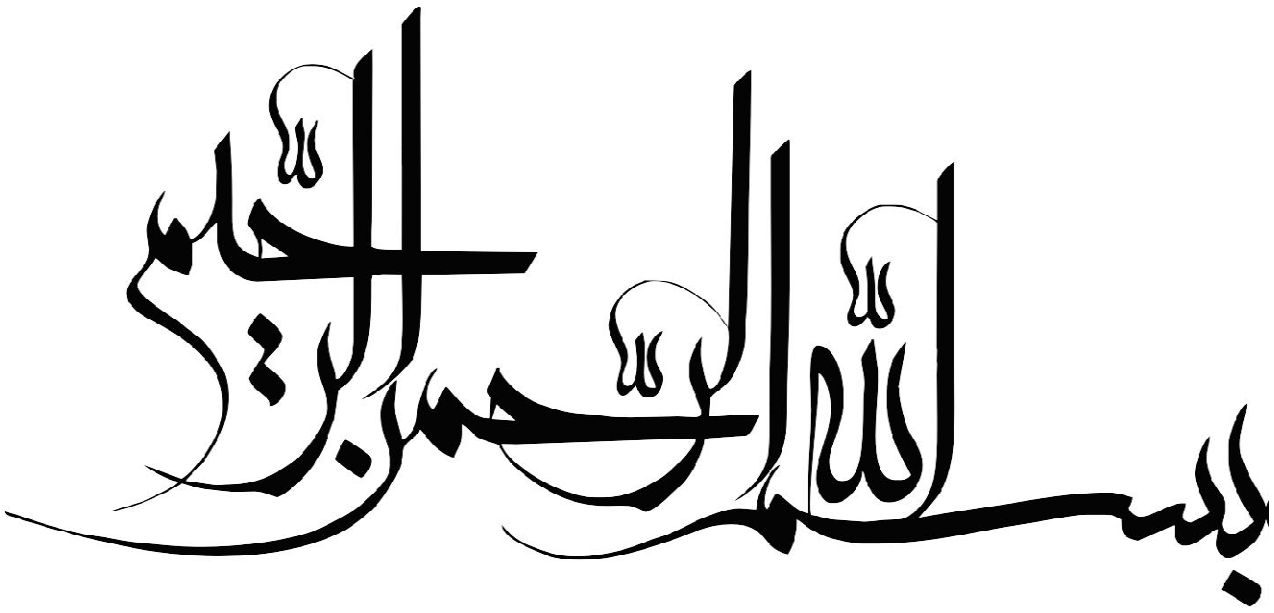

بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده علوم طبیعی

گروه زمین‌شناسی

پایان نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته زمین‌شناسی

(گرایش اقتصادی)

عنوان

بررسی زمین‌شناسی اقتصادی لایه‌های رسوبی مس‌دار در روستای چهرگان، تسوج، استان آذربایجان‌شرقی

استاد راهنما

پروفسور علی اصغر کلاگری

اساتید مشاور

دکتر قادر حسین‌زاده دکتر حسین هادی‌زاده

پژوهشگر

محمد پناه‌زاده

شهریورماه ۸۹

تقدیم به

پدر و مادر عزیزم

که وجود پر محبتشان بزرگترین نعمتی است که

خداوند به من عطا فرموده است

برادر مهربانم توحید

تشکر و قدردانی

به نام خالق هستی راهی را آغاز نمودم که پیمودنش میسر نبود جز با نام و یاد ازلی او و اکنون که به پایان و سرمنزلگاه این سفر رسیدم سر بر سجده شکر او می نهم.

در ابتدا صمیمانه ترین سپاس ها را تقدیم به خانواده عزیز و بزرگوارم بخصوص پدر و مادر مهربانم می کنم، ایشان که سالها با تلاش بی شائبه و بدون هیچگونه چشمداشتی امکان تحصیل با فراغ بال را برایم فراهم نمودند. همچنین از برادر عزیزم و همسر محترمش به پاس همراهی ها، تشویق ها و دلگرمی هایشان صمیمانه سپاسگزارم.

وظیفه خود می دانم از استاد فرهیخته و بزرگوارم پرفسور کلاگری که افتخار شاگردی ایشان را داشتم و در تمام مدت تحصیل، ایشان را معلمی دانشمند، دلسوز، نکته سنج و سختگیر دیدم که با تدریس استادانه خود جلوه هایی نو از زمین شناسی کانسارها را برای بنده آشکار نمودند، تشکر نمایم. در تمام مدت زمان این پژوهش از گفتگوهای سازنده و راهنمایی های ارزنده، تشویق ها و نظارت مستمر بر روند تحقیق از آغاز تا به ثمر رسیدن این پایان نامه و همچنین از دریای فضائل و کمالات اخلاقی ایشان بهره مند بوده ام.

از زحمات استاد بزرگوارم جناب آقای دکتر حسین زاده استاد مشاور اول رساله که نه تنها به عنوان یک استاد بلکه به عنوان یک دوست مرا مورد الطاف و راهنمایی های خویش قرار می دادند و رهنمودهایش پیوسته گره گشای کارم بود، تشکر و قدردانی می کنم.

از جناب آقای مهندس هادی زاده استاد مشاور دوم رساله که در مراحل مختلف اجرای این پروژه با همکاریهای صمیمانه و هدایت روشنفکرانه و همچنین آموزش اکتشافات ژئوشیمیایی نقش ارزنده ای در به ثمر رسیدن این طرح داشته اند، کمال تشکر را دارم.

بهترین سپاس های خویش را تقدیم به دایی محترم جناب آقای دکتر منیری فر بخاطر راهنمایی های ارزنده در تمام مراحل زندگی و تحصیلم و کمک های بی دریغی که در مراحل مختلف پایان نامه داشتند، می نمایم.

قدرشناس تمامی محبت ها و درس آموزی های جناب آقای مهندس آقامحمدی جهت آموزش نرم افزارهای Ilwis-GIS و +GS و رسم نقشه های زمین شناسی و ژئوشیمیایی هستم بی شک بدون کمک و راهنمایی های ایشان این کار میسر نمی گردید.

از اساتید بزرگوار آقایان دکتر مؤید و دکتر کدخدایی بخاطر راهنمایی های راهگشا و ارزشمندشان در کلیه مراحل تدوین رساله کمال تشکر را دارم.

