمی توان دقیق مشخص نمود که آیا این کانی ها قطعاً نخستین کانی هایی هستند که رسوب کرده اند و یا این که آنها نیز از تبلور مجدد و یا حتی جانشینی کانی های قدیمی تر به وجود آمده اند در این مرحله به دلیل پایین بودن دمای سیالات کانی ساز (کمتر از ۲۰۰ درجه سانتی گراد) هماتیت و گوتیت می توانسته در کنار کانی های فوق تشکیل شده باشد [۱۳].



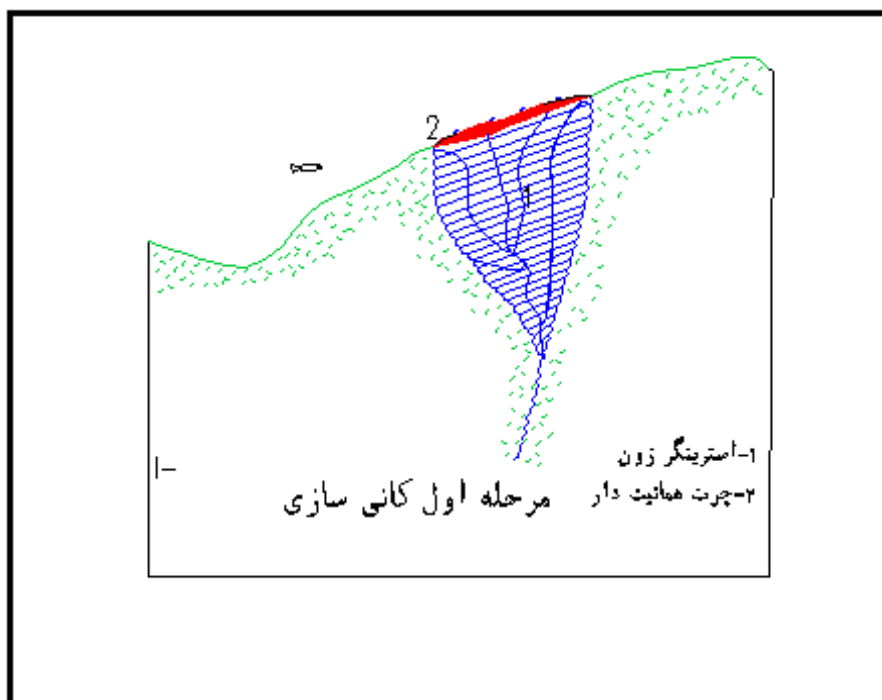
شکل ۳: نمای کلی معدن تپه سرخ بیجگان و سازند های دربرگیرنده آن و گسل بید هند



شکل ۴: آینه گسل در داخل ترانشه زده شده در داخل معدن تپه سرخ

لازم به ذکر است که تشریح مدل کانی سازی تیپ کوروکو در منبع شماره ده به طور کامل آورده شده است [۱۰]. شکل گیری و رشد توده معدنی ماسیو معدن تپه سرخ را می توان در چهار مرحله زیر تشریح نمود:

۱- برش سیلیسی شده باریت دار در بخش استوک ورک کمر پایین معدن با خروج سیالات گرمابی مراحل اولیه که حاوی  $H_2S$ ,  $Fe$ ,  $Zn$ ,  $Pb$ ,  $Ba$  و مقدار خیلی کم مس هستند تشکیل می شود (بخش استرینگر زون (Stringer Zone)). رسوبگذاری در شکستگی های این بخش می تواند از فعل و انفعالات سیالات گرمابی و سنگ دیواره و متعاقب آن افزایش  $PH$  و افت دما حاصل شده باشد. احتمالاً نخستین کانیهایی که در مرحله اول رسوب کرده اند هماتیت و گوتیت هستند چون محلول کم دما بوده و فقط این کانیها را بالا آورده است. حاصل اختلاط سیال گرمابی با آب سرد دریا رسوبگذاری سریع سولفیدها است که معادل کان سنگ سیاه ماسیو از ماسیو سولفید تیپ کوروکو است (۱۰) که در تپه سرخ این بخش کان سنگ سیاه ماسیو را نداریم پس کانی سازی سولفیدها تشکیل نمی شود (مرحله اول کانی سازی) [۹] (شکل ۵).