از جناب آقای دکتر مهدوی بخاطر راهنمایی های ارزنده و زحمات فراوان و بی دریغ که در طول تدوین پایان نامه داشته اند، کمال تشکر را دارم که با در اختیار گذاشتن مقالات مربوط به موضوع مورد مطالعه و پایان نامه خود کمک شایانی به بنده نمود. بی شک الهام از پایان نامه ایشان مسیر انجام این تحقیق را برایم بیش از پیش نمایان کرد.

از خانم مهندس قمری در سازمان نظام مهندسی استان بدلیل مساعدت هایی که در تمام مراحل تحصیل و پایان نامه داشتند، سپاسگزارم.

از اساتید بزرگوار دکتر عابدینی، دکتر سیمونز، دکتر عمرانی، دکتر علوی، مهندس سرتیپ زاده بخاطر راهنمایی های ارزشمندی که در طول تدوین این رساله داشتند صمیمانه تشکر می کنم.

از جناب آقای دکتر جهانگیری به خاطر تعلیم علم و نیز قبول زحمت داوری پایان نامه سپاسگزارم.

از تمامی اعضای محترم هیئت علمی گروه زمین شناسی دانشکده علوم طبیعی دانشگاه تبریز که در طول دوران های تحصیلی کارشناسی و کارشناسی ارشد از محضرشان بهره برده ام سپاسگذارم.

از آقای مهندس محمد حسنی یامچی بخاطر در اختیار گذاشتن اطلاعات زمین شناسی منطقه مورد مطالعه و کمک های بی شمارشان تشکر می کنم.

از آقایان مهندس قدیر زاده، مهندس نقی زاده، مهندس حاج شیخ زاده و مهندس منیری فر بخاطر راهنمایی های مفیدشان در طی تدوین پایان نامه و همچنین زحمات فراوانی که در منطقه مورد مطالعه متحمل شده اند، صمیمانه تشکر می کنم.

از تمامی کارکنان محترم دانشکده ی علوم طبیعی آقایان مسیب زاده، جهانیار، جعفرپور، منتظر ظهور، اکبرپور و خانم ها جلالی و سمساری سپاسگزاری می کنم.

از تمامی کارکنان باغ گیاه شناسی آذربایجان بخاطر مساعدتشان در طول انجام این رساله کمال تشکر را دارم.

از اهالی خوب روستای چهرگان به ویژه آقای دلیری به جهت مهمان نوازی و اسکان صمیمانه تشکر می کنم.

از پسرخاله های محترمم مهندس شبریانی جهت همراهی بنده در بازدیدهای صحرایی و مهندس سید جلیلی جهت راهنمای ارزنده در مطالعات آماری صمیمانه تشکر می کنم.

از دوستان عزیز و صمیمی آقایان معصومی، جلیل پور، قنبرپور، حاصلی آبادی، راضی فرد، ادراکی، ناصری، کرد، شیردل، محمدی، آقایی، غضنفری و غنی زاده به خاطر زحمات فراوان و بی دریغی که همیشه نسبت به بنده داشتند کمال تشکر را دارم. بطور حتم بدون کمک این دوستان انجام این تحقیق برایم غیر ممکن بود.

از دوستان عزیز و بزرگوارم آقایان سهرابی، نذیری، کمالی، فردوسی، فریدا صل، ابراهیمی، رحمتی، مقدمی، ادراکی، پیروج، سبحان وردی، برادران خیابانی پور، قادری، بوستانی، سلمان زاده، مصطفایی، محمدی، ابوذر، امینی، حلیمی و خانم ها جلالی، فیجانی، دوانقی، چوبدارزاده، سعدی، شکاری، ملارسولی، روستایی، گل ریحان، رضایی، فرزام نیا و سایر دوستان تشکر و قدردانی می کنم.

نام‌خانوادگی: پناه‌زاده	**نام**: محمد
عنوان پایان‌نامه: بررسی زمین‌شناسی اقتصادی در لایه‌های رسوبی مس‌دار در روستای چهرگان، تسوج, استان آذربایجان‌شرقی	
استاد راهنما: پروفسور علی اصغر کلاگری	**استادان مشاور**: دکتر قادر حسین‌زاده، مهندس حسین هادی‌زاده
مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد **رشته**: زمین‌شناسی	**گرایش**: زمین‌شناسی اقتصادی
دانشکده: علوم طبیعی **تاریخ فارغ التحصیلی**:	**تعداد صفحه**:
کلید واژه: ماسه‌سنگ، دگرسانی، ژئوشیمی، چهرگان.	

چکیده:

منطقه چهرگان در فاصله ۱۰ کیلومتری غرب شهرستان تسوج در استان آذربایجانشرقی واقع شده است. واحدهای لیتولوژیک منطقه مورد مطالعه عمدتاً مربوط به دوران سوم بوده و شامل رخساره تخریبی- قاره ای درشت دانه به صورت دگرشیب بر روی سازندهای قدیمی‌تر می‌باشند. واحدهای تخریبی- قاره‌ای با انواع متنوعی از مارن‌ها (خاکستری تا سبز، خاکستری تا قهوه‌ای و ژیپس‌دار) شروع شده و توسط یک سری از واحدهای تخریبی (شیل، سیلت، مارن، ماسه سنگ، کنگلومرا) و تخریبی- کربناتی (شیل‌های آهکی سبز، ماسه‌سنگ و سیلتستون سبز تا خاکستری) پوشیده شده‌اند. ضخامت لایه‌های مس‌دار از چند سانتی متر تا ده متر بوده که در داخل واحدهای ماسه‌سنگ، سیلتستون سبز تا خاکستری و کنگلومرا حضور دارد.

کوارتز، فلدسپار پتاسیم، پلاژیوکلاز، خرده‌سنگ، بیوتیت، مسکویت، کلریت، کلسیت، دولومیت، گوتیت، پیریت، کالکوسیت، کوولیت، مالاکیت و پیروبیتومین‌ها از کانی‌های تشکیل دهنده زون‌های دگرسانی و کانی‌زایی شده می‌باشند.

دگرسانی رسوبات تخریبی عمدتاً در طی دیاژنز رخ داده است. دو زون مهم دگرسانی که در چهرگان توسعه یافته عبارتند از: (۱) دگرسانی اکسیدی (قرمز شده) و (۲) دگرسانی شسته‌شده (سفید شده). قرمز شدن در اثر اندرکنش رسوبات قهوه‌ای تا برنزه با سیالات اکسیدی خلل و فرجی در طی مرحله همزمان با دیاژنز رخ داده است. این فرآیند با گسترش طبقات قرمز رنگ معروف به طبقات قرمز بالایی (upper red beds) در کل منطقه نمایان می‌شود. سفید شدن بدلیل عبور سیالات احیأ کننده (بخاطر حضور محلی مواد آلی در پالئوکانال) از داخل طبقات قرمز و شستن اکسیدهای آهن موجود از قبل (عامل رنگ قرمز در طبقات قرمز) در طی دیاژنز پیشین رخ می‌دهد که نتیجتاً لایه خاکستری رنگ در امتداد مجرای حرکت سیالات احیایی پدید می‌آید.

زون کانی‌زایی شده به صورت عدسی شکل در داخل زون دگرسانی شسته‌شده توسعه یافته است. مهمترین عامل موثر در تشکیل این زون، فراوانی پیریت و مواد آلی (فسیل‌های گیاهی مناطق قاره‌ای) به عنوان عامل احیأ و نیز نفوذپذیری سنگ‌ها در زون دگرسانی شسته‌شده می‌باشد که ضمن عبور سیال اکسیدی مس‌دار باعث ته‌نشست مس و سایر عناصر فلزی می‌شود.

نقشه‌های آنومالی برای عناصر فلزی و کمیاب بر اساس مطالعات ژئوشیمی آبراهه انجام گردید.

ویژگی‌های لایه‌های مس‌دار، از قبیل لیتولوژی، شکل عدسی‌مانند و لایه ای، گسترش ناحیه‌ای آن، ساخت و بافت جانشینی و افشان، کانی‌شناسی، وجود مواد آلی (فسیل‌های گیاهی) و تمرکز کانه‌زایی مس در ارتباط با آن‌ها شواهد کافی را برای طبقه-بندی این لایه‌ها بعنوان نوع رسوبی Redbed فراهم کرده است.

فهرست مطالب

عنوان صفحه

فصل اول: بررسی منابع

۱-۱) مقدمه ۱
۱-۲) کانه‌های مس..... ۳
۱-۳) رده بندی کانسارهای مس..... ۳
۱-۳-۱) کانسارهای مس پورفیری (همراه با کانسارهای رگه ای و اسکارنی)..... ۳
۱-۳-۲) کانسارهای تیپ سولفید توده ای آتشفشانی..... ۸
۱-۳-۳) کانسارهای مس همراه با ولکانیسم خشکی..... ۱۱
۱-۳-٤) کانسارهای مس همراه با توده‌های آذرین مافیک..... ۱۲
۱-۳-۵) کانسارهای مس با سنگ میزبان رسوبی..... ۱٤
۱-٤) پیشینه پژوهش..... ۲٤

فصل دوم: مواد و روش‌ها

۲-۱) موقعیت جغرافیایی..... ۲۵
۲-۲) راههای ارتباطی..... ۲۵
۲-۳) زمین شناسی عمومی منطقه چهرگان..... ۲٦
۲-٤) ساختمان فعلی آذربایجان..... ۳۰
۲-۵) چینه شناسی چهارگوش تسوج..... ۳۰

فصل سوم: بحث و نتایج

۳-۱) زمین‌شناسی منطقه‌ای..... ۳۳

۳-۱-۱) توده‌های آذرین شمال منطقه(گرانیت میشو)..... ۳۳
۳-۱-۲) واحد مارنهای خاکستری متمایز به سبز (msg)..... ۳۵
۳-۱-۳) واحد شیل، مارن، ماسه سنگ (ssm)..... ۳٦
۳-۱-٤) واحد مارنهای رنگارنگ (mgr)..... ۳۷
۳-۱-۵) واحد مارنهای گچ و نمکدار (mgh)..... ۳۸

۳-۱-٦) واحد واحد شیل سبز رنگ (shg).....۳۹
۳-۱- ۷) واحد ماسه‌سنگ، میکروکنگلومرا، سیلتستون (ssg) (میزبان کانی سازی فلزی).....٤۰
۳-۱-۸) واحد Q.....٤۰

۳-۲) کانی‌زائی مس در محدوده مورد مطالعه.....٤۲

۳-۳) پتروگرافی و کانی‌شناسی و توالی پاراژنتیکی.....٤٤

۳-۳-۱) پتروگرافی و کانی‌شناسی ماسه‌سنگ طبقات قرمز بالایی(Upper red formation....٤٤
۳-۳-۲) مینرالوگرافی کانسنگ مس.....٤۹
۳-۳-٤) توالی پاراژنزی.....۵۷
۳-٤-لیتوژئوشیمی.....۵۸

۳-٤-۱) منشأ ماسه‌سنگها ۵۹
۳-٤-۲) فراوانی عناصر پایه و نقره.....۵۹
۳-٤-۳) توزیع، پراکندگی و همبستگی عناصر کمیاب.....٦٤
۳-٤-۵) بررسی تغییرات عناصر خاکی نادر.....٦٦
۳-٤-٦) الگوی پراکندگی عناصر خاکی نادر در سنگ میزبان کانه زایی.....٦۷
۳-٤-۷) نتیجه گیری.....٦۸

۳-۵) بررسی اکتشافی ژئوشیمیایی.....۷۱
۳-۵-۱) مقدمه.....۷۱
۳-۵-۲) طراحی شبکه نمونه برداری.....۷۲
۳-۵-۳) نمونه برداری و آنالیز شیمیایی.....۷۲
۳-۵-٤) محاسبه و تخمین مقادیر سنسورد.....۷٤
۳-۵-۵) محاسبات آماری یافته های خام.....۷٤
۳-۵-٦) بررسی مقادیرخارج از ردیف.....۷۵
۳-۵-۷) نرمال کردن یافته‌ها.....۷٦
۳-۵-۸) بررسی های آماری دو متغیره (تعیین ضرایب همبستگی).....۷۷
۳-۵-۹) بررسی های آماری چند متغیره.....۸۰
۳-۵-۱۰) جدایش آنومالی های ژئوشیمیایی ورسم نقشه های ژئوشیمیایی.....۸٦
۳-۵-۱۱) کنترل آنومالی های ژئوشیمیایی از طریق نمونه های مینرالیزه.....۹۱