شکل ۵: مرحله اول کانی سازی در معدن تپه سرخ بیجان

۲- همراه با بالا رفتن دمای سیالات خارج شده، لیچینگ کانی هایی که در بخش استوک ورک و بخش های زیرین توده ماسیو تشکیل شده بودند آغاز می شود این پدیده باعث می شود تا بخشی از کانی ها انحلال یافته و مجدداً رسوب کنند. از آنجایی که تمایل به انحلال کانی باریت در مقایسه با کانی های سولفیدی (در صورت وجود در معدن) در شرایط مشابه بیشتر است لذا فرایند انحلال و رسوبگذاری مجدد در این مرحله موجب تشکیل یک بخش غنی از باریت در بالای توده معدنی می شود (کان سنگ باریتی) و کانی های سولفیدی باید در بخش تحتانی باقی بمانند و بخش غنی از سولفید توده را به وجود آورند (کان سنگ سیاه) که این قسمت کان سنگ سیاه را در تپه سرخ نداریم ولی تیپ کوروکو تمام قسمت ها را به طور کامل دارد [۱۲].

احتمالاً فوگاسیته محیط آنقدر بالا بوده است که اجازه تشکیل سولفیدها را نداده است فقط از ابتدا اکسید و کربنات تشکیل شده است پس به طور کلی آثاری از پیریت سولفیدی و یا آثاری از پیریت پزودومرف در توده معدنی و در توده هماتیتی (چرت هماتیت دار) دیده نشده است. بدین ترتیب توده ماسیو از دو طریق رشد می کند این توده عمدتاً از بالا در نتیجه تجمع کانی هایی من جمله باریت که در محل تماس سیالات کانی ساز با آب دریا بر روی توده ماسیو رسوب می کند رشد می کند. از سوی دیگر این کانی ها در بخش های تحتانی توده در داخل فضاهای خالی به توده معدنی پدید آمده افزوده می شوند. با افزایش تدریجی دمای سیالات کانی ساز، حمله سیالات غنی از مس به قسمت کان سنگ سیاه (که در معدن تپه سرخ این قسمت را نداریم) آغاز می شود محصول نهایی این بخش، کان سنگ زرد در تحتانی ترین بخش توده ماسیو

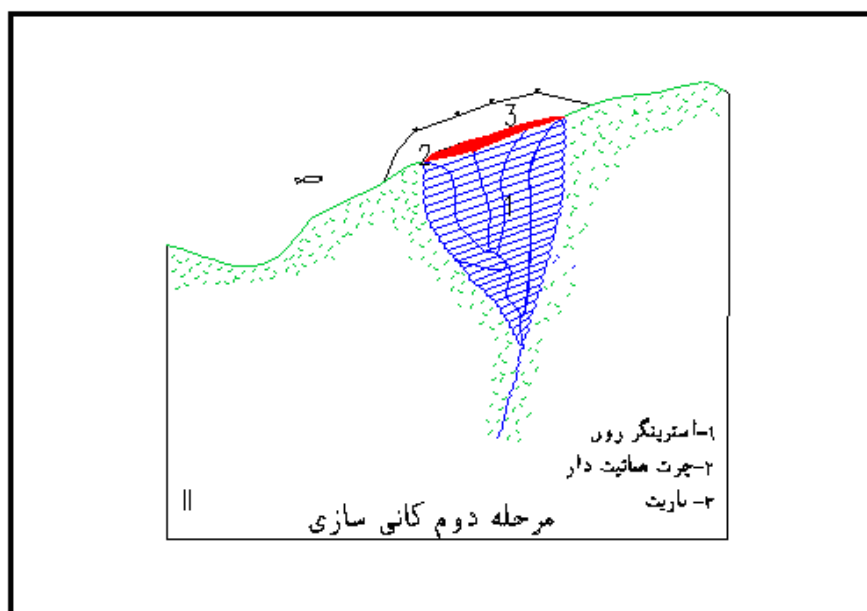


است که با حضور گسترده کالکوپیریت و تتراندیریت مشخص می شود که باز هم این بخش کانسنگ زرد را در معدن تپه سرخ نداریم. بدین ترتیب تجزیه شیمیایی انجام شده بر روی نمونه هایی از معدن تپه سرخ نشان می دهد که هیچگاه مقدار مس بیشتر از سرب و روی نیست. نتایج آنالیز را در جدول ۱ می توان مشاهده نمود.