۳-۵-۱۲) چکیده و نتیجه‌گیری.....۹٤

۳-٦) مکانیسم تشکیل کانسارها مس چهرگان.....۹۷

۳-٦-۱) منشا فلزات.....۱۰۱

۳-٦-۲) منشا گوگرد.....۱۰۳

۳-٦-۳) تثبیت فلزات.....۱۰٦

۳-٦-٤) منشا سیالات کانه‌دار و مکانیزم جریان سیال در مقیاس حوضه‌ای.....۱۰٦

فصل چهارم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها

٤-۱) **نحوه تشکیل و مدل ژنتیکی لایه‌های مس رسوبی چهرگان.....۱۱۰**

منابع.....۱۱۵

فهرست اشکال و جداول

پیوست ۱: جدول نتایج حاصل از آنالیز نمونه‌های ژئوشیمیایی قبل از تخمین سنسورد.

پیوست ۲: پارامترهای آماری و هیستوگرامهای مربوط به یافته‌های خام .

پیوست ۳: پارامترهای آماری و هیستوگرام‌ها برای یافته‌های نرمال شده.

پیوست ٤: نقشه آنومالی اولیه با روش تخمین شبکه برای

پیوست ٥: نقشه آنومالی اولیه با روش تخمین شبکه برای یافته‌های غیر نرمال

پیوست ٦: جدول نتایج حاصل از آنالیز نمونه‌های سنگی

فصل اول

بررسی منابع

فصل اول بررسی منابع

۱-۱) مقدمه

در میان ذخایر معدنی، فلز مس در شمار نخستین فلزاتی است که توسط آدمی شناخته و به کار گرفته شده است. وجود اشیاء مسی و مفرغی به دست آمده از کاوش‌های باستان شناسی مؤید همین مطلب است. از طرفی وجود سرباره‌های ذوب قدیمی در اکثر معادن مس و نیز کارهای شدادی انجام شده در آنها، نشان از اهمیت این فلز برای مردمان اعصار گذشته دارد. مس فلزی به رنگ نارنجی یا قهوه‌ای مایل به قرمز، با جلای فلزی و هدایت الکتریکی و حرارتی بالا است. مس از نظر شیمیایی جزء عناصر واسطه بوده و در جدول مندلیف در گروه IB همراه با نقره و طلا قرار دارد و در کنار آنها به عنوان فلز نجیب طبقه‌بندی شده و می‌تواند مانند طلا و نقره به صورت عنصری و خالص در طبیعت یافت شود (Tuddenham and Dougall, 1978). ایزوتوپ‌های پایدار مس شامل ^{65}Cu و ^{63}Cu بوده و به دو حالت اکسیده Cu^{+} و Cu^{2+} وجود دارد (Fairbridge, 1972). درطبقه‌بندی ژئوشیمیایی، مس در گروه عناصر کالکوفیل قرار دارد و در پوسته زمین به طور عمده در فازهای سولفیدی تجمع می‌یابد، با این وجود در فازهای اکسیدی، کربناتی و سیلیکاتی نیز می‌تواند حضور داشته باشد (Mason and Moore, 1982). هر چند مقدار اندکی مس در ساختمان کانی‌های سیلیکاتی نظیر اولیوین، پیروکسن، امفیبول و بیوتیت موجود می‌باشد(Stanton, 1994) .

مس در رده بندی مصرف جهانی فلزات، پس از آهن و آلومینیم در جایگاه سوم قرار دارد . کشور ایران در بین کشورهای دارای ذخایر مس از جایگاه مناسبی برخوردار است، به طوری که از مجموع ۳۵ میلیارد تن کانسنگ مس در جهان با عیار متوسط ۸۸/۰درصد، ذخیره قطعی و احتمالی ایران در حدود ٤ میلیارد تن با عیار ٦٦/۰ درصد برآورد می‌شود به عبارتی ایران در حدود ۸ درصد مس معادن جهان را دارا است.

میانگین فراوانی پوسته‌ای مس ppm ۵۵ می‌باشد که از این حیث بیست و ششمین عنصر پوسته‌ای محسوب می‌شود (Taylor, 1964). در جدول ۱-۱ فراوانی مس در سنگ‌های مختلف آورده شده است.

غلظت مس در آب دریا حداقل و در رسوبات عمیق دریایی حداکثر می‌باشد که از مقادیر مشابه قاره‌ای بیشتر بوده و بیانگر تحرک بالای مس توسط محلول‌ها می‌باشد (Fairbridge, 1972). تحقیقات نشان می‌دهد که میزان مس در کانی‌های سیلیکاتی با پیشرفت فرایند تفریق افزایش می‌یابد. این افزایش تا زمانی که فاز مایع از سولفور اشباع شود ادامه می‌یابد. در این مرحله به دلیل تشکیل یک مذاب سولفیدی غیر قابل امتزاج با ماگما، بخش عمده مس از مذاب سیلیکاتی جدا شده و بعد از آن کانی‌های سیلیکاتی تشکیل شده مقادیر مس

کمتری را نشان می‌دهد (Fairbridge, 1972). مس به راحتی وارد شبکه سیلیکات‌ها نمی‌شود زیرا موجب ناپایداری انرژی و در نتیجه بهم ریختگی شدید شبکه بلوری می‌شود (Mason and Moore,1982).

جدول ۱- ۱ فراوانی مس در سنگ‌های رسوبی، آذرین و آب دریا (Wedepohl, 1969)

واحد	نوع سنگ	Cu (ppm)
سنگ‌های آذرین	پریدوتیت	٤٧
	بازالت	۹۰
	آندزیت	۵۳
	گرانیت	۱۳
سنگ‌های رسوبی	میانگین شیل ها	۳۵
	شیل سیاه	۹۵
	کوارتز آرنایت	۳۰
	گری وک	۱۱
	آهک	٦
	رس‌های پلاژیک	۲۵۱
	آب دریا	۰۰۰۱۵/۰

به دلیل تشابه شعاع یونی با یون‌های Mg^{2+} و Fe^{2+}،Cu^{2+} می‌تواند جانشین این یون‌ها در ساختمان سیلیکات‌هایی مانند پیروکسن و هورنبلند گردد. در نتیجه حضور مس Cu^{2+} در ساختمان سیلیکات‌ها دارای اهمیت بوده و Cu^{+} از اهمیت کمتری برخوردار است. در صورت وجود مقدار قابل ملاحظه‌ای Cu^{+} در برخی مذاب‌ها نظیر مذاب‌های احیاء کننده، این یون می‌تواند به دلیل تشابه بار الکتریکی و شعاع یونی جانشین Na^{+} در ساختمان برخی کانی‌ها نظیر پلاژیوکلاز و هورنبلند گردد (Stanton, 1994). اکثر کانسارهای مس با سنگ‌های گابرویی و بازالتی همراه می‌باشند ولی در ارتباط با سنگ‌های دیوریت، مونزونیت، آندزیت، گرانیت و گرانودیوریت نیز به مقدار قابل ملاحظه دیده می‌شود. این امر نشاندهنده وجود یک رابطه عکس بین مقدار سیلیس و مس می‌باشد (Fairbridge, 1972). در محیط‌های سطحی، pH و Eh عوامل اصلی کنترل کننده توزیع و مهاجرت مس هستند. تحت شرایط اکسیدان و pH متوسط تا پائین، مس قابلیت انحلال زیادی

داشته و تمایل زیادی به خروج از مناطق اکسیده دارد و با افزایش pH، ایجاد شرایط احیائی و حضور سولفید قابلیت انحلال آن کاهش یافته و ترسیب می‌شود(Maynard, 1983).

۱-۲)کانه‌های مس

مس در ساختمان بلورین ۲۵۰ کانی جای می گیرد ولی شمار اندکی از آنها از نقطه نظر اقتصادی اهمیت دارند (Firbridge, 1972; Christie and Brathwatie, 1990). از این میان شماری از کانی‌ها به لحاظ اقتصادی از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند نظیر کالکوپیریت، کوولیت، کالکوسیت، بورنیت، مس طبیعی، مالاکیت و آزوریت. مهمترین کانی‌های مس همراه با مشخصات فیزیکی و شیمیائی در جدول ۱-۲ آورده شده است.

۱-۳) رده بندی کانسارهای مس

کسلر (Kesler., 1973) کانسارهای مس را بر اساس خصوصیات ژنتیکی آنها به ۵ گروه اصلی تقسیم نموده است که عبارتند از:

۱ کانسارهای مس پورفیری (همراه با کانسارهای رگه‌ای و اسکارنی)

۲ کانسارهای مس تیپ سولفید توده‌ای آتشفشانی

۳ کانسارهای مس همراه با ولکانیسم خشکی

٤ کانسارهای مس همراه با توده‌های آذرین مافیک

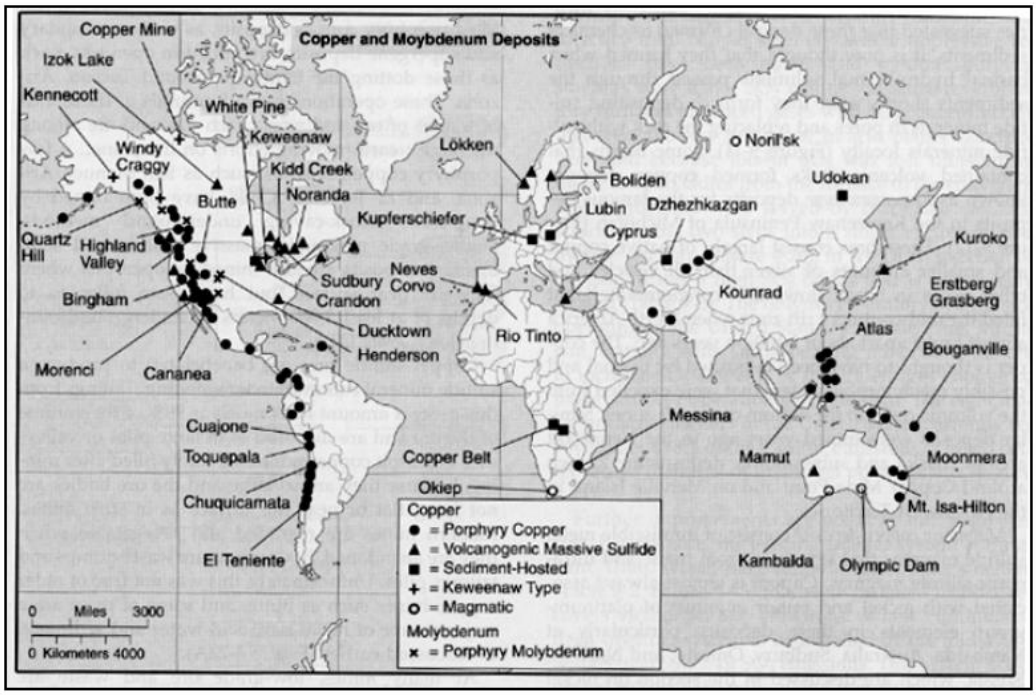
۵ کانسارهای مس با سنگ میزبان رسوبی

پراکندگی انواع کانسارهای مس در جهان در شکل (۱-۱) نشان داده شده است

۱-۳-۱) کانسارهای مس پورفیری (همراه با کانسارهای رگه‌ای و اسکارنی)

کانسار مس پورفیری: اصطلاح پورفیری از بافت پورفیری سنگ‌های همراه و بافت پراکنده یا انتشاری کانه‌ها اخذ شده است. سیلیتو (Sillitoe, 1973) پیشنهاد کرده است که کانسارهای مس پورفیری با توده‌های نفوذی به صورت استوک‌های کوچک و کم عمق نزدیک سطح زمین یافت می‌شوند. از دیدگاه اوانز (Evans, 1993) یک سیستم مس پورفیری ایده‌آل، شامل توده‌های نفوذی و استوک مانند است که در یک سری آتشفشان‌های سپری شکل نفوذ نموده و با رخنمونی کشیده یا نامنظم با ابعادی در حدود ($۵/۱ \times ۲ km^2$)، اغلب سنگ‌های متوسط دانه آن را در بر می‌گیرد. گرانیتوئیدهای میزبان کانسارهای مس پورفیری از نوع