جدول ۱: مقادیر خیلی کم مس در توده معدنی باریت معدن تپه سرخ بیجان - آنالیز XRF

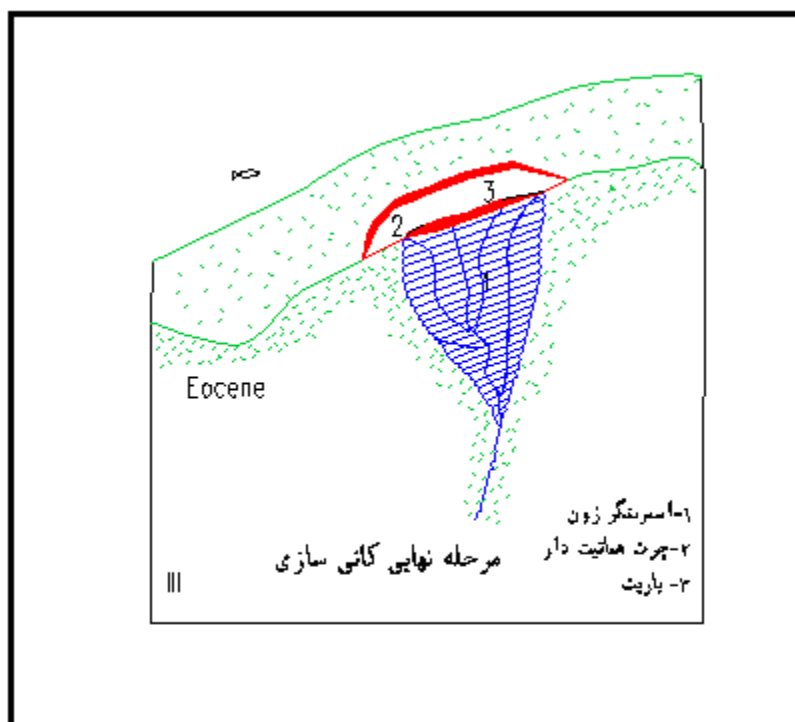
نمونه	Baso4	F2o3	Sio2	Pb	Zn	Cu
A	۷۳,۰۸٪	0.29%	0.42%	23ppm	29ppm	4ppm
A1	89.91%	0.85%	0.32%	29ppm	23ppm	8ppm
A2	٪۸۰.۱۳	1.82%	0.69%	35ppm	18ppm	3ppm
A5	٪۸۵.۷۳	3.92%	1.04%	34ppm	28ppm	5ppm

بدین ترتیب می توان نتیجه گرفت که فرایند کانی سازی در توده ماسیو معدن تپه سرخ هیچگاه از مرحله تشکیل کانسنگ باریتی فراتر نرفته است (شکل ۶). این مسئله نشان می دهد که دمای سیالات کانی ساز در اوج افزایش حرارت سیستم گرمایی نباید از حدود ۲۵۰ درجه سانتی گراد بالاتر رفته باشد [۹].



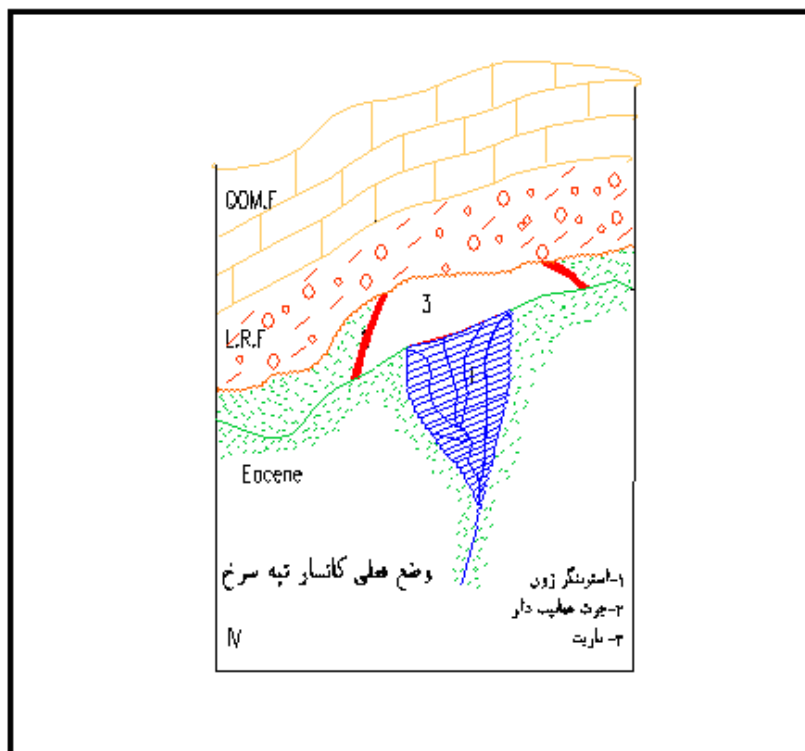
شکل ۶: مرحله دوم کانی سازی در معدن تپه سرخ