مگنتیتی می‌باشند که از ذوب بخشی پوسته اقیانوسی و یا جبه فوقانی در حاشیه‌های تکتونیکی مخرب حاصل می‌شوند (Evans, 1993). ماگماتیسم مربوط به سری مگنتیتی قادر به تولید مقدار زیادی گوگرد و فلزاتی می‌باشد که با گوگرد و کلر ترکیب می‌شوند. ماگماهای مربوط به این سری خود غنی از این عناصر می‌باشند. قسمت اعظم کانسارهای مس پورفیری دنیا، با کمربندهای کوهزایی مزوزوئیک و سنوزوئیک همراه می‌باشند. این کمربندها از بازیافت پوسته اقیانوسی در مقیاسی وسیع و ایجاد زنجیره‌های بلندی از قوس‌های حاشیه قاره‌ای و اقیانوسی، در طی یک رژیم زمین‌ساختی فشارشی و یا به عبارتی حاشیه‌های تکتونیکی مخرب حاصل شده‌اند (Evans, 1993).



شکل۱-۱: پراکندگی انواع کانسارهای مس در در جهان (Kesler, 1994).

جدول ۱- ۲- مشخصات برخی از کانی‌های مهم مس (Firbridge,1972, Christie and Brathwatie,1990)

نام فارسی	نام لاتین	فرمول	سیستم	رنگ	جلا	چگالی	پیدایش
مس خالص	Copper	Cu	ایزومتریک	رزی روشن	فلزی	۹- ۵/۸	معمولا همراه با سنگ های خروجی بازیک
کوپریت	Cuperite	Cu_2o	ایزومتریک	قرمز تا سیاه	صدفی تا نیمه فلزی	۱/٦-۸/۵	توده ای، دانه ای، خاکی و رشته ای در زون اکسیداسیون کانسار های مس
تنوریت	Tenorite	Cuo	منوکلینیک	سیاه	_	۷/٤-۵/٤	به صورت پودر سیاه در زون اکسیداسیون کانسار های مس
آتاکامیت	Atacamite	$Cu_2(OH)_3Cl$	ارتورومبیک	سبز روشن	شیشه ای	_	سوزن های منشوری، رشته ای یا دانه ای، کانی ثانویه زون اکسیداسیون
مالاکیت	Malachite	$Cu_2CO_3(OH)_2$	منوکلینیک	سبز روشن	ابریشمی	٤- ۷/۳	توده ای یا پوسته ای در زون اکسیدان
آزوریت	Azurite	$Cu_3(CO_3)_2(O)_2$	منوکلینیک	لاجوردی	شیشه ای	۸/۳- ۷/۳	توده ای یا استالاکتیتی در زون های اکسیدان فوقانی
دیوپتاز	Dioptase	$CuSiO_3,H_2O$	هگزاگونال	سبز زمردی	شیشه ای	_	کانی نادر در زون های اکسیدان و هوازده
کالکانتیت	Chalcanthie	$CuSO_{4.5},H_2O$	تریکلینیک	آبی آسمانی	شیشه ای	_	کانی غیر معمول در زون اکسیدان خصوصا در شرایط صحرائی
کالکوپیریت	Chalcopyrite	$CuFeS_4$	تتراگونال	زرد برنجی	فلزی	۳/٤- ۱/٤	به صورت توده ای، مهترین کانی مس در اغلب شرایط
بورنیت	Bornite	$Cu_5\ FeS_2$	ایزومتریک	قرمز مسی	فلزی	۳/۵- ۹/٤	توده ای، بیشتر همراه ب کالکوپیریت در سنگ های بازیک، اسیدی و رسوبی
تتراهدریت-تنانتیت	Tetrahedrite -Tennantite	$Cu_{12}(Sb,As)_4S_{13}$	ایزومتریک	خاکستری تا سیاه آهنی	فلزی	۱/۵- ٦/٤	توده ای، در رگه های حرارت پایین تا متوسط به همراه کانی های Ag، Zn، Pb
انارژیت	Enargite	Cu_3AsS_4	ارتورومبیک	سیاه خاکستری تا آهنی	فلزی	٤/٤	توده ای، دانه ای یا منشوری به صورت کانسارهای رگه ای یا جانشینی
بورنونیت	Bournonite	$PbCuSbS_3$	ارتورومبیک	سیاه خاکستری تا آهنی	فلزی	_	توده ای یا دانه ای، از سولفوسالت های معمول در رگه های حرارت متوسط
کالکوسیت	Chalcocite	Cu_2S	ارتورومبیک	سیاه	فلزی	۸/۵- ۵/۵	توده ای یا دانه ای، اساسا در زون های غنی شدگی سوپرژن
کوولیت	Covellite	CuS	هگزاگونال	آبی نیلی	فلزی	۷/٤- ٦/٤	تود ای، ندرتا بلورین، درزون غنی شدگی سوپرژن به همراه کالکوسیت

کانسارهای مس پورفیری به طرق مختلفی رده‌بندی شده‌اند. مک‌میلان و پانتی‌لیف (McMillan and Panteleyev, 1980). بر اساس عمق تشکیل و ریخت‌شناسی، این کانسارها را به سه گروه کلاسیک، ولکانیک، و پلوتونیک تقسیم نموده‌اند. تقسیم‌بندی دیگری بر اساس نوع و ماهیت توده نفوذی میزبان است که بر اساس آن کانسارهای مس پورفیری به مدل‌های لوول-گیلبرت و نوع دیوریتی تقسیم‌بندی شده‌اند (Evans, 1993). تقسیم‌بندی دیگری بر اساس موقعیت تکتونیکی می‌باشد که بر اساس آن، این کانسارها به انواع جزایر قوسی (فیلیپینی) و حاشیه قاره‌ای (آمریکایی) تقسیم‌بندی شده‌اند (Kesler, 1973). همچنین این کانسارها را بر اساس نوع عنصر فرعی همراه با مس به سه گروه مس و طلای پورفیری (PCD-Au)، مس – طلا – مولیبدن پورفیری (PCD-Au-Mo) ، مس مولیبدن پورفیری (PCD-Mo) تقسیم بندی کرده‌اند (Cox and Singer, 1992). تقسیم‌بندی رایج و متداول کانسارهای مس پورفیری همان دو مدل لوول-گیلبرت و دیوریتی می‌باشد. این دو نوع کانسارهای مس پورفیری، با یک سری اختلافات بنیادین از یکدیگر تشخیص داده می‌شوند. وجود اختلاف در ترکیب شیمیایی محلول‌های ماگمائی حاصل از توده‌های نفوذی نوع لوول-گیلبرت و دیوریتی، موجب تغییراتی در زون‌های دگرسانی، عیار و محصولات جانبی این دو نوع کانسار شده است. یکی از مشخصات اصلی کانسارهای مس پورفیری، وجود ساخت منطقه‌ای دگرسانی است. لوول-گیلبرت (Lowell and Guilbert, 1970) توده‌های معدنی سان‌مانوئل کالامازو (آریزونای آمریکا) را توصیف و یافته‌های خویش را با ۲۷ کانسار مس پورفیری دیگر مقایسه کرده‌اند. آنها در این پژوهش ارزشمند نشان دادند که بهترین چارچوب مرجعی که می‌توان تمام سیماهای دیگر این کانسارها را به آن مربوط ساخت، ماهیت و توزیع مناطق دگرسانی گرمابی سنگ دیواره است. یکی از مهمترین تفاوت‌های این دو تیپ این است که در کانسارهای نوع لوول-گیلبرت، چهار منطقه دگرسانی پتاسیک، فیلیک، آرژیلیک و پروپیلیتیک حضور دارند، در صورتی که در کانسارهای نوع دیوریتی مناطق دگرسانی پتاسیک و پروپیلیتیک دیده می‌شوند. یکی دیگر از خصوصیات کانسارهای مس پورفیری حضور ساخت منطقه‌ای کانی‌سازی سولفویدی است که به وسیله لوول و گیلبرت (Lowell and Guilbert, 1970) ارائه گردیده است. این مناطق بر هاله‌های دگرسانی منطبق می‌باشند. در این کانسارها کانه‌زائی همانند دگرسانی در مناطق هم مرکز یافت می‌شود. البته منطقه دگرسانی پروپیلیتیک در کانسارهای نوع دیوریتی بعلت عدم حضور دگرسانی فیلیک حائز ارزش و

اهمیت است، زیرا بخشی از ذخیره با این دگرسانی همراه است. از لحاظ کانی‌شناختی، کالکوپیریت مهمترین و رایج‌ترین کانی فلزی این کانسارها می‌باشد.

کانسار مس اسکارنی: طبق تعریف، واژه اسکارن به سنگ‌هائی اطلاق می‌شود که از سیلیکات‌های Ca، Fe و Mg و در نتیجه جانشینی Si، Al، Fe و Mg در سنگ‌های آهکی خالص و دولومیت تشکیل شده‌اند.

بیشتر اسکارن‌های مس با پلوتون‌های تیپ I همراه می‌باشند. این پلوتون‌ها در محیط‌های کم عمق جای گرفته و دارای استوک‌های همزاد و گسترده و شدیداً آلتره می‌باشند (Meinert et al., 2005) . اکثر اسکارن‌های مس همراه با استوک‌های گرانودیوریتی تا کوارتزمونزونیتی در کمربندهای کوهزائی حاشیه قاره‌ای یافت می‌شوند. بزرگترین اسکارن‌های مس، انواع مرتبط با سیستم‌های مس پورفیری بوده و در این اسکارن‌ها، انطباقی بین متاسوماتیسم پیشرونده و پسرونده با دگرسانی پتاسیک و فیلیک توده پورفیری دیده می‌شود (Meinert et al., 2005).

در این اسکارن‌ها، آندرادیت، دیوپسید، وزوویانیت، ولاستونیت، اکتینولیت و اپیدوت غالب بوده، هماتیت و مگنتیت می‌توانند حضور داشته و به طور محلی در رگه‌ها تشکیل می‌شوند. اسکارن‌های مس از طریق گارنت‌های توده‌ای در نزدیک توده نفوذی و در ادامه به واسطه افزایش مقدار کلینوپیروکسن و وزوویانیت و یا ولاستونیت در مجاورت و یا کنتاکت با مرمر منطقه‌بندی می‌شوند. پیریت، کالکوپیریت و بورنیت فراوان‌ترین سولفیدها هستند(Meinert, 1992 Einaudi, 1982 a,b). اینودی (Einaudi, 1982) اسکارن‌های مس را به دو گروه تقسیم کرد:

(۱)اسکارن‌های مس که در مجاورت توده نفوذی تشکیل شده و با کانسارهای مس پورفیری ارتباط دارند و (۲) اسکارن‌های مس که با فاصله دور از توده‌های نفوذی در سنگ‌های کربناته تشکیل می‌شوند.

کانسارهای اپی ترمال: کانسارهای اپی‌ترمال به کانسارهایی اطلاق می‌گردد که در نتیجه فعالیت‌های گرمابی که مرتبط با فعالیت آتشفشان‌ها در عمق کم و در درجه حرارت کم تشکیل می‌شوند. ته‌نشینی معمولاً در عمق یک کیلومتری سطح زمین انجام گرفته و درجه حرارت از ۵۰ تا ۲۰۰ درجه سانتیگراد متغییر است، لیکن درجه حرارت‌های تا ۳۰۰ °C نیز معمول است. کانسارهای اپی‌ترمال اکثراً به صورت رگه‌های سیلیسی شکافه پرکن، رگه‌های نامنظم دارای شعب فرعی، داربستی، دودکش‌های برشی، فضاهای پرشده توسط