۳- کاهش ناگهانی دما در این مرحله فرایندهای انحلال و جان‌شینی را دچار وقفه می‌سازد بخش شبه تتسوسکی از سیالات گرمابی در آخرین مرحله تشکیل می‌شود و در روی کان سنگ باریتی قرار می‌گیرد. از آنجا که مقدار  $S^{2-}$  سیالات گرمابی برای حاکم شدن بر محیط کافی نیست اکسیژن موجود در آب دریا موجب تشکیل هماتیت می‌شود. باریت تشکیل شده که روی آن هماتیت قرار گرفته است انتهای کانی سازی است، در ادامه روی باریت‌ها را یک لایه ولکانیکی ائوسن می‌پوشاند چون ممکن است این تپه باریتی بر اثر جریان آب از بین رود (شکل ۷).



شکل ۷: مرحله نهایی کانی سازی در معدن تپه سرخ بیجگان

۴- با خاموش شدن دائمی سیستم گرمابی، معدن به سرعت توسط سنگهای کمر بالا پوشیده می‌شود، البته لازم به ذکر است که در تپه سرخ، مستقیماً توسط سنگهای کمر بالا پوشیده نشده است بلکه با یک مرز فرسایشی یافته که بین کان سنگ و کمر بالا وجود دارد پوشیده شده است که فرسایش هماتیت‌ها را از بین برده فقط آثاری از این چرت‌های هماتیت‌دار در حاشیه توده معدن تپه سرخ وجود دارد، دیده شده است. احتمالاً به دلیل دمای پایین سیستم گرمابی کانی‌سازی، پس از خاموشی و مدفون شدن کامل آن هیچ‌گونه آثار تجدید فعالیت محدود که منجر به کانی‌سازی در سنگهای کمر بالای کانسار شده باشد مشاهده نمی‌شود. وقوع این پدیده در برخی انواع کانسارهای تیپ کوروکو منجر به تشکیل رگه‌ها یا عدسی‌های کوچک کانی‌سازی در کمر بالای توده ماسیو شده است [۹ و ۱۳] (شکل ۸).



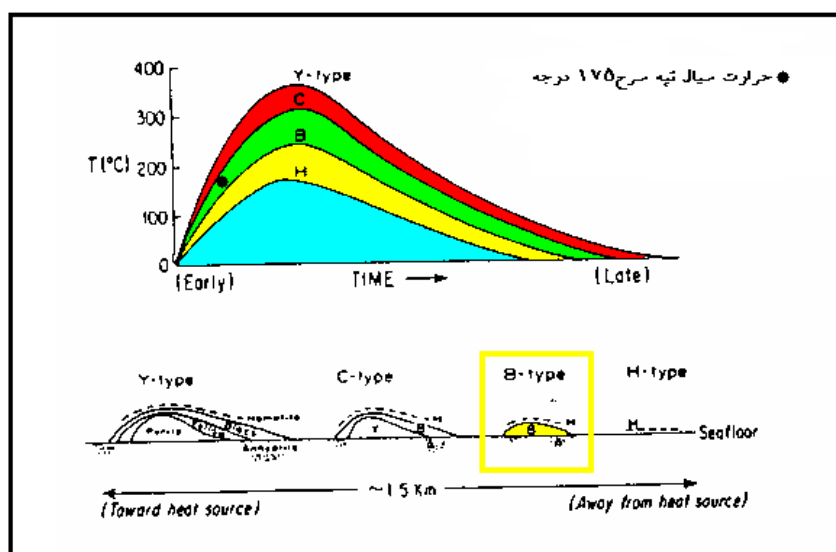
شکل ۸: وضع فعلی در معدن تپه سرخ بیجگان

پس به طور کلی در تپه سرخ یک مرز فرسایشی بین توده معدنی و کمر بالا وجود دارد، که باعث شده سقف توده را نداشته باشیم یعنی تاپ توده ماسیو را نداریم پس به طور کلی ما احتمالاً با یک کانسار باریت تیپ کوروکوی با سقف فرسایش یافته مواجه هستیم.

### ۳. فاکتور های کنترل کننده ابعاد نسبت سولفید به باریت و تاریخچه حرارتی سیستم

در تمامی کانسارهای شناخته شده ماسیو سولفید تیپ کوروکو ترتیب زون بندی کان سنگ های تشکیل دهنده بخش ماسیو کما بیش مشابه یکدیگر بوده و تقریباً در تمامی انواع آنها کان سنگ غنی از باریت در بخش فوقانی توده ماسیو و کانسنگ غنی از کانی سولفیدی در بخش تحتانی آن تشکیل شده اند اما ابعاد کانسار و نسبت کل کانی های سولفیدی به باریت از کانساری به کانسار دیگر متفاوت است. مطالعه انجام شده توسط اوموتو و همکارانش ۱۹۸۳ نشان می دهد [۱۳] که تیپ و ابعاد توده ماسیو در یک کانسار تیپ کوروکو در ارتباط با فاصله نسبی آن از منبع حرارتی برقرار کننده چرخه سیالات گرمایی است [۹] در نتیجه با افزایش فاصله از منبع حرارت، کانسارهای کوروکو پدید آمده کوچکتر شده و تیپ آنها از پیچیده به ساده تغییر می یابد. و با توجه به مطالعات سیالات درگیر انجام شده درجه حرارت به دست آمده برای تشکیل معدن تپه سرخ بیجگان ۱۷۵ درجه سانتی گراد بوده است که می تواند موید مطلب فوق باشد [۱۰] (شکل ۹).





شکل ۹: مدل ارائه شده در رابطه بین توزیع انواع کانسنگ ها و تاریخچه حرارتی سیستم نسبت به فاصله از منبع حرارت، این تفاوت ها می تواند نشانگر این واقعیت باشد که دمای سیالات خروجی در هر مرحله از فعالیت گرمایی و حجم کل سیالات خارج شده در طول حیات سیستم گرمایی عموماً با افزایش فاصله و دور شدن از منبع حرارت کاهش می یابد [۹]

#### ۴. نتیجه گیری

نبود کان سنگ زرد و سیاه، منطقه بندی ساختاری ساده، پایین بودن بسیار زیاد نسبت سولفید به باریت و به احتمال بسیار قوی نبود سولفید در کانسار نشانگر پایین بودن دمای سیالات کانی ساز در کانسار تپه سرخ می باشد. با مطالعه آنکلوژیون سیال انجام شده بر روی کانسار تپه سرخ، دمای تشکیل کانسار ۱۷۵ درجه سانتی گراد می باشد [۱۰]. با توجه به شواهد فوق و بر اساس رده بندی اوتومو و همکارانش می توان کانسار تپه سرخ را یک کانسار تیپ نوع B در نظر گرفت (شکل ۸). مارومو ۱۹۸۹ نیز کانسارهای تیپ کوروکو را بر اساس نسبت کل سولفید به سولفات و وسعت بخش ماسیو به بخش استوک ورک به چهار گروه زیر تقسیم نموده است [۱۲]:

- ۱) کانسارهای تیپ کوروکو
- ۲) کانسارهای باریت تیپ کوروکو
- ۳) کانسارهای ژیپس تیپ کوروکو
- ۴) کانسارهای نت ورک تیپ کوروکو [۱۲]

در این تقسیم بندی به ترتیب از بالا به پایین نسبت سولفید به سولفات و وسعت بخش ماسیو کاهش می یابد پس در معدن تپه سرخ این نسبت پایین بوده و باریت بخش اعظم کان سنگ را تشکیل می دهد و همچنین حجم بخش ماسیو کانسار نسبت به استوک ورک آن بالا است پس معدن تپه سرخ را می توان در گروه کانسارهای باریت تیپ کوروکو قرار داد دمای سیالات کانی ساز در کانسارهای باریت تیپ کوروکو نسبت به کانسارهای تیپ کوروکو پایین تر بوده است. دومین شاهد پایین بودن دمای سیالات کانی ساز در کانسار

- تپه سرخ آلتراسیون کلریتی در زون دگرسانی کمر پایین کانسار می باشد [۱۰]. پس به طور کلی پیدایش مونتموریونیت و رس های مخلوط و کلریت نشانگر پایین بودن دمای سیالات کانی ساز در کانسارهای باریت تیپ کوروکو به شمار می رود [۸].
- معدن از نظر ساختمانی از دو بخش استوک ورک و توده ماسیو تشکیل شده که شباهتی با کانسار ماسیو سولفید دارد [۱۰].
  - معدن از نظر ساختاری از سه بخش استوک ورک ، کان سنگ باریتی و چرت سرخ هماتیت دار تشکیل شده است [۱۰].
  - مطالعات سیالات درگیر انجام شده در معدن تپه سرخ ، دمای تشکیل کانسار را ۱۷۵ درجه سانتی گراد و میانگین درجه شوری آن را معادل ۱۹.۵ wt% NaCl می داند [۱۰] تیپ و ابعاد توده ماسیو در یک کانسار تیپ کوروکو در ارتباط با فاصله نسبی آن از منبع حرارتی برقرار کننده چرخه سیالات گرمایی است [۹] در نتیجه با افزایش فاصله از منبع حرارت، کانسارهای کوروکو پدید آمده کوچکتر شده و تیپ آنها از پیچیده به ساده تغییر می یابد.

## ۵. منابع

۱. خوش جو، امیر، شهریور ۱۳۷۸. کانسار های باریت ایران، ناشر سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، صفحه ۵ - ۱۷ و ۱۹ - ۱۰۵
  ۲. درویش زاده -علی، ۱۳۷۰. زمین شناسی ایران ، نشر دانش امروز ، دانشگاه امیر کبیر.
  ۳. رحیم زاده، فرامرز، الیگوسن - میوسن - پلیوسن، ناشر سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
  ۴. رومانکو، ای اف، مومن زاده، م - ۱۳۶۳، کانسار باریت ایران مرکزی، گزارش سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
  ۵. شهاب پور، جمشید، ۱۳۸۰. زمین شناسی اقتصادی، انتشارات دانشگاه شهید باهنر کرمان.
  ۶. کریم پور، محمد حسن، ۱۳۸۱. زمین شناسی اقتصادی کاربردی ویرایش جدید، نشر دانشگاه فردوسی مشهد.
  ۷. لطفی، محمد، پاییز ۱۳۸۱. جزوه درس کانسارهای رسوبی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، دانشکده علوم پایه گروه زمین شناسی.
  ۸. نظری، مازیار، بهمن ۱۳۷۳. بررسی کانی شناسی و ژنز کانسار باریت دره کاشان ، پایان نامه کارشناسی ارشد، (استاد راهنما: دکتر عبدالمجید یعقوب پور، استاد مشاور: حسن مدنی) - دانشگاه تربیت معلم.
  ۹. نظری، مازیار، تیر ۱۳۷۳. درس سمینار کارشناسی ارشد زمین شناسی اقتصادی، کانسارهای ماسیو سولفید ( استاد راهنما: عبدالمجید یعقوب پور)، دانشگاه تربیت معلم.
  ۱۰. خلیج معصومی، معصومه، تابستان ۸۶. بررسی زمین شناسی اقتصادی معدن باریت تپه سرخ بیجان، دلیجان استان مرکزی (راهنما: دکتر محمد لطفی، مشاورمهندس مازیار نظری).
11. Hauck. M .B (1988) kuroko , type ore deposits on the Aegean Island Greece. In: Base metal sulfide deposits. Friedrich. G.H. & Herzing. p. M (eds). springer, verlag, berlin Heidelberg pp 216- 227.

12. Marumo. K (1989). The barite ore fields of kuroko, type of japan In: 3 Nonmetalliferous stratabound ore fields. Brod t korb. de. M. (de). Van Nostrand Reinhold pub. New york. (pp 201 – 231).
13. Ohmoto. H., Barton. P. B, Eldridge. c.s. (1983) Mineral textures and their bearing of formation of kuroko ore bodies. In : kuroko and related volcanogenic massive sulfide deposits . (edi ) ohmoto.H. & skinner .B.J Econ . Geol., Monograph 5. pp 241-281.
14. Tanimura. S., Date, J., Takahashi. T & ohmoto. h. (1983) Geologic setting of the kurocodeposits. Japan. Pt, stratigraphy and structure of Hokuroko district. Econ. Geol .monogr .5 (pp 24 – 38).