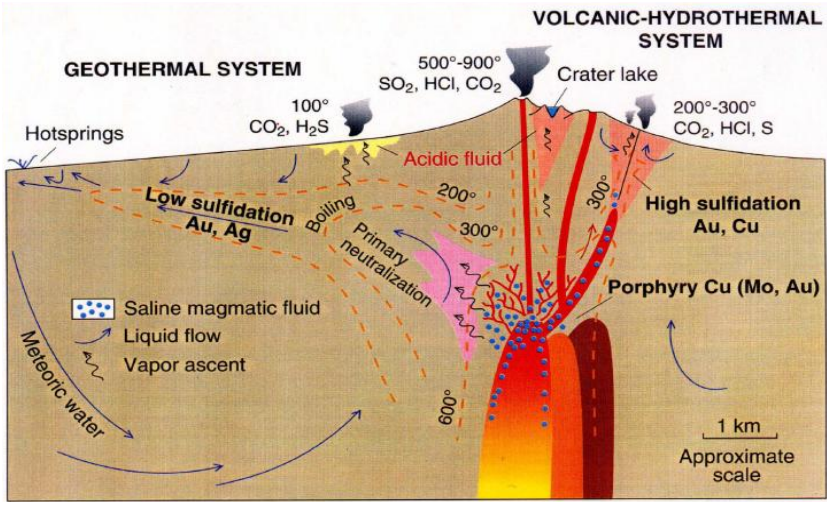
سیالات و انتشاری یافت می‌شوند. هرچند بافت جانشینی نیز در این کانسارها قابل مشاهده است، لیکن پر نمودن فضاهای خالی رایج است حفرات بلوردار، ساخت شانه‌ای "نواربندی قشرگونه"، بافت کوکاد و بافت کلوفرم از خصوصیات کانسارهای اپی‌ترمال می باشد. این خصوصیات نشاندهنده‌ی درجه حرارت متوسط و جریان آزاد سیالات گرمابی در مسیر حرکت است. ادامه یافتن شکستگی‌ها به سطح زمین باعث جریان سیالات بطور آزاد می‌شود. در واقع بسیاری از چشمه‌های آبگرم و مجاری خروج بخار کنونی نماینده‌ی سیستم‌های گرمابی‌اند که در عمق وجود دارند. سرعت سیالات گرمابی بطرف بالا حدود ۳/۰ تا ۱ سانتی‌متر در ثانیه محاسبه شده است. بسیاری از کانسارهای اپی‌ترمال رابطه‌ای با سنگ‌های نفوذی ندارند. کانسارهای اپی‌ترمال عمدتاً در نزدیکی مناطق آتشفشانی دوران سوم واقع‌اند، بخصوص در نزدیکی دهانه‌های آتشفشانی (شکل۱-۲). از آنجائیکه این کانسارها در نزدیکی سطح زمین و در نواحی‌ای که در حال بالا آمدگی تکتونیکی هستند، تشکیل می‌شوند، لذا براحتی در زمان کوتاه در معرض فرسایش قرار می‌گیرند (شهاب‌پور، ۱۳۸۰). کانی‌های باطله‌ای که در درون رگه‌های اپی‌ترمال یافت می‌شوند، عبارتند از کوارتز، کلسدونی، آدولاریا، کلسیت، آنکریت، رودوکرسیت، باریت و فلوریت، به همراه کانی‌های حرارت بالا نظیر تورمالین، توپاز وگارنت (Guilbert and Park, 1997). کانی‌های سولفوسالتی از خصوصیات کانسارهای اپی‌ترمال است که مهمترین آنها عبارتند از: تترائدریت، تنانتیت، انارژیت، استفانیت و پلی‌باسیت. در این کانسارها فعالیت-های نفوذی می‌تواند دارای دو نقش عمده باشد: (۱) بعنوان یک موتور حرارتی جهت تشکیل یک جریان همرفتی و (۲) تأمین کننده عناصر لازم جهت تشکیل یک کانسار (Guilbert and Park, 1997).

تعداد کمی از کانسارها می‌توانند در ارتباط با توده‌های نفوذی عمیق باشند و چنین ارتباطی زمانی مشخص می‌شود که فرسایش عمیقی صورت گرفته باشد. در کل ذخایر اپی‌ترمالی ارتباط نزدیکی با سنگهای پلوتونیک عمیق نشان نمی‌دهند (Guilbert and Park, 1997).

۱-۳-۲) کانسارهای تیپ سولفید توده‌ای آتشفشانی

نهشته‌های سولفید توده‌ای به طور تیپیک حاوی بیش از ۵۰ درصد کانی‌های سولفیدی مثل پیریت، پیروتیت، کالکوپیریت، اسفالریت و گالن می‌باشند (Seal et al., 2001). این نهشته‌ها خود به دو دسته نهشته‌های همراه با ولکانیک‌ها یا آتشفشانزاد (VMS) و انواع همراه با رسوبات (SEDEX) قابل تقسیم

می‌باشند و این دو دسته در واقع دو انتهای اصلی طیف گسترده‌ای از ذخایر سولفید توده‌ای بوده که در آنها نسبت ولکانیک‌ها و رسوبات متفاوت می‌باشد (Gebson and kerr, 1998). در این میان، ذخایر سولفید توده‌ای آتشفشانزاد (VMS)، مهمترین دسته نهشته‌های سولفید توده‌ای هستند. این نهشته‌ها منبع عمده مس، روی و در مقدار کمتر سرب، نقره، طلا، کادمیم، سلنیم، قلع، بیسموت و سایر فلزات (در مقادیر خیلی کمتر) می‌باشند (Gebson and kerr, 1998).



شکل۱- ۲ نمایش شماتیک از استراتوولکانیک همراه با سیستم‌های پورفیری و اپی‌ترمال(Hedenquist and Lowenstern, 1994; White and Hedenquist, 1995; Hedenquist et al,. 2000).

ذخایر VMS عموماً نهشته‌های استراتیفرم سولفیدی می‌باشند که به صورت توده‌ای و نیمه توده‌ای توسط سیالات هیدروترمالی در کف و زیرکف دریا و در گستره وسیعی از محیط‌های زمین‌شناسی گذشته و حال بوجود می‌آیند. این کانسارها در توالی‌های چینه‌شناسی آتشفشانی- رسوبی که عموماً همزمان و همراه با سنگ‌های آتشفشانی می‌باشند تشکیل می شوند. به اعتقاد گیبسون و کر (Gebson and kerr, 1998)، نهشته‌های VMS محصول ورود و تخلیه شدن سیالات هیدروترمالی به آب دریا در طول گسل‌های همزمان با آتشفشان می‌باشند که معمولاً هم از لحاظ مکانی و هم از لحاظ زمانی همراه با دهانه‌های آتشفشانی و یا گودال‌های ولکانوپلوتونیک مثل گرابن‌ها و کالدراها می‌باشند. به طور کلی، سه مدل هیدروترمالی عمده برای تفسیر منشاء فلزات تشکیل دهنده نهشته‌های VMS ارائه شده است: