

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده: علوم زمین

گروه: پترولوژی و زمین‌شناسی اقتصادی

پایان نامه کارشناسی ارشد

کانی‌شناسی، زمین‌شیمی و الگوی پیدایش کانسار منگنز هلالان ،
منطقه معلمان، جنوب دامغان

مهدیه مصدق

استاد راهنما:

فرج‌الله فردوست

استاد مشاور:

اسداله صفری

بهار ۹۴

اگر این اثر را منری باشد آن را تقدیم می‌کنم به:

پدر و مادر مهربانم،

که از نگاهشان صلابت، از رفتارشان محبت و از صبرشان ایستادگی آموختم

و خواهران خوبم که بی‌آلایش‌ترین دوستان زندگیم هستند.

تقدیر و شکر

الهی مرا مدد کن تا دانش اندکم نه نردبانی باشد برای فزونی تکبر و غرور، نه حلقه‌ای برای اسارت و نه دست مایه‌ای برای تجارت، بلکه گامی باشد برای تجلیل از تو و متعالی ساختن زندگی خود و دیگران. و حال که توفیق نگارش این پایان نامه را یافته‌ام بر خود واجب می‌دانم از تمامی عزیزانی که در طی انجام این پژوهش از راهنمایی و یاری‌شان بهره‌مند گشته‌ام تشکر و قدردانی کنم و برای ایشان از درگاه پروردگار مهربان آرزوی سعادت و پیروزی نمایم.

در ابتدا صمیمانه‌ترین تقدیرها تقدیم به پدر و مادر عزیزم، خواهران مهربانم و همسران گرامی‌شان که همواره حامی و مشوقم بوده‌اند و پیمودن روزهای سخت و آسان زندگی‌ام بدون دعای خیر و برکت وجودشان غیرممکن بود.

از استاد راهنمای ارجمند جناب آقای دکتر فردوست که با سعه صدر و صبوری مرا راهنمایی نموده و با ارائه نظرات سازنده و رهنمودهای بی دریغشان در پیشبرد این پایان نامه سعی تمام مبذول داشتند، کمال تشکر را دارم.

از جناب آقای مهندس صفری که زحمت مشاوره این پایان نامه را بر عهده داشتند، کمال قدردانی را دارم.

از اساتید محترم جناب آقای دکتر موسیوند و دکتر علیپور که زحمت داوری این پایان نامه را بر عهده داشتند، صمیمانه سپاسگزارم.

جناب آقای دکتر صادقیان، استادی مهربان و دلسوز، که همواره مرا از راهنمایی‌های ارزشمند پترولوژیکی خود برخوردار ساخته و پیشنهادهای بسیار ارزنده ایشان برارزش کار افزوده و لذا سپاس فراوان خود را پیشکش ایشان می‌نمایم.

جناب آقای دکتر موسیوند، که با خضوع و خشوع فراوان، ضمن بازدید از منطقه مورد مطالعه، مرا در حل برخی از مسائل یاری کردند و من سپاس فراوان خود را مدیون ایشانم.

از اساتید محترم گروه زمین‌شناسی دانشکده علوم زمین دانشگاه شاهرود، که افتخار شاگردی ایشان را داشته‌ام و عزیزانی که توفیق حضور در محضرشان میسر نشده قدردانی می‌نمایم و از خداوند مهربان برایشان توفیقات روزافزون خواستارم. همچنین از کارشناسان محترم گروه زمین‌شناسی، آقای مهندس میرباقری، خانم‌ها فارسی و سعیدی به خاطر زحماتشان سپاسگزارم.

از خانواده‌های محترم آقای مرتضایی و آشوری که نهایت همکاری و مساعدت را با این حقیر داشته‌اند، کمال تشکر را دارم.

دوستان عزیز و گرامی، آقایان تاشی، هاشمی و عبدالهی و خانم‌ها میلویش، آشوری، صالحی نسب، کردیان، رجایی، حمید و افروخته به خاطر همکاری در طول مراحل تحقیق و همچنین بسیاری از عزیزانی که متأسفانه اینجا امکان تشکر از تک‌تک ایشان مقدور نیست، تشکر و قدردانی می‌کنم.

مهدیه مصدق

اردیبهشت ۱۳۹۴

تعهدنامه

اینجانب مهدیه مصدق دانشجوی دوره‌ی کارشناسی ارشد رشته‌ی زمین‌شناسی گرایش اقتصادی دانشکده‌ی علوم زمین دانشگاه شاهرود نویسنده‌ی پایان‌نامه‌ی کانی‌شناسی، زمین شیمی و الگوی پیدایش کانسار منگنز هلالان، منطقه معلمان، جنوب دامغان، تحت راهنمایی دکتر فرج‌ا... فردوست متعهد می‌شوم.

- تحقیقات در این پایان‌نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهش‌های محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان‌نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه شاهرود می‌باشد و مقالات مستخرج با نام «دانشگاه شاهرود» و یا «Shahrood University» به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان‌نامه تأثیرگذار بوده‌اند در مقالات مستخرج از پایان‌نامه رعایت می‌گردد.
- در کلیه‌ی مراحل انجام این پایان‌نامه، در مواردی که از موجود زنده (یا بافت‌های آن‌ها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه‌ی مراحل انجام این پایان‌نامه، در مواردی که به حوزه‌ی اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است.

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه‌ی حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه‌های رایانه‌ای، نرم‌افزارها و تجهیزات ساخته شده) متعلق به دانشگاه شاهرود می‌باشد. این مطلب باید به نحو

چکیده

کانسار منگنز هلالان در ۱۲۲ کیلومتری جنوب دامغان، ۱۶ کیلومتری غرب روستای رشم، بر روی نوار ولکانیکی- رسوبی تروود - چاه شیرین و بخش شمالی پهنه ساختاری ایران مرکزی واقع شده است. سنگ‌های رخنمون یافته در منطقه شامل مجموعه دگرگونی با ترکیب سنگ‌شناسی اسلیت، فیلیت، شیست، مرمر، آهک، دولومیت و ماسه‌سنگ‌های کمی دگرگون‌شده با سن ژوراسیک زیرین می‌باشند. کانه‌زائی منگنز در منطقه هلالان در یک افق اصلی، به شکل چین‌ه‌سان و هم‌روند با لایه‌بندی رخ داده است و بر اساس کانی‌شناسی، ساخت و بافت و نوع ارتباط با سنگ میزبان به سه رخساره متفاوت تقسیم می‌گردد: الف) رخساره رگه - رگچه‌ای: این رخساره دارای گسترش محدود بوده و در زیر رخساره کانسنگ توده‌ای، به شکل شبکه‌ای از رگه - رگچه‌ها دیده می‌شود. ب) رخساره کانسنگ توده‌ای: این رخساره بخش ضخیم و عیار بالای کانسار را تشکیل می‌دهد. ج) رخساره کانسنگ لایه‌ای: این بخش از کانسار دارای ضخامت کمتری نسبت به رخساره کانسنگ توده‌ای است. کانی‌های تشکیل دهنده ماده معدنی بر اساس مطالعات میکروسکوپی، پراش اشعه ایکس (XRD) و الکترون میکروپروب (EPMA) به طور عمده شامل پیرولوزیت، پسیلوملان، هولاندیت، براونیت و هماتیت می‌باشند. کانی‌هایی نظیر اسپسارتین، ولاستونیت و کانی‌های رسی نیز در مواردی همراه با کانی‌های منگنز مشاهده شدند. اما باطله اصلی کانسار کوارتز، کلسیت و ژیپس هستند. مهم‌ترین ساخت‌های ماده معدنی شامل لایه‌ای، عدسی، توده‌ای، رگه‌ای و مهم‌ترین بافت‌ها، توده‌ای، نواری، رگه- رگچه‌ای، دانه پراکنده، پرکننده فضای خالی، جانشینی و کلوفرمی هستند. دگرسانی‌های موجود در منطقه شامل دگرسانی‌های کلریتی، اپیدوتی، آرژیلیتی، سیلیسی و کربناتی می‌باشند. کلریتی شدن گسترده‌ترین نوع دگرسانی در منطقه هلالان بوده و در سنگ‌های کم‌پایین و کم‌بالا ماده معدنی گسترش زیاد دارد. براساس مطالعات ژئوشیمیایی، سنگ‌های دگرگونی منطقه دارای ماهیت متاپلیتی و متابازالتی هستند و در حد اواخر رخساره شیست سبز تا آغاز رخساره آمفیبولیت متحمل دگرگونی شده‌اند. بالا بودن نسبت‌های Mn/Fe و Si/Al، پایین بودن مقادیر فلزات کمیاب و به ویژه عناصر Co, Ni و Cu و بالا

بودن مقادیر Fe و Mn , SiO_2 به عنوان شواهدی از غنی‌شدگی و تخلیه Mn از سیالات گرمابی زیردریایی (بروندی) در این نهشته هستند و نقش فرایندهای آبراد را در نهشت کانه‌ها و پیدایش این کانسار منتفی می‌کنند. بنابراین همه شواهد گویای این است که کانسار منگنز هلالان تحت دو مکانیزم؛ غنی‌شدگی در آب دریا توسط سیالات گرمابی-بروندی و ته‌نشینی در شرایط رسوبی تحت تأثیر تغییرات pH و Eh در محیط تشکیل شده و یک کانسار ولکانیکی - رسوبی است. ویژگی‌های کانسار منگنز هلالان از جمله محیط زمین‌ساختی تشکیل، محیط زمین‌شناسی نهشت، سنگ‌های میزبان همراه، شکل هندسی، کانی‌شناسی، بافت و شواهد زمین‌شیمیایی بیشترین شباهت را با کانسارهای منگنز تیپ کوبا نشان می‌دهد با این تفاوت که کانسار منگنز هلالان تحت تأثیر یک فاز دگرگونی در حد رخساره شیست سبز قرار گرفته است.

واژگان کلیدی: منگنز، آتشفشانی - رسوبی، ژوراسیک زیرین، تیپ کوبا، هلالان، جنوب دامغان.

مقالات مستخرج از این پایان نامه

- بررسی زمین شناسی و کانی شناسی کانسار منگنز هلالان، جنوب دامغان، ششمین همایش انجمن زمین شناسی اقتصادی ایران، زاهدان، شهریور ۱۳۹۳.
- مطالعه ژئوشیمی عناصر اصلی و کمیاب و خاستگاه کانسار منگنز هلالان، جنوب دامغان، هجدهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، تربیت مدرس، دی ماه ۱۳۹۳.
- مطالعه کانی شناسی، ژئوشیمی و ژنز کانسار منگنز هلالان، جنوب دامغان، مجله زمین شناسی اقتصادی ایران، مشهد، در دست داوری.

فهرست مطالب

فصل اول: کلیات

۱-۱- مقدمه	۲
۲-۱- موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به منطقه	۲
۳-۱- شرایط آب و هوایی و پوشش گیاهی	۴
۴-۱- وضعیت معیشتی	۵
۵-۱- زمین ریخت‌شناسی	۵
۶-۱- تاریخچه معدن‌کاری در منطقه	۷
۷-۱- مطالعات و کارهای انجام شده قبلی	۷
۸-۱- طرح مسئله	۹
۹-۱- هدف و روش کار	۱۰
۱-۹-۱- گردآوری اطلاعات و مطالعه منابع	۱۰
۲-۹-۱- بررسی‌های صحرایی	۱۰
۳-۹-۱- مطالعات آزمایشگاهی	۱۱
۴-۹-۱- نتیجه‌گیری و نگارش پایان‌نامه، تدوین مقاله و ارائه پیشنهادات	۱۲
۱۰-۱- رده‌بندی کانسارهای منگنز	۱۲
۱-۱۰-۱- رده‌بندی روی (۱۹۸۱)	۱۲
۲-۱۰-۱- رده بندی نیکلسون (۱۹۹۲)	۱۴
۳-۱۰-۱- رده‌بندی گیلبرت و پارک (۱۹۹۷)	۱۴
۱۱-۱- توزیع کانسارهای منگنز در ایران	۱۵

فصل دوم: زمین‌شناسی ناحیه‌ای

- ۲-۱-۱- مقدمه ۲۰
- ۲-۲- ویژگی‌های پهنه ایران مرکزی ۲۱
- ۲-۳- چینه‌شناسی ناحیه‌ای ۲۴
- ۲-۳-۱- واحدهای اردوئیسین - سیلورین ۲۵
- ۲-۳-۲- واحدهای پرمین ۲۶
- ۲-۳-۳- نهشته‌های تخریبی و کربناته تریاس (TR) ۲۷
- ۲-۳-۴- واحد ژوراسیک زیرین ۲۷
- ۲-۳-۵- واحدهای ائوسن - الیگوسن ۲۷
- ۲-۳-۶- نهشته‌های میوسن ۲۸
- ۲-۳-۷- نهشته‌های پلیوسن و کواترنر ۲۹
- ۲-۴- تکتونیک و زمین‌شناسی ساختمانی ۳۰
- ۲-۴-۱- تکتونیک ۳۰
- ۲-۴-۲- سیستم گسل خوردگی‌ها و چین‌ها ۳۱
- ۲-۵- زمین‌شناسی اقتصادی ۳۴
- ۲-۵-۱- کانی‌سازی فلزی ۳۵
- ۲-۵-۲- کانی‌سازی غیر فلزی ۳۶

فصل سوم: زمین‌شناسی منطقه معدنی و سنگ‌شناسی

- ۳-۱- مقدمه ۴۰
- ۳-۲- چینه‌شناسی محدوده کانسار ۴۱
- ۳-۲-۱- انواع شیست‌ها ۴۱
- ۳-۲-۲- سنگ‌های کربناته دگرگون شده ۴۷

۴۹	۳-۲-۳- لاپیلی توف غیرآلتیره
۵۰	۳-۳- دگرگونی
۵۱	۴-۳- زمین‌شناسی ساختاری منطقه مورد مطالعه
۵۱	۳-۴-۱- چین‌خوردگی‌ها
۵۲	۳-۴-۲- گسل‌ها

فصل چهارم: کانه‌زایی و دگرسانی

۵۴	۴-۱- مقدمه
۵۴	۴-۲- کانسارها و آثار معدنی نوار آتشفشانی- رسوبی ترود - چاه‌شیرین
۵۴	۴-۲-۱- کانسارها و آثار معدنی قبل از سنوزوئیک
۵۷	۴-۲-۲- کانسارها و آثار معدنی سنوزوئیک
۵۷	۴-۳- احتمال وجود کانسارهای پورفیری در مجموعه ترود - چاه‌شیرین
۵۹	۴-۵- ویژگی‌های کانه‌زایی منگنز در کانسار هلالان و رخساره‌های کانه‌دار در آن
۶۴	۴-۶- دگرسانی
۶۵	۴-۶-۱- دگرسانی کلریتی
۶۶	۴-۶-۲- دگرسانی آرژیلیتی
۶۸	۴-۶-۳- دگرسانی اپیدوتی
۶۹	۴-۶-۴- دگرسانی سیلیسی
۷۰	۴-۶-۵- دگرسانی کربناتی

فصل پنجم: کانی‌شناسی، ساخت، بافت و توالی پاراژنتیکی

۷۴	۵-۱- مقدمه
۷۴	۵-۲- کانی‌شناسی
۷۷	۵-۲-۱- کانی‌های اصلی

۸۲	 ۲-۲-۵ کانی‌های باطله
۸۷	 ۳-۵ ساخت و بافت کانسنگ
۸۸	 ۱-۳-۵ ساخت عدسی
۸۸	 ۲-۳-۵ ساخت لایه‌ای
۸۹	 ۳-۳-۵ ساخت و بافت رگه- رگچه‌ای
۹۰	 ۴-۳-۵ بافت توده‌ای
۹۱	 ۵-۳-۵ بافت لامینه و نواری
۹۲	 ۶-۳-۵ بافت دانه پراکنده
۹۳	 ۷-۳-۵ بافت پرکننده فضای خالی
۹۴	 ۸-۳-۵ بافت جانشینی
۹۴	 ۹-۳-۵ بافت کلوفرمی (بوتروئیدال)
۹۵	 ۴-۵ توالی پاراژنتیک کانی‌ها

فصل ششم: ژئوشیمی

۱۰۰	 ۱-۶ مقدمه
۱۰۱	 ۲-۶ خصوصیات منگنز
۱۰۱	 ۱-۲-۶ خصوصیات فیزیکوشیمیایی منگنز
۱۰۱	 ۲-۲-۶ ژئوشیمی منگنز
۱۰۵	 ۳-۶ روش کار
۱۰۹	 ۴-۶ ژئوشیمی سنگ‌های دگرگونی
۱۱۲	 ۵-۶ ژئوشیمی کانسنگ
۱۱۲	 ۱-۵-۶ نسبت Mn/Fe
۱۱۳	 ۲-۵-۶ نسبت Si/Al

۱۱۵	۶-۵-۳- نمودارهای عناصر کمیاب
۱۱۹	۶-۶- عناصر نادر خاکی (REE)
۱۲۲	۶-۶-۱- نسبت La/Ce
۱۲۲	۶-۷- بررسی تغییرات و همبستگی عناصر
۱۲۸	۶-۸- جمع بندی

فصل هفتم: الگوی تشکیل، نوع کانه‌زایی، نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۱۳۰	۷-۱- مقدمه
۱۳۰	۷-۲- شواهد ژنتیکی مهم
۱۳۰	۷-۲-۱- محیط تکتونیکی تشکیل
۱۳۱	۷-۲-۲- محیط زمین‌شناسی تهنشست
۱۳۱	۷-۲-۳- سنگ میزبان و سنگ‌های همراه
۱۳۱	۷-۲-۴- شکل هندسی و ساخت و بافت ماده معدنی
۱۳۱	۷-۲-۵- کانی‌شناسی
۱۳۲	۷-۲-۶- دگرسانی‌ها و منطقه بندی آن‌ها
۱۳۲	۷-۲-۷- شواهد ژئوشیمیایی
۱۳۳	۷-۲-۸- تأثیر دگرگونی بر کانه‌زایی منگنز هلالان
۱۳۳	۷-۳- ارائه مدل ژنتیکی کانسار منگنز هلالان
۱۳۳	۷-۳-۱- منشأ عناصر کانه‌ساز
۱۳۵	۷-۳-۲- منشأ سیال کانه‌ساز
۱۳۵	۷-۳-۳- مدل ژنتیکی و نحوه تشکیل کانسار هلالان
۱۳۹	۷-۴- مقایسه کانسار منگنز هلالان با کانسارهای شاخص منگنز ایران و دنیا
۱۴۰	۷-۴-۱- مقایسه با برخی از کانسارهای شاخص منگنز ایران

- ۷-۴-۲- مقایسه با کانسارهای شاخص منگنز در دنیا..... ۱۴۰
- ۷-۵- تقسیم بندی کانسارهای آتشفشانی- رسوبی منگنز بر اساس موسیر و پیچ (۱۹۸۸)..... ۱۴۶
- ۷-۵-۱- مقدمه ۱۴۶
- ۷-۵-۲- مقایسه کانه‌زایی منگنز هلالان با تیپ کوبا ۱۴۷
- ۷-۶- پیشنهادات اکتشافی ۱۴۹
- منابع..... ۱۵۱

فهرست شکل‌ها

فصل اول: کلیات

- شکل ۱-۱: راه‌های دسترسی به محدوده معدنی هلالان. ۳
- شکل ۲-۱: نمایی از توپوگرافی و پوشش گیاهی منطقه. ۴
- شکل ۳-۱: نقشه توپوگرافی منطقه و موقعیت کانسار منگنز هلالان. ۶
- شکل ۴-۱: نمایی از زمین ریخت‌شناسی منطقه و موقعیت کانسار منگنز هلالان. ۶

فصل دوم: زمین‌شناسی ناحیه‌ای

- شکل ۱-۲: جایگاه خرد قاره ایران مرکزی بر روی نقشه ساختاری ایران (آقا نباتی، ۱۳۸۵) و موقعیت منطقه مورد مطالعه (★). ۲۰
- شکل ۲-۲: محدوده خرد قاره ایران مرکزی و زیر پهنه‌های آن. ۲۲
- شکل ۳-۲: موقعیت کانسار منگنز هلالان (✕) بر روی نقشه‌ی ساختاری ایران (آقانباتی، ۱۳۸۳ و علوی، ۱۹۹۴) و چهارگوش زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ کلاته رشم (جعفریان، ۱۳۸۰). ۲۴
- شکل ۴-۲: ستون چینه‌شناسی ناحیه‌ای از واحدهای سنگی رخنمون یافته در منطقه رشم براساس نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ کلاته رشم (جعفریان، ۱۳۸۰). ۲۵
- شکل ۵-۲: موقعیت تکتونیکی ناحیه ترود و خطوط اصلی گسل‌های منطقه (هوشمندزاده و همکاران، ۱۹۶۴). ۳۲

فصل سوم: زمین‌شناسی منطقه معدنی و سنگ‌شناسی

- شکل ۱-۳: نقشه شماتیک با مقیاس ۱:۶۰۰۰۰ از منطقه مورد مطالعه. ۴۰

شکل ۳-۲: ستون چینه شناسی عمومی شماتیک از توالی لیتولوژیکی محدوده کانسار ۴۱

شکل ۳-۳: الف) نمایی از رخنمون کلریت شیست به همراه واحدهای رخنمون یافته دیگر در منطقه (دید به سمت شرق). ب) نمایی نزدیک از کلریت شیست و ریزچین‌ها در سطح زمین. ۴۳

شکل ۳-۴: مقطع میکروسکوپی از کلریت شیست‌های منطقه که دارای کانی‌های مسکویت (Mos)، کلریت (Chl)، کوارتز (Qtz)، گارنت (Grt) که به صورت قطعات پورفیروبلاست می‌باشد، هستند. ۴۳

شکل ۳-۵: الف) نمایی از ماده معدنی و مسکویت شیست به عنوان کمربالا (دید به سمت جنوب)، ب) نمایی نزدیک از واحد مسکویت شیست ۴۵

شکل ۳-۶: الف و ب) مقطع میکروسکوپی از مسکویت شیست که دارای کانی‌های بیوتیت (Bio)، مسکویت (Mos)، ارتوز (Or)، کوارتز (Qtz) و کلسیت (Ca) است. ج) تفکیک نوارهای غنی از میکا (مسکویت و سریسیت) در مقابل نوارهای غنی از کوارتز که چین خورده‌اند. ج) مسکویت (Mos) و سریسیت که بافت کرینولیشن ایجاد کرده‌اند. ۴۵

شکل ۳-۷: الف) پیریت خودشکل و سالم (ثانویه) که فابریک سایه فشاری ایجاد کرده است. ب) پیریت (Py) دوکی شکل (اولیه) که در محل ستیغ چین‌خوردگی‌ها به صورت پورفیروبلاست رشد کرده است. ۴۶

شکل ۳-۸: نمونه دستی از شیست‌های اپیدوتی شده حاوی ریزچین‌های تکتونیکی. ۴۷

شکل ۳-۹: مقطع میکروسکوپی از شیست‌های اپیدوتی شده که دارای کانی‌های اپیدوت (Epd)، مسکویت (Mos)، کوارتز (Qtz)، پلاژیوکلاز (Plg) و اسفن (Sph) هستند. ۴۷

شکل ۳-۱۰: الف) سنگ‌های کربناته رخنمون یافته در سطح زمین که به همراه مسکویت شیست‌ها کمربالا کانسار را تشکیل می‌دهند. ب) آهک‌های توده‌ای در سطح زمین، ج) در نمونه دستی که درزه‌ها و شکستگی‌های آنها توسط سیلیس و کلسیت پر شده است. د) آهک‌های بلورین ولایه‌ای در سطح زمین، ه) در نمونه دستی ۴۹

شکل ۳-۱۱: الف) تصویر میکروسکوپی از سنگ‌های کربناته: (کلسیت، Ca: دولومیت، Dol: کوارتز، Qtz). ب) مقطع میکروسکوپی آهک‌های بلورین که در آن لایه‌های کلسیت (Ca) دیده می‌شوند..... ۴۹

شکل ۳-۱۲: الف) نمونه دستی از لاپیلی توف غیرآلتره که دارای بافت بادامکی است و حفرات آن با کوارتز و کلسیت پر شده است. ب) مقطع میکروسکوپی از این واحد که بلورهای پلاژیوکلاز (Plg)، کوارتز (Qtz) و کلسیت (Ca) در زمینه شیشه‌ای قرار دارند. ۵۰

شکل ۳-۱۳: الف و ب) چین خوردگی‌ها و ریزچین‌ها در صحرا، ج و د) در نمونه دستی. ۵۲

فصل چهارم: کانه‌زایی و دگرسانی

شکل ۴-۱: نقشه موقعیت برخی از ذخایر ناحیه تروود که در متن نام برده شده‌اند. ۵۶

شکل ۴-۲: نمایی شماتیک از ژئومتری ماده معدنی و رخساره‌های کانه‌دار در آن. ۶۰

شکل ۴-۳: الف و ب) نمایی از رخساره کانسنگ رگه-رگچه‌ای در صحرا. ج) تصویر میکروسکوپی نور عبوری و د) نور انعکاسی از این رخساره که در آن رگه-رگچه‌ها حاوی کانی‌های سیلیس و منگنز می‌باشند. ۶۱

شکل ۴-۴: الف) نمایی از رخساره کانسنگ توده‌ای (دید به سمت شرق)، ب) نمونه دستی از رخساره کانسنگ توده‌ای، ج) تصویر میکروسکوپی از این رخساره که شامل پیرولولوزیت (PyT) و پسیلوملان (Ps) می‌باشد. ۶۲

شکل ۴-۵: الف) نمایی از رخساره کانسنگ لایه‌ای که هم‌روند با لایه‌بندی سنگ‌های دربرگیرنده است. ب و ج) بافت لامینه از رخساره کانسنگ لایه‌ای در سطح زمین که در آن نوارهای تیره غنی از منگنز هستند که در اثر دگرگونی لامینه‌ها چین خورده‌اند. ج) تصویر میکروسکوپی از این رخساره که حاوی لایه‌های پسیلوملان (Ps) و پیرولولوزیت ۶۳

شکل ۴-۶: الف) نمایی از دگرسانی کلریتی در صحرا که سنگ‌های کم‌پایین و کمربالای ماده معدنی تحت تأثیر این دگرسانی قرار گرفته‌اند. ب) تصویر نمونه دستی از سنگ‌هایی که متحمل دگرسانی

- کلریتی شده‌اند. ج) تصویر میکروسکوپی از این دگرسانی که در آن بیوتیت‌ها به کلریت دگرسان شده‌اند. ۶۶.....
- شکل ۷-۴: الف) گستردگی دگرسانی آرژیلیتی در محدوده کانسار هلالان (دید به سمت شرق). ب) نمای نزدیک‌تر از دگرسانی آرژیلیتی که در کمر بالا ماده معدنی تشکیل شده است. ۶۷.....
- شکل ۸-۴: نمودار پراش اشعه ایکس XRD، کانی‌های رسی (مونتموریلونیت و کلینوکلر) در آن قابل مشاهده است (محل برداشت نمونه از عدسی اصلی می‌باشد). ۶۷.....
- شکل ۹-۴: الف) نمونه دستی از دگرسانی اپیدوتی، ب) تصویر میکروسکوپی از اپیدوتی شدن (Epd) بلورهای پلاژیوکلاز (Plg). ۶۸.....
- شکل ۱۰-۴: الف و ب) سیلیسی شدن ماده معدنی در صحرا و در مقطع میکروسکوپی در محدوده کانسار هلالان. ج) دگرسانی سیلیسی در شیست‌های منطقه در نمونه دستی که به صورت رگه‌ای در اندازه چند سانتی‌متر دیده می‌شود. د) تصویر میکروسکوپی از شیست‌های منطقه که در آن دگرسانی سیلیسی در قالب کانی کوارتز به صورت لامینه‌هایی با ضخامت متفاوت دیده می‌شود. ۷۰.....
- شکل ۱۱-۴: الف) دگرسانی کربناتی به صورت رگه کلسیتی در شیست‌های منطقه در نمونه دستی. ب و ج) مقطع میکروسکوپی از پراکندگی کلسیت حاصل از دگرسانی کربناتی در شیست‌های موجود در محدوده کانسار. ۷۱.....

فصل پنجم: کانی‌شناسی، ساخت، بافت و توالی پاراژنتیکی

- شکل ۱-۵: الف و ب) تصاویر میکروسکوپی از پیرولولزیت‌های اولیه (نسل اول) با بافت رشته‌ای و سوزنی. ج) پیرولولزیت‌های ثانویه (نسل دوم) با بافت توده‌ای. ۷۸.....
- شکل ۲-۵: الف) تصویر میکروسکوپی بافت توده‌ای از کانی پسیلوملان (Ps) و ب) کانی پسیلوملان با بافت نواری که در اثر فرایند دگرگونی حالت نواری آن به هم ریخته شده است. ۷۹.....
- شکل ۳-۵: تصویر میکروسکوپی (BSE) از کانی براونیت (Br). ۸۰.....

- شکل ۴-۵: داده‌های حاصل از آنالیز پراش اشعه ایکس (XRD) که کانی‌های کوارتز، کلسیت، پیرولوزیت و هولاندیت را مشخص نموده است. ۸۱
- شکل ۵-۵: الف) تصویر میکروسکوپی از هماتیت (Hem) به صورت سوزنی شکل، ب) بافت دانه پراکنده در کانی هماتیت در نور انعکاسی. ۸۲
- شکل ۵-۶: الف) تصویر نمونه دستی از یک رگه کوارتز در کانسنگ منگنز. ب) رگه کوارتز در داخل کانسنگ زیر میکروسکوپ. ۸۳
- شکل ۵-۷: الف) تصویر نمونه دستی از یک رگه کلسیتی در کانسنگ منگنز و ب) در تصویر میکروسکوپی از یک رگه کلسیتی در کانسنگ منگنز. ۸۴
- شکل ۵-۸: تصویر نمونه دستی از ژئپس همراه با کلسیت، الف) ژئپس به صورت بلوری روی کلسیت رشد کرده است، ب) ژئپس به صورت رگه‌ای همراه با کلسیت دیده می‌شود. ۸۴
- شکل ۵-۹: داده‌های حاصل از آنالیز پراش اشعه ایکس (XRD) که نشان دهنده کانی‌های رسی از جمله مونتموریلونیت و کلینوکلر است. ۸۵
- شکل ۵-۱۰: نمودار حاصل از آنالیز پراش اشعه ایکس (XRD) که نشان دهنده حضور کانی اسپسارتین همراه با پیرولوزیت، کوارتز و کلسیت می‌باشد. ۸۶
- شکل ۵-۱۱: تصویر میکروسکوپی (BSE) از کانی ولاستونیت (Wol) در داخل کانسنگ. ۸۷
- شکل ۵-۱۲: ساخت عدسی کانسنگ در سطح زمین که در آن ماده معدنی به صورت عدسی و هم‌روند با سنگ‌های دربرگیرنده قرار گرفته است. ۸۸
- شکل ۵-۱۳: الف) نمایی از ساخت لایه‌ای در کانسنگ منگنز هلالان در سطح زمین، ب) ساخت لایه‌ای در نمونه دستی. ۸۹
- شکل ۵-۱۴: الف و ب) نمایی از ساخت رگه-رگچه‌ای در سطح زمین، ج) در نمونه دستی. د، ه و و) تصویر میکروسکوپی از بافت رگه-رگچه‌ای که در آن رگه‌های سیلیسی عمدتاً شامل کانی‌های کوارتز (Qtz)، پیرولوزیت (PyT) و پسیلوملان (Ps) می‌باشند. ۹۰

- شکل ۵-۱۵: الف) نمایی از بافت توده‌ای ماده معدنی در نمونه دستی که غنی از اکسیدهای منگنز می‌باشد. ب) تصویر میکروسکوپی از این بافت که غنی از پسیلوملان (Ps) می‌باشد. ۹۱
- شکل ۵-۱۶: الف) تصویر صحرایی از بافت لامینه و نواری، ب) نمونه‌ای از لامینه‌های چین خورده ماده معدنی در اثر فرایند دگرگونی. ج) تصویر میکروسکوپی نور عبوری و د) نور انعکاسی از لامینه‌های ماده معدنی که غنی از پسیلوملان (Ps) و پیرولولزیت (PyT) هستند. ۹۲
- شکل ۵-۱۷: الف) نمایی از بافت دانه پراکنده در نمونه دستی که در آن اکسیدهای منگنز به صورت پراکنده در سنگ میزبان کلریت شایسته قرار گرفته‌اند، ب) تصویر میکروسکوپی از این بافت که در آن پسیلوملان به صورت دانه پراکنده در زمینه باطله قرار گرفته است. ۹۳
- شکل ۵-۱۸: الف) تصویر میکروسکوپی از بافت پرکننده فضای خالی که در آن پیرولولزیت (PyT) و پسیلوملان (Ps) فضاهای خالی را پر کرده‌اند. ب) کانی پیرولولزیت (PyT) رگچه‌ها را پر کرده است. ج) کانی پسیلوملان (Ps) فضای برشی را پر کرده است. ۹۴
- شکل ۵-۱۹: تصویر میکروسکوپی از بافت جانشینی، الف و ب) جانشین شدن پسیلوملان (Ps) توسط پیرولولزیت (PyT). ۹۴
- شکل ۵-۲۰: تصویر میکروسکوپی از بافت پسیلوملان که در آن کانی پسیلوملان (Ps) به صورت بوتروئیدال تشکیل شده است. ۹۵

فصل ششم: ژئوشیمی

- شکل ۶-۱: نمودار محدوده‌های پایداری ترکیبات منگنز (بروکینز، ۱۹۸۸) در سیستم Mn-C-S-O-H، فشار ۱ بار و دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد ۱۰۵
- شکل ۶-۲: a) نمونه‌های معدن منگنز هلالان نمودار A'KF (اسکولا، ۱۹۱۵) و b) در نمودار AFM (تامپسون، ۱۹۵۷)، ج) نمودار CFM (رایموند، ۲۰۰۲) ۱۱۰

- شکل ۳-۶: نمودار Si در مقابل Al و تفکیک فرایندهای مختلف تشکیل نهشته‌های منگنز (کریرار و همکاران، ۱۹۸۲) و موقعیت نمونه‌های کانسار منگنز هلالان در آن..... ۱۱۴
- شکل ۴-۶: نمودار سه تایی Co - Ni - Zn (چویی و هاریا، ۱۹۹۲) و موقعیت نمونه‌های کانسار منگنز مورد مطالعه..... ۱۱۷
- شکل ۵-۶: نمودار سه تایی Fe- Mn - (Ni+Co+Cu) جهت تفکیک تیپ‌های مختلف کانسارهای منگنز (بناتی، ۱۹۷۵) و موقعیت نمونه‌های کانسار منگنز مورد مطالعه..... ۱۱۸
- شکل ۶-۰: نمودار دو تایی Co/Zn - (Co+Ni+Cu) (توث، ۱۹۸۰) و موقعیت نمونه‌های کانسار منگنز هلالان در آن..... ۱۱۹
- شکل ۷-۰: نمودار تمرکز La در برابر Ce (توث، ۱۹۸۰) و موقعیت نمونه‌های کانسار مورد مطالعه در آن..... ۱۲۲
- شکل ۸-۰: میزان تغییرات عناصر اصلی و کمیاب در قسمت‌های مختلف کانسار منگنز هلالان..... ۱۲۵

فصل هفتم: الگوی تشکیل، نوع کانه‌زایی، نتیجه‌گیری و پیشنهادات اکتشافی

- شکل ۱-۷: نحوه تشکیل کانسار منگنز هلالان بر اساس مدل بروسنیتسین و همکاران (۲۰۰۹)..... ۱۳۸
- شکل ۲-۷: ستون چینه‌شناسی کانسارهای شرق کارپاتین در رومانی، گروه تالقس، که منگنز در آن در داخل چرت‌های سیاه تشکیل شده است..... ۱۴۴

فهرست جداول

فصل اول: کلیات

- جدول ۱-۱: رده‌بندی انواع کانسارهای منگنز (نیکلسون، ۱۹۹۲ a) ۱۴
- جدول ۲-۱: مهم‌ترین کانسارهای منگنز در ایران ۱۶

فصل پنجم: کانی‌شناسی، ساخت، بافت و توالی پاراژنتیکی

- جدول ۱-۵: انواع کانی‌های مهم و اقتصادی منگنز ۷۶
- جدول ۲-۵: نتایج ترکیب شیمیایی کانی براونیت با استفاده از روش الکترون مایکروپروب ۷۹
- جدول ۳-۵: توالی پاراژنتیک کانه‌ها، کانی‌ها و ساخت و بافت مربوط به آن‌ها در کانسار هلالان ۹۸

فصل ششم: ژئوشیمی

- جدول ۱-۶: مقایسه غلظت و حلالیت منگنز با آهن (مینارد، ۱۹۸۳) ۱۰۳
- جدول ۲-۶: توضیح شماره و موقعیت محل برداشت نمونه‌ها ۱۰۶
- جدول ۳-۶: نتایج تجزیه ژئوشیمیایی نمونه‌های منگنز هلالان به روش XRF ۱۰۷
- جدول ۴-۶: میزان عناصر اصلی و کمیاب در کانسار منگنز هلالان به روش ICP- OES ۱۰۸
- جدول ۵-۶: ضریب همبستگی پیرسون برای عناصر اصلی و فرعی ۱۲۷

فصل هفتم: الگوی تشکیل، نوع کانه‌زایی، نتیجه‌گیری و پیشنهادات اکتشافی

- جدول ۱-۷: مقایسه کانسار منگنز هلالان با ویژگی‌های شاخص انواع مختلف کانسارهای منگنز آتشفشانی - رسوبی بر اساس رده بندی موسیر و پیچ (۱۹۸۸) ۱۴۶

فصل اول

کلیات

۱-۱- مقدمه

با توجه به نیاز روز افزون صنایع مختلف کشور به مواد معدنی آهن- منگنز، شناسایی و اکتشاف کانسارهای جدیدی از این تیپ مواد معدنی در کشور بیش از هر زمان دیگری احساس می‌شود. از نظر فراوانی، منگنز دوازدهمین عنصر فراوان در پوسته زمین است. منگنز به دلایل اقتصادی و داشتن خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مخصوص، به عنوان یکی از فلزات استراتژیک مورد استفاده در صنایع فولاد و ذوب آهن، تولید فروآلیاژها، باتری سازی و سایر صنایع مطرح می‌باشد. آفریقای جنوبی، گابون، استرالیا، برزیل و هند از تولید کنندگان اصلی منگنز به شمار می‌آیند. با توجه به اهمیت و نیاز شدید صنایع به این فلز و کافی نبودن ذخایر و منابع شناخته شده، تلاش برای یافتن منابع جدید ضروری می‌باشد. در کمان آتشفشانی - رسوبی ترود - چاه شیرین تعداد زیادی کانسار و آثار معدنی فلزات پایه و فلزات گرانبها گزارش شده است (رشیدنژاد عمران ۱۳۷۱، برنا و عشق‌آبادی ۱۳۷۶، تاج-الدین ۱۳۷۷، فرد ۱۳۸۰، شمعانیان اصفهانی ۱۳۸۲). در منطقه معدنی هلالان، در غرب این کمان که در ۱۲۲ کیلومتری جنوب دامغان و ۱۶ کیلومتری غرب روستای رشم واقع شده، مطالعات زمین‌شناسی اقتصادی به صورت علمی انجام نشده و تنها یک گزارش طرح اکتشاف در مورد کانسار نوشته شده است. بنابراین در این راستا، بررسی چگونگی تشکیل کانسار منگنز و عناصر همراه آن در محدوده معدنی هلالان به منظور درک فرایندهای تشکیل و عوامل مؤثر در تمرکز آن به عنوان موضوع پژوهشی انتخاب گردید. چرا که نتایج حاصل از این بررسی می‌تواند جهت شناسایی و اکتشاف ذخایر جدید منگنز مؤثر واقع شود.

۱-۲- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه و راه‌های دسترسی به آن

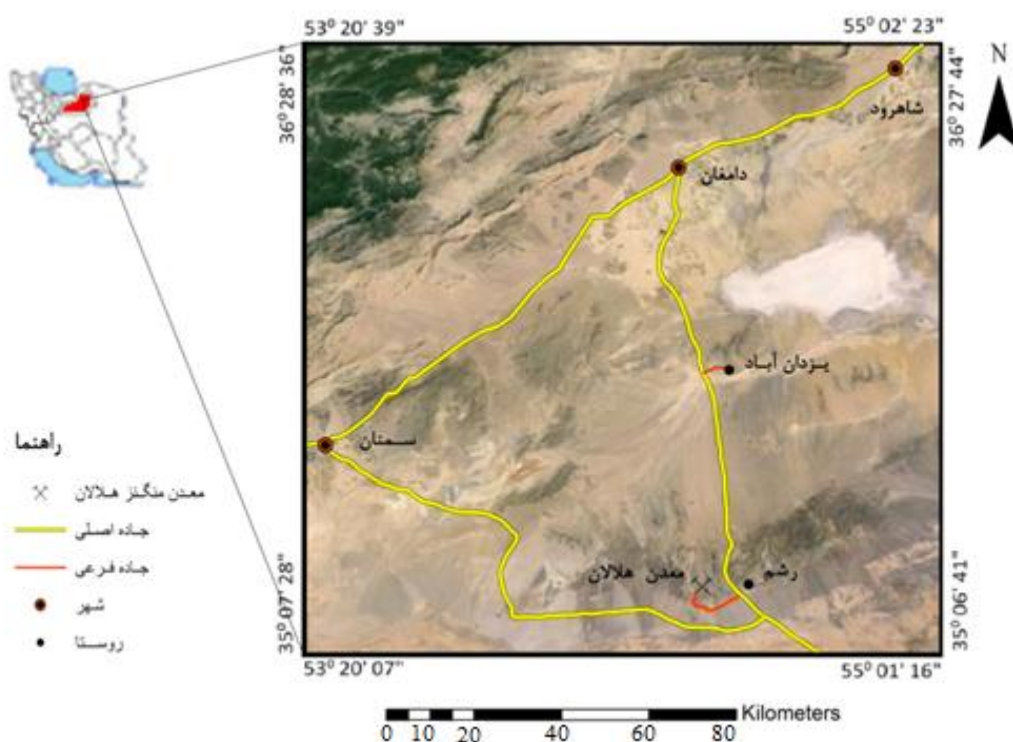
محدوده مورد مطالعه در ۱۲۲ کیلومتری جنوب دامغان، منطقه هلالان، در حدود ۱۶ کیلومتری غرب روستای رشم و در مختصات جغرافیایی $52^{\circ} 21' 52''$ تا $54^{\circ} 25' 00''$ طول شرقی و $35^{\circ} 13' 05''$

فصل اول: کلیات

تا $35^{\circ} 17' 41''$ عرض شمالی قرار گرفته است. به جهت قرارگیری در آغاز کویر جندق به آن منطقه سرکویر نیز می‌گویند. دسترسی به محدوده مورد نظر از دو راه انجام می‌گیرد که عبارتند از:

۱- از طریق جاده آسفالت‌ه دامغان - معلمان: از کیلومتر ۱۲۲ جاده آسفالت‌ه دامغان - معلمان (دو راهی رشم) به سمت راست و طی جاده انحرافی خاکی به مساحت ۱۶ کیلومتر محدوده قابل دسترسی می‌باشد.

۲- راه ارتباطی سمنان به رشم و معلمان: پس از گذشتن از محدوده پایگاه صنایع دفاع به جاده دامغان - معلمان و از آنجا به رشم می‌پیوندند. نیمی از این مسیر آسفالت‌ه و بقیه راه خاکی درجه دو و سه است. از دو راه یاد شده راه‌های کوهستانی و جیپ‌رو منشعب می‌شود که از طریق آن‌ها نیز می‌توان به منطقه دسترسی پیدا کرد (شکل ۱-۱).



شکل ۱-۱: راه‌های دسترسی به محدوده معدنی هلالان.

۱-۳- شرایط آب و هوایی و پوشش گیاهی

با توجه به نزدیکی ناحیه مورد بررسی با دشت کویر، این منطقه در مجموع تحت تأثیر جریان‌های گرم و خشک قرار دارد. عواملی نظیر دوری از دریا، روند عمومی ارتفاعات، بلندی از سطح دریا و جهت وزش بادهای موسمی در آب و هوای این منطقه تأثیر گذاشته‌اند. تنوع ناهمواری‌ها و نزدیکی کویر و کوهستان در این ناحیه سبب ایجاد تغییرات فشار هوا شده است. به طور کلی منطقه دارای شرایط آب و هوایی گرم و خشک از نوع کویری تا نیمه‌کویری بوده و دارای تابستان‌های گرم و زمستان‌های نسبتاً سرد و بارش نه‌چندان زیاد است. مقدار کمینه دمای ناحیه به ۶- درجه سانتی‌گراد و بیشینه آن به بیش از ۴۰ درجه سانتی‌گراد می‌رسد. شرایط آب و هوایی خشک و بارش محدود برف سبب شده است که فعالیت معدن‌کاری تقریباً در تمام طول سال امکان‌پذیر باشد. پوشش گیاهی در این منطقه از تراکم بسیار کم برخوردار است و اغلب شامل بوته‌های کویری، درختچه‌های گز، زیره، اسپند کوهی، خاک شیر و... می‌باشد (شکل ۱-۲).



شکل ۱-۲: نمایی از توپوگرافی و پوشش گیاهی منطقه.

۱-۴- وضعیت معیشتی

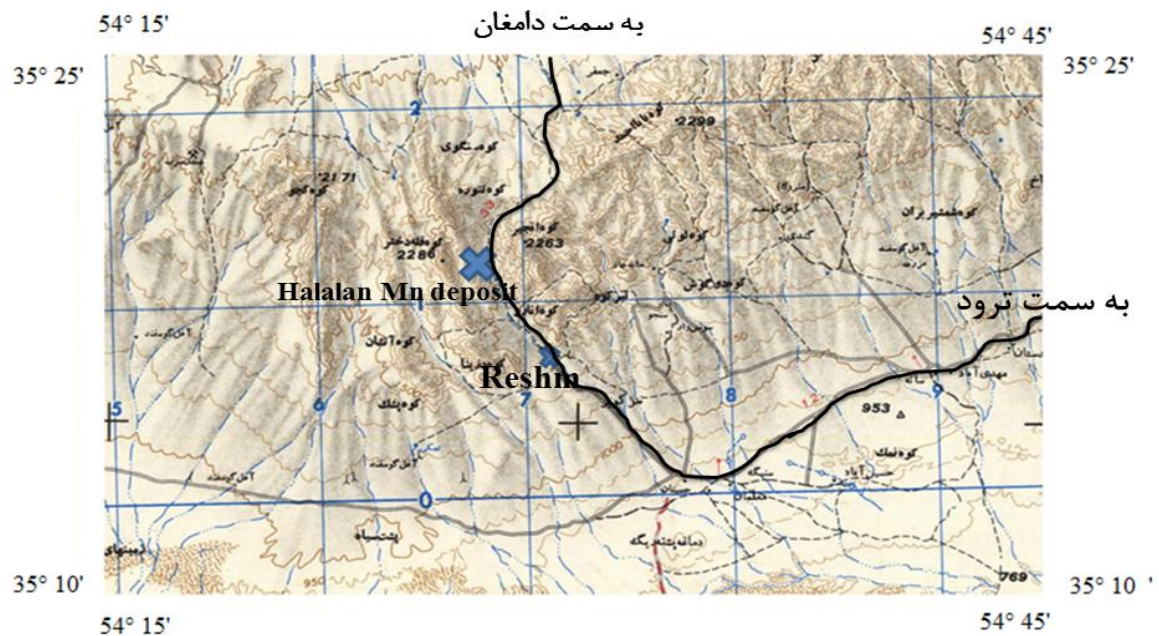
به جهت خشکی و کم آب بودن منطقه، تراکم جمعیت بسیار کم و تنها چند روستای کوچک رشم، معلمان و حسینان دارای سکنه دائمی هستند. شغل اصلی مردم دامپروری است که محدود به دامنه-های جنوبی رشته کوه ترود - چاه شیرین می باشد. به دلیل کم بودن آب، فعالیت کشاورزی رونق چندانی ندارد و آب مورد نیاز روستائیان از چند چشمه نسبتاً کم آب در داخل دره های منطقه، چندین رشته قنات و مقداری از چاه های حفر شده داخل سفره های زیرزمینی تأمین می گردد. به جهت وجود معادن متعدد در منطقه تعدادی از مردم به فعالیت معدن کاری اشتغال دارند. اکتشاف و فعال سازی معادن جدید می تواند نقش مهمی در اشتغال زایی و جلوگیری از مهاجرت جوانان به شهرها داشته باشد.

۱-۵- زمین ریخت شناسی

از نظر ژئومورفولوژیکی منطقه را می توان به دو بخش دشت در جنوب و شرق کانسار و ارتفاعات در شرق و شمال کانسار تقسیم نمود. منطقه دشت پوشیده شده از آبرفت های مخروط افکنه ای که تشکیل شده اند از قطعات آواری حاصل فرسایش رخنمون های موجود در ارتفاعات و با پیشروی به داخل دشت از اندازه ذرات آن ها کاسته می شود. مرتفع ترین نقطه در منطقه کوه قله دختر با ارتفاع ۲۲۷۴ متر و پست ترین آن داخل دشت ۷۰۰ متر ارتفاع دارد. ارتفاع نزدیک ترین آبادی (رشم) از سطح دریا ۱۲۷۰ متر است. به دلیل تنوع ترکیب سنگ شناختی و مقاومت مختلف سنگ ها در برابر عوامل فرسایشی، شکل دره ها و شبکه آبراهه ها متفاوت است. در بخش های مرتفع تر آبراهه ها کم عرض و بیشتر V شکل هستند و شکل کلی آن ها دندریتی (شاخه درختی) است. در بخش های پست دره ها عریض تر شده و از تراکم آن ها کم شده و در داخل دشت به شکل تقریباً موازی در می آیند. سنگ آهک ها و دولومیت های دگرگونه به دلیل مقاومت فرسایشی بالا تشکیل صخره ها و ارتفاعات داده اند و

فصل اول: کلیات

واحدهای شیست و مخصوصاً ولکانیک‌های جوان تر (ائوسن) ارتفاعات کمتری را به نمایش می‌گذارند (شکل‌های ۳-۱ و ۴-۱).



شکل ۳-۱: نقشه توپوگرافی منطقه و موقعیت کانسار منگنز هالالان (سازمان جغرافیایی کشور، ۱۳۵۴).



شکل ۴-۱: نمایی از زمین ریخت‌شناسی منطقه و موقعیت کانسار منگنز هالالان در تصویر ماهواره‌ای منطقه‌ای.

۱-۶- تاریخچه معدن کاری در منطقه

ناحیه ترود- چاه شیرین به دلیل فعالیت‌های معدنی و زلزله خیزی، از دیرباز مورد توجه محققین بوده است. در این ناحیه به دلیل بالا بودن پتانسیل معدنی از قبیل کانه‌زایی طلا، مس و سرب و روی، آثار معدن کاری قدیمی به صورت سرباره‌های ذوب و حفر ترانشه‌های اکتشافی به چشم می‌خورد. کانسار مورد مطالعه که بر روی نوار ولکانیکی- رسوبی ترود- چاه شیرین قرار گرفته در سال ۱۳۹۱/۱۰/۱۷ توسط خانم شکوفه مرتضایی شناسایی و به سازمان صنعت، معدن و تجارت استان سمنان معرفی گردیده و در حال حاضر بهره‌برداری از آن صورت می‌گیرد.

۱-۷- مطالعات و کارهای انجام شده قبلی

علاوه بر مطالعات زمین‌شناسی ناحیه‌ای که ضمن تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی در منطقه صورت گرفته است، به دلیل پتانسیل معدنی نوار ولکانیکی- رسوبی ترود- چاه شیرین، مطالعات مختلفی از قبیل پایان نامه‌هایی در زمینه پترولوژی، اقتصادی و ساختمانی و همچنین مطالعات پی‌جویی و اکتشاف برای عناصر مختلف طلا- مس و سرب و روی صورت گرفته است که در زیر به تعدادی از آن‌ها اشاره می‌شود.

- نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ ترود (علوی و همکاران، ۱۹۷۶)، که منطقه را از نظر لیتولوژیکی، چینه‌شناسی و ساختمانی مورد بررسی قرار داده که تحت عنوان گزارش نقشه ارائه نموده‌اند.

- جعفریان (۱۳۸۰)، تهیه نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ کلاته رشم زیر نظر سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

- سازمان زمین‌شناسی کشور (۱۳۷۶)، اکتشافات ژئوشیمیایی سیستماتیک در ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ کلاته رشم.

فصل اول: کلیات

- قربانی (۱۳۸۴)، در بیست و چهارمین گردهمایی علوم زمین مقاله‌ای تحت عنوان مطالعه ولکانیسم ائوسن در منطقه ترو، جنوب دامغان ارائه داده و در آن منشأ گوشته‌ای ناشی از کشش لیتوسفری در جایگاه‌های غیر کوهزایی را برای سنگ‌های مورد مطالعه ارائه داده است.
- زارعی (۱۳۸۵)، ماگماتیسم کلاته رشم را بررسی کرده و در آن سنگ‌های آتشفشانی منطقه را جز سنگ‌های آذرین حدواسط قرار داده است.
- خواجه زاده (۱۳۸۷)، در قالب پایان نامه کارشناسی ارشد، پترولوژی و ژئوشیمی توده‌های آذرین نفوذی شمال معلمان را مطالعه کرده و در آن ماهیت کالکوالکالن پتاسیم بالا و متالومین تا پرالومین برای سنگ‌های مورد مطالعه بیان کردند و سنگ‌ها را در زمره گرانیتوئیدهای نوع I و قوس‌های آتشفشانی قرار دادند.
- لیاقت و همکاران (۱۳۸۷)، پترولوژی، ژئوشیمی و ژنز فیروزه باغی- دامغان را مطالعه و در آن کانه‌زایی منطقه را به دو زون هیپوژن و سوپرژن تقسیم و فیروزه را به عنوان آخرین فاز کانه‌زایی معرفی کرده‌اند.
- شیبی و اسماعیلی (۱۳۸۲)، مقاله‌ای تحت عنوان اسکارن آهن پنج کوه (جنوب شرق دامغان) همراه با متاسوماتیسم سدیم- کالر را ارائه و در آن کانه‌زایی را از نوع اسکارن معرفی کرده‌اند.
- ایراجیان و مهدیزاده شهری (۱۳۸۶)، کانی‌شناسی و ژنز بنتونیت منطقه سرکویر (جنوب دامغان) را بررسی کرده و به این نتیجه رسیدند که تبدیل شیشه به بنتونیت، در شرایط دیاژنزی، در یک محیط کم‌عمق دریایی مثل لاگون رخ داده است.
- طالع ماسوله و همکاران (۱۳۸۹)، زمین‌شناسی اقتصادی کانسار مس چاه گله شمال غرب ترو را مطالعه و خاستگاه کانسار را محلول‌های هیدروترمال که از سنگ‌های آتشفشانی منشأ گرفته‌اند، معرفی کردند.
- مهرابی و قاسمی سیانی (۱۳۸۹)، کانی‌شناسی و زمین‌شناسی اقتصادی کانسار پلی متال چشمه حافظ (جنوب شرق دامغان) را بررسی و نتیجه گرفتند که کانی‌سازی در چشمه حافظ

فصل اول: کلیات

از نوع فلزات پایه اپی ترمال با سولفیداسیون متوسط است.

- پورشعبان و همکاران (۱۳۸۹)، کانه‌نگاری و لیتوژئوشیمیایی کانسار مس کلاته مهران سمنان را مطالعه کرده و کانه‌زایی مس را به صورت رگه‌ای معرفی کردند.
- کی نژاد و همکاران (۱۳۸۹)، شکستگی‌های شمال منطقه تروود- معلمان (جنوب شرق دامغان) و ارتباط آن با کانه‌زایی منطقه را بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که شکستگی‌های منطقه کنترل کننده رگه‌های کانه‌دار منطقه می‌باشند.
- احمدی (۱۳۹۱)، زمین‌شناسی اقتصادی کانسار مورد مطالعه را به صورت مقدماتی مورد بررسی قرار داده و در قالب طرح اکتشافی ارائه دادند.

۸-۱- طرح مسئله

مطالعات زمین‌شناسی اقتصادی بخش مهمی در اجرای پروژه‌های اکتشافی است که طی آن شرایط زمین‌شناسی، شکل و وضعیت قرارگیری ماده معدنی، فازهای کانیایی، بافت و ترکیب شیمیایی ماده معدنی مورد بررسی قرار می‌گیرد. کانسار منگنز هلالان در منطقه رشم داخل مجموعه دگرگونی شامل موسکویت شیست، کلریت شیست و آهک و دولومیت دگرگون شده قرار گرفته است که در حال حاضر مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد. گذشته از مطالعات زمین‌شناسی ناحیه‌ای که ضمن تهیه نقشه زمین‌شناسی صورت گرفته، تنها یک گزارش طرح اکتشاف در مورد منطقه کانسار نوشته شده است ولی مطالعه زمین‌شناسی اقتصادی به صورت علمی بر روی آن انجام نگرفته است. لذا موضوع این تحقیق با عنوان "کانی‌شناسی، زمین‌شیمی و الگوی پیدایش کانسار منگنز هلالان، منطقه معلمان، جنوب دامغان" پیشنهاد و مورد تصویب قرار گرفت و تلاش شده است با استفاده از مطالعات صحرایی و آزمایشگاهی مختلف به نتایج مطلوب نایل آئیم.

۹-۱- هدف و روش کار

انجام این تحقیق طی چند مرحله به شرح زیر صورت گرفته است.

۹-۱-۱- گردآوری اطلاعات و مطالعه منابع

گام نخست در انجام این تحقیق، گردآوری اطلاعات و مطالعه منابع مختلف بوده که به شرح زیر می‌باشد:

الف) تهیه و مطالعه کتاب‌ها و مقاله‌های مطرح در زمینه موضوع پایان‌نامه.

ب) گردآوری اطلاعات مربوط به منطقه مورد مطالعه شامل نقشه‌های زمین‌شناسی و توپوگرافی، تصاویر ماهواره‌ای و گردآوری کلیه گزارش‌ها و مقاله‌هایی که به نحوی با منطقه مورد مطالعه، نواحی اطراف و موضوع در ارتباط هستند.

۹-۲- بررسی‌های صحرایی

مطالعات صحرایی طی چند مرحله به شرح زیر صورت پذیرفت:

- مطالعه نقشه‌های زمین‌شناسی، عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای به منظور آگاهی از وضعیت زمین‌شناسی ناحیه‌ای در منطقه مورد مطالعه.
- بازدیدهای مقدماتی به منظور آشنایی با محدوده مورد مطالعه و زمین‌شناسی عمومی منطقه معدنی.
- تهیه نقشه زمین‌شناسی- معدنی شماتیک (مقیاس ۱:۶۰۰۰۰) از کانسار هلالان.
- شناسایی و تفکیک دقیق واحدهای سنگی و چگونگی ارتباط آن‌ها با یکدیگر.
- مطالعه و شناسایی سنگ‌های دگرگونی، رسوبی و آتشفشانی - رسوبی دگرریخت شده موجود در منطقه مطالعاتی.
- برداشت مناطق دگرسانی در محدوده مورد مطالعه.

فصل اول: کلیات

- مشخص کردن افق‌های منگن‌دار و جایگاه آن‌ها در ستون چینه‌شناسی و ارتباط آن‌ها با یکدیگر.
- انتخاب تعدادی پروفیل سنگ چینه‌ای و نمونه‌برداری منظم لیتوژئوشیمیایی در امتداد پروفیل‌ها جهت مطالعه کانی‌شناسی، ساخت و بافت کانه‌ها و سنگ‌های همراه و نحوه تغییرات جانبی و قائم واحدهای سنگی.

۱-۹-۳- مطالعات آزمایشگاهی

- تهیه تعداد ۱۵ مقطع نازک، ۳۰ مقطع نازک- صیقلی، ۱۰ مقطع صیقلی جهت مطالعه کانی- شناسی و بافت کانه‌ها و سنگ‌های همراه در مقیاس میکروسکوپی.
- آنالیز ۷ نمونه به روش پراش اشعه ایکس (XRD) جهت مطالعه و تعیین دقیق کانی‌ها و کانه‌ها.
- آنالیز ۱۲ نمونه به روش فلورسانس اشعه ایکس (XRF) جهت تعیین مقادیر عناصر اصلی و فرعی در سنگ‌های منطقه در شرکت ایمیدرو.
- آنالیز ۱۵ نمونه به منظور تعیین میزان عناصر کمیاب^۱ و برخی از عناصر نادر خاکی (REE) به روش ICP-OES در شرکت ایمیدرو و استفاده از نتایج حاصله جهت تعبیر و تفسیر ژئوشیمیایی و تعیین منشاء کانسار.
- آنالیز ۲ نمونه به روش کمی- نقطه‌ای با دستگاه الکترون میکروپروب (EPMA) جهت تشخیص دقیق کانی‌ها.
- دسته بندی، پردازش، ارائه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای Excel، Power point، Arc- GIS و SPSS، GCDkit.

۱-۹-۴- نتیجه‌گیری و نگارش پایان‌نامه، تدوین مقاله و ارائه پیشنهادات

نتایج حاصل از مراحل قبلی، با مطالعه کتاب‌های مرجع، مقالات و نیز استفاده از نرم‌افزارهای کامپیوتری، دسته‌بندی، پردازش و تلفیق گردیده و در نگارش پایان‌نامه و ارائه مقاله مورد استفاده قرار گرفته است.

۱-۱۰-۱- رده‌بندی کانسارهای منگنز

تاکنون تقسیم‌بندی‌های متفاوتی برای منگنز توسط (نیکلسون، ۱۹۹۲؛ موسیر و پیچ^۱، ۱۹۸۸؛ ماچامر^۲، ۱۹۸۷؛ ودپول^۳، ۱۹۸۰؛ روی، ۱۹۸۱؛ گیلبرت و پارک^۴، ۱۹۹۷) ارائه شده است. اما از این میان، رده‌بندی‌های نیکلسون (۱۹۹۲)، گیلبرت و پارک (۱۹۹۷) و روی (۱۹۸۱) از اهمیت بیشتری برخوردار بوده و کاربردی‌تر می‌باشند. لذا به اختصار به تشریح این رده‌بندی‌ها پرداخته می‌شود.

۱-۱۰-۱-۱- رده‌بندی روی (۱۹۸۱)

در این رده‌بندی بر اساس نحوه‌ی تشکیل و سکانس پاراژنتیکی همراه، کانسارهای منگنز به گروه‌های زیر تقسیم شده‌اند.

1-Mosier and page
2- Machamer
3- wedphol
4- Guilbert and park
5-Butte

۱-۱۰-۱-۱ کانسارهای گرمابی

ذخایر منگنز گرمابی به طور تیپیک در رگه‌های اپی‌ترمال و به عنوان ذخایر استراتاباند می‌باشند. کانی‌های منگنز ممکن است عیار بالا یا به عنوان باطله همراه با دیگر فلزات معمولاً با رگه کانی‌سازی Pb, Ag و Zn تشکیل شوند. نمونه‌های بارز از این نوع کانسارها، کانسار بوت^۱ در آمریکا (شامل رگه های منگنز به همراه Cu, Zn و Ag)، ناویداد در شیلی (رگه‌های منگنز اپی‌ترمال)، دژازدا در قزاقستان هستند (روی، ۱۹۸۱).

۱-۱۰-۱-۲ کانسارهای رسوبی

برمبنای منبع فلزات خود به دو دسته تقسیم می‌شوند.

الف) کانسارهای رسوبی ولکانوژنیک: کانسارهای رسوبی ولکانوژنیک خود به دو دسته ۱- سیلیسی پورفیری - ۲- سیلیسی گرینستون تقسیم می‌شوند.

ب) کانسارهای رسوبی غیرولکانوژنیک: به سه دسته ۱- همراه با سازندهای تخریبی - ۲- همراه با سازندهای کربناته - ۳- همراه با سازندهای آهن، تقسیم می‌شوند.

۱-۱۰-۱-۳ کانسارهای سوپرژن

فرآیند تشکیل این کانسارها شامل تجزیه عناصر غیر از Mn در سنگ مادر توسط آب‌های سطحی و زیرزمینی است. این فرآیند باعث متمرکز شدن مواد باقیمانده و یا تجزیه و ته‌نشینی مجدد Mn در پوسته هوازده نزدیک سطح می‌گردد. اکسیداسیون سوپرژن برجا و غنی‌سازی سنگ‌های منگنز دار، به خصوص در سنگ‌های کربناته، یا تحرک مجدد کانسارهای منگنز قبلی در جریان هوازدگی منجر به تشکیل ذخایر پرعیار و اقتصادی می‌گردد.

فصل اول: کلیات

۱-۱۰-۲- رده بندی نیکلسون (۱۹۹۲)

نیکلسون کانسارهای اکسید منگنز را بر حسب فرآیندهای کانه سازی و محیط تشکیل به دو دسته تقسیم می کند (جدول ۱-۱).

جدول ۱-۱: رده بندی انواع کانسارهای منگنز بر حسب فرایندها و محیط تشکیل (نیکلسون، ۱۹۹۲)

فرآیند تشکیل		هیدروترمال		سوپرژن
محیط تشکیل	دریایی	خشکی	دریایی	خشکی
انواع کانسارها	- اگزالاتیو- رسوبی	- چشمه های آب گرم - رگه ای	- پوسته ها - پوشش ها - گرهک ها - رسوبات	- لجن ها و خاک ها - آب شیرین - هوازدگی - دابهیت ها [*]

^{*} تیپی است که در آن اکسیدهای منگنز از هوازدگی توالی کانه دار غیر اقتصادی قبلی مشتق می شود.

واژه سوپرژن استفاده شده توسط نیکلسون ، برای نامگذاری اکسیدهای تشکیل شده تحت شرایط سطح زمین چه در دریا و چه در خشکی را شامل می شود، در حالی که بر اساس نظریه روی تنها به اکسیدهای تشکیل شده به وسیله فرآیندهای غنی شدگی ثانویه، سوپرژن تلقی می شود.

۱-۱۰-۳- رده بندی گیلبرت و پارک (۱۹۹۷)

طبق نظر این زمین شناسان کانسارهای منگنز در سه دسته قرار می گیرند.

- کانسارهای آتشفشانی

۱- کانسارهای همراه با آگلومرا، توف و سایر سنگ های آذرآواری که خاستگاه آن ها خشکی یا دریا بوده و همراه با چشمه های آب داغ می باشند.

۲- کانسارهایی که مرتبط با تشکیلات آهن نواری دور از منشأ^۱ هستند و منشأ برون‌دمی دارند.

- کانسارهای غیر آتشفشانی

۱- کانسارهای مردابی، دریاچه‌ای و رودخانه‌ای.

۲- کانسارهای رسوبی با منشأ قاره‌ای که در موقعیت زمین ناودیسی یا فلات قاره‌ای تشکیل شده‌اند.

- کانسارهای هیبریدی یا پیوندی

۱- گرهک‌های منگنز

۲- رسوبات کف دریا که به دور از چشمه‌های آب داغ زیر دریایی ته‌نشین شده‌اند.

۱۱-۱- توزیع کانسارهای منگنز در ایران

کانسارهای منگنز ایران اغلب کوچک هستند (غیر از کانسار منگنز ونا‌رچ) و کیفیت پایینی دارند. از نظر سنی در برخی از ادوار زمین‌شناسی، زایش منگنز مستقل و یا همراه آهن صورت گرفته است. گروهی از این کانسارها در افق‌های خاص استراتیگرافی قرار می‌گیرند، که با توجه به آن می‌توان برای پی‌جویی‌های آتی خط اکتشافی مشخص را دنبال کرد (برنا، ۱۳۷۰). کانسارهای شناخته شده منگنز در ایران معدودند و روی هم رفته به ادوار پرکامبرین پسین و کرتاسه - پالئوژن محدود می‌شوند، اگر چه امکان وجود منگنز در سازندهای پالئوژوئیک به ویژه در رخساره ولکانوژنیک را نباید نادیده گرفت (سامانی، ۱۳۷۴). برخی از مهم‌ترین کانسارهای منگنز در ایران در جدول (۱-۲) آورده شده است.

فصل اول: کلیات

جدول ۱-۲: مهم‌ترین کانسارهای منگنز در ایران

نام کانسار	پهنه ساختاری	سنگ میزبان	سن	نوع کانه‌زایی	مرجع
ونارچ قم	ارومیه دختر	توف و آهک	ائوسن	آتشفشانی - رسوبی	فردوست، ۱۳۷۰
گراب	البرز مرکزی	توف و آهک توفی	الیگومیوسن	آتشفشانی - رسوبی	دولت خواه، ۱۳۸۱
رباط کریم	ارومیه دختر	واحد های آذر آواری، تراکیتی و ایگنمبریتی	ائوسن بالایی	آتشفشانی - رسوبی	امیری، ۱۳۷۴
بزنین	ارومیه دختر	توف، آندزیت و بازالت	ائوسن - الیگوسن	هیدروترمال	سجادی الهاشم، ۱۳۸۱
تربت حیدریه	ایران مرکزی	دولومیت، سنگ آهک	کرتاسه تحتانی	آتشفشانی - رسوبی	احمدی، ۱۳۸۵
شمس آباد اراک	سنندج سیرجان	سنگ آهک دولومیتی	کرتاسه تحتانی	آتشفشانی - رسوبی	فرهادی، ۱۳۷۴
صفو	زون افیولیتی خوی	رسوبات پلاژیک و چرت رادیولاریتی	کرتاسه فوقانی	آتشفشانی - رسوبی	امامعلی پور، ۱۳۸۴
هنشک (آهن منگنزدار)	سنندج سیرجان	ریولیت، توف و دولومیت	تریاس ژوراسیک	آتشفشانی - رسوبی	برنا، ۱۳۷۰
بند قیچی	ایران مرکزی	سنگ‌های ولکانیکی، توف برش و مارن	ائوسن	آتشفشانی - رسوبی	باقرزاده و همکاران، ۱۳۹۲
نوده	سبزوار	توف قرمز	کرتاسه پسین	آتشفشانی - رسوبی	نصرالهی و همکاران، ۱۳۹۱
ذاکری	سبزوار	توف کربناتی و آهک	بخش بالایی کرتاسه پسین	آتشفشانی - رسوبی	تقی زاده و همکاران، ۱۳۹۱

کانسارهای منگنز در کشور را می‌توان به سه گروه اصلی تقسیم کرد (قربانی، ۱۳۸۷).

۱- کانسارهای رسوبی همراه با توف، مواد آتشفشانی و رسوبات تخریبی.

۲- کانسارهای گرمابی و رگه‌ای مرتبط با فعالیت‌های ولکانو - پلوتونیک.

۳- کانسارهای جایگزین شده در سازندهای آهکی.

از نظر زمانی کانسارهای منگنز در زمان‌های مختلفی (پروتروزوئیک پسین - پلیوسن) صورت گرفته، اما اکثر ذخایر منگنز در ایران در زمان ترشیاری تشکیل شده‌اند. فازهای کانی‌زایی منگنز در ایران از قدیم به جدید به شرح ذیل می‌باشد (قربانی، ۱۳۸۱).

۱- کانی‌زایی منگنز در پرکامبرین پسین - کامبرین پیشین: کانسارهای منگنز از نوع آتشفشانی

-رسوبی و آتشفشانی در ایران مرکزی و آذربایجان مثل کانسار نارینگان در ناحیه بافق و نشانه

معدنی امیرآباد در غرب انگوران. افق‌های منگنزدار در این زمان با افق سرب و روی کوشک و

آهن‌های رسوبی محور سلطانیه - مهاباد و دولومیت‌های سلطانیه هم‌خوانی دارد.

۲-کانی‌زایی در پالئوزوئیک پسین: کانسارهایی از نوع رسوبی و یا رسوبی - آتشفشانی در سنگ‌های

پالئوزوئیک پسین در شرق ایران، ایران مرکزی و سنندج - سیرجان شناخته شده است. این کانسارها

اغلب از نوع آهن منگنزدار مثل کانسار آهن- منگنزدار کلات ناصر آهنگران - قاین و... می‌باشد.

۳-کانی‌زایی در کرتاسه: در کرتاسه پیشین در پهنه سنندج - سیرجان، تعدادی کانسار منگنز و آهن-

منگنزدار تشکیل شده با خاستگاه آتشفشانی - رسوبی مثل کانسار آهن- منگنزدار شمس آباد اراک و

کانسارهای آهن- منگنزدار جای گرفته در سنگ‌های کرتاسه در محور ملایر - اصفهان و... وجود دارد.

۴-کانی‌زایی در کرتاسه پسین - پالئوژن: کانی‌زایی منگنز با سنگ‌های ستر اقیانوسی وابسته به

مجموعه افیولیتی در ارتباط هستند. مثل کانسارهای آب‌بند، کانسار آهن - منگنزدار گونیچ ناحیه

خاش، کانسار منگنز باقره در ناحیه تربت و کانسار منگنز پشباد در کامیاران و... می‌باشد.

۵-کانی‌زایی منگنز در ائوسن - الیگوسن: بیشتر ذخایر شناخته شده ایران در این زمان تشکیل شده‌اند.

کانسارهای منگنز در این برهه زمانی، دارای خاستگاه آتشفشانی و آتشفشانی- رسوبی و گرمابی بوده

فصل اول: کلیات

است. در مجموعه آذرآواری و آتشفشانی پالئوژن یافت می‌شود، مثل کانسارهای وناچ قم و رباط کریم

و

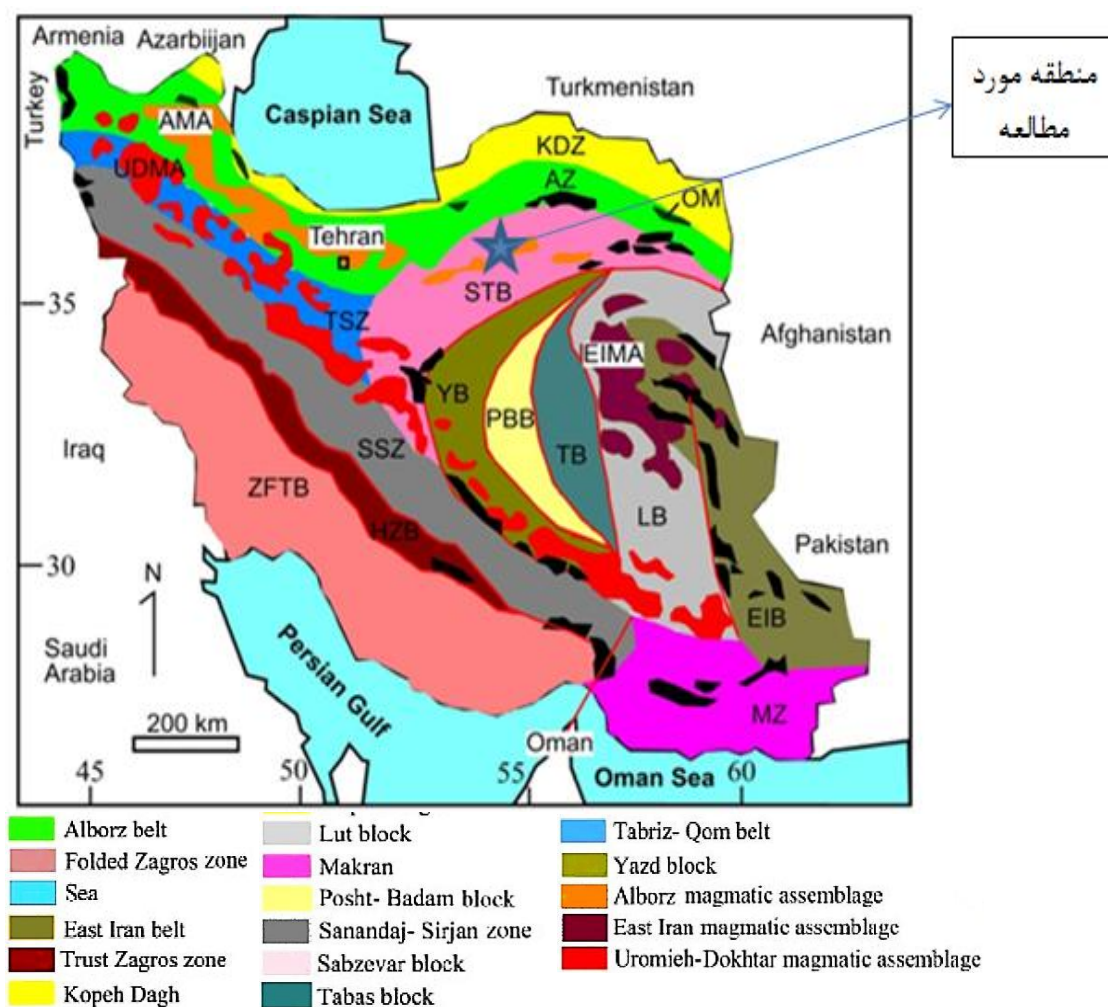
۶-کانی‌زایی منگنز در میوسن پسین- پلیوسن: کانسارهای با خاستگاه گرمابی وابسته به سنگ‌های آتشفشانی آندزیتی و آندزیتی- بازالتی هستند و این کانسارها بیشتر در آذربایجان وجود دارند. کانسارهای این زمان، دارای ذخایر کوچک ولی عیار بالا هستند.

فصل دوم

زمین شناسی ناحیه ای

۱-۲- مقدمه

مطابق با تقسیم بندی (آقائباتی، ۱۳۸۵)، ناحیه مورد نظر و منطقه معدن منگنز هلالان در محدوده پهنه ساختاری - رسوبی ایران مرکزی و در بخش‌های شمالی این پهنه قرار می‌گیرد (شکل ۱-۲). به همین منظور به ویژگی‌های این پهنه به اختصار اشاره می‌گردد.



شکل ۱-۲ : جایگاه خرد قاره ایران مرکزی بر روی نقشه ساختاری ایران (آقائباتی، ۱۳۸۵) و موقعیت منطقه مورد مطالعه (★).

۲-۲- ویژگی‌های پهنه ایران مرکزی

به بخش گسترده‌ای از ایران که میان دو زمین‌درز تتیس کهن (در شمال) و تتیس جوان (در جنوب) قرار دارند می‌توان «ایران میانی» (مرکزی) نام داد. برخلاف زمین‌درز تتیس کهن، درباره‌ی محل زمین‌درز تتیس جوان اتفاق نظر وجود دارد. فرهودی^۱ (۱۹۷۸) و علوی (۱۹۹۴) محل زمین‌درز تتیس جوان را منطبق بر مرز جنوب باختری کمان ماگمایی ارومیه - بزمان می‌دانند. اشتوکلین^۲ (۱۹۶۸) و گروهی بزرگ از زمین‌شناسان، راندگی اصلی زاگرس را به عنوان زمین‌درز تتیس جوان پذیرفته‌اند. خرد قاره ایران مرکزی بخشی از ایران میانی است که با زمین‌درزهای افیولیتی سیستان، نائین، بافت، گسل دورونه و افیولیت‌های کاشمر - سبزوار احاطه شده و توسط گسل‌های طولی که به سمت باختر خمیدگی دارند و از نوع امتداد لغز راستگرداند، قابل تقسیم به بلوک لوت، فرازمین شتری، فرونشست طبس، فرازمین کلمرد، بلوک پشت بادام، فروافتادگی بیاضه - بردسیر و بلوک یزد... است (شکل ۲-۲). اشتال در نقشه‌های زمین‌شناسی وجود چند رشته کوه را در شرق ایران که روند شمالی - جنوبی دارند گزارش داده است. در سال (۱۹۴۱) فورن^۳ نیز در شرق ایران مرکزی به سازندهای چین‌خورده‌ی پالتوزوئیک بالایی اشاره کرده است که عموماً روند شمالی - جنوبی دارند. بایر بر آن است که قسمتی از سنگ‌های دگرگونی ایران مرکزی، که اشتال آن‌ها را به دوره‌ی آرکئن نسبت می‌دهد، متعلق به دوره‌ی ژوراسیک است (برگرفته از خسروتهرانی، ۱۹۷۷). به عقیده‌ی اشتوکلین (۱۹۶۸)، چین - خوردگی اصلی ایران مرکزی به فاز کوهزایی آلپی مربوط می‌شود به طوری که پنج فاز اصلی چین - خوردگی آلپ در تریاس - لیاس، اوایل کرتاسه، اوایل، اواسط و اواخر دوران سنوزوئیک را می‌توان در این منطقه مشاهده کرد.

به طور مختصر از مطالعات زمین‌شناختی چند سال اخیر نتایج زیر حاصل می‌شود:

الف) ساختمان چین‌شناسی دامنه‌ی جنوبی کوه البرز شباهت زیادی به ایران مرکزی دارد.

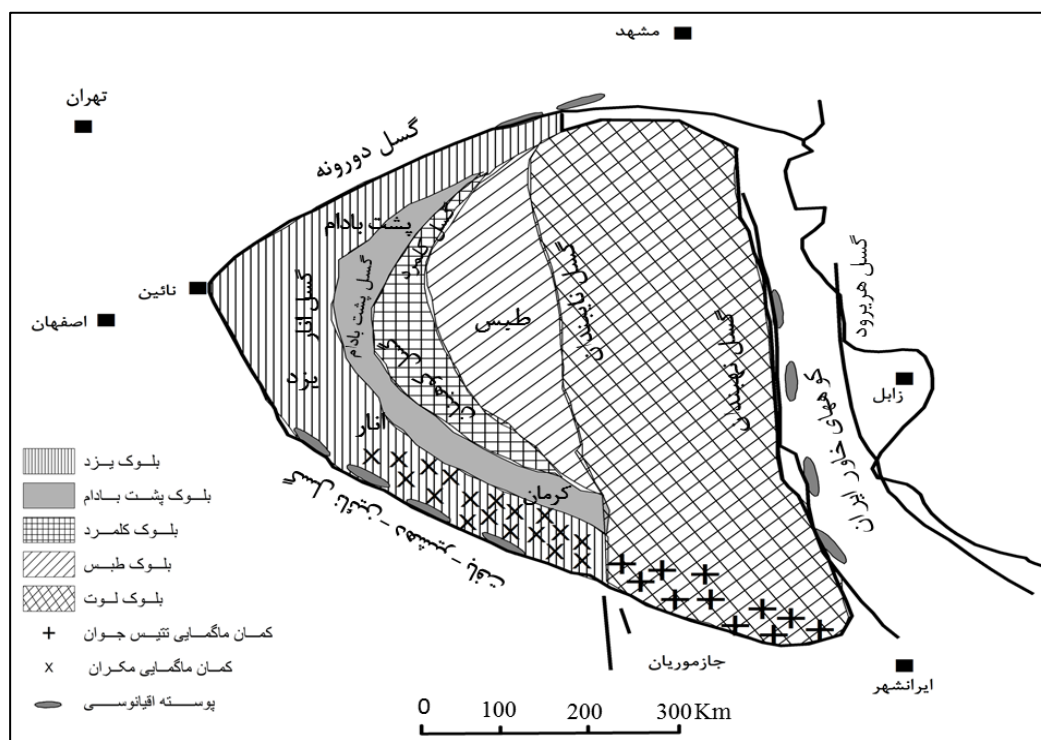
1-Farhoudi

2-Stocklin

3-Furon

ب) رسوبات دوران پالئوزوئیک تا سنوزوئیک ایران مرکزی و شمال ایران در شرایط ائوژئوسنکلینال به وجود نیامده، بلکه بیشتر از رسوبات نریٹیک و کم‌عمق تشکیل شده‌اند.

ج) زمین ناودیس ایران مرکزی به صورتی که بایر بدان اشاره کرده است (ائوژئوسنکلینال) با مشاهدات مطابقت ندارد. به عقیده‌ی نبوی (۱۳۵۵)، سنگ‌های دگرگونی پرکامبرین بیشتر در قسمت شرقی ایران مرکزی گسترده‌اند و گرانیت آناتکسی-میگماتیت-گنیس-آمفیبولیت-شیست‌های مختلف و مرمر را شامل می‌شوند. سنگ‌های غیر دگرگونی مربوط به پرکامبرین که جوان‌ترند حاصل رسوبات کم‌عمق دریایی هستند و از شیل، سیلتستون، دولومیت (به مقدار کم) و توف‌های اسیدی تشکیل شده‌اند. کلیه‌ی این سنگ‌ها از کوهزایی آسینتیک (کاتانگایی) تأثیر گرفته‌اند.



شکل ۲-۲: محدوده خرد قاره ایران مرکزی و زیر پهنه‌های آن (خسروتهرانی، ۱۹۷۷).

از نظر فعالیت‌های ماگمایی به طور خلاصه می‌توان گفت که فازهای مختلفی از پرکامبرین به بعد در ایران مرکزی شناخته شده‌اند (خسروتهرانی، ۱۹۷۷) که عبارت‌اند از:

- در پرکامبرین دو فاز ماگمایی اسیدی شامل توف‌های اسیدی (موجود در سازند مراد - کلمرد و کهر) و ریولیت و توف‌های اسیدی (نتیجه چین‌خوردگی آسینتیک) تشخیص داده شده‌اند. از توده‌های نفوذی پرکامبرین پسین می‌توان گرانیتهای بافق، اردکان، ازبک کوه را نام برد.
- در سیلورین فعالیت آتشفشانی به طور محلی مشاهده شده است و سنگ‌هایی مانند بازالت، آندزیت و تراکیت تشکیل شده‌اند.
- در اواخر ژوراسیک، توده‌های نفوذی از جمله گرانیتهای دیوریت در شیرکوه یزد، کلاه قاضی اصفهان - شمال اردکان، فردوس و شاه‌کوه در جنوب بیرجند مشاهده شده‌اند.
- در کرتاسه، به طور محلی فعالیت آتشفشانی وجود داشته است.
- در کرتاسه پسین، هم زمان با تشکیل آمیزه رنگین، فعالیت ماگمایی در کافت‌ها شدید بوده که به تشکیل گابرو و بازالت منجر شده است.
- در ائوسن، شدیدترین و مهم‌ترین فعالیت آتشفشانی رخ داده که به خصوص به تشکیل گدازه و توف آندزیتی و داسیتی منجر شده است.
- در الیگوسن، سنگ‌های گرانیتهای دیوریت در سنگ‌های قدیمی‌تر نفوذ کرده‌اند.
- در نئوژن، فعالیت آتشفشانی با سنگ‌های تراکیتی و داسیتی مشخص می‌شود.
- دوره‌ی کواترنری، با آتشفشان بزمان، تفتان و نواحی بیجار مشخص می‌شود.
- فعالیت دگرگونی در ایران مرکزی را نیز می‌توان به شرح زیر خلاصه کرد:
- پرکامبرین (فاز آسینتیک): با دگرگونی شدید همراه بوده است که آثار آن (رخساره‌ی آمفیبولیت) در نواحی پشت بادام، انارک، جندق، ترود و ازبک کوه مشاهده می‌شود.
- تریاس پسین (فاز سیمبرین پیشین): دگرگونی ناحیه ترود به این فاز کوهزایی نسبت داده می‌شود.
- ژوراسیک پسین (سیمبرین پسین): این فاز دگرگونی در ایران گسترده‌گی بسیار کمی دارد، و تنها در شرق ایران با نفوذ گرانیتهای همراه بوده است. در ناحیه ترود نیز این دگرگونی تشخیص داده شده است.

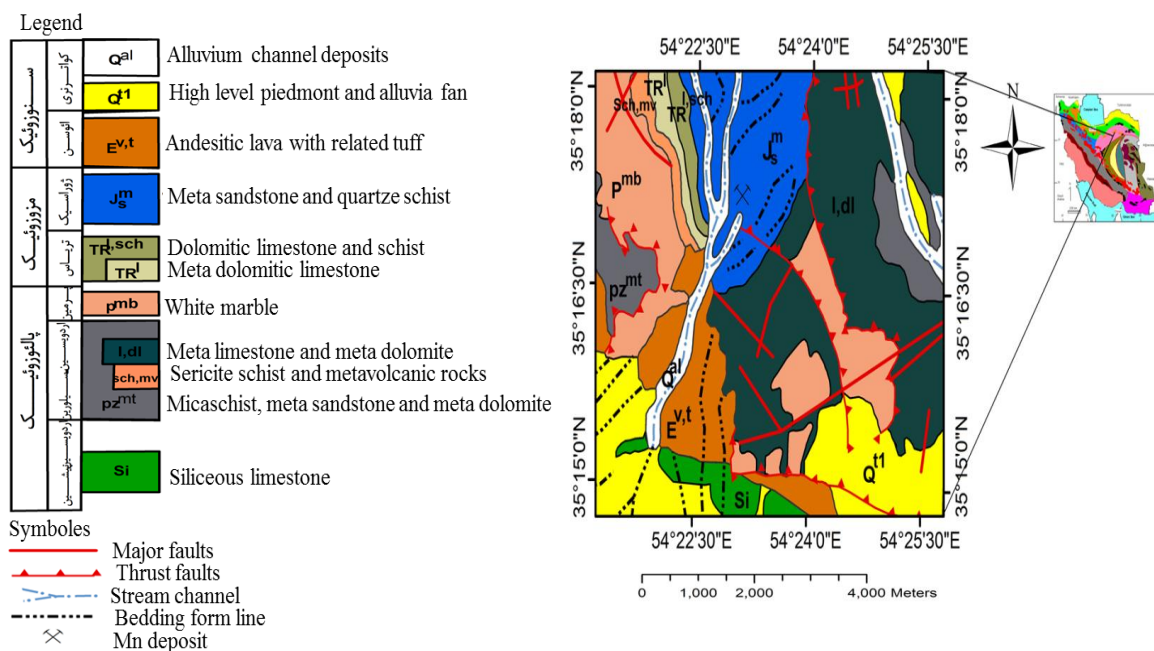
- کرتاسه پسین (فاز لارامید): به طور پراکنده در برخی از نواحی ایران مرکزی گزارش شده است.

۳-۲- چین‌شناسی ناحیه‌ای

چین‌شناسی ناحیه‌ای بر مبنای نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ کلاته رشم (جعفریان، ۱۳۸۰) (شکل ۳-۲) و ستون

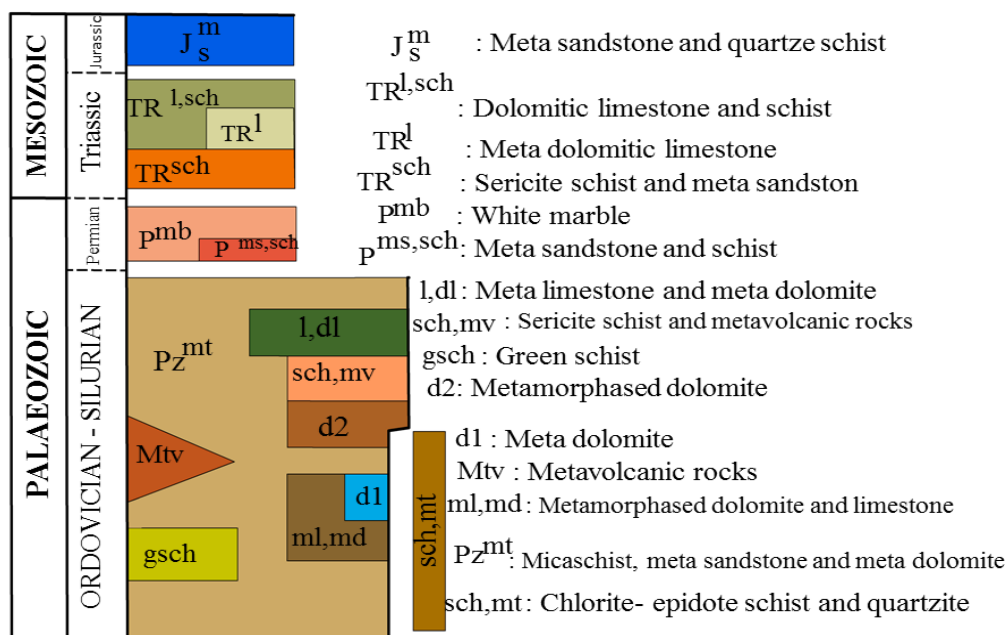
چین‌شناسی عمومی (شکل ۴-۲)، محدوده سنی پالئوزوئیک تا ترشیری و کواترنری را نشان می‌دهد

که در زیر شرح مختصر هر یک از واحدهای رخمون یافته در نقشه ارائه می‌گردد.



شکل ۳-۲: موقعیت کانسار منگنز هلالان (X) بر روی نقشه‌ی ساختاری ایران (آقاباتی، ۱۳۸۳ و علوی، ۱۹۹۴) و چهارگوش زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ کلاته رشم (جعفریان، ۱۳۸۰) که نشان دهنده واحدهای سنگی رخمون یافته در منطقه می‌باشد

فصل دوم: زمین‌شناسی ناحیه‌ای



شکل ۲-۴: ستون چین‌شناسی ناحیه‌ای از واحدهای سنگی رخنمون یافته در منطقه رشم براساس نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ کلاته رشم (جعفریان، ۱۳۸۰).

۲-۳-۱- واحدهای اردوئیسین – سیلورین

واحد pz^{mt} : این واحد لیتولوژیکی در سرتاسر نیمه شمالی ورقه از بیشترین گسترش و ضخامت برخوردار است که در نواحی چاه‌شیرین، سپیدلتو و دره رشم رخنمون دارد. از نگاه ریخت‌شناختی بلندترین ارتفاعات و قله‌ها در ورقه رشم مربوط به بخش‌های کربناته این واحد است. از مجموعه شیست، سنگ آهک و دولومیت، ماسه‌سنگ، توف و سنگ‌های ولکانیک تشکیل شده که همگی دگرگون شده‌اند.

واحد شیستی Sch و Mt : این واحد شامل مجموعه‌ای از میکاشیست، کلریت، اپیدوت شیست و کوارتزیت است که در ناحیه شمالی دره کلوت رخنمون دارد و از گسترش نسبتاً زیادی برخوردار است. یال غربی یک ساختمان شبه آنتی‌کلینالی را تشکیل می‌دهد.

واحد آهک دولومیتی (ml,md): این واحد لیتولوژی ارتفاعات خاور دره رشم را تشکیل می‌دهد و کوه‌های بابا احمد و انارو را می‌سازد. از چینه‌های ضخیم تا توده‌ای آهک، آهک دولومیتی، دولومیت آهکی و دولومیت تشکیل شده است.

واحد دولومیتی (d2): این واحد لیتولوژیکی در باختر دره رشم و بر روی شیست‌های این ناحیه، ضخامتی نزدیک به ۷۰ متر از دولومیت و آهک دولومیتی قهوه‌ای رنگ دارد که ارتفاعات کوه تنوره را تشکیل می‌دهد.

شیست و سنگ‌های ولکانیکی دگرگونه (Sch, mv): این واحد لیتولوژیکی در حدفاصل رشته کوه تنوره و قله دختر رخنمون دارد. بخش زیرین این واحد به طور عمده شیست نقره‌ای رنگ و ماسه-سنگ دگرگونه و بخش بالایی آن سنگ‌های ولکانیک دگرگونه، ماسه‌سنگ دگرگونه و شیست است. ترکیب سنگ‌های ولکانیک دگرگونه را می‌توان از آندزیت تا بازالت در نظر گرفت.

واحد کربناته (L.dl): از نگاه ریخت‌شناسی ارتفاعات بلند ناحیه را می‌سازد. کوه‌های قله دختر، دوزینا و کچو را تشکیل داده است. دارای ضخامتی زیاد (در حدود بیش از یک کیلومتر) از طبقات ضخیم تا توده‌ای آهک و آهک دولومیتی است.

۲-۳-۲ واحدهای پرمین

واحد مرمری (P^{mb}): این واحد مرمر، ارتفاعات نیزه کوه، پشته قیچی و مرمرهای قله کوه کچو را می‌سازد. بخش‌های زیرین از طبقات نازک، متوسط و ضخیم آهکی و در بخش‌های بالایی به طور عمده از طبقات ضخیم تا توده‌ای سنگ آهک دگرگونه سفید رنگ پدید آمده است. در برخی نقاط مرمر دولومیتی تیره تا قهوه‌ای رنگ نیز دیده می‌شود.

۳-۳-۳- نهشته‌های تخریبی و کربناته تریاس (TR)

واحد تخریبی متشکل از شیست و ماسه‌سنگ است (TR^{sch}) ضخامت این واحد در حدود ۸۰ تا ۱۰۰ متر می‌باشد. بر روی واحد تخریبی یاد شده ضخامتی در حدود ۲۰۰ متر از مجموعه طبقات کربناته و شیستی قرار دارد. بخش کربناته از طبقات متوسط تا ضخیم آهک دولومیتی پدید آمده است ($TR^{l,sch}$).

۳-۳-۴- واحد ژوراسیک زیرین

واحد (J^m): این واحد لیتولوژیکی در دره‌ی بیل‌بن رخنمون دارد و هسته سنکلینال بزرگ ناحیه را تشکیل می‌دهد. از نگاه ریخت‌شناختی واحدی نرم فرسای است و تپه‌ها و ارتفاعات کوتاه را پدید آورده است و سیستم آبراهه خاصی در این واحد شکل گرفته است. واحد یاد شده از مجموعه طبقات ماسه‌سنگ دگرگونه به رنگ خاکستری تیره و شیست‌های تیره رنگ و سیاه پدید آمده است. آثار زغالی بسیار اندکی در برخی نقاط این سازند دیده می‌شود که ارزش اقتصادی ندارند. همچنین سیلیس به صورت کوارتزیت رخنمون قابل توجهی در این واحد دارد. این واحد سنگ میزبان منگنز در منطقه مورد بررسی است (شکل ۳-۲).

۳-۳-۵- واحدهای ائوسن - الیگوسن

واحدهای سنگی ولکانیکی، آذرآواری و رسوبی ائوسن - الیگوسن در محدوده‌ی ورقه کلاته رشم از گسترش و تنوع زیادی برخوردارند؛ آن چنان که بخش عمده سطح نیمه شمالی ورقه را به خود اختصاص داده‌اند. این ردیف ولکانیکی - رسوبی ترشیر به گونه دگرشیب واحدهای قدیمی‌تر را می‌پوشاند.

واحد ولکانیکی (E^{vol}): در میان واحدهای ولکانیکی و توفی ائوسن، این واحد بیشترین گسترش و ضخامت را دارد. به طور کلی از مجموعه گدازه‌های آندزیتی زیردریایی، برش آندزیتی، برش توفی، آندزیت پورفیری و توف آندزیتی پدید آمده است.

واحد کنگلومرای - ولکانیکی ($E^{c,v}$): این واحد لیتولوژیکی در ابتدای دره کلوت برونزد یافته است و از طبقات ضخیم کنگلومرای تشکیل شده است که ضمن تشکیل طبقات کنگلومرای فعالیت‌های ولکانیکی نیز ادامه داشته است. ضخامت این واحد به ۱۵۰ متر می‌رسد. فعالیت‌های ولکانیکی به طور جانبی و به سمت شرق افزایش بیشتر دارد و از مجموعه گدازه‌های آندزیتی میکروپورفیری به رنگ قهوه‌ای تیره تا قرمز تیره و برش ولکانیکی قرمز رنگ پدیدار شده است.

واحد ($EO^{m,c}$): این واحد لیتولوژیکی در دامنه جنوبی ارتفاعات چاه شیرین- بیل بن به گونه پراکنده دیده می‌شود. بیشترین گسترش را در آغاز دره کلوت دارد و از تناوب طبقات کنگلومرای سست و مارن روشن تشکیل شده است.

زیر واحد توفی (t): این واحد لیتولوژیکی فرعی در محل روستای رشم و در نواحی باختر چشمه پشک رخنمون دارد، از گسترشی محدود برخوردار است و به صورت تپه‌های به نسبت کوتاه و یا زمین‌های هموار درآمده است. ترکیب عمومی این توف‌ها در حد ریولیت تا داسیت است که بخش‌هایی از توف بلورین، توف شیشه‌ای دگرسان شده، ماسه‌سنگ توفی و مارن نیز به همراه دارد.

۲-۳-۶- نهشته‌های میوسن

واحد $M^{c,s,m}$: این واحد رخنمون یافته در ناحیه چشمه پشک، از گسترشی اندک برخوردار است و به طور عمده توسط نهشته‌های آبرفتی پوشیده شده است. شامل تناوبی از لایه‌های کنگلومرا، ماسه‌سنگ کنگلومرای قرمز تا مارن قرمز گچ‌دار است.

واحد $M^{m,ml}$: این واحد نیز در محل آب پشک رخنمون دارد و از گسترش و ضخامتی محدود برخوردار است. از پایین به بالا از مارن به رنگ‌های مختلف، گچ، تناوب مارن آهکی، مارن قرمز گچ‌دار با پوسته‌های فراوان دو کفه‌ای‌های بزرگ، آهک مارنی به رنگ آبی روشن، مارن قرمز گچ‌دار و سرانجام مارن آهکی تشکیل شده است.

واحد M^{ml} : این واحد در نیمه جنوبی ورقه در هسته ساختمان‌های تاقدیسی رخنمون یافته است. از مارن قرمز گچ‌دار، افق‌هایی از گچ، میان لایه‌های نازک ماسه‌سنگ میکادار قرمز پدید آمده است.

واحد M^{ms} : این واحد نیز در بخش جنوبی نقشه رخنمون دارد. از مجموعه مارن گچ‌دار به رنگ‌های سبز و قرمز آجری با میان لایه‌های ماسه‌سنگی به رنگ خاکستری تا سبز تیره پدید آمده است.

واحد ts, tm, t : از تناوب بخش‌های توفی، مارن توفی، ماسه‌سنگ قهوه‌ای پدید آمده است.

واحد فرعی sl, s, m : از تناوب آهک ماسه‌ای، آهک توفی، آهک مارنی، ماسه‌سنگ نازک لایه و مارن پدید آمده است.

۲-۳-۷- نهشته‌های پلیوسن و کواترنر

واحد QPL: رسوبات محیط کم عمق کواترنر زیرین در محدوده ورقه از گسترش بسیار کمی برخوردار است. مجموعه‌ای از کنگلومرای بدون سیمان و یا با سیمان ضعیف و مارن این مقطع زمانی، تپه‌های کوه پشت سیاه را در غرب کلاته رشم تشکیل می‌دهد.

واحد Qt1: نهشته‌های آبرفتی قدیمی‌تر که به صورت زمین‌های نسبتاً مسطح و بلند درآمده‌اند و اغلب کوهپایه‌ها را تشکیل می‌دهند. از کنگلومرای دانه درشت و فاقد سیمان ساخته شده‌اند.

واحد Qt2: رسوبات آبرفتی جدید هستند که زمین‌های مسطح پست را به وجود آورده‌اند و از گسترش بسیار اندکی برخوردار است. از کنگلومرای دانه‌ریزتر و فاقد سیمان و رسوبات نرم تشکیل شده است.

واحد Qm: کفه‌های کوچکی را تشکیل می‌دهد که از فرسایش مارن‌های ناحیه به وجود آمده‌اند و از گل سفید رنگ (سیلت و رس) تشکیل شده است.

واحد Qal: جدیدترین رسوبات ناحیه هستند که نهشته‌های آبرفتی بستر دره‌ها را می‌سازند و از مجموعه شن و ماسه و قلوه‌سنگ بدون سیمان تشکیل شده‌اند.

۲-۴- تکتونیک و زمین‌شناسی ساختمانی

۲-۴-۱- تکتونیک

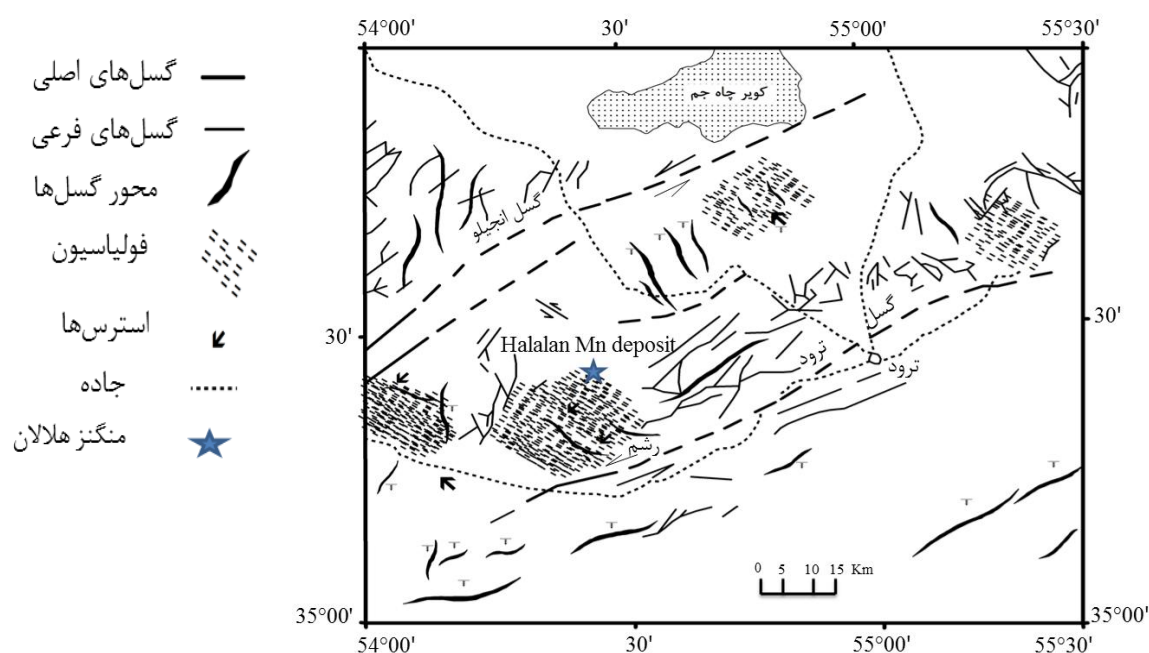
ناحیه کلاته رشم در بخش شمالی زون ساختاری ایران مرکزی واقع شده است. ولی در نگاه دقیق‌تر آن را می‌توان به سه حوضه کوچک‌تر تقسیم نمود که عبارتند از: ۱- نیمه جنوبی ورقه در محدوده حوضه رسوبی جندق قرار دارد. ۲- نیمه شمالی ورقه را کمربند ترود- چاه‌شیرین تشکیل می‌دهد. بخش کوچکی از گوشه شمال باختری ورقه در محدوده‌ی باریک رشته کوه‌های انجیلو جای دارد. مرز میان حوضه جندق و کمربند ترود - چاه‌شیرین را گسل ترود کنترل می‌کند و کوه‌های انجیلو نیز از نوار ترود - چاه شیرین توسط گسل انجیلو جدا می‌شود. منطقه جندق حوضه فرو افتاده‌ای است که دریای میوسن آن را فرا گرفته و رسوبات کم‌عمق ولی با ضخامت زیاد مارن، ماسه‌سنگ، نمک و گچ را در آنجا گذاشته است. کمربند ترود - چاه‌شیرین در مجموع دارای روند شرق- شمال شرقی - غرب- جنوب غربی (ENE - WSW) است که در حاشیه فرورفتگی کویر جندق واقع شده است. کمربند ترود - چاه‌شیرین، با وجود گستره به نسبت کم خود، در مطالعات تکتونیکی بیشتر پدیده‌ها و پی‌آمدهای ناشی از حرکات تاریخی نظیر متامورفیسیم، وجود سنگ‌های نفوذی و ولکانیکی و همچنین چین‌خوردگی‌ها، ناپیوستگی‌ها و سایر پدیده‌ها را در خود دارد. کهن‌ترین واحدهای سنگی در ورقه کلاته رشم را مجموعه‌ای از انواع شیست، سنگ‌های اولترابازیک، دیوریت دگرگونه، سنگ‌های سیلیس متامورف و لیستونیت تشکیل می‌دهد که برخی از اجزاء آن مربوط به پوسته اقیانوسی است. رسوبات دگرگونه پیش از ژوراسیک میانی مربوط به یک محیط کم‌عمق و اغلب قاره‌ای است. درجه دگرگونی در واحدهای سنگی اردوئیسین تا ژوراسیک زیرین یکسان است لذا این دگرگونی پی‌آمد حرکات ژوراسیک پسین بوده که دگرگونی از نوع دیناموترمال است و به طور عمده در حد رخساره شیست سبز می‌باشد. این واحدهای سنگی از شدت دگرشکلی بالایی برخوردارند. رسوبات مربوط به کرتاسه زیرین به طور پراکنده در باختر ورقه و نواحی چاه‌شیرین رخمون دارد به طور دگرشیب سنگ‌های دگرگونی ناحیه را می‌پوشاند. ردیف ولکانیکی - رسوبی ترشیر با دگرشیبی مشخص بر روی واحدهای

سنگی قدیمی‌تر می‌نشیند که بیانگر حرکات لارامید است. در اواخر ائوسن خروج گدازه‌های ولکانیکی به تقریب پایان پذیرفته و در الیگوسن نیز این فعالیت از سر گرفته می‌شود. بخشی از فعالیت‌های ولکانیکی به صورت دایک و توده‌های نفوذی نیمه‌عمیق کوچکی نمایان می‌شوند. در پایان الیگوسن حوضه دریائی کم‌عمق جندق شکل گرفته است و ضخامت زیادی از رسوبات شبیه مولاس مارنی، ماسه‌سنگی، گچی و نمکی در میوسن به جا گذاشته شده است. این نهشته‌های میوسن در آلپ پسین تحت تأثیر قرار گرفته و ساختمان‌های زیبای آنتی کلینالی و سنکلینالی جنوب ورقه را به وجود آورده است (جعفریان، ۱۳۸۰).

۲-۴-۲- سیستم گسل خوردگی‌ها و چین‌ها

همان طوری که بیان شد این ناحیه در منطقه شمالی زون ساختاری ایران مرکزی واقع شده است از این رو به پیروی از آن می‌بایست روند عناصر ساختاری در راستای خاوری - باختری باشد. ولی در اغلب واحدهای سنگی و به ویژه سنگ‌های دگرگونه پیش از ژوراسیک زیرین دارای روند شمالی - جنوبی است. هم‌چنان که گفته شد سنگ‌های یاد شده به صورت بلوکی در بین دو گسل ترود در جنوب و انجیلو در شمال محصور شده‌اند. گسل‌های یاد شده دارای روند خاوری - شمال خاوری و باختری - جنوب باختری بوده‌اند. گسل ترود، به سمت خاور و گسل انجیلو به سمت باختر ادامه می‌یابد آن چنان که دو گسل پلکانی پدیدار شده است (شکل ۳-۵). این دو گسل از نوع قدیمی‌اند. با توجه به بررسی‌های انجام شده چنین برمی‌آید که عامل اصلی ایجاد کننده تغییر شکل‌های ناحیه در ارتباط با عملکرد دو گسل امتداد لغز پله‌ای یاد شده باشد. با توجه به امتداد محور چین‌خوردگی‌ها (سنکلینال بیل‌بن) و روند گسل‌های قدیمی از نوع راندگی، حدفاصل این دو گسل دیده می‌شود که روند این گونه ساخت‌ها به تقریب عمود بر گسل‌های امتداد لغز ترود و انجیلو است. چنان که مشاهده می‌شود این بخش از سنگ‌های منطقه در حدفاصل این دو گسل بزرگ قرار گرفته‌اند و عملکرد این گسل‌ها موجب پیدایش یک منطقه Transtension در آن شده است که در نتیجه آن ساخت‌های

چین‌خورده و گسل‌های رانده با روندی به تقریب عمود نسبت به این گسل‌ها پدید آمده است. برخی از زمین‌شناسان تغییر روند یاد شده را در اثر چرخش بلوک بین دو گسل ترود و انجیلو می‌دانند و به حرکت چپ‌گرد آن‌ها طی چند مرحله نسبت می‌دهند (هوشمندزاده و همکاران، ۱۳۵۷). پیدایش و آغاز فعالیت این دو گسل به درستی مشخص نیست به احتمال به کامبرین مربوط می‌شود. ولی فعالیت آن‌ها در مهم‌ترین مرحله حرکت آن‌ها که موجب این چرخش شده است را می‌توان به زمانی پس از لیاس و پیش از کرتاسه در نظر گرفت (هوشمندزاده و همکاران، ۱۳۵۷). برخی از زمین‌شناسان فعالیت آن‌ها را به هنگام حرکات کیمیرین پیشین مرتبط می‌دانند. روند این دو گسل همان روند حرکات پالتوزوئیک زیرین است و شاید که از همان زمان شروع به فعالیت کرده باشد (نبوی، ۱۳۵۷).



شکل ۲-۵: موقعیت تکتونیکی ناحیه ترود و خطوط اصلی گسل‌های منطقه (هوشمندزاده و همکاران، ۱۹۶۴).

الف- گسل‌ها

۱) گسل‌های اصلی

شامل گسل‌های ترود و انجیلو می‌باشد. گسل‌های ترود و انجیلو هر دو دارای امتداد تقریباً N60 – 70E هستند و نیز هر دو شیبی برابر 80° به سمت جنوب تا نزدیک قائم دارند (هوشمندزاده و همکاران، ۱۳۵۷). گسل‌های یاد شده دارای حرکت چپ‌گرد هستند.

۲) گسل‌های فرعی

- گسل چشمه بیل بن با طولی در حدود ۸ کیلومتر از نوع راندگی است که در نتیجه فعالیت آن رسوبات سیلورین و پرمین بر روی سازند شمشک رانده شده‌اند. جهت این گسل شمالی – جنوبی بوده و شیب آن به سمت خاوری است.
- گسل شمال و شمال باختری آب پشک از نوع معکوس است و شیب سطح گسل حدود 60° به سوی شمال است، در سطح این گسل رسوبات دگرگونه ناحیه بر روی سنگ‌های ولکانیک ائوسن رانده شده‌اند. در شمال باختری رشم نیز کربنات دگرگونه بر روی توف‌های ائوسن رانده شده است.
- گسل سیاه پشته : این گسل که در مسیر کلوت به سپیدلتو مشاهده می‌شود. یک شکستگی اصلی قدیمی است که تعیین نوع و چگونگی عملکرد آن به خوبی مشخص نیست ولی به نظر می‌رسد که بالآآمدگی بخش‌های کوچک سرپانتین در حاشیه این شکستگی بزرگ به وقوع پیوسته باشد.
- گسل‌های نرمال : چندین گسل نرمال و بزرگ در این ناحیه دیده می‌شود، در کوه قله دختر این گسل‌ها به صورت تقریباً قائم دیده می‌شوند.

ب- چین‌ها

- ناودیس بیل‌بن: بزرگ‌ترین ساختمان تکتونیکی در واحدهای سنگی دگرگونه پالئوزوئیک تا لیاس است که بخش وسیعی از نقشه را به خود اختصاص داده است. رودخانه بیل بن

- در مسیر محور آن پدیدار شده است. سازند شمشک هسته آن را تشکیل می‌دهد. محور آن دارای روند شمالی - جنوبی است. در مجموع یک ساختمان متقارن است.
- سنکلینال کوچک دیان: این ساختمان در شرق دیان واقع شده و در واحدهای سنگی ولکانیکی - رسوبی ائوسن ایجاد شده است. محور آن دارای روند باختر، شمال باختری - خاور، جنوب خاوری است.
 - سنکلینال چاه نیو: این ناودیس‌های کوچک در واحدهای سنگی ولکانیک و توفی ناحیه مذکور تشکیل شده و دارای روندی تقریباً شمالی - جنوبی است و میل دوسویه دارند.
 - ناودیس جنوب باختر ورقه: این ساختمان از وسعت و گسترش زیاد برخوردار است و در مارن‌های میوسن پدید آمده است. تنها ناودیسی است که در هسته آن گنبد نمکی بزرگی نفوذ کرده است.
 - ناودیس انجیلو: نهشته‌های آهکی پرمین در گوشه شمال باختری ورقه در اثر شدت فشردگی به صورت یک ناودیس مرتفع و تنگ درآمده است.
 - تاکدیس‌ها: در نیمه جنوبی ورقه در رسوبات مارن و ماسه سنگی میوسن چندین ساخت تاکدیزی بزرگ پدیدار شده است معمولاً در هسته این آنتی‌کلینال‌ها دیاپیریس‌های نمکی نفوذ کرده‌اند.

۲-۵- زمین‌شناسی اقتصادی

ورقه کلاته رشم در یک زون کانی‌سازی واقع است که از عباس‌آباد آغاز و پس از عبور از بیارجمند و ترود به جنوب گرمسار پایان می‌پذیرد. آثار معدنی و یا معادن موجود در محدوده‌ی ورقه کلاته را می‌توان به طور خلاصه به شرح زیر برشمرد:

۲-۵-۱- کانی‌سازی فلزی

از این گروه می‌توان به اندیس‌ها، معادن قدیمی و فعال مانند آهن، مس، روی، سرب، منگنز و... اشاره نمود. پیدایش کانسارهای یاد شده در رابطه با فعالیت‌های آذرین ترشیری (اُوسن و الیگوسن) می‌باشد.

الف) کانی‌سازی آهن: در ناحیه خاوری ورقه کلاته در کوه‌های روباج، بابا احمد، کم‌انجیر، سنگ کمر و هشده آثاری از کانی‌زایی آهن دیده می‌شود. در ناحیه هشده آثاری از معدن‌کاری و استخراج قدیمی آن نیز دیده می‌شود. کانی‌سازی آهن در سنگ‌های کربناته تمرکز یافته است. نفوذ دایک‌های متعدد با ترکیب آندزیت و دیوریت و یا نفوذ آپوفیزهای توده دیوریتی در ناحیه هشده به پیدایش این کانی‌سازی انجامیده است. لذا فعالیت‌های گرمایی در ارتباط با نفوذ توده‌های آذرین سبب کانی‌زایی فلزی ناحیه شده است. دایک‌ها در اغلب شکستگی‌ها و گسل‌های کوه بابا احمد و در داخل مجموعه آهکی و دولومیت سیلورین نفوذ کرده‌اند و در پیرامون آن‌ها کانی‌سازی آهن (هماتیت) پدیدار شده است.

ب) کانی‌سازی مس در ناحیه: در محدوده ورقه کلاته رشم کانی‌سازی مس نیز دیده می‌شود. آثاری از معدن‌کاری قدیمی (شدادی) و سرباره‌های موجود نشانگر تاریخچه معدن‌کاری است. این فعالیت‌ها در سنگ‌های ولکانیک اُوسن در نیمه باختری ورقه نمودی بیشتر دارد. در سنگ‌های کربناته لیموئی رنگ (پرکامبرین - پالئوزوئیک زیرین) در مسیر کلوت به سپیدلتو نیز آثاری از این کانی‌سازی دیده می‌شود. کانی‌سازی به صورت رگچه‌هایی کوچک است که پراکندگی زیادی دارند. اکتشافات زیادی در ناحیه پیرامون این ماده‌ی معدنی صورت پذیرفته و معدن معروف مس کلوت نیز در گذشته مورد بهره‌برداری قرار گرفته است. همچنین مس دیان و رباعی نیز نمونه‌هایی از کانی‌سازی مس در ناحیه می‌باشند.

پ) کانی‌سازی سرب و روی: در کوه انارو واقع در شمال خاوری روستای رشم کانی‌سازی روی دیده می‌شود. آثاری از کانی سرب نیز به همراه روی در این محل گزارش شده است. نفوذ یک دایک بزرگ با ترکیب متوسط (آندزیتی) در سنگ‌های کربناته کوه مذکور سبب کانی‌زایی روی شده که کانسار روی (کالامین) در اطراف دایک و در سطوح شکستگی‌ها و درزه‌ها نمایان شده است. آثاری از کانی‌سازی سرب و روی و همچنین باریت در کوه تنوره، روباج و اطراف رباعی دیده می‌شود. در کوه تنوره سنگ دربرگیرنده آهک و آهک دولومیتی سیلورین است. کانی‌زایی در واحد سنگی یاد شده در درز و شکاف‌ها رخ داده است. اندیس سرب رباعی نیز در حال حاضر فاقد ارزش اقتصادی است.

ت) آثاری از کانسارهای منگنز: آثاری از معدن‌کاری منگنز (منگنز کوه ببری) در دامنه خاوری کوه مهران به چشم می‌خورد که در حال حاضر به صورت معدن متروکه درآمده است. همچنین در محدوده مورد بررسی نیز آثار کانه‌زایی منگنز مشهود است که در حال حاضر در دست انجام عملیات اکتشافی است.

۲-۵-۲- کانی‌سازی غیر فلزی

الف) بنتونیت: در محدوده ورقه کلاته، در چندین نقطه توف‌های سفید رنگ دگرسان شده با ترکیب اسید در حد ریوداسیت و داسیت برون‌زد یافته‌اند. در نقاطی که شرایط دگرسان شدن مناسب بوده است، به صورت بنتونیت ظاهر شده‌اند که از آن میان می‌توان از معدن بنتونیت رشم، که در حال حاضر فعال است، نام برد. توف‌های آلتره شده یاد شده در یک خط و با روند تقریبی خاوری - باختری از رشم تا مدخل ورودی دره‌ی کلوت به طور منقطع دیده می‌شود. یک افق از این نوع توف‌های آلتره شده در خاور روستای دیان وجود دارد.

ب) رگه‌های فلدسپات‌دار: در ناحیه خاور رباعی رگه‌های فلدسپاتی در واحد سنگی با ترکیب داسیتی دیده می‌شود. رنگ عمومی آن‌ها سفید است ولی در سطوح شکسته و سطوح درزه‌ها آثاری از ترکیبات آهن‌دار مشاهده می‌شود.

پ) سیلیس: در نقاطی که سنگ‌های شیستی پالئوزوئیک گسترش دارد، رگه‌های سیلیسی در آن دیده می‌شود. شیست‌های مذکور عمدتاً در دره‌ی رشم و نواحی چاه‌شیرین از گسترش زیادتری برخوردار هستند. در اثر دگرگونی این سنگ‌ها، سیلیس به صورت موبیلیزاسیون در آن آزاد شده است و بعضاً رگه‌های قابل توجهی را به وجود آورده است. در برخی نقاط نیز از کیفیتی خوب برخوردار است.

ت) نمک و گچ: در نیمه جنوبی ورقه چندین گنبد نمکی رخنمون یافته‌اند. چنانچه نتایج آنالیز بر روی آن‌ها مثبت باشد ذخایر زیادی از نمک را تشکیل می‌دهند. به طور معمول در روی گنبدهای نمکی ضخامتی از لایه‌های گچی دیده می‌شود که احتمال اقتصادی بودن آن‌ها وجود دارد (جعفریان، ۱۳۸۰).

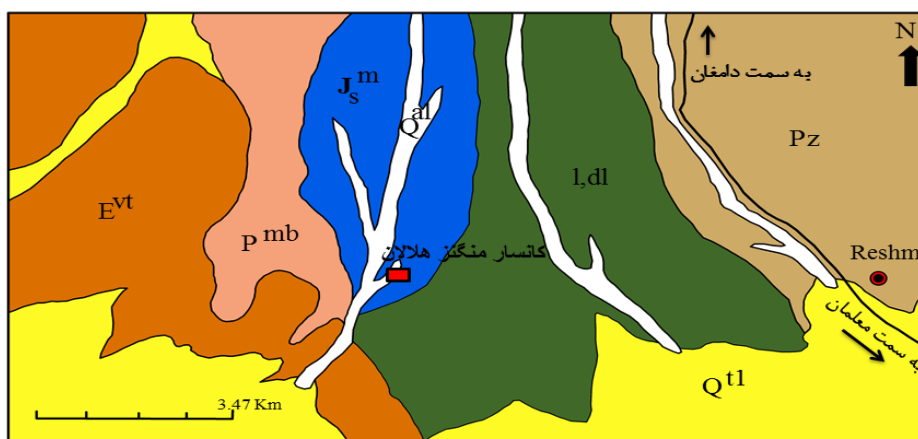
فصل سوم

زمین شناسی منطقه معدنی و سنگ شناسی

۱-۳- مقدمه

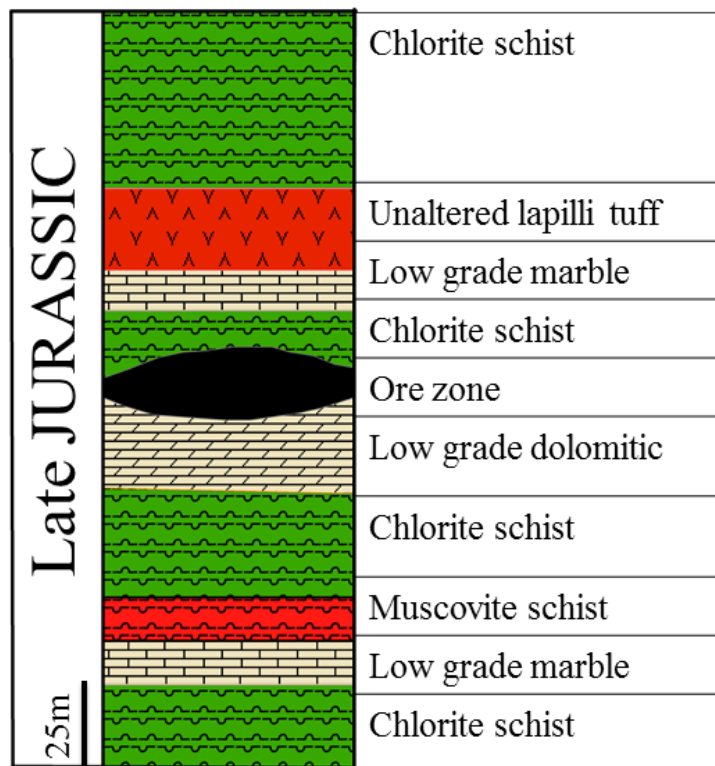
در این فصل بر پایه نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ کلاته رشم، تصاویر ماهواره‌ای و مشاهدات صحرایی نقشه زمین‌شناسی با مقیاس تقریبی ۱:۶۰۰۰۰ محدوده کانسار هلالان تهیه شد (شکل ۳-۱). هدف از کار بررسی دقیق سنگ‌شناسی سنگ درونگیر و تعیین گسل‌ها و درزه‌های محدوده، به منظور بررسی نقش آن‌ها در فرایند کانی‌سازی و همچنین تعیین محدوده‌های دگرسانی و در نهایت ارتباط بین سنگ‌ها، گسل‌ها و دگرسانی با کانی‌سازی بوده است.

شکل (۳-۲)، ستون چین‌شناسی واحدهای سنگی زیرین و بالایی کانسار و موقعیت ماده معدنی را نشان می‌دهد.



	QUATERNARY	Q ^{al}	Alluvium channel deposits
		Q ^{tl}	High level piedmont and alluvium fan
MESOZOIC	Eocene	E ^{vt}	Andesitic lava with related tuff
	Jurassic	J ^s	Meta sandstone and quartzite schist
PALAEOZOIC	Permian	P ^{mb}	White marble
	O - S	L ^{dl}	Meta limestone and meta dolomite
	Pz	Pz	Micaschist, meta sandstone and meta dolomite

شکل ۱-۳: نقشه شماتیک با مقیاس ۱:۶۰۰۰۰ از منطقه مورد مطالعه.



شکل ۳-۲: ستون چینه‌شناسی عمومی شماتیک از توالی لیتولوژیکی محدوده کانسار .

۳-۲- چینه‌شناسی محدوده کانسار

براساس نقشه زمین‌شناسی ۱:۶۰۰۰۰ و ستون چینه‌شناسی محدوده کانسار واحدهای سنگی دربرگیرنده ماده معدنی شامل شیست‌ها (کلریت شیست، مسکویت شیست و شیست‌های سبز اپیدوتی شده)، سنگ‌های کربناته و لاپیلی توف می‌باشند که خصوصیات لیتولوژیکی هر یک به شرح زیر ارائه می‌گردد.

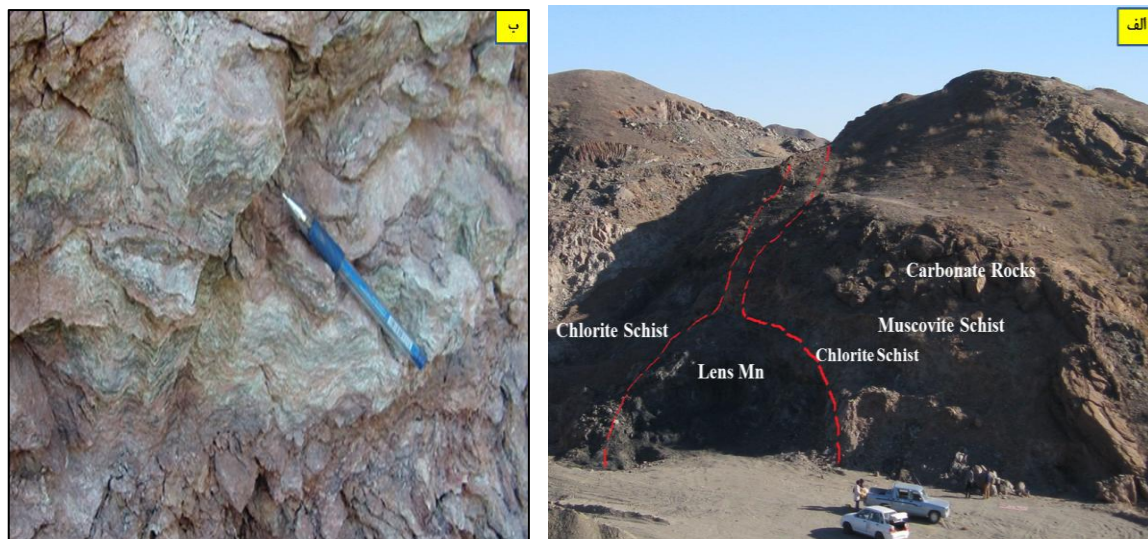
۳-۲-۱- انواع شیست‌ها

در مورد سنگ‌های غنی از کانی‌های سیلیکاته ورقه‌ای وقتی دانه‌ها دارای ابعاد متوسط تا درشت باشند واژه شیست به کار برده می‌شود (بوخر و فری، ۱۳۷۹). شیست‌ها به حدی درشت دانه‌اند که در نمونه دستی به راحتی می‌توان بلورهای آن‌ها را تشخیص داد و در امتداد صفحاتی که توسط جهت یافتگی

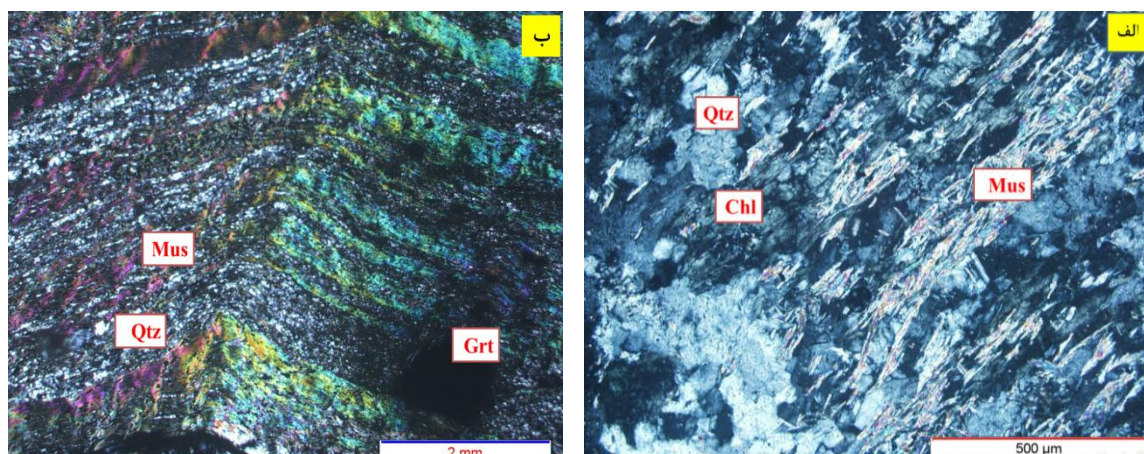
ترجیحی ذرات ایجاد می‌شود، به راحتی خرد می‌شوند (شلی^۱، ۱۳۷۴). اصطلاح شیست مشخص کننده فابریک خاصی است که به شیستوزیته موسوم است. در منطقه مورد مطالعه، شیست‌ها بر اساس ترکیب کانی‌شناسی به سه دسته کلریت شیست، مسکویت شیست و شیست‌های سبز اپیدوتی شده تقسیم می‌شوند.

۳-۱-۱-۲- کلریت شیست

این واحد که کمر پایین و کمر بالا زون دگرسان و کانه‌دار را تشکیل می‌دهد، گسترش قابل توجهی در منطقه مورد مطالعه داشته و از روند عمومی واحدهای سنگی منطقه ($E-W 60^{\circ} S$) پیروی می‌کند. دارای مورفولوژی خشن و رنگ سبز در رخنمون و شیستوزیته مشخص به همراه ریزچین‌های ناشی از تکتونیک هستند (شکل ۳-۳). مجموعه کانی‌های اصلی تشکیل دهنده این واحد شامل بیوتیت‌های درشت کلریتی شده، پلاژیوکلاز، کوارتز اغلب به صورت قطعات بی‌شکل، گاهی شکل‌دار و گاهی با حاشیه‌های مضرسی و مسکویت به صورت ذرات ریز در زمینه می‌باشند. کانی‌های فرعی شامل اسفن، روتیل و گارنت به صورت قطعات پورفیروبلست می‌باشند که به لحاظ سنگ‌شناسی در دسته کلریت شیست قرار می‌گیرد. فابریک این سنگ‌ها پورفیروبلستیک و لپیدوبلاستیک بوده و حضور کانی‌های کلریت به نحو گسترده در جهت برگوارگی در واقع به سنگ حالت جهت‌یافتگی و برگوارگی فاحشی بخشیده است (شکل ۳-۴). ترکیب اولیه سنگ را بر اساس نوع کانی‌های موجود، حد واسط تا بازیک در نظر می‌گیرند که در درجه رخساره شیست سبز دگرگون شده است و سنگ اولیه آن‌ها بر اساس مطالعات بافت و کانی‌شناسی، احتمالاً گدازه‌های آندزیتی - بازالتی بوده است.



شکل ۳-۳: الف) نمایی از رخنمون کلریت شیست به همراه واحدهای رخنمون یافته دیگر در منطقه (دید به سمت شرق). ب) نمایی نزدیک از کلریت شیست و ریزچین‌ها در سطح زمین.



شکل ۳-۴: مقطع میکروسکوپی از کلریت شیست‌های منطقه که دارای کانی‌های مسکویت (Mus)، کلریت (Chl)، کوارتز (Qtz)، گارنت (Grt) که به صورت قطعات پورفایرولاست می‌باشد، هستند.

۳-۲-۱-۲- مسکویت شیست

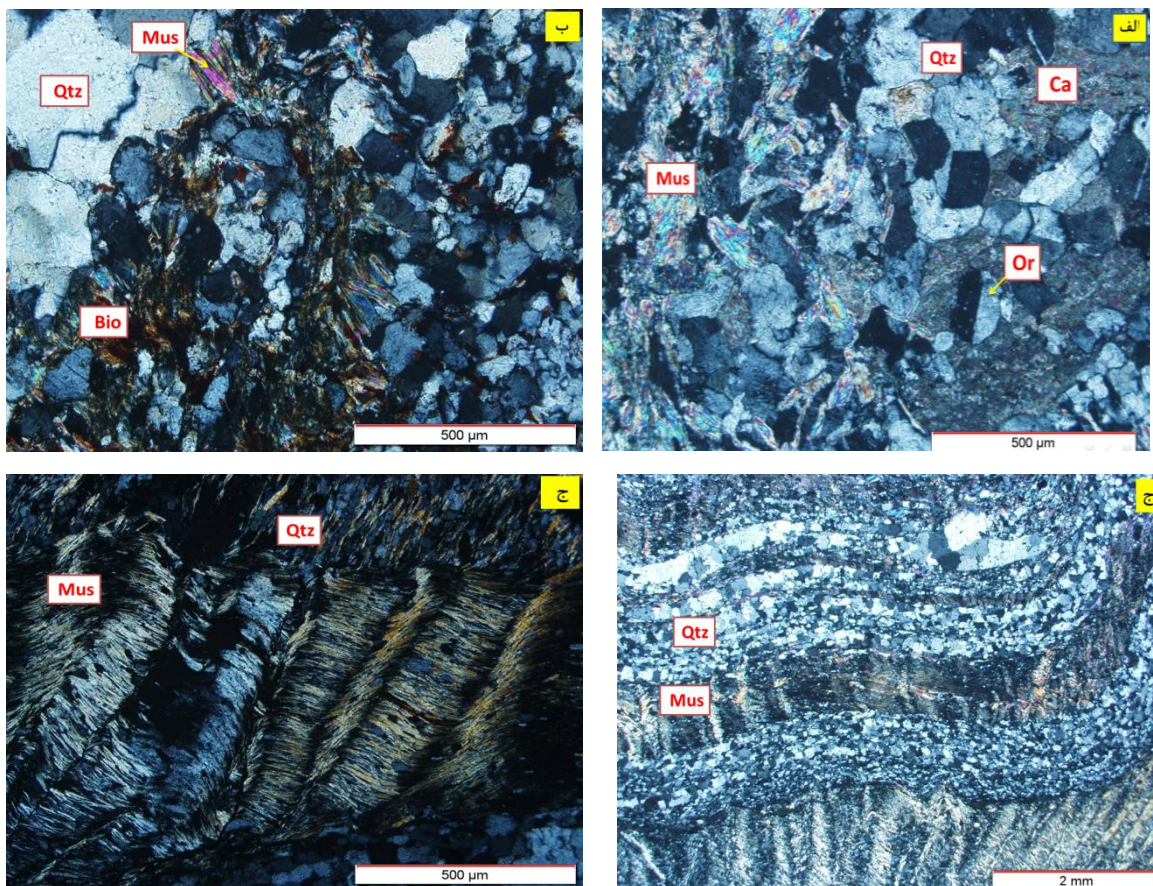
این واحد به همراه سنگ‌های کربناته دگرگون شده، کمر بالا زون دگرسان و کانه‌دار را تشکیل می‌دهد. دارای مورفولوژی نرم و سست می‌باشد. دارای رنگ ظاهری روشن تا قرمز و شیستوزیته مشخص به همراه ریزچین‌های ناشی از تکتونیک هستند (شکل ۳-۵). این واحد با ضخامت متغییر در منطقه

رخنمون دارد و در لابه‌لای آن عدسی‌های کوارتزی کاملاً سفید و بلوری مشاهده می‌شود که به موازات برگوارگی تشکیل شده‌اند. کانی‌های اصلی این واحد عمدتاً شامل بیوتیت‌های درشت، مسکویت، سربیسیت، ارتوز، کوارتز و کلسیت می‌باشد. وجود کانی‌های میکایی نظیر مسکویت و سربیسیت، سبب شیستوزیته کاملاً مشخص در این واحد گردیده و همین امر (برگوارگی)، سبب عدم مقاومت آن در برابر هوازدگی شده است. در این سنگ نوارهای غنی از میکا (مسکویت و سربیسیت) و غنی از سیلیکات (کوارتز و فلدسپات) دیده می‌شود که دچار چین‌خوردگی شده‌اند (شکل ۳-۶). این تناوب احتمالاً مربوط به حوضه رسوبی اولیه است. تفکیک نوارهای غنی از کوارتز در مقابل نوارهای غنی از فیلسیلیکات‌های صفحه‌ای به ویژه مسکویت و سربیسیت، یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های بافتی واحد مسکویت شیست می‌باشد. کانی‌های اپاک در نور انعکاسی، از نوع پیریت می‌باشند که عمدتاً در محل ستیغ چین‌خوردگی‌ها به شکل پورفیروبلست‌های درشت ائوهدرال رشد کرده و به صورت دو نسل، پیریت‌های سالم خودشکل و کوبیک که ثانویه هستند و پیریت‌های خردشده و دوکی شکل که اولیه می‌باشند، دیده می‌شوند (شکل ۳-۷). کرایگ^۱ و همکاران (۱۹۹۸)، معتقدند که تشکیل پورفیروبلست‌های درشت ائوهدرال یکی از فراوان‌ترین بافت‌ها در کانسارهای دگرگون شده می‌باشد. کانی‌های کوارتز دارای بافت موزائیکی با مرز ۱۲۰ درجه و گاهی با هم مرز و حاشیه مضرس دارند و یا اینکه در جهت فولیاسیون و گاهی نیز در سایه فشاری کانی‌های سخت مثل پیریت به صورت حاشیه فشاری^۲ رشد کرده‌اند. به عقیده‌ی اسپری^۳ (۱۹۷۴)، سایه فشاری کانی نرم در کنار کانی سخت، نشانگر آن است که کانی سخت قبل از دگرگونی وجود داشته است. فابریک این سنگ‌ها لپیدوبلاستیک می‌باشد و به علت داشتن مقادیر زیادی مسکویت در اثر دگرشکلی، فابریک کرینولیشن نیز مشاهده می‌شود (شکل ۳-۶). بر اساس مطالعات بافت و نوع کانی‌های موجود به نظر می‌رسد که سنگ اولیه آن‌ها احتمالاً شیل بوده است.

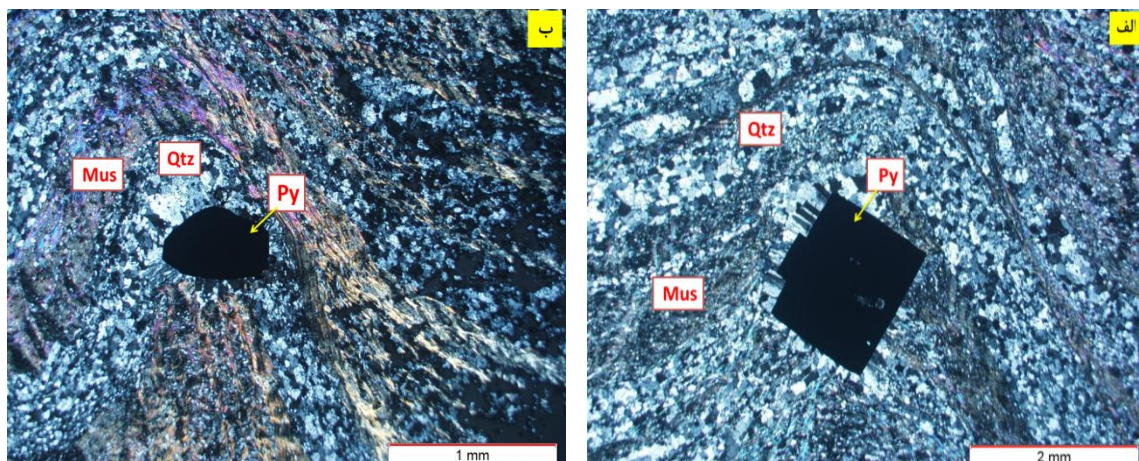
1-Craig
2- Strain fringes
3-Spry



شکل ۳-۵: الف) نمایی از ماده معدنی و مسکویت شیست به عنوان کمر بالا (دید به سمت جنوب)، ب) نمایی نزدیک از واحد مسکویت شیست.



شکل ۳-۶: الف و ب) مقطع میکروسکوپی از مسکویت شیست که دارای کانی‌های بیوتیت (Bio)، مسکویت (Mus)، ارتوز (Or)، کوارتز (Qtz) و کلسیت (Ca) است. ج) تفکیک نوارهای غنی از میکا (مسکویت و سیریسیت) در مقابل نوارهای غنی از کوارتز که چین خورده‌اند. ج) مسکویت (Mus) و سیریسیت که بافت کرینولیشن ایجاد کرده‌اند.



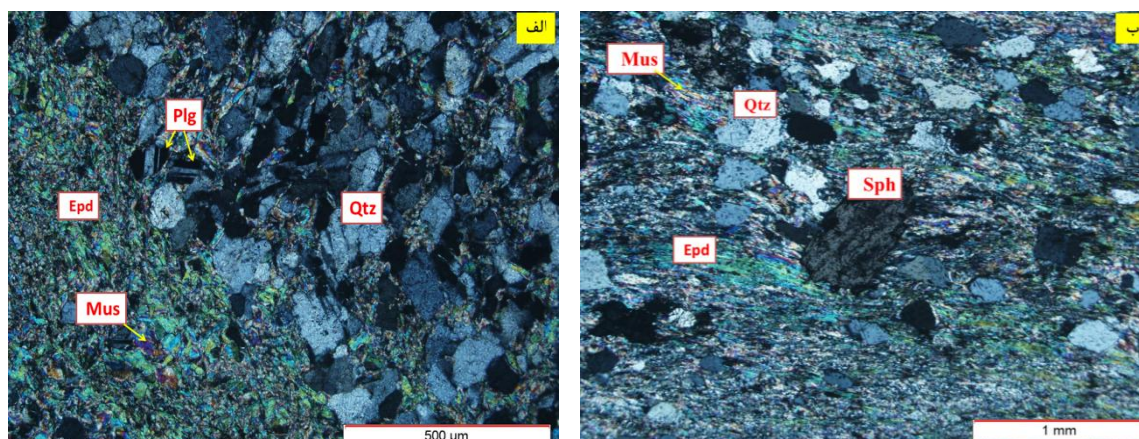
شکل ۳-۷: الف) پیریت خودشکل و سالم (ثانویه) که فابریک سایه فشاری ایجاد کرده است. ب) پیریت (Py) دوکی شکل (اولیه) که در محل ستیغ چین‌خوردگی‌ها به صورت پورفیروبلاست رشد کرده است.

۳-۱-۲-۳- شیبست‌های سبز اپیدوتی شده

بر اساس مطالعات صحرایی، این واحد دارای روند (E- W - 60° S) که هم‌روند با دیگر واحدهای رخنمون یافته در منطقه و در حاشیه‌ی جنوبی پهنه دگرسان و کانه‌دار قرار دارد. رنگ ظاهری این واحد سبز چمنی یا پسته‌ای بوده که به عبارتی تحت تأثیر اپیدوتی شدن قرار گرفته است. در این واحد همانند دیگر واحدهای سنگی شیبستوزیته به همراه ریزچین‌های تکتونیکی نیز قابل مشاهده می‌باشد (شکل ۳-۸). مجموعه کانی‌های تشکیل دهنده‌ی این واحد شامل اپیدوت، مسکویت، کوارتز اغلب به صورت بی‌شکل و گاهی هم حاشیه مضرسی و پلاژیوکلاز و پورفیروبلاست‌های اسفن می‌باشند. اپیدوت و مسکویت به صورت خطواره‌هایی که در امتداد شیبستوزیته جهت یافته و دارای چین‌خوردگی هستند، به چشم می‌خورند. فابریک این سنگ‌ها پورفیروبلاستیک و لپیدوبلاستیک می‌باشد (شکل ۳-۹).



شکل ۳-۸: نمونه دستی از شیست‌های اپیدوتی شده حاوی ریزچین‌های تکتونیکی.



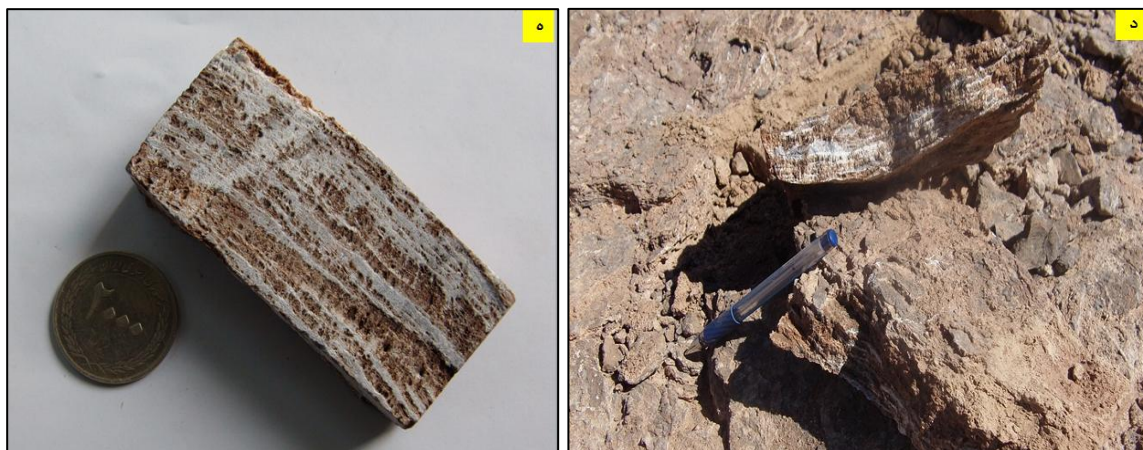
شکل ۳-۹: مقطع میکروسکوپی از شیست‌های اپیدوتی شده که دارای کانی‌های اپیدوت (Epd)، مسکویت (Mus)، کوارتز (Qtz)، پلاژیوکلاز (Plg) و اسفن (Sph) هستند.

۳-۲-۲- سنگ‌های کربناته دگرگون شده

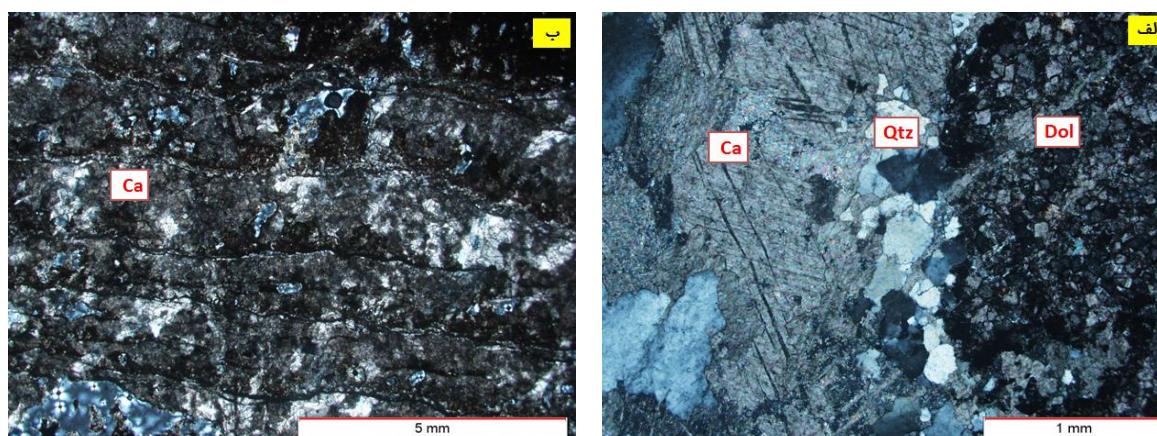
سنگ‌های کربناته دگرگون شده شامل آهک‌های دگرگون و کریستالیزه و دولومیت‌های دگرگون شده هستند. آهک‌ها نیز همانند واحدهای دیگر منطقه، تحت تأثیر دگرگونی به آهک‌های دگرگون شده با بافت لایه‌ای و بلورین تبدیل شده‌اند. رنگ ظاهری این واحد در نمونه دستی خاکستری تیره و در سطح هوازدۀ خاکستری روشن تا نخودی بوده که در بین شیست‌ها به راحتی قابل تشخیص است. این واحد، بیشتر از آهک بلورین ضخیم تا متوسط لایه و توده‌ای تشکیل شده است که در بعضی بخش‌ها به دولومیت تبدیل شده است. این واحد تحت تأثیر فرآیندهای دگرشکلی قرار گرفته و آثار فسیلی در

آن یافت نمی‌شود. دولومیت‌ها خود به دو دسته قابل تفکیک هستند: دسته اول به دلیل وجود ناخالصی‌های رسی به رنگ خاکستری دیده می‌شود و دسته دوم نیز به دلیل داشتن ناخالصی ترکیبات آلی دارای رنگ سیاه می‌باشد. آهک‌های دگرگون منطقه به دلیل سختی متفاوت با سایر لیتولوژی‌ها (مانند شیست‌ها)، دگرشکلی شکننا نیز، به صورت شکستگی و خردشدگی در این واحد قابل مشاهده می‌باشد. درزه‌ها و شکستگی‌های فراوان حاصل از فشارهای تکتونیکی توسط سیلیس و کلسیت پر شده‌اند (شکل ۳-۱۰). در زیر میکروسکوپ، دولومیت و کلسیت کریستالین با رخ رمبوئدرال مشخص قابل تشخیص می‌باشند. رگچه‌های کلسیت و کوارتز نیز به خوبی قابل شناسایی و تفکیک می‌باشند. این واحد دارای بافت توده‌ای و لایه‌ای بوده که در آن ناخالصی رسی هم مشاهده می‌شود به این صورت که بخش‌های آهکی متبلور شده و بخش‌های رسی به صورت تیره باقی مانده‌اند (شکل ۳-۱۱).





شکل ۳-۱۰: الف) سنگ‌های کربناته رخنمون یافته در سطح زمین که به همراه مسکویت شیست‌ها کمر بالا کانسار را تشکیل می‌دهند. ب) آهک‌های توده‌ای در سطح زمین، (ج) در نمونه دستی که درزه‌ها و شکستگی‌های آن‌ها توسط سیلیس و کلسیت پر شده است. د) آهک‌های بلورین و لایه‌ای در سطح زمین و (ه) در نمونه دستی.

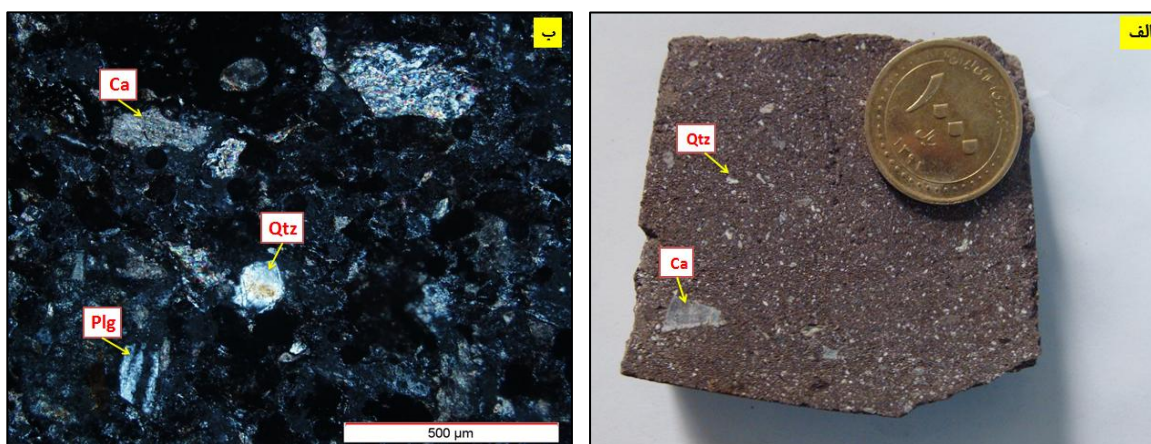


شکل ۳-۱۱: الف) تصویر میکروسکوپی از سنگ‌های کربناته: (کلسیت، Ca: دولومیت، Dol: کوارتز، Qtz). ب) مقطع میکروسکوپی آهک‌های بلورین که در آن لایه‌های کلسیت (Ca) دیده می‌شوند.

۳-۲-۳- لایلی توف

این سنگ‌ها در نمونه دستی به رنگ قهوه‌ای تیره دیده می‌شوند. دارای بافت بادامکی هستند که حفرات آن با کوارتز و کلسیت پر شده است (شکل ۳-۱۲، الف). این واحد در قسمت شمالی محدوده معدن رخنمون دارد و به صورت هم‌رند با دیگر واحدهای رخنمون یافته در منطقه و در بین کلریت شیست‌ها با ضخامت حدود ۲۵ متر در کمر پایین افق کانه‌دار قرار گرفته است. در مقاطع میکروسکوپی

از بلورهای پلاژیوکلاز، کوارتز و کلسیت در یک زمینه خاکستر تشکیل شده است (شکل ۳-۱۲، ب). بلورهای پلاژیوکلاز اغلب بی‌شکل می‌باشند و کریستال‌های کوارتز و کلسیت هم در اندازه‌های متفاوت، گاهی زاویه‌دار و گاهی بی‌شکل هستند که حفرات موجود را پر کرده‌اند.



شکل ۳-۱۲: الف) نمونه دستی از لاپیلی توف که دارای بافت بادامکی است و حفرات آن با کوارتز و کلسیت پر شده است. ب) مقطع میکروسکوپی از این واحد که بلورهای پلاژیوکلاز (Plg)، کوارتز (Qtz) و کلسیت (Ca) در زمینه شیشه‌ای قرار دارند.

۳-۳- دگرگونی

دگرگونی را می‌توان سازگاری کانی‌شناسی، شیمیایی و ساختاری سنگ‌ها با شرایط فیزیکی و شیمیایی محیط تعریف کرد که به طور معمول در عمقی پایین‌تر از پهنه‌های سطحی هوازدگی و سیمانی شدن گسترش می‌یابد و این شرایط فیزیکوشیمیایی جدید، با شرایط پیدایش سنگ‌های اولیه تفاوت دارد (باتز و جکسون^۱، ۱۹۸۰). واحدهای سنگی منطقه مورد مطالعه، تحت تأثیر فرآیندهای پیچیده دگرگونی شکل گرفته‌اند. بنابراین انواعی از سنگ‌های دگرگونی را در منطقه می‌توان دید. درجه دگرگونی در مقیاس ناحیه‌ای، به صورت کم تا متوسط در سنگ‌ها تظاهر می‌یابد (محجل، ۱۳۸۱). در کانسار منگنز هلالان هم دگرگونی در طی دو مرحله رخ داده است، دگرگونی اول که معادل سیمرین جوان (ژوراسیک پایانی) است باعث بهم‌ریختگی لایه بندی اولیه شده است و

1-Bates and Jackson

دگرگونی دوم نیز که معادل لارامید می‌باشد باعث چین‌خوردگی لایه‌ها شده است. به طور کلی در کانسار مورد مطالعه، تنها دگرگونی درجه پایین (رخساره شیست سبز) برون‌زد دارد. به طور معمول، تغییراتی که در مجموعه‌های کانیاپی یک واحد در طی دگرگونی رخ می‌دهد، به منظور بررسی و تعیین درجات دگرگونی مورد استفاده قرار می‌گیرد. وینکلر^۱ (۱۹۷۶)، معتقد است که حضور کانی‌های کلریت، اکتینولیت، مسکویت، سریسیت و اپیدوت، معرف رخساره شیست سبز هستند. پاراژنز عمومی سنگ‌های رخساره شیست سبز منطقه هلالان شامل کوارتز، کلریت، مسکویت، سریسیت و اپیدوت است. کلسیت و اسفن نیز گاهی در مقادیر متفاوت، بسته به لیتولوژی اولیه، تشکیل شده‌اند.

۳-۴- زمین‌شناسی ساختاری منطقه مورد مطالعه

در این مبحث مهم‌ترین ساختارهای تکتونیکی منطقه از جمله گسل‌ها و چین‌خوردگی‌ها شرح داده می‌شوند.

۳-۴-۱- چین‌خوردگی‌ها

مهم‌ترین ساختار تکتونیکی منطقه، ناودیزی با روند تقریباً شمالی - جنوبی است، که بخش اصلی آن در آبراهه اصلی واقع در منطقه به ویژه در شمال محدوده قرار گرفته است. روند عمومی واحدها در شرق آن شمال - شمال شرق و شیب واحدهای آن شرق - شمال شرق است در صورتی که روند عمومی واحدها در غرب آن شمال - شمال غرب و شیب واحدهای آن غرب - جنوب غرب است. ضمناً تمام واحدهای رخنمون یافته در منطقه به شدت دچار چین‌خوردگی و گسل‌خوردگی شده‌اند. سنگ‌های دربرگیرنده منگنز نیز از این چین‌خوردگی‌ها پیروی می‌نماید که این امر نشان دهنده‌ی این است که فعالیت‌های تکتونیکی و چین‌خوردگی بعد از کوهزایی می‌باشد (شکل ۳-۱۳).

1-Winkler



شکل ۳-۱۳: الف و ب) چین‌خوردگی‌ها و ریزچین‌ها در صحرا، ج و د) در نمونه دستی.

۳-۴-۲- گسل‌ها

گسل‌های منطقه هم که نقش مهمی در کانه‌زایی منطقه دارند دارای دو روند اصلی شمال غرب - جنوب شرق و شمال شرق - جنوب غرب است. به طور کلی گسل‌های دسته اول در کانه‌زایی منگنز نقش ایفا کرده‌اند.

فصل چهارم کانه زاپی و دکرسانی

۴-۱- مقدمه

نوار آتشفشانی - رسوبی ترود - چاه‌شیرین که کانسار هلالان نیز در آن واقع است از دیرباز مورد توجه معدنکاران بوده است. وجود گستره‌ای از شواهد و آثار معدنکاری قدیمی و باستانی در جای جای ناحیه که عمدتاً به منظور استخراج فلزات پایه، طلا و فیروزه صورت گرفته است، دلالت بر پیشینه طولانی معدنکاری در این ناحیه دارد. لذا جهت آشنایی با متالورژی (فلززایی) این نوار، ابتدا تصویری عمومی از کانسارها، اندیس‌های معدنی و پتانسیل کانه‌زایی در مجموعه ترود - چاه‌شیرین ارائه شده و سپس به بحث کانه‌زایی در کانسار هلالان خواهیم پرداخت.

۴-۲- کانسارها و آثار معدنی نوار آتشفشانی - رسوبی ترود - چاه‌شیرین

رشته کوه‌های ترود - چاه‌شیرین نواری باریک و طویل از سنگ‌های آتشفشانی - پیروکلاستیک ائوسن و توده‌های گرانیتوئیدی الیگوسن است که با روند شمال شرقی - جنوب غربی در حاشیه شمالی کویر مرکزی ایران، به صورت یک فرازمین بین دو گسل ترود و انجیلو واقع شده است. در بخش‌هایی از این مجموعه سنگ‌های دگرگونه پرکامبرین، پالئوزوئیک و مزوزوئیک پائینی و میانی رخنمون دارند. با توجه به تفاوت گسترده فرایندهای زمین‌شناسی حاکم بر منطقه و به تبع آن کانسارهای منطقه در زمان سنوزوئیک و قبل از آن، کانسارها و آثار معدنی ناحیه را می‌توان به دو دسته تقسیم کرد:

- کانسارها و آثار معدنی قبل از سنوزوئیک

- کانسارها و آثار معدنی سنوزوئیک

۴-۲-۱- کانسارها و آثار معدنی قبل از سنوزوئیک

کانسارها و آثار معدنی قبل از سنوزوئیک خود به دو دسته کانسارها و آثار معدنی پالئوزوئیک و

کانسارها و آثار معدنی مزوزوئیک قابل تقسیم می‌باشند.

۴-۲-۱-۱- کانسارها و آثار معدنی پالئوزوئیک

در دوران پالئوزوئیک در ناحیه ترود، مشابه زون ایران مرکزی، فعالیت‌های ماگمایی اندک بوده است. کانسارهای این دوران در نوار آتشفشانی -رسوبی ترود - چاه‌شیرین در سازندهای رسوبی این دوران که تا حد رخساره شیست سبز دگرگون شده‌اند، شکل گرفته‌اند. این سری‌های دگرگونی معادل سازندهای نیور، پادها، سبزار، بهرام، سردر و جمال می‌باشند (هوشمندزاده و همکاران، ۱۳۵۷). از کانسارهای این دوران می‌توان به کانسارهای سرب و روی انارو و سنگ میزبان آهک‌ها و دولومیت‌های دگرگونه سازند بهرام اشاره کرد (برنا و عشق‌آبادی، ۱۳۷۶)؛ (شکل ۴-۱).

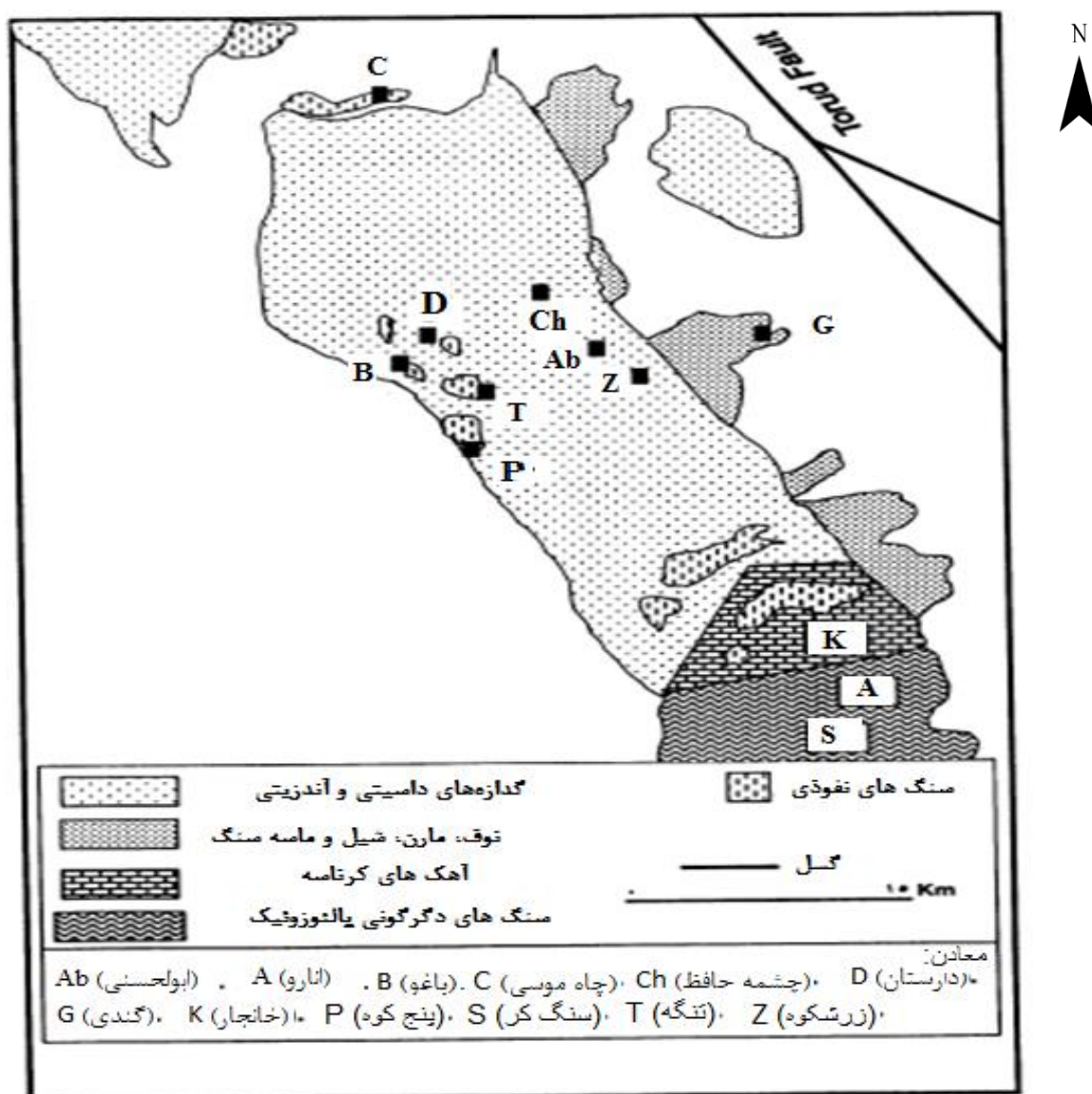
داده‌های زمین‌شناسی بسیار اندکی در مورد این کانسارها که در گذشته استخراج گردیده‌اند وجود دارد. به نظر می‌رسد این کانسارها با توجه به شواهدی از جمله رخداد کانه‌زایی در واحدهای آهکی و دولومیتی، کانی‌شناسی خاص (حضور کانی‌های سرب و روی و باریت)، بالا بودن میزان نقره و فقدان طلا از کانسارهای تیپ دره می‌سی‌سی‌پی (?) باشند، که تحت تأثیر دگرگونی قرار گرفته‌اند. به عقیده برنا و عشق‌آبادی (۱۳۷۶)، کانسارهای فوق از نوع رگه‌ای با منشأ گرمایی می‌باشند.

۴-۲-۱-۲- کانسارها و آثار معدنی مزوزوئیک

توالی‌های مزوزوئیک نیز در ناحیه تا قبل از آپسین (کرتاسه پائینی) تا حد رخساره شیست سبز دگرگون شده‌اند. سری‌های دگرگونه این دوران معادل سازندهای سرخ شیل، شتری، نایبند و شمشک می‌باشند. رسوبات آواری و کربناته کرتاسه بدون دگرگونی با دگرشیبی زاویه‌دار واحدهای قدیمی‌تر را می‌پوشانند (هوشمندزاده و همکاران، ۱۳۵۷).

وضعیت زمین‌شناسی ناحیه در دوران مزوزوئیک، به خصوص در اوایل این دوران، شباهت زیادی به پالئوزوئیک دارد. ماگماتیسم در این دوران مشابه دوران پالئوزوئیک اندک بوده و کانسارها و آثار معدنی این دوران نیز در سازندهای رسوبی شکل گرفته‌اند. از کانسارهای دوران مزوزوئیک در مجموعه ترود - چاه‌شیرین می‌توان به کانسار سرب - نقره خانجار با سنگ میزبان آهک‌های کرتاسه اشاره

کرد. برنا و عشق‌آبادی (۱۳۷۶)، اعتقاد دارند که کانسار خانجار تحت تأثیر توده‌های نفوذی دیوریتی ترشیر که به درون آهک‌های کرتاسه تزریق شده‌اند، شکل گرفته است. مهری (۱۳۷۷)، در راستای پایان‌نامه کارشناسی ارشد خود، این کانسار را مطالعه و آن را یک کانسار تیپ دره می‌سی‌سی‌پی معرفی کرده است (شکل ۴-۱). همچنین کانسار منگنز هلالان که موضوع این تحقیق می‌باشد، جز کانسارهای این دوران می‌باشد.



شکل ۴-۱: نقشه موقعیت برخی از ذخایر ناحیه تروود که در متن نام برده شده‌اند.

۴-۲-۲- کانسارها و آثار معدنی سنوزوئیک

سنوزوئیک رخدادهای معدنی متنوعی را شامل می‌شود که به انواع زیر قابل تقسیم می‌باشند. رخداد زمین‌شناسی در دوران سنوزوئیک به ویژه ترشیر، در ناحیه ترود تحت تأثیر فعالیت ماگمایی گسترده-ای قرار می‌گیرد، که محصولات آن به صورت توف، گدازه و توده‌های نفوذی، سراسر ناحیه را می‌پوشاند. کانسارها و آثار معدنی شکل گرفته در این دوران در ارتباط با این فعالیت ماگمایی به وجود آمده‌اند. کانسارها و آثار معدنی این دوران:

- مس رگه‌ای و استراتاباند
- اسکارنها
- رگه‌های سیلیسی فقیر از طلا
- رگه‌های سیلیسی غنی از طلا
- کانسارهای غیر فلزی و پلاسرها

۴-۳- احتمال وجود کانسارهای پورفیری در مجموعه ترود - چاه شیرین

در مجموعه آتشفشانی - رسوبی ترود - چاه شیرین توده‌های پورفیری متعددی رخنمون دارند. این توده‌ها به دلیل تشابه دگرسانی و برخی از ویژگی‌های دیگر آن‌ها به ذخایر مس پورفیری مورد مطالعات زیادی قرار گرفته‌اند. از این توده‌ها می‌توان به پورفیری‌های باغو، قله سوخته، چالو و چاه‌موسی اشاره کرد. بیشترین مطالعات بر روی پورفیری‌های باغو صورت گرفته است. احتمال رخداد کانه‌زایی پورفیری در منطقه باغو نخست توسط موحد اول (۱۳۴۷)، در بازدید از منطقه باغو مطرح گردید. اشخاص متعددی پس از وی از جمله هولتز^۱ و همکاران (۱۹۷۰)، جعفریان (۱۳۶۸)، رشیدنژاد عمران (۱۳۷۱)، آزر (۷۵-۱۳۷۴)، آقاجانی (۱۳۷۵) و احمدی شاد (۱۳۷۶)، منطقه باغو را مورد

مطالعه قرار دادند. رشیدنژاد عمران، آزمون، آقاجانی و احمدی شاد کانه‌زایی در منطقه باغو را از نوع مس - طلائی پورفیری معرفی کرده‌اند.

۴-۴- نتیجه‌گیری

کانسارهای قبل از سنوزوئیک ناحیه اغلب کانسارهای سرب و روی با میزبان واحدهای آهکی و دولومیتی (تیپ دره می‌سی‌سی‌پی؟) می‌باشند که در توالی‌های قبل از کرتاسه تحت تأثیر دگرگونی قرار گرفته‌اند. عمده این کانسارها با توجه به کمی ذخیره، کانی‌شناسی (فقدان فلزات قیمتی، به ویژه طلا) و قرار گرفتن در مناطق مرتفع (برنا و عشق‌آبادی، ۱۳۷۶) و فقدان راه دسترسی مناسب فاقد ارزش اقتصادی می‌باشند. تنها کانسار قابل توجه متعلق به قبل از سنوزوئیک در ناحیه کانسار خانجار است. هر چند این کانسار در گذشته در حجم وسیعی استخراج گردیده ولی با توجه به دلایلی از جمله گستردگی کانه‌زایی (استراتاباند بودن آن) و حضور مقادیر بالایی از نقره (مهری، ۱۳۷۷)، ارزش اکتشافات تکمیلی و مطالعات بیشتر را دارا می‌باشد.

از کانسارهای دوران سنوزوئیک رگه‌های سیلیسی فلزات پایه - طلا به دلیل حضور طلا دارای ارزش اکتشافی و اقتصادی می‌باشند. اگرچه امروزه کانسارهای رگه‌ای طلا به دلیل حجم کم ذخیره اهداف اکتشافی جذابی به شمار نمی‌رود، اما تعدد رگه‌های طلا دار در مجموعه ترود - چاه‌شیرین و عیار بالای برخی، به ویژه باغو (حداکثر ۵۷ ppm) در دامنه شمالی و گندی (حداکثر ۱۴۸ ppm) در دامنه جنوبی، نشان‌دهنده پتانسیل بالای طلا در این نوار آتشفشانی - رسوبی ترسیر می‌باشد. لذا در مطالعات و جهت‌گیری‌های اکتشافی آینده برای طلا، می‌توان این ناحیه را مورد توجه جدی قرار داد. این مطالعات می‌تواند بر روی رگه‌های سیلیسی غنی از طلا و توده‌های نیمه‌عمیق اسیدی منطقه، که کانه‌زایی طلا در ارتباط نزدیک با آن‌ها می‌باشد، متمرکز گردد.

۴-۵- ویژگی‌های کانه‌زایی منگنز در کانسار هلالان و رخساره‌های کانه‌دار در آن

ژئومتری اصلی ماده معدنی در کانسار هلالان، به صورت لایه‌ای شکل و هم‌شیب با سنگ‌های دیواره می‌باشد. ولی در محل سینه کار اصلی با افزایش ضخامت (حدود ۲۰ متر)، کانسار شکل عدسی به خود گرفته است. شیب لایه‌ها به صورت برگشته بوده، لذا طبقات قدیمی با شیب تند بر روی ماده معدنی قرار گرفته‌اند.

کانه‌زایی منگنز در منطقه هلالان در یک افق اصلی و به شکل چین‌سان و هم‌روند با لایه‌بندی رخ داده است. در کانسار منگنز هلالان کانه‌زایی بر اساس کانی‌شناسی، ساخت و بافت و نوع ارتباط با سنگ میزبان به سه رخساره متفاوت تقسیم می‌گردد:

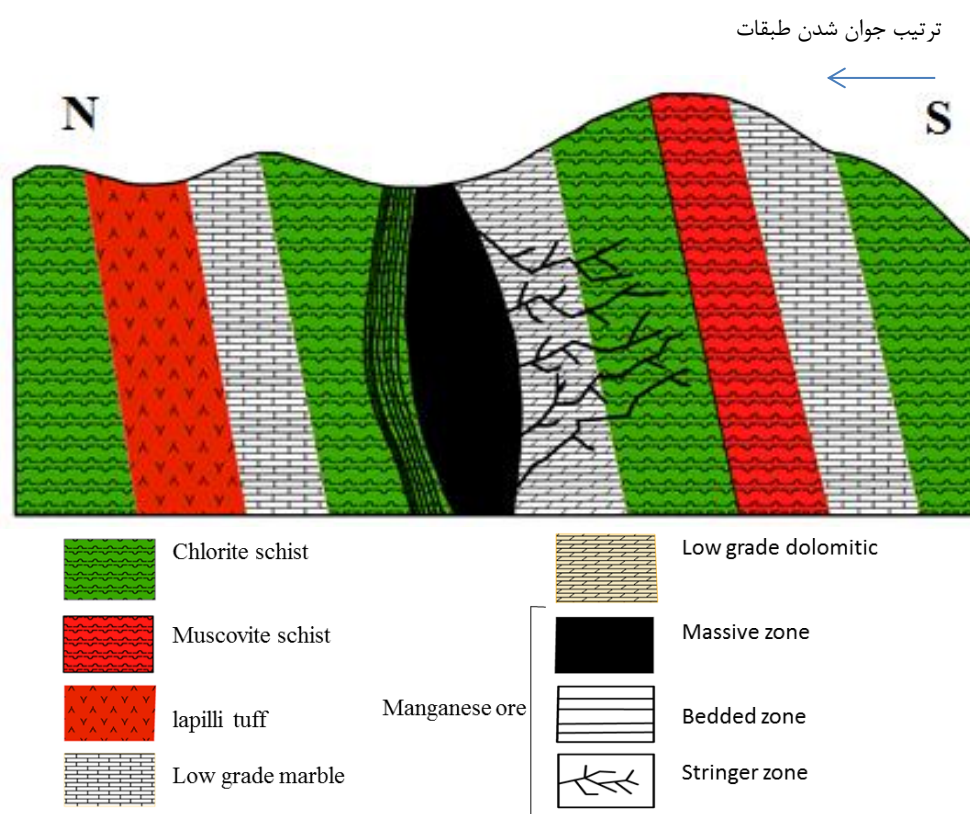
الف) رخساره کانسنگ رگه- رگچه‌ای^۱

ب) رخساره کانسنگ توده‌ای^۲

ج) رخساره کانسنگ لایه‌ای^۳

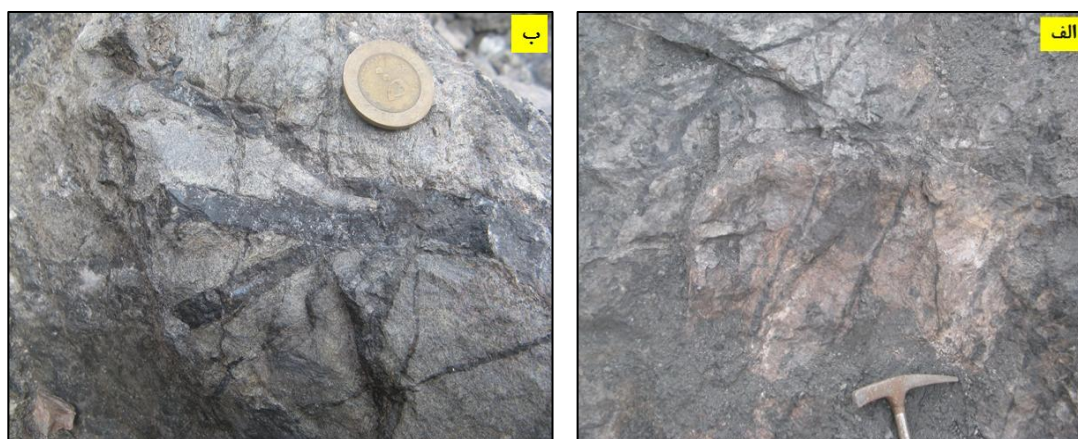
شکل نمادین از این رخساره‌ها و چگونگی ارتباط آن‌ها با یکدیگر براساس مطالعات نمونه‌های دستی و میکروسکوپی و بررسی‌های صحرایی در شکل (۴-۲) ترسیم گردیده است. در زیر به بررسی ویژگی‌های هر یک از این رخساره‌ها پرداخته می‌شود.

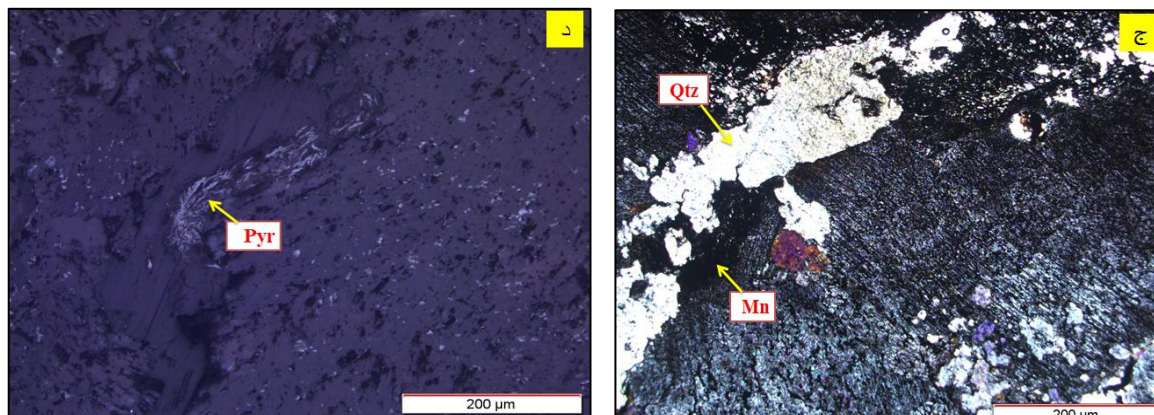
1-Stringer ore facies
2-Massive ore facies
3-Bedded ore facies



شکل ۴-۲: نمایی شماتیک از ژئومتری ماده معدنی و رخساره‌های کانه‌دار در آن.

الف) رخساره کانسنگ رگه- رگچه‌ای: رخساره رگه- رگچه‌ای در کانسار منگنز هلالان، دارای گسترش محدود بوده و در زیر رخساره کانسنگ توده‌ای و در بخش کمربالای کانسار، به شکل شبکه‌ای از رگه- رگچه‌های سیلیسی و منگنز در داخل شیست‌ها و کربنات‌ها دیده می‌شود (شکل ۴-۳). بررسی رگه- رگچه‌های موجود نشان‌دهنده عبور سیال کانه‌ساز از این مجاری بوده که موجب دگرسانی در سنگ درونگیر خود نیز گردیده‌اند.

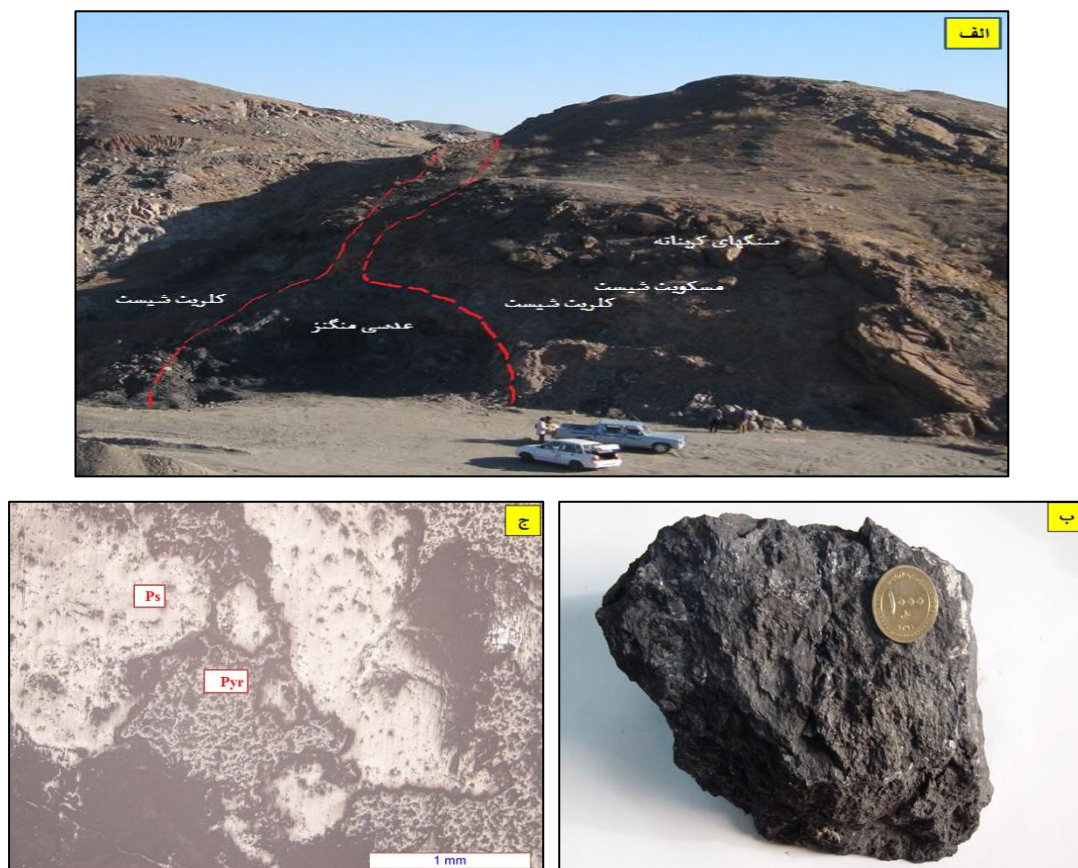




شکل ۴-۳: الف و ب) نمایی از رخساره کانسنگ رگه- رگچه‌ای در صحرا. ج) تصویر میکروسکوپی نور عبوری و د) نور انعکاسی از این رخساره که در آن رگه- رگچه‌ها حاوی کانی‌های سیلیس و منگنز می‌باشند.

ب) رخساره کانسنگ توده‌ای

این رخساره به ضخامت متوسط ۲۰ متر، روند شرقی - غربی و شیبی در حدود ۶۰ درجه و با ژئومتری عدسی شکل ضخیم‌ترین و پرعیارترین بخش کانسار را تشکیل می‌دهد (شکل الف ۴-۴). کمرپایین این برون‌زد شامل کلریت شیست و کمربالای آن شامل مسکویت شیست و سنگ‌های کربناته دگرگون شده و متبلور می‌باشد. یکی از ویژگی‌های این واحد حضور گسترده رگه‌های سیلیسی است که تقریباً به طور کامل از کوارتز و بعضاً کربنات‌ها تشکیل شده‌اند. کانی‌های تشکیل دهنده این رخساره پیرولوژیت و پسیلوملان می‌باشند (شکل ب و ج ۴-۴). به دلیل فراوانی میزان کانی‌های منگنز که در طی فرایند گرمایی - برون‌دمی تشکیل شده‌اند، عیار منگنز در این رخساره بیشترین میزان را دارد.



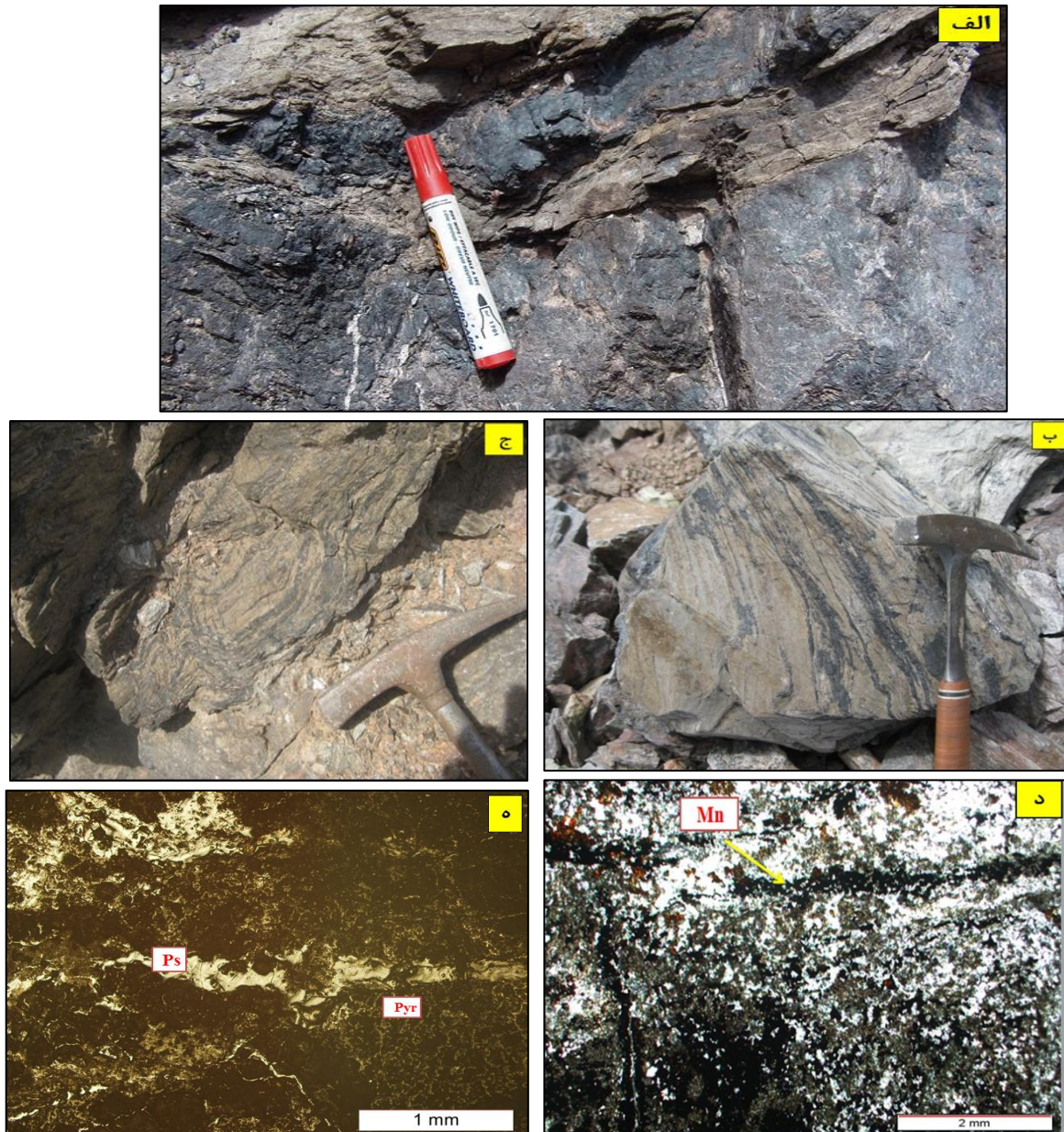
شکل ۴-۴: الف) نمایی از رخساره کانسنگ توده‌ای (دید به سمت شرق)، ب) نمونه دستی از رخساره کانسنگ توده‌ای، ج) تصویر میکروسکوپی از این رخساره که شامل پیرولوژیت (Pyr) و پسیلوملان (Ps) می‌باشد.

ج) رخساره کانسنگ لایه‌ای

این رخساره در کانسار منگنز هلالان، از انتهای بخش توده‌ای به سمت شرق کانسار گسترش دارد. این رخساره کانه‌دار در بین شیست‌های منطقه به صورت هم‌روند (چینه‌سان) با آن‌ها تشکیل شده است. رخساره کانسنگ لایه‌ای دارای ضخامت و عیار کمتری نسبت به رخساره توده‌ای است. این کاهش ضخامت به دلیل کاهش میزان کانی‌های گرمابی - برونومی اکسیدی نسبت به کانی‌های تشکیل دهنده سنگ‌های دربرگیرنده می‌باشد. این رخساره شامل تناوبی از لایینه‌های متعدد اکسیدی متشکل از پسیلوملان و پیرولوژیت می‌باشد که توسط لایینه‌های ترکیبات سنگ دربرگیرنده از هم جدا می‌شوند (شکل ۴-۵). این پدیده نشان دهنده شرایط رسوبی در هنگام تشکیل این لایینه‌هاست. در اکثر موارد این لایینه‌ها دارای به هم‌ریختگی و بی‌نظمی‌هایی هستند که نشان دهنده تأثیر فرایند

فصل چهارم: کانه‌زایی و دگرسانی

دگرگونی می‌باشد. ضخامت این رخساره متغییر بوده و از لامینه‌های با ضخامت میلی‌متری تا نوارهای در حد سانتی‌متر تشکیل شده است. دگرسانی غالب در این رخساره آرژیلیتی و کلریتی می‌باشد.



شکل ۴-۵: (الف) نمایی از رخساره کانسنگ لایه‌ای که هم‌روند با لایه‌بندی سنگ‌های دربرگیرنده است. ب و ج) بافت لامینه از رخساره کانسنگ لایه‌ای در سطح زمین که در آن نوارهای تیره غنی از منگنز هستند که در اثر دگرگونی لامینه‌ها چین خورده‌اند. د و ه) تصویر میکروسکوپی از این رخساره که حاوی لایه‌های پسیلوملان (Ps) و پیرولولزیت (Pyr) می‌باشد.

۴-۶- دگرسانی

بنا به تعریف، دگرسانی به هر گونه تغییر در ترکیب شیمیایی و کانی‌شناسی اطلاق می‌شود که به روش شیمیایی و فیزیکی در سنگ انجام شده و به ویژه در اثر عملکرد محلول‌های هیدروترمالی به وقوع می‌پیوندد (باتز و جکسون، ۱۹۸۰).

دگرسانی، به طور شاخص یک فرایند آبشست پایه است که توسط نسبت کاتیون‌های فلزی به یون هیدروژن در محلول دگرسان کننده کنترل می‌شود (هملی و جانز^۱، ۱۹۶۴). یکی از پدیده‌هایی که کم و بیش در کانسارهای آذرین و دگرگونی مشاهده می‌گردد، دگرسانی است. شناخت محصولات و فرایندهای دگرسانی که همراه با کانه‌زایی مشاهده می‌شوند، اساس شناسایی فرایندهای مربوط به ژنز کانسار است و موجب پیشرفت در تکنیک‌های اکتشافی می‌شود (لنتز^۲، ۱۹۹۴). دگرسانی سنگ دیواره به وسیله ماهیت سنگ میزبان (شامل شیمی، اندازه دانه‌ها، حالت فیزیکی و تراوایی سنگ میزبان) و ماهیت محلول‌های کانه‌ساز (شامل فشار، دما، شیمی، pH و Eh محلول‌های هیدروترمالی) کنترل می‌شود (اوانز^۳، ۱۹۹۳). واکنش بین سیالات داغ و سنگ‌های فراگیر سبب ایجاد غشاء دگرسان شده در سنگ‌های دربرگیرنده ماده معدنی می‌گردد. تغییراتی را که دگرسانی در سنگ‌ها ایجاد می‌کند عبارت از: ۱- تغییرات مینرالوژیکی ۲- تغییرات شیمیایی ۳- تغییرات در رنگ و بافت می‌باشند (گیلبرت و پارک، ۱۹۹۷).

اهمیت مطالعه زون‌های دگرسان شده از این جهت است که اولاً به خاطر یکسری مشخصات به ویژه رنگ به راحتی قابل تشخیص‌اند و از طرفی دیگر سیالات عامل دگرسانی سنگ دیواره همان سیالات کانه‌ساز می‌باشند و لذا با مطالعه آن‌ها می‌توان به شرایط فیزیکوشیمیایی نهشته شدن مواد معدنی پی برد. به وجود آمدن پاراژنز کانی‌شناسی یکسان در بعضی از رخساره‌های دگرگونی و انواع دگرسانی، سبب شده که محققین زیادی دگرسانی گرمابی را نوعی دگرگونی موضعی به حساب آورند. بر طبق

1-Hemley and Jones

2-Lentz

3-Evans

نوشتارهای مربوط به دگرگونی درجه پایین، فری^۱ (۱۹۸۷)، دگرسانی هیدروترمال را به عنوان یک دگرگونی درجه پایین معرفی نموده است.

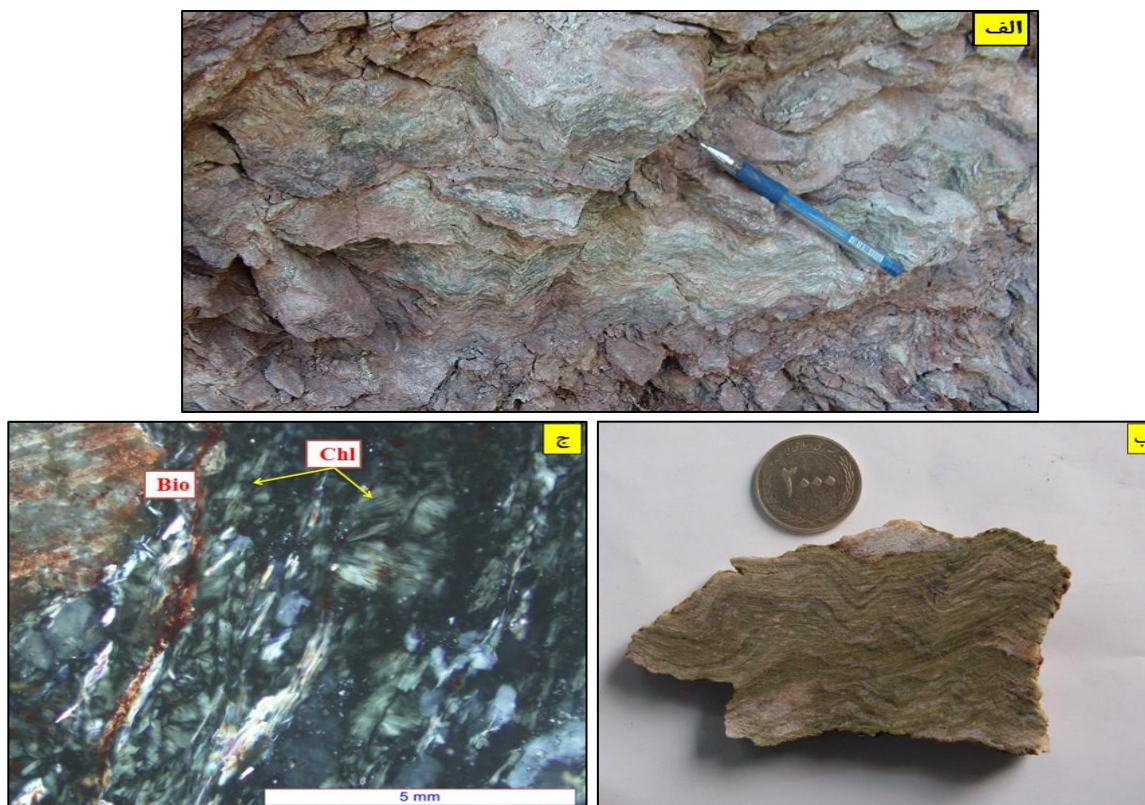
با توجه به اهمیت شناخت دقیق دگرسانی‌ها، در ادامه به بررسی دگرسانی‌های موجود در منطقه پرداخته می‌شود.

دگرسانی‌های موجود در منطقه کانسار منگنز هلالان شامل دگرسانی‌های کلریتی، آرژیلیتی، سیلیسی و کربناتی می‌باشند.

۴-۶-۱- دگرسانی کلریتی

مشاهدات صحرایی و میکروسکوپی صورت گرفته در نمونه‌های سنگی منطقه نشان می‌دهد که کلریتی شدن گسترده‌ترین نوع دگرسانی در منطقه هلالان بوده و سنگ‌های کم‌پایین و کمربالای ماده معدنی به شدت دچار دگرسانی کلریتی شده و فراوانی کلریت در این سنگ‌ها به آن‌ها رنگ سبز داده و شایستوزیته را موجب شده است (شکل ۴-۶). کلریت از جمله کانی‌هایی است که می‌تواند هم در طی دگرسانی کلریتی حاصل شود و هم در سنگ دیواره وجود داشته و جز کانی‌هایی باشد که در شرایط دگرگونی ناحیه‌ای در حد رخساره شایست سبز حاکم بر منطقه ایجاد گردیده. وجود بخشی از دگرسانی کلریتی مربوط به حضور کانی‌های مافیک از جمله بیوتیت می‌باشد، این کانی‌ها اکثراً از سطوح رخ و شکستگی‌های موجود به کلریت تبدیل شده‌اند. کلریت‌های موجود معمولاً به رنگ سبز - قهوه‌ای می‌باشند و در رده کلریت‌های آهن - منیزیم‌دار قرار می‌گیرند. بر اساس بارنز^۲ (۱۹۹۷)، کلریتی شدن یکی از مهم‌ترین پدیده‌هایی است که در اثر محلول‌های گرمابی غنی از Fe و Mg ایجاد می‌شود و در اثر این فرایند سنگ‌ها ظاهری سبز رنگ پیدا می‌کنند. دگرسانی کلریتی در این منطقه، به دلیل گسترش درزه و شکستگی‌ها، تمام سنگ‌های منطقه (شایست‌های کم‌پایین و کمربالا) را تحت تأثیر قرار داده است.

1-Frey
2-Barnes



شکل ۴-۶-۲: الف) نمایی از دگرسانی کلریتی در صحرا که سنگ‌های کم‌پایین و کمربالای ماده معدنی تحت تأثیر این دگرسانی قرار گرفته‌اند. ب) تصویر نمونه دستی از سنگ‌هایی که متحمل دگرسانی کلریتی شده‌اند. ج) تصویر میکروسکوپی از این دگرسانی که در آن بیوتیت‌ها به کلریت دگرسان شده‌اند.

۴-۶-۲- دگرسانی آرژیلیتی

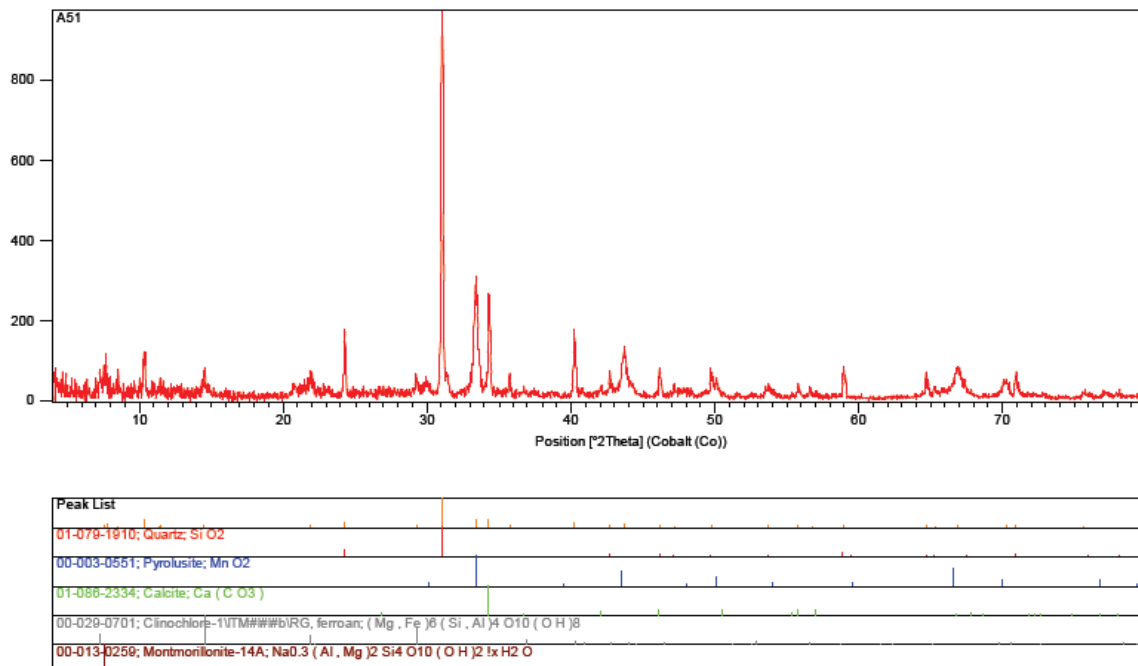
از فرایندهای عمده دگرسانی، در محدوده معدنی هلالان، آرژیلیتی شدن است. دگرسانی آرژیلیک، که به واسطه حضور کانی‌های رسی مشخص می‌شود، در شرایط کاملاً اسیدی رخ می‌دهد، با کاهش دمای سیالات گرمایی و کاهش فعالیت K^+/H^+ تمام کاتیون‌های قلیایی از سنگ خارج شده، در چنین شرایطی کانی‌های رسی تشکیل می‌گردند. دگرسانی آرژیلیکی در محدوده کانسار هلالان، سنگ‌های زیرین ماده معدنی را تحت تأثیر قرار داده است و با توجه به اینکه شیب لایه‌ها برگشته است، در حال حاضر این دگرسانی بر روی ماده معدنی قرار گرفته است. گسترش این دگرسانی در منطقه زیاد بوده و دارای رنگ سفید در سطح تازه است. مطالعات میکروسکوپی مقاطع این دگرسانی نشان دهنده آن

فصل چهارم: کانه‌زایی و دگرسانی

است که در اثر این دگرسانی، کانی‌های فلدسپات موجود در سنگ‌های دربرگیرنده تخریب و فرسایش یافته و به کانی‌های رسی و کوارتز تبدیل شده‌اند (شکل ۴-۷). بر اساس نتایج آنالیز XRD نمونه‌های گرفته شده از منطقه، کانی‌های رسی از جمله مونت‌موریلونیت و کلینوکلر شناسایی شده است (شکل ۴-۸).



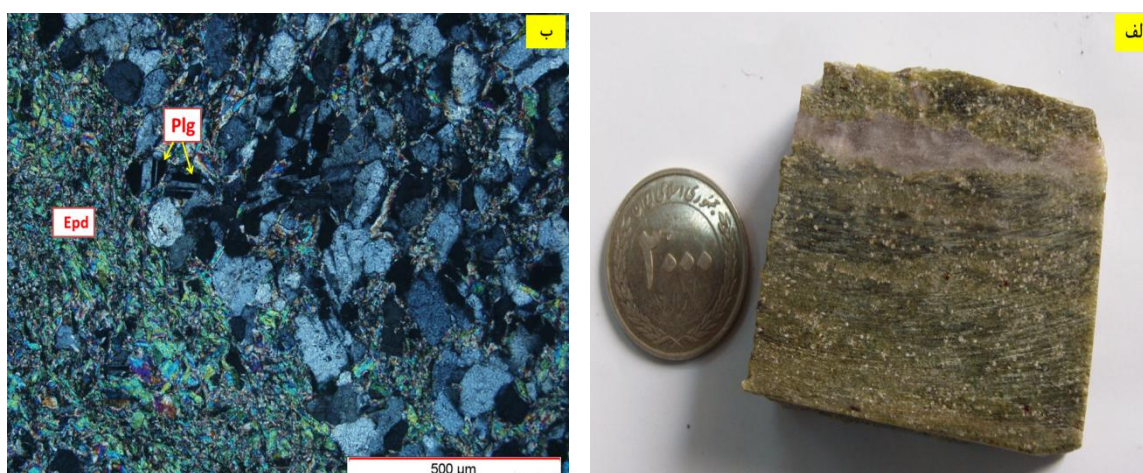
شکل ۴-۷: الف) گستردگی دگرسانی آرژیلیتی در محدوده کانسار هلالان (دید به سمت شرق). ب) نمای نزدیک‌تر از دگرسانی آرژیلیتی که در کمر بالا ماده معدنی تشکیل شده است



شکل ۴-۸: نمودار پراش اشعه ایکس XRD، کانی‌های رسی (مونت‌موریلونیت و کلینوکلر) در آن قابل مشاهده است (محل برداشت نمونه از عدسی اصلی می‌باشد).

۴-۶-۳- دگرسانی اپیدوتی

کانی‌های اپیدوتی، اساساً در دگرگونی ناحیه‌ای یافت می‌شوند و تشکیل آن‌ها نشان دهنده آستانه تغییر رخساره از شیست سبز به اپیدوت- آمفیبولیت است (دیر^۱ و همکاران، ۱۹۶۶). گسترش دگرسانی اپیدوتی در محدوده معدنی هلالان چندان زیاد نمی‌باشد و بیشتر در حواشی توده معدنی دیده می‌شود. این دگرسانی در سطح زمین با رنگ‌های سبز روشن، چمنی و زیتونی مشخص می‌شود. به طور کلی می‌توان گفت که این کانی محصول دگرسانی هیدروترمال پلاژیوکلاز و کانی‌های فرومنیزین در امتداد درزه‌ها و شکستگی‌ها است (شکل ۴-۹). اپیدوت مستعد جانشینی کلسیت در حضور سیالات غنی از CO_2 است و با افزایش دما، اندازه بلورها افزایش یافته و ظاهری منشوری‌تر می‌یابند (زرأسوند، ۱۳۸۶). این کانی عمدتاً جانشین پلاژیوکلازهای کلسیم‌دار و یا کانی‌های فرومنیزین می‌شود.



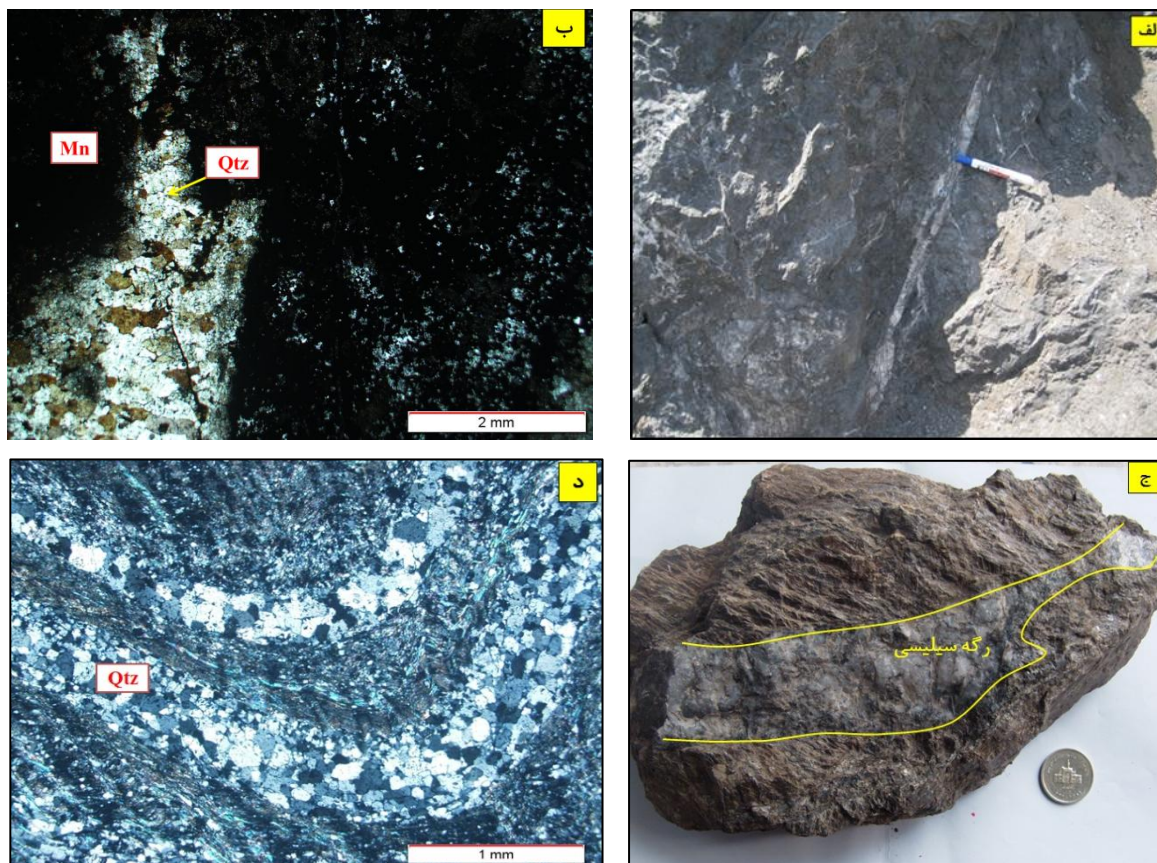
شکل ۴-۹: الف) نمونه دستی از دگرسانی اپیدوتی، ب) تصویر میکروسکوپی از اپیدوتی شدن (Epd) بلورهای پلاژیوکلاز (Plg).

۴-۶-۴- دگرسانی سیلیسی

دگرسانی سیلیسی نتیجه افزایش در نسبت کوارتز یا سیلیس میکروکریستالین در سنگ‌های دگرسان شده است (اوانز، ۱۹۹۳). قابلیت انحلال سیلیس با افزایش دما و فشار افزایش می‌یابد و در فشار و حرارت پایین به راحتی نهشت پیدا می‌کند (پیراژنو^۱، ۱۹۹۲).

سیلیسی‌شدن سنگ‌ها به روش‌های مختلفی از جمله ۱- به علت انحلال و شستشوی کاتیون‌های موجود در سنگ، مقدار سیلیس افزایش یابد و ۲- از طریق دیگر منابع، مانند محلول‌های ماگمایی و گرمابی، به سنگ اضافه شود. همچنین در مواردی، به علت تبدیل کانی‌ها به محصولات ثانویه دگرسانی، در طی تشکیل دگرسانی‌های دیگر، سیلیس حاصل می‌شود که این سیلیس به وجود آمده، در مجموعه پاراژنتیکی دگرسانی وارد می‌گردد.

در منطقه هلالان، سیلیسی‌شدن به صورت رگه و رگچه‌هایی در تمام واحدهای رخنمون یافته در منطقه مشاهده می‌شود. این نشانگر ورود سیلیس از طریق محلول‌های گرمابی به داخل شکستگی‌های سنگ‌های دربرگیرنده و ته‌نشین شدن در داخل آن‌ها است. این دگرسانی که با افزوده شدن سیلیس به سنگ همراه بوده، موجب شده تا با افزایش شکنندگی سنگ، عملکرد نیروهای تکتونیکی بعدی سنگ را بیشتر درزه‌دار و خرد کند. سیلیس در قالب کانی کوارتز دیده می‌شود. در مقیاس نمونه دستی، دگرسانی سیلیسی به صورت لامینه‌های هم‌رند و هم‌خوان با برگوارگی و نیز به صورت نوارهایی با ضخامت متفاوت (سانتی‌متر تا میلی‌متر) در سنگ مشاهده می‌شوند (شکل ۴-۱۰). مرفولوژی و شدت دگرسانی بسته به نوع سنگ‌شناسی و به عبارت دیگر بر اساس میزان کوارتز اولیه موجود در سنگ مادر، از شدت‌های متفاوتی برخوردارند.



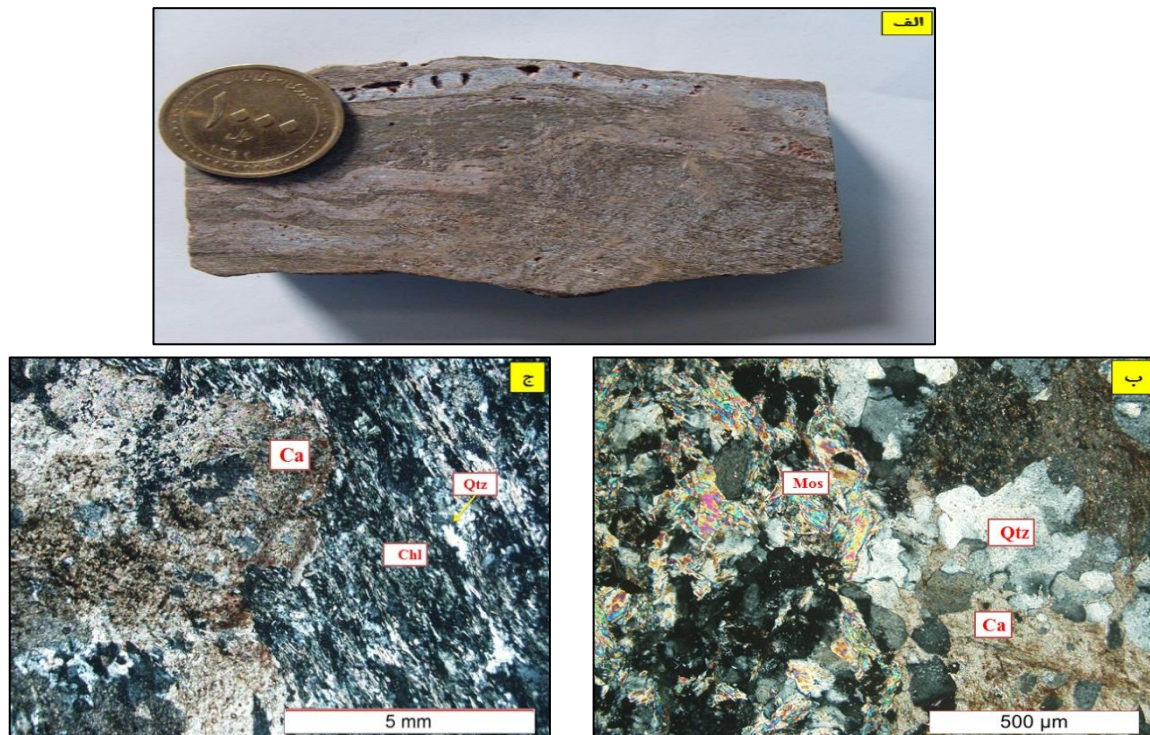
شکل ۴-۱۰: الف و ب) سیلیسی شدن ماده معدنی در صحرا و در مقطع میکروسکوپی در محدوده کانسار هلالان. ج) دگرسانی سیلیسی در شیب‌های منطقه در نمونه دستی که به صورت رگه‌ای در اندازه چند سانتی‌متر دیده می‌شود. د) تصویر میکروسکوپی از شیب‌های منطقه که در آن دگرسانی سیلیسی در قالب کانی کوارتز به صورت لامینه‌هایی با ضخامت متفاوت دیده می‌شود.

۴-۶-۵- دگرسانی کربناتی

رخداد دگرسانی کربناتی، نتیجه واکنش میان سیال هیدروتومال غنی از CO_2 و سنگ دیواره است (رید^۱، ۱۹۹۷). محصولات اصلی کربناتی شدن، کلسیت و دولومیت هستند. مشاهدات نمونه دستی و میکروسکوپی نشان می‌دهد که دگرسانی کربناتی به مقدار کم و به صورت پراکنده در متن تمام واحدهای سنگی و به صورت رگه - رگچه‌ای همراه با سریسیت و کوارتز تشکیل شده است. کلسیت

فصل چهارم: کانه‌زایی و دگرسانی

موجود در این رگه - رگچه‌ها به همراه کوارتز مشاهده می‌شود، به نحوی که کلسیت به صورت بی-شکل تا نیمه شکل‌دار در بین بلورهای کوارتز رشد کرده است (شکل ۴-۱۱).



شکل ۴-۱۱: الف) دگرسانی کربناتی به صورت رگه کلسیتی در شیست‌های منطقه در نمونه دستی. ب و ج) مقطع میکروسکوپی از پراکندگی کلسیت حاصل از دگرسانی کربناتی در شیست‌های موجود در محدوده کانسار.

فصل پنجم

کافی شناسی، ساخت، بافت و توانی

پارازیتیک

۵-۱- مقدمه

چون مطالعه کانی‌شناسی و پاراژنز کانی‌ها، اطلاعات سودمندی درباره ویژگی‌های محیط تشکیل کانسار، به ویژه در محیط‌های دگرگونه و دگرریخته، در اختیار می‌گذارد و رفتار کانی‌های تشکیل دهنده هر کانسار، بازتاب ویژگی‌های شکل دهنده آن کانسار است (کریگ و وقان^۱، ۱۹۹۴)، به بررسی و مطالعه توالی پاراژنتیکی کانسارها می‌پردازیم. برای این منظور، از بخش‌های مختلف کانسار و سنگ‌های دربرگیرنده آن تعداد ۲۰ عدد مقطع نازک صیقلی و ۷ عدد مقطع صیقلی تهیه و مطالعه گردید. در مطالعات کانی‌شناسی به منظور تشخیص برخی کانی‌ها، تعداد ۵ نمونه نیز به روش پراش اشعه ایکس (XRD) و ۲ عدد مقطع نازک صیقلی به روش تجزیه الکترون میکروپروب (EPMA) مورد بررسی قرار گرفته است.

در این فصل ابتدا به بررسی کانی‌شناسی پرداخته می‌شود و سپس به انواع ساخت و بافت‌های کانسنگ منگنز و ارتباط آن با کانی‌های تشکیل دهنده سنگ درونگیر و پاراژنز و توالی پاراژنتیک کانی‌ها و کانه‌ها اشاره می‌شود.

۵-۲- کانی‌شناسی

کانی‌شناسی منگنز بسیار پیچیده و به دلیل ابعاد ریز و خواص نوری مشابه با یکدیگر در زیر میکروسکوپ تفکیک آن‌ها مشکل است. حتی در روش پراش اشعه ایکس (XRD) نیز شناسایی آن‌ها آسان نیست. به علت تعداد زیاد فازهای کانیاپی رایج، تبلور ضعیف، اندازه کوچک دانه‌ها، رشد درونی و تمایل به دگرسانی در طی حمل، به سختی قابل تشخیص هستند (مینارد^۲، ۱۹۸۳). با توجه به تحقیقات زمین‌شناسی متعددی که صورت پذیرفته، کانی‌های متعددی از منگنز شناسایی و برای تشکیل آن‌ها منشأهای گسترده و متفاوتی در نظر گرفته شده است (وال^۳، ۲۰۰۳). کانی‌های منگنز به

1-Craig and Vaughan

2-Maynard

3-Wall

هفت گروه اصلی قابل تقسیم هستند که به ترتیب فراوانی در سطح پوسته عبارتند از اکسیدها و هیدروکسیدهای چهار ظرفیتی، اکسیدهای سه ظرفیتی، کربنات‌ها، سیلیکات‌ها، سولفیدها، فسفات‌ها، بورات‌ها، وانادات‌های منگنز و بالاخره آرسنات‌ها و آرسنیدهای غنی از منگنز هستند. به طور کلی بیش از ۳۰۰ کانی حاوی منگنز شناخته شده اما تعداد کانی‌های منگن‌دار باارزش اقتصادی کمتر از ۱۲ نوع است (جدول ۵-۱). کانی‌های باارزش منگنز به صورت اکسیدها، هیدروکسیدها، کربنات‌ها و سیلیکات‌ها در طبیعت یافت می‌شوند. به طور کلی می‌توان گفت که ذخایر اکسیدی یا هیدروکسیدی به عنوان کانسارهای اصلی و سنگ‌های کربناته و سیلیکاته منگن‌دار به عنوان ذخایر فرعی منگنز مورد توجه قرار می‌گیرند (فرنزل^۱، ۱۹۸۰). کانی‌های اکسیدی و یا هیدروکسیدی منگنز در محیط‌های زمین‌شناسی بسیار متنوعی یافت می‌شوند. این کانی‌ها به صورت انبوهه‌های ریزدانه، رگه‌ها، سیمان‌ها و ندول‌های آب شیرین و دریا، پوسته‌ها، دندریت‌ها و به صورت پوشش بر روی دیگر ذرات کانیایی یا سنگهای سطحی یافت می‌شوند. چون اکسیدهای منگنز معمولاً در سطح بین لیتوسفر و هیدروسفر، اتمسفر و یا بیوسفر تشکیل می‌شوند (پست^۲، ۱۹۹۹)، اغلب کانی‌های اکسید منگنز به رنگ قهوه‌ای تا سیاه و بیشتر به صورت مخلوط شده، ریزدانه، توده‌های تبلور یافته ضعیف یا پوششی یافت می‌شوند. تشخیص یک کانی مشخص از اکسیدهای منگنز اغلب چالش برانگیز است. بنابراین امروزه برای شناسایی بیشتر از روش پراش اشعه ایکس (XRD) و میکروسکوپ الکترونی (SEM) استفاده می‌کنند (پست، ۱۹۹۹).

برای تشخیص کانی‌های منگنز موجود در منطقه مورد مطالعه از مطالعات میکروسکوپی، روش پراش اشعه ایکس (XRD) و روش تجزیه الکترون میکروپروب استفاده شده است. با استفاده از روش‌های فوق، در کانسار منگنز هلالان کانه‌های پیرولولزیت، پسیلوملان، هولاندیت و براونیت شناسایی شدند.

1-Frenzel

2-Post

فصل پنجم: کانی‌شناسی، ساخت، بافت و توالی پاراژنتیکی

کانی‌هایی نظیر اسپسارتین، ولاستونیت و کانی‌های رسی نیز در مواردی همراه با کانی‌های منگنز مشاهده شدند. اما باطله اصلی کانسار کوارتز، کلسیت و ژیپس است.

جدول ۵-۱: انواع کانی‌های مهم و اقتصادی منگنز

Name, Formula	Colour	Hardness	Density	Lustre	Crystal System
Braunite $3(\text{Mn,Fe})_2\text{O}_3\text{MnSiO}_3$	سیاه مایل به قهوه ای	۶-۶/۵	۴/۸	نیمه فلزی	تتراگونال
Psilomelane $\text{BaMn}_9\text{O}_{16}(\text{OH})_4$	خاکستری فولادی تا سیاه	۴	۴/۳	نیمه فلزی	اورتورو مبیک
Manganite $\text{Mn}_2\text{O}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$	خاکستری فولادی تا سیاه	۵-۶	۳/۷-۴/۷	نیمه فلزی	اورتورو مبیک
Pyrolusite MnO_2	خاکستری فولادی تیره	۲-۲/۵	۴/۷۵	فلزی	تتراگونال
Piemontite $\text{Ca}_2(\text{Mn,Fe}^{3+},\text{Al})_2\text{AlO}\cdot\text{OH}(\text{Si}_2\text{O}_7)(\text{SiO}_4)$	قهوه ای مایل به قرمز	۶/۵	۳/۴	شیشه ای	منوکلینیک
Rhodochrosite MnCO_3	قرمز تا قهوه ای	۳/۵-۴/۵	۳/۴۵-۳/۶	شیشه ای	رمبوهدرال
Wad oxides of manganese composition	سیاه مایل به قهوه ای، خاکستری	۵-۶	۳/۴-۴/۳	تیره	آمورف
Bixbyite $(\text{Mn, Fe})_2\text{O}_3$	خاکستری	۶	۴/۸-۵	نیمه فلزی	مکعبی
Rhodonite MnSiO_3	قرمز گوشتی	۶	۳/۴-۳/۷	جلای شیشه‌ای	تری کلینیک
Hausmanite Mn_3O_4	سیاه	۵/۵	۴/۷	فلزی	تتراگونال
Cryptomelane $\text{K}(\text{Mn}^{+4}, \text{Mn}^{+2})_8\text{O}_{16}$	قهوه ای، سفید مایل به خاکستری	۵-۶/۵	۴/۳۵	خاکی	منوکلینیک

۵-۲-۱- کانی‌های اصلی

کانی‌های اصلی شناسایی شده عبارتند از:

الف) پیرولولزیت

ب) پسیلوملان

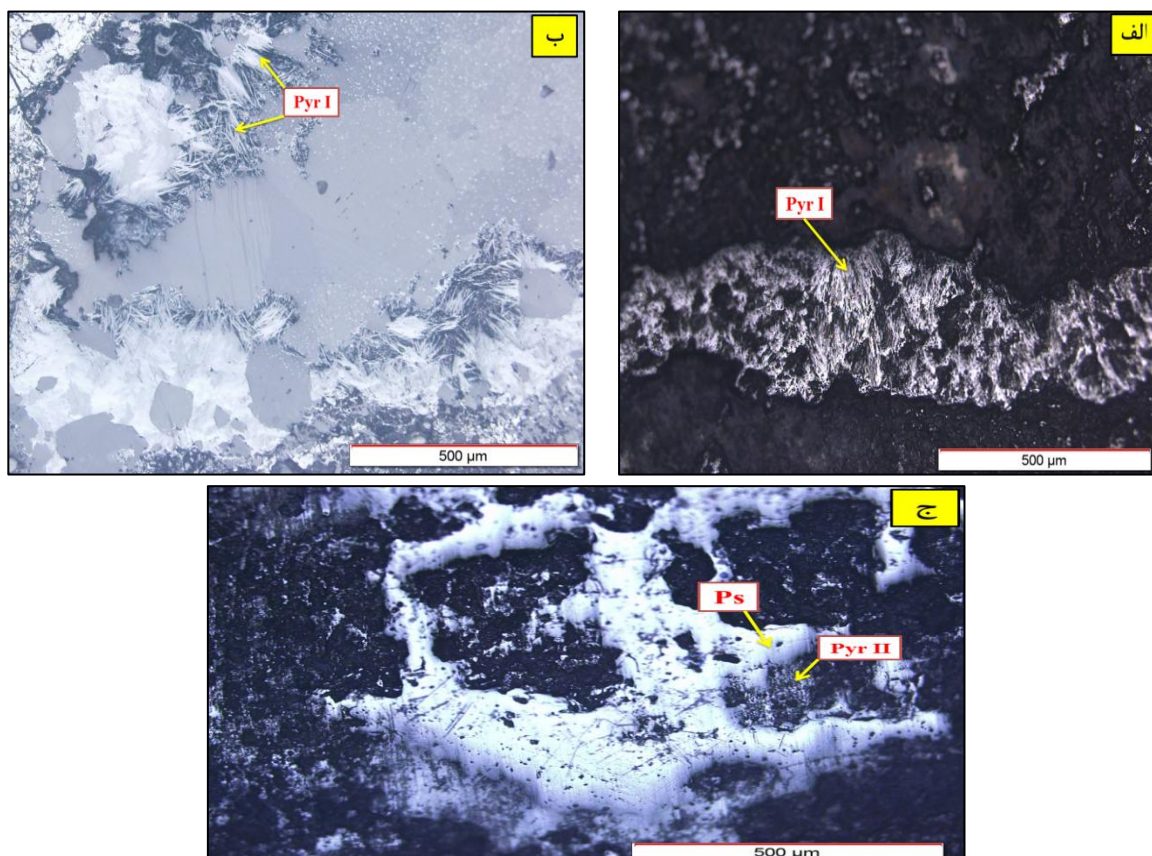
ج) براونیت

د) هولاندیت

ه) همتایت

۵-۲-۱-۱- پیرولولزیت $\beta\text{-MnO}_2$

این کانی اساساً از دی اکسید منگنز (MnO_2) تشکیل شده و به صورت $\beta\text{-MnO}_2$ مهم‌ترین کانی منگنز است که از نظر ترمودینامیکی پایدارترین فاز در بین کانی‌های اکسید منگنز می‌باشد. این کانی در سیستم تتراگونال متبلور شده و در نمونه دستی به رنگ سیاه آهنی با رنگ خاکه سیاه تا سیاه متمایل به آبی دیده می‌شود و دارای جلای فلزی تا نیمه فلزی می‌باشد. پیرولولزیت با رنگ سفید متمایل به زرد، پلی‌کروئیسیم ضعیف و آنیزوتروپی بسیار قوی در زیر میکروسکوپ قابل تشخیص است (رامدور^۱، ۱۹۸۰). در کانسار مورد مطالعه، پیرولولزیت کانی غالب منگنز می‌باشد و دارای بافت‌های متنوعی از جمله توده‌ای، دانه پراکنده، رشته‌ای و سوزنی می‌باشد. در بعضی از موارد کانی مذکور از تبدیل پسیلوملان به وجود آمده که نشانگر تشکیل ثانویه این کانی می‌باشد (شکل ۵-۱).

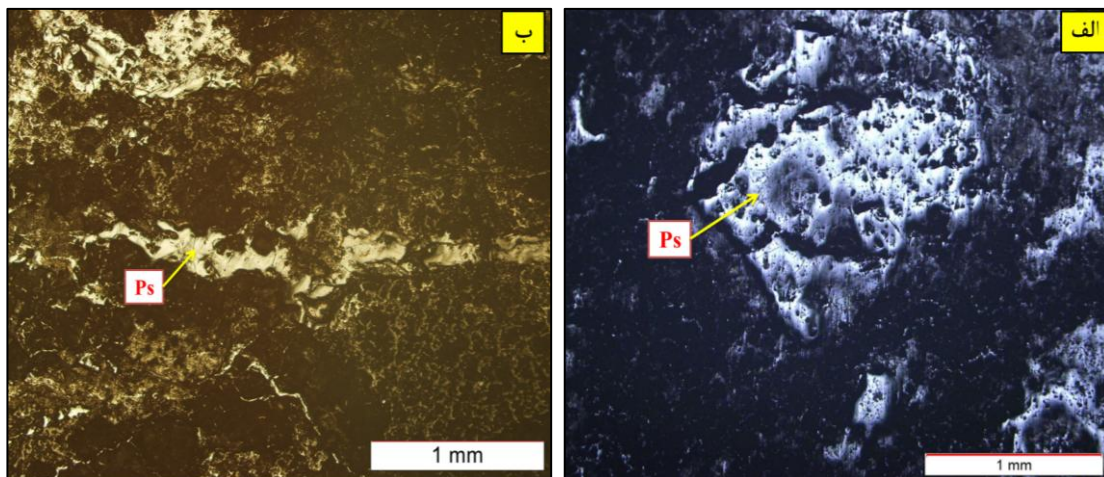


شکل ۵-۱: الف و ب) تصاویر میکروسکوپی از پیرولیت‌های اولیه (نسل اول) با بافت رشته‌ای و سوزنی. ج) پیرولیت‌های ثانویه (نسل دوم) با بافت توده‌ای.

۵-۲-۱-۲-۵- پسیلوملان (رومنشیت) $(Ba,K,Mn^{+2},Co)_2Mn_5O_{10} \cdot xH_2O$

پسیلوملان با داشتن ۱۶/۵ درصد BaO در ترکیب شیمیایی خود به اکسیدهای سخت و توده‌ای منگنز با بافت بوتروئیدال اتلاق می‌شود (روی^۱، ۱۹۸۱). رنگ این کانی سیاه آهنی تا خاکستری تیره، رنگ خاکه قهوه‌ای مایل به سیاه و براق و جلای آن نیمه فلزی می‌باشد. در زیر میکروسکوپ پسیلوملان با رنگ سفید، پلی کروئیسیم و آنیزوتروپی قوی تشخیص داده می‌شود.

در کانسار مورد مطالعه با استفاده از میکروسکوپ نور منعکسه در تعداد زیادی از نمونه‌ها این کانی تشخیص داده شده که عمدتاً بافت‌های توده‌ای، نواری و کلوفرمی نشان می‌دهند (شکل ۵-۲).



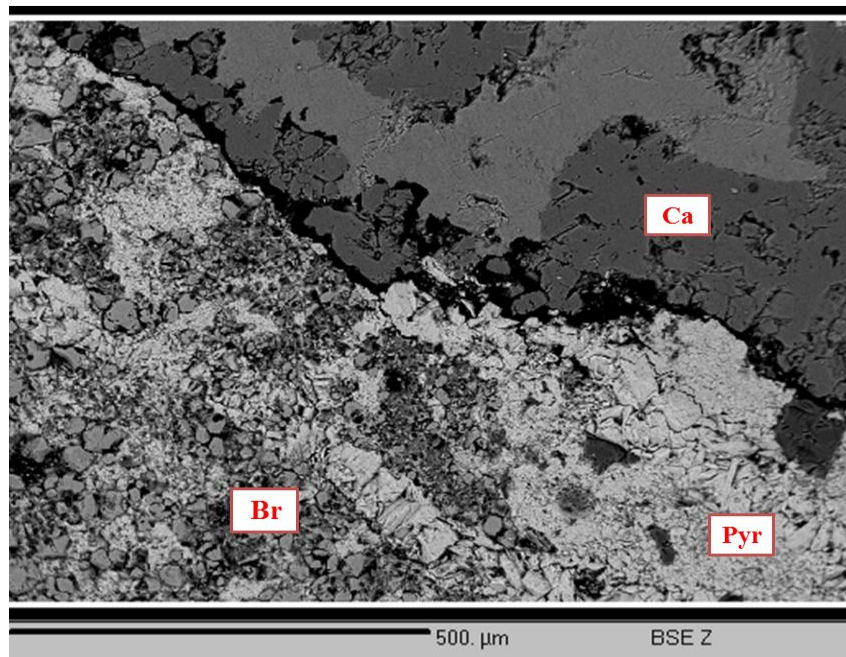
شکل ۲-۵: الف) تصویر میکروسکوپی بافت توده‌ای از کانی پسیلوملان (Ps) و ب) کانی پسیلوملان با بافت نواری که در اثر فرایند دگرگونی حالت نواری آن به هم ریخته شده است.

۵-۲-۱-۳- براونیت $Mn^{+2}, Mn^{+3}O_8(SiO_4)$

کانی براونیت یک سیلیکات منگنز است و از معمول‌ترین کانی‌های منگنز با منشأ گرمابی می‌باشد که ممکن است از یک ژل پسیلوملان و یا از کانی‌های دیگر منگنز تشکیل شود و هم‌چنین کانی عمومی کانسارهای دگرگونی منگنز است. این کانی در نمونه دستی به رنگ خاکستری با رنگ خاکه سیاه قابل شناسایی است. در مطالعات میکروسکوپی براونیت دارای رنگ خاکستری همراه با انعکاس داخلی قهوه‌ای است. در کانسار مورد مطالعه این کانی به روش تجزیه الکترون میکروپروب شناسایی گردید (جدول ۲-۵ و شکل ۳-۵).

جدول ۲-۵: نتایج ترکیب شیمیایی کانی براونیت با استفاده از روش الکترون مایکروپروب بر حسب درصد وزنی

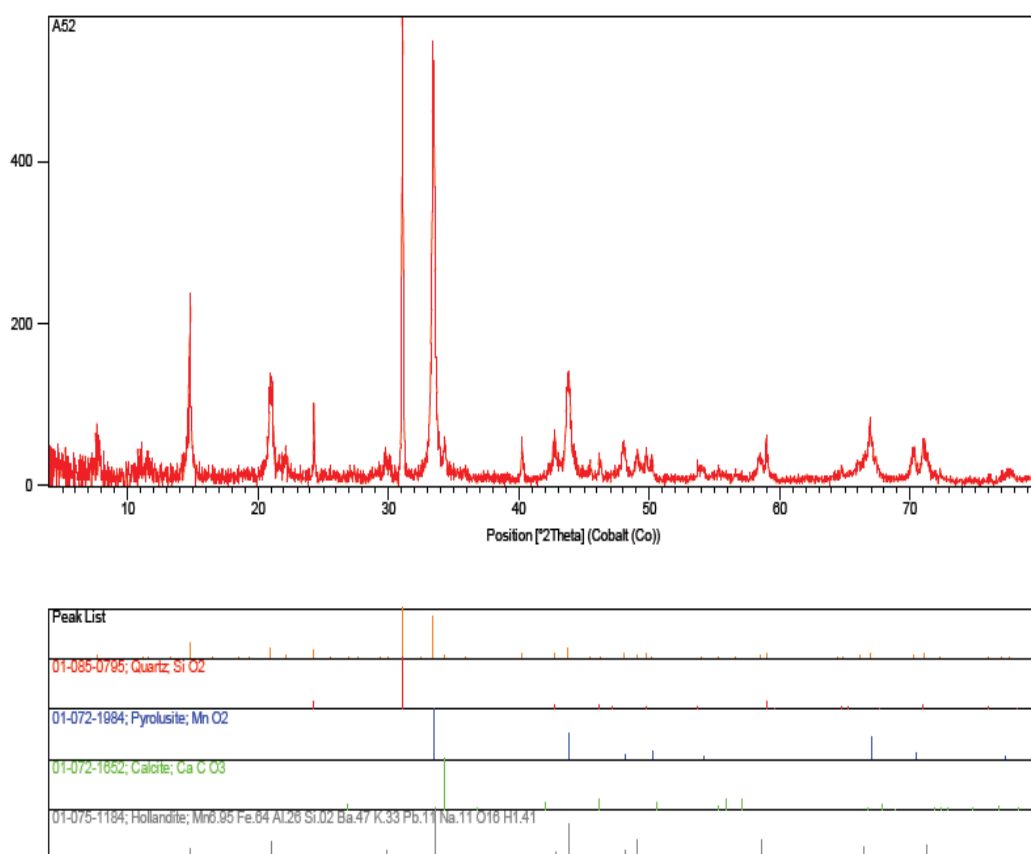
No	Na ₂ O	K ₂ O	MgO	CaO	MnO	FeO	SiO ₂	Total	
1	0.07	0	0.15	13.21	33.41	3.46	36.81	87.11	براونیت
2	0.04	0	0.3	15.37	31.56	3.12	38.93	89.32	
3	0	0	0.18	5.4	54.65	2.03	25.96	88.22	



شکل ۵-۳: تصویر میکروسکوپی (BSE) از کانی براونیت (Br).

۵-۲-۱-۴- هولاندیت $(\text{Ba,K})_{1-2}(\text{Mn}^{+2}, \text{Mn}^{+4})_8\text{O}_{16} \cdot \text{XH}_2\text{O}$

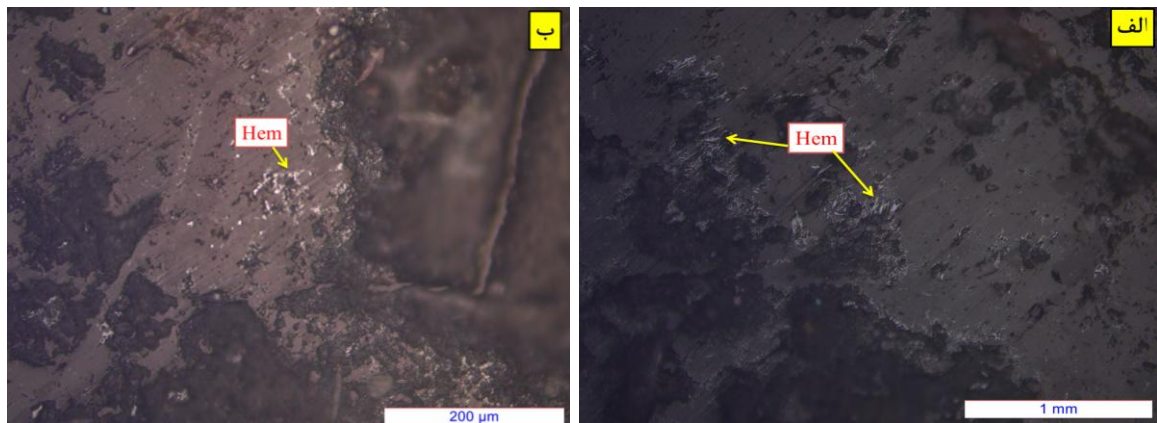
هولاندیت یک کانی اکسیدی منگنز است که آنیزوتروپی قوی، شدت بازتابش متوسط به رنگ خاکستری تیره، چندرنگی قوی و گاهی بازتابش داخلی (دروغین) از ویژگی‌های بارز آن می‌باشند. در مطالعات انجام شده، کانی هولاندیت به وسیله نتایج حاصل از پراش اشعه ایکس (XRD) شناسایی گردید (شکل ۵-۴).



شکل ۴-۵: داده‌های حاصل از آنالیز پراش اشعه ایکس (XRD) که کانی‌های کوارتز، کلسیت، پیرولوزیت و هولاندیت را مشخص نموده است

۵-۱-۲-۵ هماتیت Fe_2O_3

هماتیت فراوان‌ترین کانی اکسیدی آهن در کانسار مورد مطالعه است. این کانی به صورت دانه پراکنده در سنگ‌های کمرباین دیده می‌شود. در مقاطع میکروسکوپی هماتیت به شکل تیغه‌ای ظریف، سوزنی شکل و پراکنده مشاهده می‌شود (شکل ۵-۵).



شکل ۵-۵: الف) تصویر میکروسکوپی از هماتیت (Hem) به صورت سوزنی شکل، ب) بافت دانه پراکنده در کانی هماتیت در نور انعکاسی.

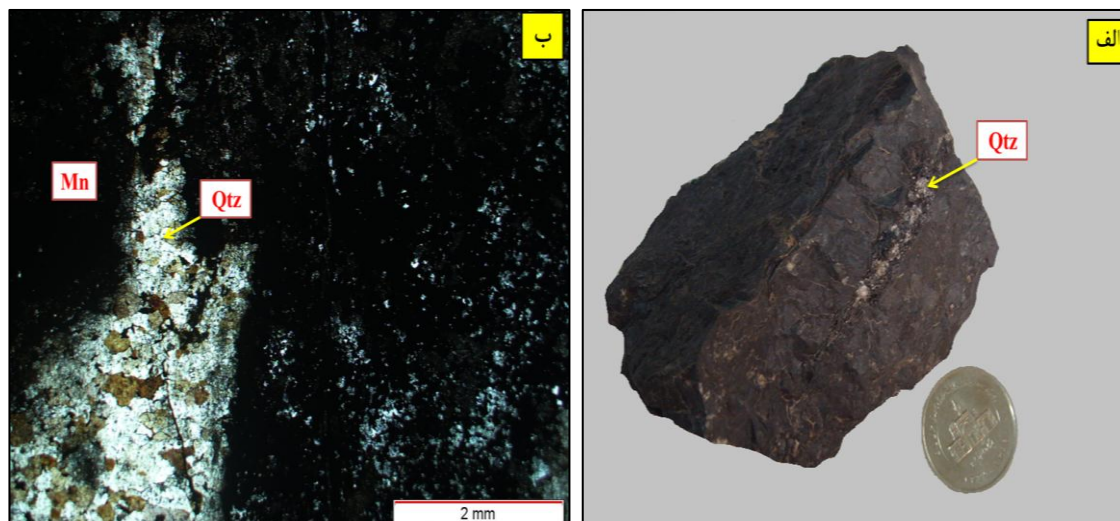
۵-۲-۲-۵- کانی‌های باطله

کانی‌های رسی، اسپسارتین و ولاستونیت نیز در مواردی همراه با کانی‌های منگنز مشاهده می‌شوند اما باطله اصلی کانسار کوارتز، کلسیت و ژیپس است.

۵-۲-۲-۵-۱- کوارتز

کوارتز به عنوان کانی اصلی سیلیس یکی از مهم‌ترین باطله‌هایی است که ماده معدنی را در کانسار هلالان همراهی می‌کند به طوری که مقدار آن در کانسنگ گاهی به بیش از ۴۰ درصد می‌رسد. در کانسار مذکور کوارتز علاوه بر زمینه کانسنگ، رگه- رگچه‌های تکتونیکی را نیز پر کرده است به طوری که پیکره ماده معدنی توسط رگه- رگچه‌های کوارتز قطع شده است (شکل ۵-۶). کوارتز موجود در رگه‌ها در نتیجه تجزیه کانی‌های سیلیکاته و آزاد شدن سیلیس از آن‌ها حاصل شده است. سیال آزاد شده از کانی‌های آبدار یا آب‌های بین دانه‌ای سبب مهاجرت سیلیس و ته‌نشینی آن به صورت کوارتز در امتداد شکستگی‌ها شده است. گسترش رگه‌های کوارتز در سنگ‌های دربرگیرنده ماده معدنی نیز قابل مشاهده می‌باشد. در مطالعات میکروسکوپی بلورهای کوارتز خواصی از جمله خاموشی موجی و حاشیه مضرسی را نشان می‌دهند. خاموشی موجی معمولاً در اثر استرس تکتونیکی و تغییر شکل

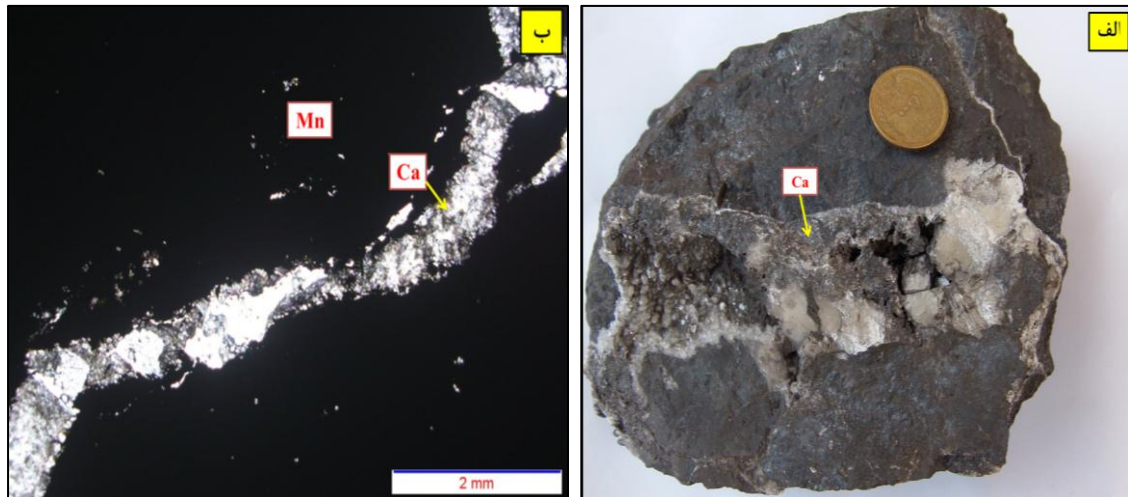
شبکه بلورین کانی‌ها ایجاد می‌شود و در تجمعات تک بلوری، دانه‌هایی که تحت تأثیر تنش قرار گرفته‌اند، در یکدیگر رشد کرده و مرز دانه‌ای مضرسی را به وجود آورده‌اند (یاردلی^۱، ۱۹۹۰).



شکل ۵-۶: الف) تصویر نمونه دستی از یک رگه کوارتز در کانسنگ منگنز. ب) رگه کوارتز در داخل کانسنگ زیر میکروسکوپ.

۵-۲-۲-۲- کلسیت

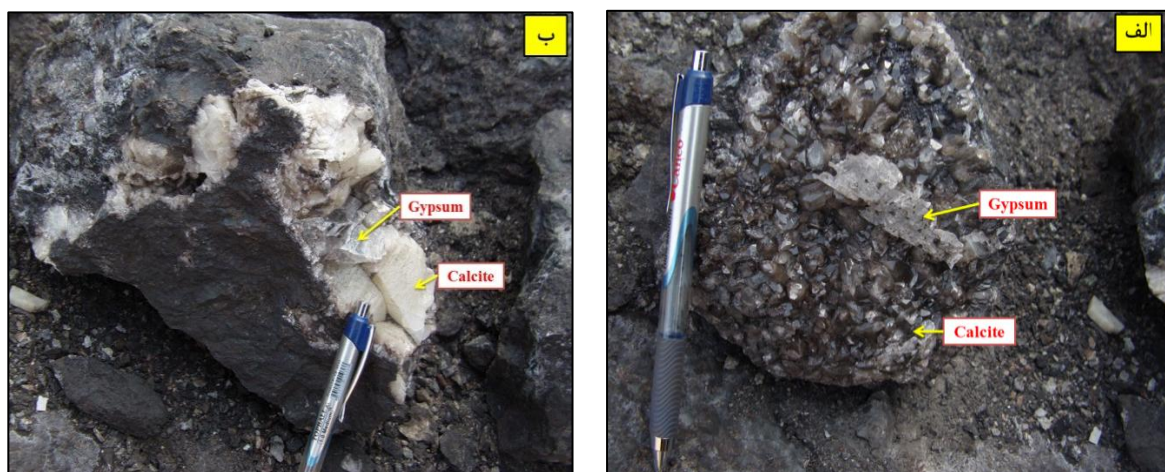
در محدوده معدنی هلالان کلسیت از کانی‌های باطله مهم در همراهی با کانه‌زایی است. این کانی در زمینه کانسنگ به صورت بلورهای خودشکل تا نیمه شکل‌دار و نیز به صورت رگه-رگچه‌های کلسیتی ماده معدنی را قطع کرده است (شکل ۵-۷). در اغلب نمونه‌های مطالعه شده به روش پراش اشعه ایکس (XRD)، کانی کلسیت تشخیص داده شده است. بنابراین با استفاده از این تکنیک نیز می‌توان به وجود این کانی پی برد (شکل ۵-۴).



شکل ۵-۷: الف) تصویر نمونه دستی از یک رگه کلسیتی در کانسنگ منگنز و ب) در تصویر میکروسکوپی از یک رگه کلسیتی در کانسنگ منگنز

۵-۲-۲-۳- ژپس

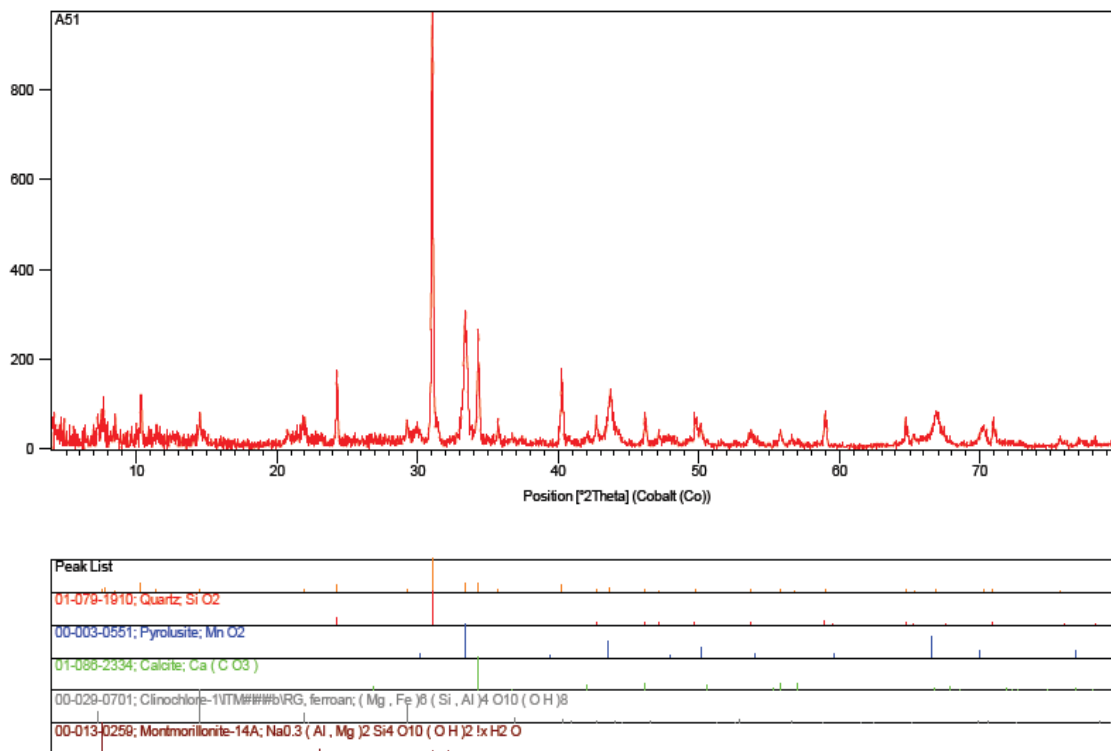
ژپس هم به عنوان یکی از باطله‌های کانسار منگنز هلالان محسوب می‌شود. میزان این کانی در کانسار چندان بالا نیست و بعضی مواقع همراه با کلسیت در رخساره کانسنگ توده‌ای دیده می‌شود (شکل ۵-۸). این کانی احتمالاً در اثر فرایند هوازدگی ایجاد شده است.



شکل ۵-۸: تصویر نمونه دستی از ژپس همراه با کلسیت، الف) ژپس به صورت بلوری روی کلسیت رشد کرده است، ب) ژپس به صورت رگه‌ای همراه با کلسیت دیده می‌شود.

۵-۲-۲-۴- کانی‌های رسی

کانی‌های رسی نیز به مقدار فراوان در کانسار منگنز هلالان به همراه کوارتز و کلسیت دیده می‌شوند. نتایج آنالیز پراش اشعه ایکس (XRD) حضور کانی‌های رسی از جمله مونت‌موریلونیت و کلینوکلر را نشان داده است (شکل ۵-۹). رس‌های مونت‌موریلونیت عمدتاً حاصل تجزیه سنگ‌های بازیک که دارای کانی‌های منیزیم و کلسیم دار هستند، می‌باشد و نیز مونت‌موریلونیت ممکن است با کائولن ظاهر شود. در کانسار مورد مطالعه کانی‌های رسی در اثر دگرسانی آرژیلیتی به وجود آمده‌اند.



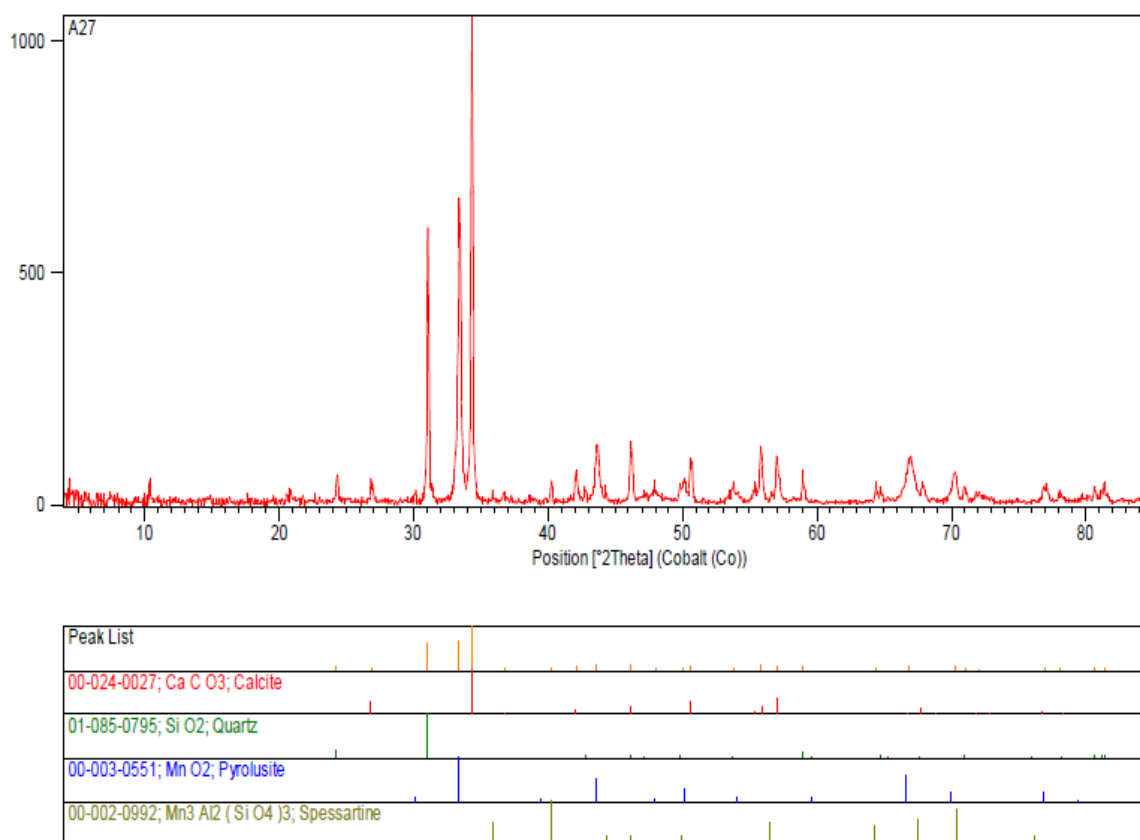
شکل ۵-۹: داده‌های حاصل از آنالیز پراش اشعه ایکس (XRD) که نشان دهنده کانی‌های رسی از جمله مونت‌موریلونیت و کلینوکلر است.

۵-۲-۲-۵- اسپسارتین $Mn_3Al_2(SiO_4)_3$

اسپسارتین نیز به عنوان یکی از باطله‌ها در کانسار هلالان به شمار می‌رود. این کانی جزء خانواده گارنت‌ها محسوب می‌شود و معرف محیط دگرگونی است. اسپسارتین، ایدئوکروماتیک است، به این

فصل پنجم: کانی‌شناسی، ساخت، بافت و توالی پاراژنتیکی

معنی که یک عنصر بنیادی در ترکیب خود دارد، که این عنصر منگنز است و باعث رنگ نارنجی در سنگ می‌شود. البته در صورتی که در ترکیب آن کانی آهن وجود داشته باشد رنگ آن به سمت قرمز تا قرمز تیره تغییر می‌کند. اسپسارتین در مکان‌هایی که دارای پگماتیت‌ها و سنگ‌های دگرگونی ناحیه‌ای باشند، یافت می‌شود. نتایج آنالیزهای پراش اشعه ایکس (XRD) حضور کانی اسپسارتین در کانسار مورد مطالعه را تأیید می‌کند (شکل ۵-۱۰).

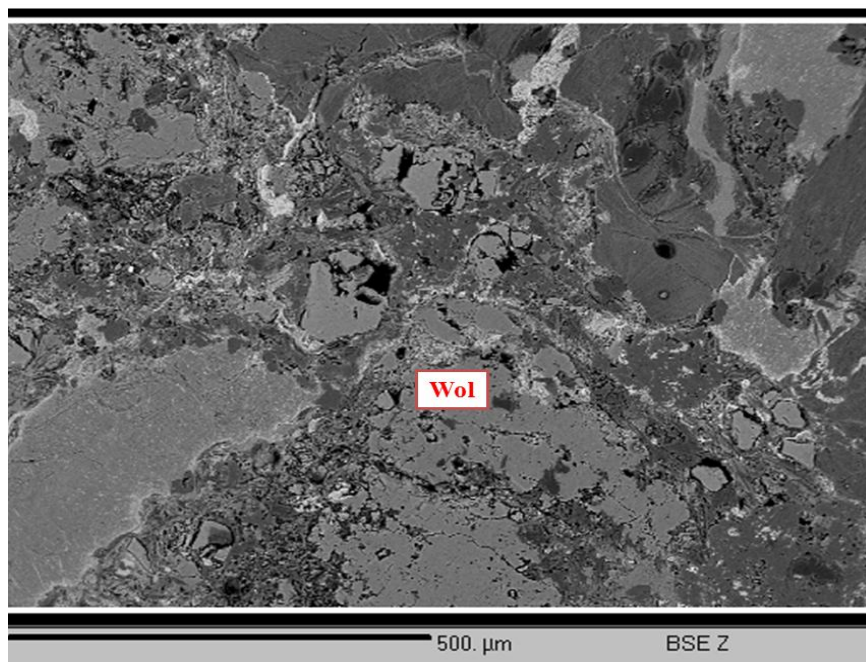


شکل ۵-۱۰: نمودار حاصل از آنالیز پراش اشعه ایکس (XRD) که نشان دهنده حضور کانی اسپسارتین همراه با پیرولولوزیت، کوارتز و کلسیت می‌باشد.

۵-۲-۲-۶-ولاستونیت CaSiO_3

ولاستونیت در نمونه دستی سفید تا خاکستری و به ندرت سبز کم رنگ است. در مطالعات میکروسکوپی در مقطع نازک بی‌رنگ و غالباً ستونی، تیغه‌ای تا فیبری دیده می‌شود. ولاستونیت بیشتر

در زون‌های دگرگونی مجاورتی در آهک‌های حاوی سیلیس از کلسیت و کوارتز تحت واکنش $\text{CaCO}_3 + \text{SiO}_2 \longrightarrow \text{CaSiO}_3 + \text{CO}_2$ تشکیل می‌شود. این کانی در سنگ‌های آهکی دگرگونی ناحیه‌ای کمتر متداول است و در سنگ‌های آذرین قلیایی بندرت دیده می‌شود. حضور کانی مذکور در کانسار مورد مطالعه به وسیله روش تجزیه الکترون میکروپروب مشخص شده است (شکل ۵-۱۱).



شکل ۵-۱۱: تصویر میکروسکوپی (BSE) از کانی ولستونیت (Wol) در داخل کانسنگ.

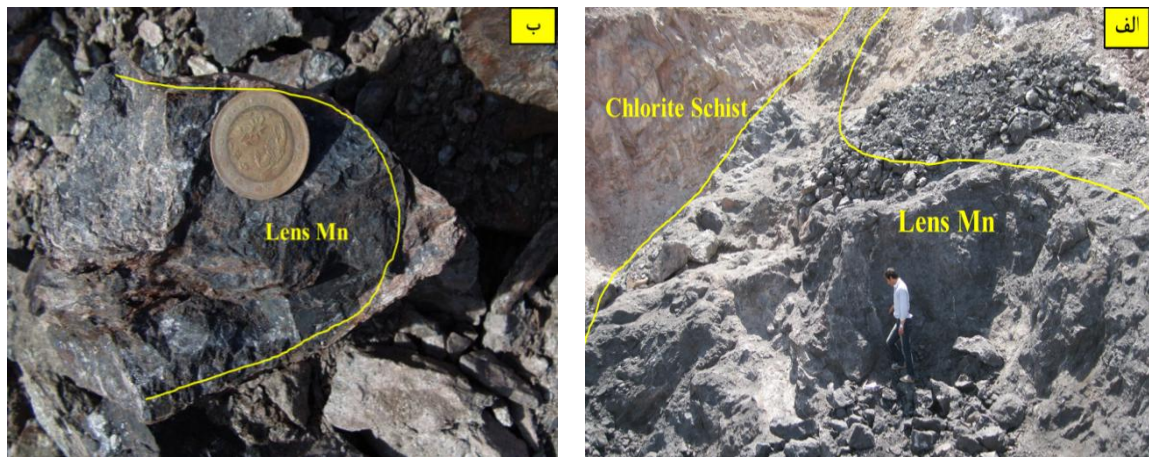
۵-۳- ساخت و بافت کانسنگ

براساس مشاهدات صحرایی، نمونه دستی و میکروسکوپی انواع ساخت و بافت کانسار شناسایی شدند که عبارتند از:

مهم‌ترین ساخت‌ها: لایه‌ای، عدسی، توده‌ای، رگه‌ای و مهم‌ترین بافت‌ها: توده‌ای، نواری، رگه - رگچه‌ای، دانه پراکنده، پرکننده فضای خالی، جانشینی و کلوفرمی.

۵-۳-۱- ساخت عدسی

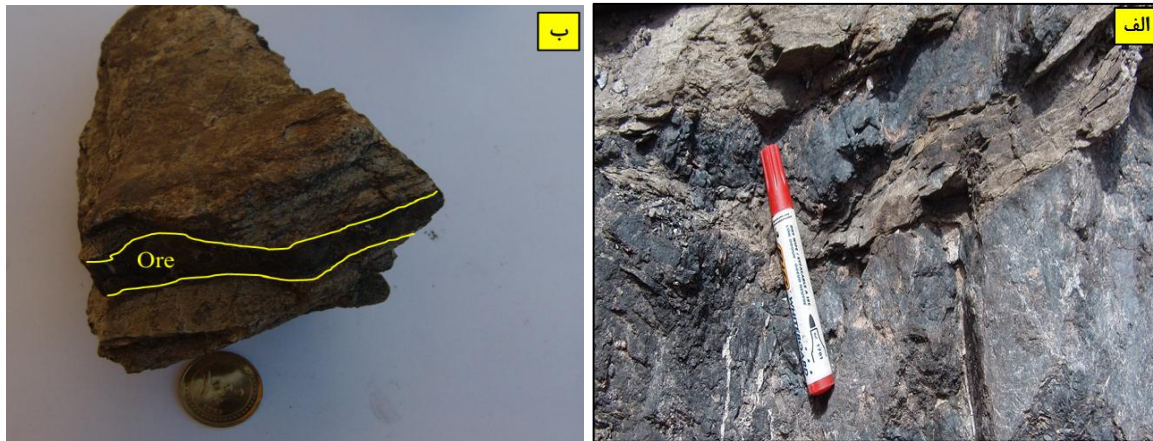
این ساخت در رخساره توده‌ای قابل مشاهده است که در آن ماده معدنی به صورت عدسی و هم‌روند با سنگ‌های دربرگیرنده قرار گرفته است. ساخت عدسی ماده معدنی را می‌توان این گونه توجیه کرد که یا ماده معدنی در نزدیک محل خروج سیال که غلظت عنصر منگنز خیلی بالا بوده به صورت عدسی تشکیل شده و یا اینکه بعد از تشکیل ماده معدنی فرایند دگرگونی در نتیجه فشارهای جانبی باعث ایجاد ساخت عدسی در کانسنگ شده است (شکل ۵-۱۲).



شکل ۵-۱۲: ساخت عدسی کانسنگ در سطح زمین که در آن ماده معدنی به صورت عدسی و هم‌روند با سنگ‌های دربرگیرنده قرار گرفته است.

۵-۳-۲- ساخت لایه‌ای

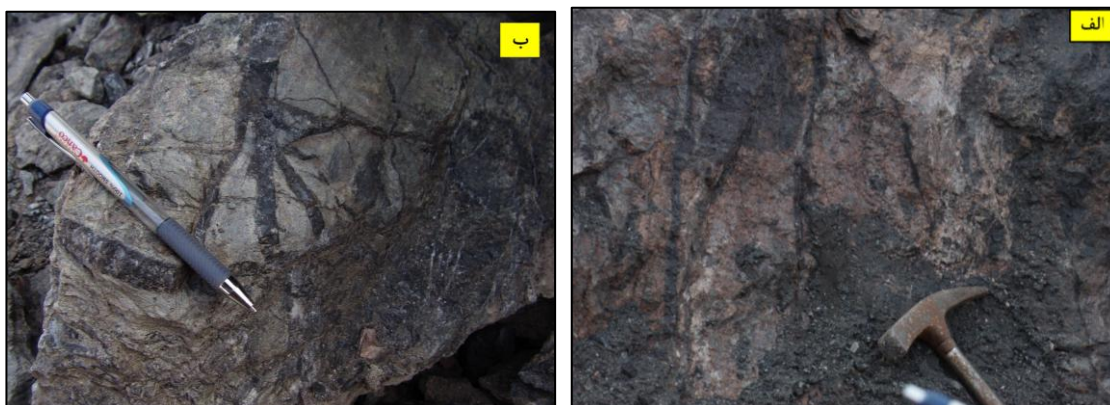
این ساخت خاص رخساره لایه‌ای است و در آن ترکیبات اولیه منگنز به صورت نوارهای سیاه رنگ (اندازه نوارها از میلی‌متر تا سانتی‌متر متغیر است) و به شکل افشان در کلریت شیست‌های میزبان تشکیل شده‌اند. این نوارهای غنی از ترکیبات منگنز به صورت متناوب با کلریت شیست‌ها قرار گرفته‌اند و در اکثر موارد نوارهای ماده معدنی در اثر فرایند دگرگونی چین خورده‌اند که وجود چنین ساخت لایه‌ای و هم‌یافتی این مجموعه با سنگ‌های کربناته بیانگر تشکیل آن‌ها در محیط رسوبی به صورت چین‌ه‌سان می‌باشند (شکل ۵-۱۳).

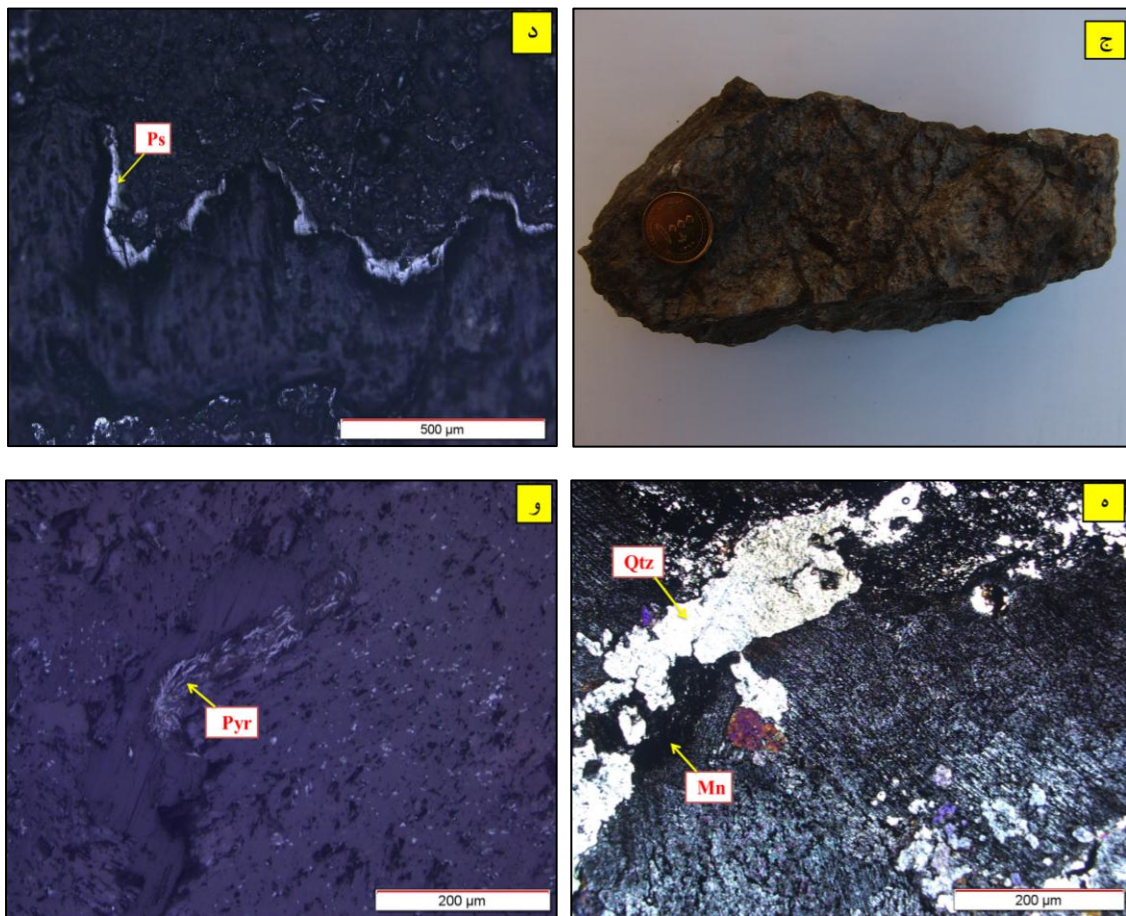


شکل ۵-۱۳: الف) نمایی از ساخت لایه‌ای در کانسنگ منگنز هلالان در سطح زمین، ب) ساخت لایه‌ای در نمونه دستی.

۵-۳-۳- ساخت و بافت رگه- رگچه‌ای

یکی از عمده‌ترین سیماهای مواد معدنی در بخش کانه‌دار، حضور آن‌ها به صورت رگه- رگچه‌ای است که ابعاد آن‌ها از میلی‌متری تا سانتی‌متری متغیر است که هم در مقیاس رخنمون و هم مقیاس میکروسکوپی قابل مشاهده است. این بافت در زون کانه‌دار شامل رگه- رگچه‌های سیلیسی بارداری و بدون بار می‌باشد که رگه- رگچه‌های سیلیسی بارداری عمدتاً کانی‌شناسی ساده داشته و متشکل از کانی‌های کوارتز و کلسیت به همراه کانه‌زایی اکسیدهای منگنز هستند. کانی‌های پیرولوزیت و پسیلوملان از عمده‌ترین کانی‌های اکسیدی منگنز هستند که در این نوع بافت دیده می‌شوند (شکل ۵-۱۴).

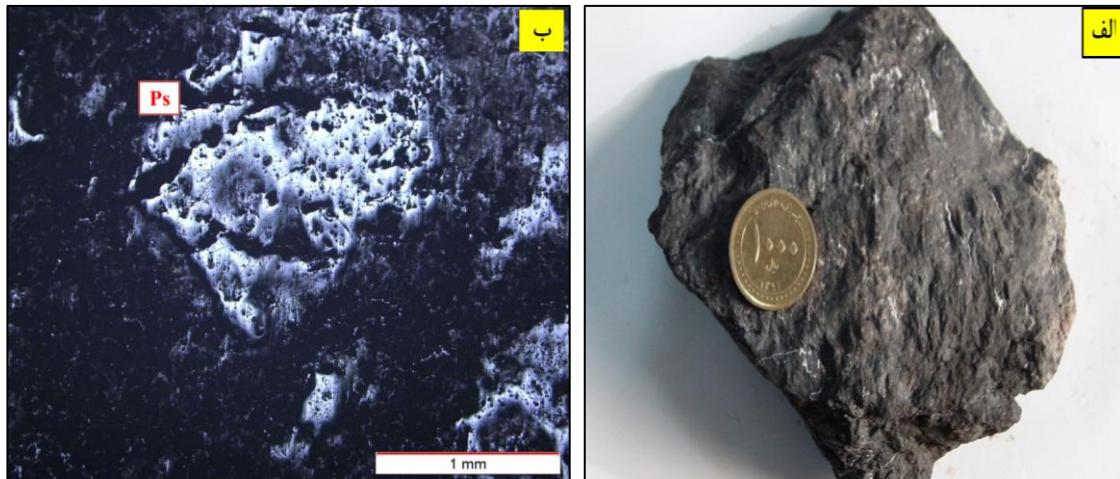




شکل ۵-۱۴: الف، ب و ج) نمایی از ساخت رگه- رگچه‌ای در سطح زمین و در نمونه دستی. د، ه و و) تصویر میکروسکوپی از بافت رگه- رگچه‌ای که در آن رگه‌های سیلیسی عمدتاً شامل کانی‌های کوارتز (Qtz)، پیرولولزیت (Pyr) و پسیلوملان (Ps) می‌باشند.

۵-۳-۴- بافت توده‌ای

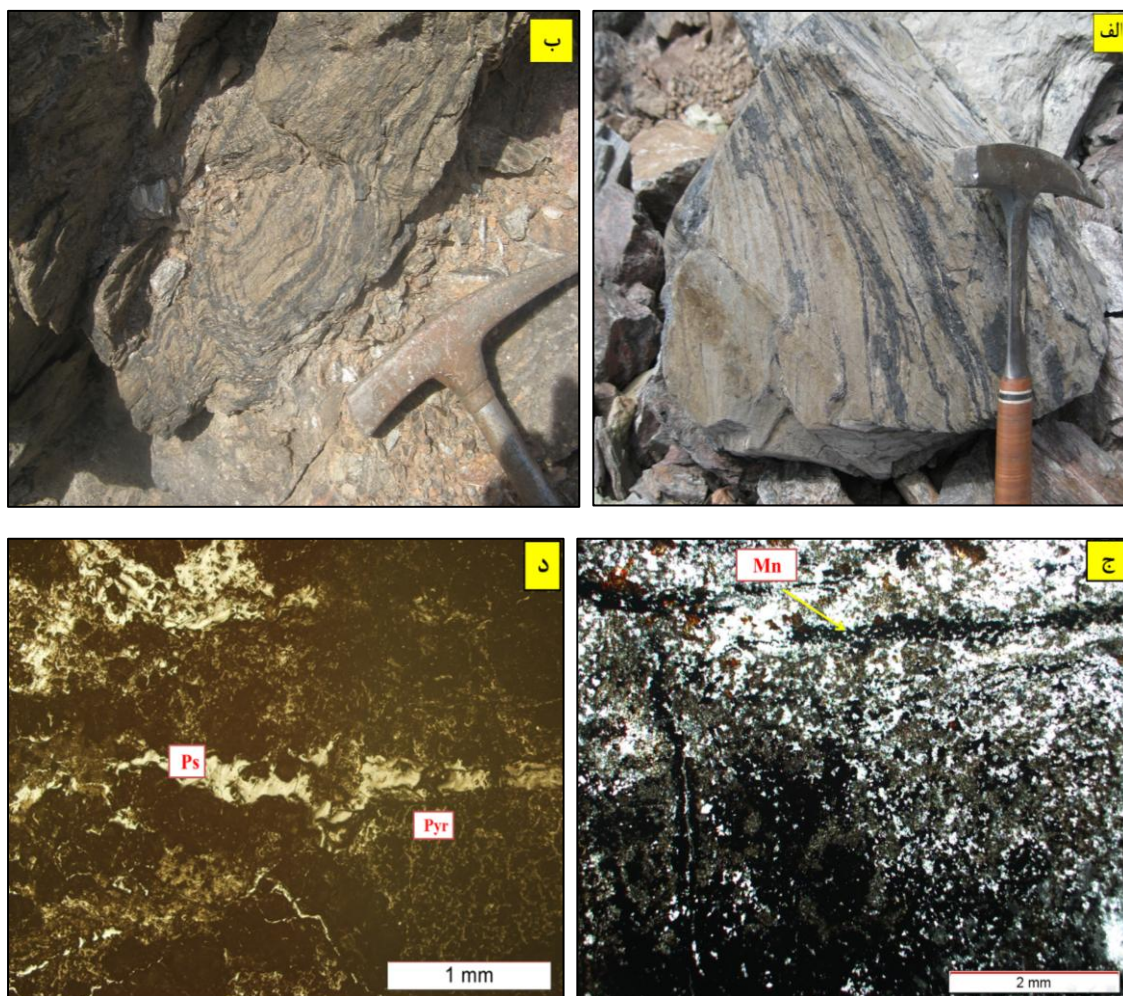
این بافت به فراوانی در طول افق کانه‌دار و به ویژه در محل‌های در حال استخراج، در مقیاس‌های مختلف مشاهده می‌شود (شکل ۵-۱۵). پیرولولزیت و پسیلوملان مهم‌ترین کانی‌های تشکیل دهنده این بافت می‌باشند که به صورت توده‌ای همراه با باطله سیلیسی یافت می‌شوند.



شکل ۵-۱۵: الف) نمایشی از بافت توده‌ای ماده معدنی در نمونه دستی که غنی از اکسیدهای منگنز می‌باشد. ب) تصویر میکروسکوپی از این بافت که غنی از پسیلوملان (Ps) می‌باشد.

۵-۳-۵- بافت لامینه و نواری

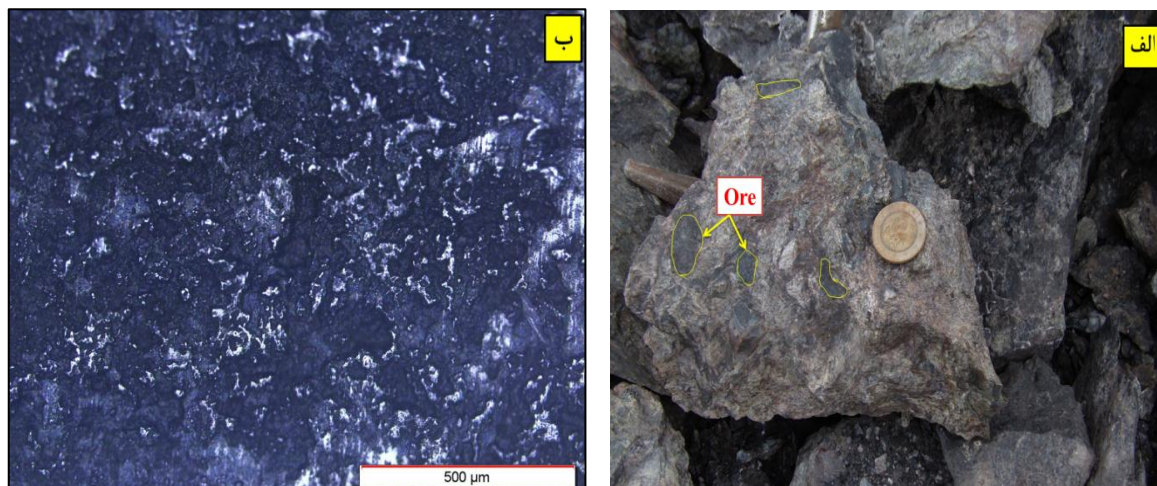
بافت نواری از شاخص‌ترین بافت‌های موجود در کانسار هلالان است که هم‌زمان با رسوب‌گذاری تشکیل شده و شرایط رسوبی اولیه را نشان می‌دهد. شکل (۵-۱۶) نمونه‌ای از لامینه‌های موجود در کانسار مورد مطالعه را نشان می‌دهد که شامل تناوب لایه‌های منگنزدار (نوارهای سیاه) با شیست‌ها می‌باشد و نشانگر هم‌زمانی نهشتگی منگنز با رسوب‌گذاری است. این لامینه‌ها به طور عمده از پیرولوژیت و پسیلوملان تشکیل شده‌اند. در مطالعات میکروسکوپی علاوه بر کانی‌های اکسیدی منگنز کانی‌های کوارتز و کلسیت نیز دیده می‌شوند. در مقیاس رخنمون این لامینه‌ها هم‌روند با لایه‌بندی بوده و ضخامت آن‌ها متغیر بوده و از میلی‌متری تا سانتی‌متری تغییر می‌نماید. در اکثر نمونه‌ها تأثیر فرایند دگرگونی به صورت چین‌خوردگی در لامینه‌ها مشاهده می‌شود. این بافت عمدتاً در رخساره کانسنگ لایه‌ای و بخش‌های کم عیار ماده معدنی مشاهده می‌شود.



شکل ۵-۱۶: الف) تصویر صحرایی از بافت لامینه و نواری، ب) نمونه‌ای از لامینه‌های چین‌خورده ماده معدنی در اثر فرایند دگرگونی. ج) تصویر میکروسکوپی نور عبوری و د) نور انعکاسی از لامینه‌های ماده معدنی که غنی از پسیلوملان (Ps) و پیرولوزیت (Pyr) هستند.

۵-۳-۶- بافت دانه پراکنده

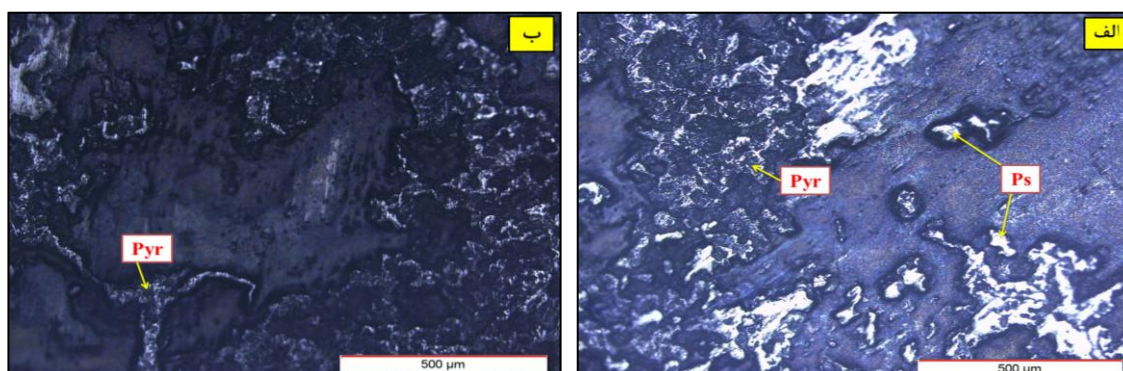
یکی دیگر از بافت‌هایی است که در این کانسار مشاهده می‌شود. گسترش این بافت را تقریباً در سراسر سنگ‌های درونگیر ماده معدنی در افق کانه‌دار می‌توان مشاهده کرد که دانه‌های پراکنده اکسیدهای منگنز در متن کلریت شایسته‌ها و سنگ‌های کربناته دیده می‌شود (شکل ۵-۱۷). این بافت از جمله بافت‌های مهمی است که شواهد زایشی بسیار ارزشمندی در اختیار می‌گذارد و نشانگر نهشت اولیه ماده معدنی در حین رسوب‌گذاری همراه با دیگر ذرات تشکیل دهنده سنگ می‌باشد.

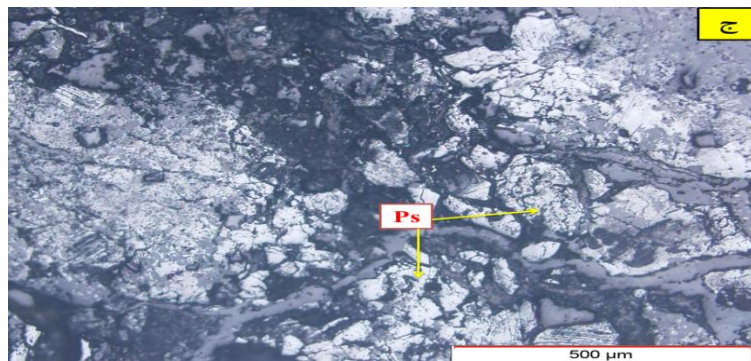


شکل ۵-۱۷: الف) نمایی از بافت دانه پراکنده در نمونه دستی که در آن اکسیدهای منگنز به صورت پراکنده در سنگ میزبان کلریت شیبست قرار گرفته‌اند، ب) تصویر میکروسکوپی از این بافت که در آن پسیلوملان به صورت دانه پراکنده در زمینه باطله قرار گرفته است.

۵-۳-۷- بافت پرکننده فضای خالی

این بافت یکی دیگر از بافت‌های دربردارنده ماده معدنی است که در آن محلول‌های گرمایی فضاهای خالی و تخلخل سنگ را پر کرده‌اند که این فضاهای خالی ممکن است اولیه و یا ناشی از فرایندهای دیاژنتیکی باشند. در واقع فرایند دیاژنز فضاهای خالی زیادی را در سنگ ایجاد کرده است که این فضاها مکان مناسبی برای تمرکز مواد معدنی شده‌اند. و عمدتاً حاوی انواع اکسیدهای منگنز غالباً پیرولولوزیت است (شکل ۵-۱۸).

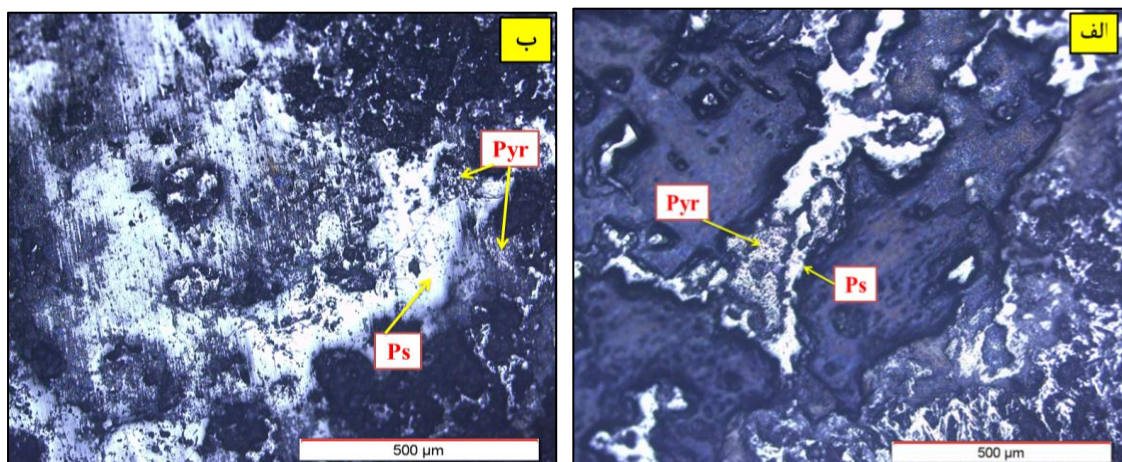




شکل ۵-۱۸: الف) تصویر میکروسکوپی از بافت پرکننده فضای خالی که در آن پیرولولزیت (Pyr) و پسیلوملان (Ps) فضاهای خالی را پر کرده‌اند. ب) کانی پیرولولزیت (Pyr) رگچه‌ها را پر کرده است. ج) کانی پسیلوملان (Ps) فضای برشی را پر کرده است.

۵-۳-۸- بافت جانشینی

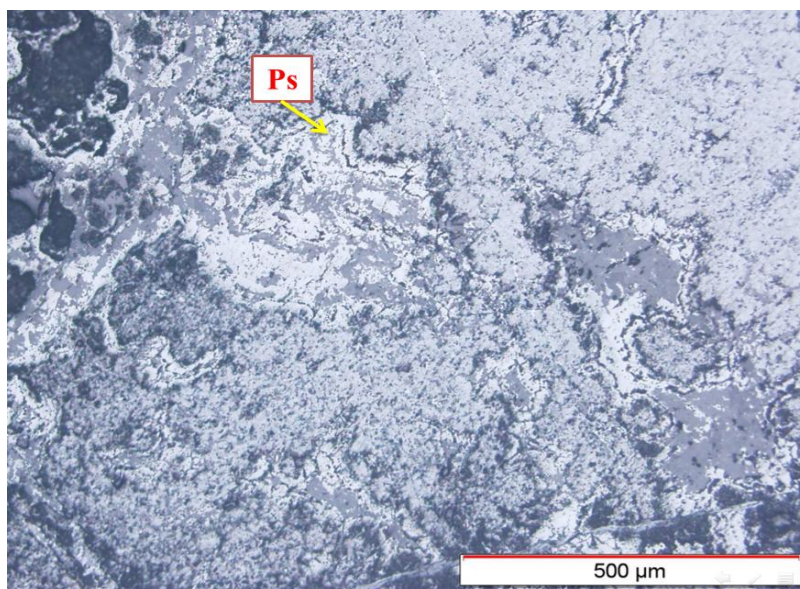
این بافت، یکی از بافت‌های ثانویه کانسار است، به گونه‌ای که در آن کانی‌های آبدار منگنز مانند پسیلوملان در حال تبدیل شدن به کانی‌های بی‌آب مانند پیرولولزیت می‌باشد. بافت جانشینی ثانویه ناشی از عملکرد فرایند دگرگونی است که موجب آب‌زدایی و تبدیل پسیلوملان به پیرولولزیت شده است (شکل ۵-۱۹).



شکل ۵-۱۹: تصویر میکروسکوپی از بافت جانشینی، الف و ب) جانشین شدن پسیلوملان (Ps) توسط پیرولولزیت (Pyr).

۵-۳-۹- بافت کلوفرمی (بوتروئیدال)

وجود بافت کلوفرمی در منطقه نشانگر جریان آزاد سیالات گرمایی در مسیر حرکت است و در واقع نشانگر بیشتر بودن فشار سیال نسبت به فشار لیتوستاتیک در زمان کانی‌سازی است که کانه توانسته در فضاهای باز و خالی تشکیل شود. همچنین نشانگر کانی‌سازی در محیط آرام، کم‌عمق و دمای کم است. کانی‌های تشکیل دهنده این بافت بیشتر پسیلوملان می‌باشد (شکل ۵-۲۰).



شکل ۵-۲۰: تصویر میکروسکوپی از بافت پسیلوملان که در آن کانی پسیلوملان (Ps) به صورت بوتروئیدال تشکیل شده است.

۵-۴- توالی پاراژنتیک کانی‌ها

توالی پاراژنتیک معرف ترتیب یا تقدم و تأخر نهشته شدن کانی‌ها به صورت فازهای جدا یا مجموعه کانی‌ها در یک کانسار است (باتز و جکسون، ۱۹۸۰). از آنجایی که یک کانسار در طی مجموعه فرایندهایی تشکیل می‌شود که هر یک از این فرایندها، با تأثیر مشخصی بر سنگ میزبان و کانی‌های موجود همراه است، با بررسی تشکیل هر یک از این کانی‌ها در بستر زمان و ارتباط آن‌ها با دیگر

کانی‌ها و سرانجام کنار هم نهادن و ساماندهی این دانسته‌ها می‌توان معماری پیچیده توالی پاراژنتیک و کانی‌شناسی را به رشته نظم کشید. چون مطالعه کانی‌شناسی و پاراژنز کانی‌ها، اطلاعات سودمندی درباره ویژگی‌های محیط ته‌نشست کانسار در اختیار می‌گذارد و رفتار کانی‌های تشکیل دهنده هر کانسار، بازتاب ویژگی‌های شکل دهنده آن کانسار است (کریگ و ووقان، ۱۹۹۴)، براساس مطالعات میکروسکوپی و بافتی به تنظیم توالی پاراژنتیک در جدول (۵-۳) پرداخته شده است.

براساس مطالعات صحرایی، بررسی نمونه‌های دستی، مطالعات میکروسکوپی و بر مبنای روابط بافتی موجود بین کانه‌ها و باطله‌ها می‌توان گفت سیر تحول کانی‌سازی یا به عبارت دیگر پاراژنز کانسار منگنز هلالان طی مراحل زیر صورت گرفته است:

الف) مرحله برون‌دمی - رسوبی: در این مرحله در اثر فعالیت‌های آتشفشانی- برون‌دمی، اجزای مواد معدنی از جمله کاتیون‌های دوظرفیتی آهن، منگنز و سیلیس وارد حوضه رسوبی شده‌اند. سپس در بخش‌های کم‌عمق و اکسیدان حوضه رسوبی که شرایط برای تشکیل اکسیدهای منگنز مهیا بوده، نسل اول کانی‌های اکسیدی منگنز مانند پیرولوزیت، پسیلوملان، هولاندیت و نیز براونیت تشکیل شده‌اند و در ادامه با توجه به دور شدن سیال از محل خروج و آرام بودن محیط رسوب‌گذاری، اکسیدهای منگنز هم‌چون پیرولوزیت و پسیلوملان به صورت لامینه تشکیل شده‌اند. به طور کلی ماده معدنی در این مرحله به صورت بافت‌های رگه- رگچه‌ای، برشی، توده‌ای، دانه پراکنده، لامینه، کلوفرمی و پرکننده فضای خالی ته‌نشست کرده است.

ب) مرحله دیاژنز: دیاژنز در واقع مجموعه‌ای از فرایندهای فیزیکی، شیمیایی و بیوشیمیایی است که بلافاصله بعد از ته‌نشست نهایی رسوبات بر روی آن‌ها تأثیر می‌گذارد. این فرایند شامل فشردگی، سیمانی شدن، انحلال، جانشینی و دگرسانی تا مرحله قبل از دگرگونی می‌شود. در این مرحله کانی‌های ثانویه منگنز تشکیل می‌شوند به این صورت که کانی‌های آب‌دار منگنز مانند پسیلوملان و هولاندیت در اثر دیاژنز به کانی‌های بی‌آب مانند پیرولوزیت تبدیل می‌شوند. هم‌چنین شرایط برای

تشکیل کانی براونیت با افزایش دما و فشار ضمن دیاژنز فراهم می‌شود و می‌تواند تا مرحله دگرگونی حضور داشته باشد.

ج) دگرگونی ناحیه‌ای: در مرحله دگرگونی ماده معدنی همراه با سنگ دربرگیرنده تحت تأثیر یک فاز دگرگونی در حد رخساره شیست سبز قرار گرفته است. فرایند دگرگونی باعث چین‌خوردگی نوارهای کانی‌های منگنز از جمله پسیلوملان و پیرولولوزیت شده است. این فرایند همچنین باعث تشکیل کانی‌های منگنز مانند پیرولولوزیت به صورت ثانویه شده است به این صورت که در اثر دگرگونی کانی‌های بی‌آب منگنز مانند پیرولولوزیت جانشین کانی‌های آب‌دار مانند پسیلوملان شده‌اند. فرایند دگرگونی همچنین باعث ایجاد یک سری رگه‌های ثانویه کوارتز و کلسیت شده است که پیکره ماده معدنی را قطع کرده‌اند.

د) مرحله هوازدگی (سوپرژن): مرحله هوازدگی یا آخرین مرحله تکوین کانسار هلالان، شامل فرایندهای سوپرژن و هوازدگی بر روی بخش‌های کانه‌دار کانسار است. تشکیل کانی‌های ثانویه از جمله پیرولولوزیت و کانی‌های باطله از جمله ژیپس به صورت ثانویه مربوط به این مرحله می‌باشند.

مراحل تشکیل کانی‌های کانسار منگنز هلالان در جدول (۵-۳) نشان داده شده است.

فصل پنجم: کانی‌شناسی، ساخت، بافت و توالی پاراژنتیکی

جدول ۵-۳: توالی پاراژنتیک کانه‌ها، کانی‌ها و ساخت و بافت مربوط به آن‌ها در کانسار منگنز هلالان

Stages Minerals		Volcano - sedimentary	Diagenesis	Metamorphism and deformation	Weathering (supergene)
Pyrolusite		—————	—————	—————	—————
Psilomelane		—————	———	———	
Braunite		—————	—————		
Hollandite		—————			
Quartz		—————	—————	—————	
Calcite		—————	—————	—————	
Gypsum					—————
Textures	Massive	—————	—————		
	Banded- Laminated	—————			
	Disseminated	—————			
	Replacement	—————	—————	—————	
	Vain- Veinlet	—————	—————	—————	
	Colloform	—————	———		

فصل ششم

ژئوسمیی

۶-۱- مقدمه

یکی از مباحث اصلی و ضروری در شناخت دقیق و کامل هر کانسار، انجام مطالعات ژئوشیمیایی است. در مطالعات ژئوشیمیایی، نحوه پراکندگی عناصر مختلف در واحدهای سنگی و پهنه‌های کانه‌دار و ارتباط و همبستگی این عناصر با یکدیگر مدنظر می‌باشد. با بررسی این روابط می‌توان تا حدودی به محیط و فرایندهای مؤثر در تشکیل کانسار پی برد (هدنکوئیست^۱ و همکاران، ۲۰۰۰). علم ژئوشیمی با توزیع و مهاجرت عناصر شیمیایی در درون زمین و در ابعاد زمان و مکان سروکار دارد (میسون و مر^۲، ۱۹۸۲). از آنجایی که سنگ، یک سیستم شیمیایی به حساب می‌آید و تغییرات شیمیایی در آن متأثر از عوامل مختلفی است که با به هم زدن تعادل قبلی، تعادل جدیدی را برای سنگ به وجود می‌آورد، لذا رفتار ژئوشیمیایی عناصر، در مهاجرت از یک سیستم سنگی و یا ورود به آن سیستم نقش مهمی را در ایجاد این تغییرات ایفا می‌کند. اثر این مهاجرت و جابجایی عناصر که به فاکتورهای ژئوشیمیایی محیط از جمله عوامل Eh، pH، فوگاسیته اکسیژن و... و یا ترکیبی از آن‌ها بستگی دارد، در بازسازی شرایط فیزیکوشیمیایی سنگ کمک شایانی می‌نماید. آگاهی به این موارد می‌تواند راهنمای بسیار خوبی در فهم نحوه و مراحل تشکیل ماده معدنی باشد و به همراه سایر اطلاعات به عنوان یک ابزار اکتشافی قدرتمند در پی‌جویی کانسارهای مشابه، نقش بسزایی داشته باشد.

در این بخش به منظور تعیین ترکیب شیمیایی و بررسی ضریب همبستگی عناصر و توزیع آن‌ها در واحدهای سنگی موجود و همچنین اطلاع از چگونگی و میزان تمرکز عناصر گوناگون در کانسنگ منگنز هالالان، نمونه‌گیری لیتوژئوشیمیایی صورت گرفته است. سپس نمونه‌ها به روش XRF و ICP-OES مورد آنالیز قرار گرفته و نتایج حاصل از آن‌ها برای مطالعه تغییرات عناصر در ستون‌های لیتوژئوشیمیایی و شیمی کانسنگ مورد استفاده قرار گرفته است. اما قبل از هر چیزی در ابتدای این فصل ویژگی‌های منگنز و کلیاتی از ژئوشیمی این عنصر ارائه شده است.

1-Hedenquist

2-Mason and Moore

۶-۲- خصوصیات منگنز

۶-۲-۱- خصوصیات فیزیکوشیمیایی منگنز

منگنز فلزی با نماد Mn، به رنگ سفید، خاکستری-نقره‌ای با هاله مایل به صورتی با عدد اتمی ۲۵، وزن اتمی ۵۴/۹۴، وزن مخصوص $7/43 \text{ gr/cm}^3$ ، در مقیاس موس سختی ۶، جلائی فلزی، شکننده و غیرقابل انعطاف، نقطه جوش 1962° و نقطه ذوب 1244° می‌باشد. منگنز در گروه هفتم (VII) جدول تناوبی و در دوره چهارم قرار دارد. این عنصر در طبیعت به صورت خالص تشکیل نمی‌شود و بیشتر به صورت اکسید، هیدروکسید، کربنات و سیلیکات وجود دارد.

۶-۲-۲- ژئوشیمی منگنز

منگنز از لحاظ فراوانی دهمین عنصر در پوسته زمین با کلارک حدود ۰/۱ درصد است، که در سنگ‌های بازی و فوق‌بازی تا ۱/۵ درصد نیز دیده می‌شود. پراکندگی آن در لیتوسفر مشابه آهن در نظر گرفته می‌شود، که این معمول همسانی یون‌های ۲ ظرفیتی آهن و منگنز می‌باشد. مقدار متوسط منگنز در سنگ‌های رسوبی ۰/۰۵۶ درصد، در سنگ‌های کربناته ۰/۰۸ درصد و در ماسه سنگ‌ها حداکثر ۰/۰۵ درصد می‌باشد. این نسبت برای سنگ‌های بازیک ۰/۰۲۳ درصد و برای سنگ‌های آذرین حدوداً ۰/۲ درصد است (روی، ۱۹۸۱). منگنز و آهن بسیار شبیه به هم بوده اما شیمی آنها در جزئیات با هم تفاوت می‌کنند، مثلاً هر دو ترکیبات اکسیدی و سولفیدی، کربناتی و سیلیکاتی ایجاد می‌کنند و نیز هر دو در شرایط سطحی به آسانی اکسیده شده و اکسیدهای بسیار انحلال‌ناپذیری را به وجود می‌آورند.

۶-۲-۱- ژئوشیمی منگنز در محیط ماگمایی

منگنز در ماگما به صورت یون دو ظرفیتی عمل نموده و در سنگ‌های آذرین جایگزین آهن دو ظرفیتی می‌شود و افزایش نسبی در نسبت Mn/Fe در مراحل تفریق پسین دیده می‌شود. Mn دو ظرفیتی جایگزین Fe دو ظرفیتی می‌شود و Mn چهار ظرفیتی ایزومورف Fe سه ظرفیتی است. منگنز به سبب شعاع یونی بزرگی که در حالت دو ظرفیتی دارد، طی آخرین مراحل تبلور ماگما در پگماتیت‌ها متمرکز شده و کانی‌های غنی از منگنز را تشکیل می‌دهد. و یا در نهشته‌های پنوماتولیتی شرکت می‌کند، گاهی نیز به صورت دودخانی به بستر حوضه رسوبی راه می‌یابد. بنابراین تشکیل کانسارهای گرمابی منگنز تابع ترکیب شیمیایی اولیه ماگما، درجه حرارت و فشار محلول کانه‌ساز در یک محیط ژئوشیمیایی اولیه است.

۶-۲-۲- ژئوشیمی منگنز در محیط‌های رسوبی

در محیط‌های سطحی طی فرایندهای فرسایش و حمل نوعی تفریق یا جدایش در عناصر رخ می‌دهد. در اولین مرحله رسوب‌گذاری مجموعه‌های کنگلومرایی، ماسه‌سنگی و سیلتی حاصل از فرسایش با حداقل متوسط منگنز همراهند و لذا منگنز حاصل از تخریب شیمیایی سنگ‌ها به صورت یون محلول یا هیدروکسید و اکسیدهای کلوئیدی هم‌چنان در محلول باقی مانده و حمل می‌گردد. مرحله دوم رسوب‌گذاری شامل نهشت شیل‌ها و کربنات‌ها است؛ در این مرحله منگنز بر حسب وضعیت شیمیایی محیط (Eh، pH و تمرکز یون‌های مختلف) رسوب می‌کنند. بنابراین تشکیل کانسارهای رسوبی و آتشفشانی- رسوبی منگنز به شدت تابع شیمی محیط رسوبی می‌باشد، از طرفی پتانسیل اکسیداسیون و احیا (Eh) و غلظت یا تراکم یون هیدروژن (pH) دو عامل کنترل کننده شیمی محلول‌های آبی هستند. منگنز حلالیت بسیار بالایی در آب دارد، به طوری که روابط pH و Eh برای پایداری Mn^{+2} محلول، یک محدوده بزرگتری را نسبت به اکسیدهای جامد آن نشان می‌دهد (مینارد، ۱۹۸۳)، جدول

(۱-۶) که میزان حلالیت منگنز و آهن در آب دریا و مدت حضور آنها به صورت محلول را نشان می‌دهد، نیز تأییدی بر جمله فوق می‌باشد.

جدول ۱-۶: مقایسه غلظت و حلالیت منگنز با آهن (مینارد، ۱۹۸۳).

عنصر	غلظت در آب رودخانه (میکروگرم بر لیتر)	غلظت در آب دریا (میکروگرم بر لیتر)	مدت حضور در اقیانوس (بر حسب سال)
Mn	۷	۲	1×10^4
Fe	۶۷۰	۳	2×10^2

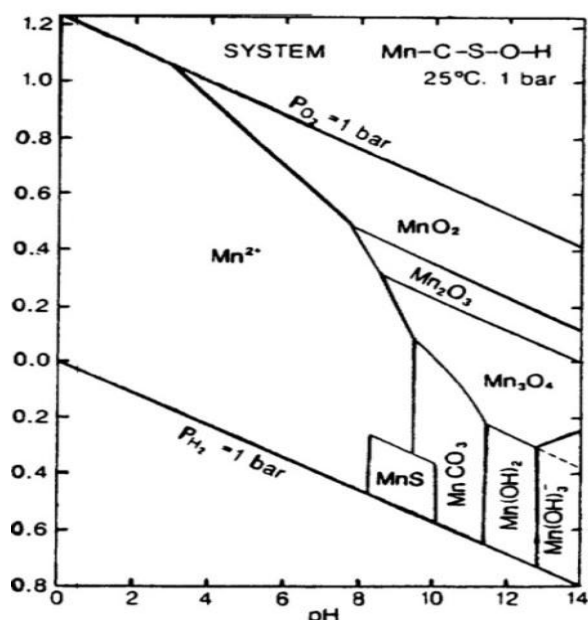
شکل (۱-۶)، محدوده‌های سیستم Mn- C- S- O- H پایدارى بعضی از اکسیدها و کربنات‌های مهم منگنز را بر حسب تغییرات pH و Eh محیط نشان می‌دهد که یون منگنز دو ظرفیتی در شرایط وسیعی از pH و Eh پایدار است. اکسیدهای منگنز مانند MnO_2 ، Mn_3O_4 و MnO در شرایط pH قلیایی و شرایط اکسیدان و هیدروکسیدهای منگنز $Mn(OH)_2$ و $Mn(OH)_3$ در شرایط pH قلیایی و شرایط احیایی تشکیل می‌شوند. در شرایط هوازدگی سطحی و نزدیک به سطح پلی‌مرف‌های مختلف MnO_2 مانند پیرولولوزیت، رامسدلیت و نزوتیت تشکیل می‌شوند (پست، ۱۹۹۹). در شرایطی که کربن و گوگرد نیز در محیط حضور داشته باشند کانی‌های سولفیدی و کربناتی منگنز می‌توانند در شرایط قلیایی و احیاء تشکیل شوند. در صورت فراوانی عنصر آهن در محیط کانی‌های آهن و منگنز مانند بیکسبایت $(Mn,Fe)_2O_4$ و جاکوپسیت $MnFe_2O_4$ تشکیل می‌شوند. در محیط‌های رسوبی خواص ژئوشیمیایی منگنز، تابع شرایط اکسیداسیون و احیاء محیط است. همچنین تشکیل ترکیبات مختلف توسط مقدار CO_2 و منگنز در آب کنترل می‌شود. حلالیت اکسید منگنز در آب‌های طبیعی حدود دوهزار گرم در تن است. آب‌های احیایی دارای pH طبیعی، منگنز را به صورت یون دو ظرفیتی در خود حل خواهند کرد و چنانچه pH افزایش یابد منگنز به صورت کربنات نهشته می‌شود. در pH

طبیعی مقدار منگنز محلول در آب‌های احيایی بسیار بیشتر از آب‌های اکسیدان می‌باشد، به عبارت دیگر در pH طبیعی و محیط اکسیدان، منگنز به صورت اکسید رسوب خواهد کرد، اما در pH طبیعی و محیط احياء، منگنز به صورت محلول می‌ماند. در pH قلیایی و محیط احياء نیز منگنز به صورت کربنات نهشته می‌شود. pH و Eh متناسب برای نهشت سولفید منگنز به ندرت در محیط‌های رسوبی برقرار می‌شود. محدوده کوچک پایداری آلاباندیت نشان می‌دهد که pH و Eh مناسب برای نهشت سولفید منگنز به ندرت در محیط‌های رسوبی برقرار می‌شود (شکل ۶-۱).

مواد آلی از جمله عوامل کنترل کننده تحرک ژئوشیمیایی منگنز در محیط‌های سطحی هستند. تجمع و پوسیدگی مواد گیاهی بر روی سنگ‌ها، عاملی برای جدایش منگنز است. در خاک‌های نواحی سرد و مرطوب (در افق A و B خاک نواحی تندرا) که pH اسیدی است، مقدار زیادی اسیدهای آلی وجود دارد و منگنز را حمل می‌کنند. این محلول‌ها به سمت پایین حرکت کرده و روی افق C جاری می‌شوند. در این شرایط منگنز بیشترین تحرک را دارد و به صورت ترکیبات آلی غنی از فلز از سنگ بستر جدا و حمل می‌گردد. اما در آب و هوای گرم و مرطوب با pH خنثی (خاک‌های نواحی استوایی) ترکیبات آلی منگنزدار به صورت درجا ایجاد می‌شوند و قدرت حمل مواد ناچیز است. لذا تحرک منگنز کمتر از نواحی تندرا است. اکسیداسیون منطقه هوازده در آب و هوای گرم و خشک باعث تشکیل اکسیدهای منگنز می‌گردد. اما محیط غالباً قلیایی است و جدایش منگنز از سنگ‌ها فقط در سطح سنگ رخ می‌دهد. به علت تحرک ناچیز منگنز در این محیط‌ها، پوششی از اکسیدهای منگنز و آهن ایجاد می‌گردد که به ورنی صحرا معروف است.

مواد آلی در محیط‌های خشکی به صورت جذب سطحی یا تبادل یونی منگنز را جذب می‌کنند و گاهی نیز یک یون منگنز (Mn^{+2}) توسط دو اتم از یک مولکول ماده آلی جذب می‌شود و ترکیب حاصل معمولاً محلول بوده و توسط آب حمل می‌شود، ترکیبات نامحلول نیز به صورت کلوئیدی یا معلق حمل می‌گردند و گاهی نیز ترکیبات نامحلول تمرکزهایی از منگنز را در محیط‌های باتلاقی ایجاد می‌کنند. اکسیدها و هیدروکسیدهای کلوئیدی منگنز قابلیت جذب کاتیونی بسیار بالایی دارند و

چنانچه در محلی متمرکز شوند آنومالی‌های ژئوشیمیایی دروغین از کاتیون جذب شده تشکیل خواهند داد (روی، ۱۹۸۱).



شکل ۶-۱: نمودار محدوده‌های پایداری ترکیبات منگنز (بروکینز^۱، ۱۹۸۸) در سیستم Mn- C- S- O- H، فشار ۱ بار و دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد

۶-۳- روش کار

به منظور تعیین ترکیب شیمیایی واحدهای سنگی موجود و بررسی و ثبت تغییرات عناصر اصلی و کمیاب در این واحدها، پس از بازدیدهای صحرایی، نمونه‌برداری و مطالعه مقاطع میکروسکوپی، تعداد ۱۲ نمونه از کانسنگ و سنگ دربرگیرنده پس از خردایش و آماده‌سازی، جهت آنالیز به روش ICP-OES و تعداد ۹ عدد از همان نمونه‌ها به روش فلورسانس اشعه ایکس (XRF) به مرکز تحقیقات و فرآوری مواد معدنی ایران فرستاده شد. موقعیت، شماره نمونه‌ها و مشخصات آن‌ها در جدول (۶-۲) آورده شده است. نتایج آنالیز ژئوشیمیایی (جدول ۶-۳ و جدول ۶-۴) در نرم افزارهای مختلف مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت که در ادامه به تشریح آن‌ها می‌پردازیم.

فصل ششم: ژئوشیمی

جدول ۶-۲: توضیح شماره و موقعیت محل برداشت نمونه‌ها.

نام سنگ	شماره نمونه در صحرا	شماره نمونه در آزمایشگاه	GPS نقاط
مسکویت شیست	۱۰	۱۲۱۱	۳۵° ۱۶' ۳۹/۶" N ۵۴° ۲۲' ۴۲/۴" E
کلریت شیست کمرپایین	۱۱	۱۲۱۲	۳۵° ۱۶' ۴۰/۴" N ۵۴° ۲۲' ۴۳/۲" E
کلریت شیست کمر بالا	۳۱	۱۲۲۰	۳۵° ۱۶' ۴۳/۱" N ۵۴° ۲۲' ۴۵/۲" E
کلریت شیست کمر بالا	۳۲	۱۲۲۱	۳۵° ۱۶' ۴۵" N ۵۴° ۲۲' ۴۷/۴" E
دولومیت کمرپایین	۴۰	۱۲۲۲	۳۵° ۱۶' ۴۰/۴" N ۵۴° ۲۲' ۴۴" E
ماده معدنی (بخش عدسی)	۲۱	۱۲۱۳	۳۵° ۱۶' ۴۰/۶" N ۵۴° ۲۲' ۴۴/۵" E
ماده معدنی (بخش عدسی)	۲۲	۱۲۱۴	۳۵° ۱۶' ۴۰/۶" N ۵۴° ۲۲' ۴۴/۷" E
ماده معدنی (بخش عدسی)	۲۳	۱۲۱۵	۳۵° ۱۶' ۴۱" N ۵۴° ۲۲' ۴۵/۱" E
ماده معدنی (بخش عدسی)	۲۴	۱۲۱۶	۳۵° ۱۶' ۴۰/۵" N ۵۴° ۲۲' ۴۴/۶" E
ماده معدنی (بخش عدسی)	۲۵	۱۲۱۷	۳۵° ۱۶' ۴۱" N ۵۴° ۲۲' ۴۵/۳" E
ماده معدنی (بخش لایه‌ای)	۲۶	۱۲۱۸	۳۵° ۱۶' ۴۲/۶" N ۵۴° ۲۲' ۴۶/۴" E
ماده معدنی (بخش لایه‌ای)	۲۷	۱۲۱۹	۳۵° ۱۶' ۴۲/۶" N ۵۴° ۲۲' ۴۶/۴" E

فصل ششم: ژئوشیمی

جدول ۳-۶: نتایج تجزیه ژئوشیمیایی نمونه‌های منگنز هلالان به روش XRF (داده‌ها بر حسب درصد). موقعیت نمونه‌ها در جدول (۲-۶) نشان داده شده است.

Sample	A10	A11	A31	A40	A21	A22	A23	A26	A27
SiO ₂	53.62	77.9	59.17	58.77	32.06	24.78	29.4	22.34	16.77
MnO	0.12	0	0.05	0	50.41	66.28	45.64	24.98	43.51
Fe ₂ O ₃	11.81	2.49	3.23	6.99	4.86	1.511	3.65	4.18	3.67
P ₂ O ₅	0.37	0	0.5	0.15	0.6	0.149	0.07	0.61	0.46
K ₂ O	1.49	3.81	5.2	5.04	1.1	2.282	1.35	0.31	0.26
CaO	6.31	0.09	3.74	0	2.9	1.5	13.2	40.32	30.91
MgO	11.05	1.92	1.04	3.4	1.7	1.22	2.252	2.43	0.85
Al ₂ O ₃	13.43	13.42	21.24	23.9	5.946	1.88	3.93	2.84	1.89
CuO	0	0	0	0	0	0	0	0.38	0.38
SrO	0	0	0	0	0	0	0	0.2	0
BaO	0	0	0	0	0	0	0	0.9	0.92
Na ₂ O	0.05	0	3.85	0.88	0.06	0.26	0.26	0	0
TiO ₂	1.7	0.37	1.94	0.87	0.34	0.07	0.118	0	0
Cl	0	0	0	0	0	0	0	0.28	0.21
SO ₃	0.05	0	0.04	0	0.024	0.068	0.13	0.23	0.17

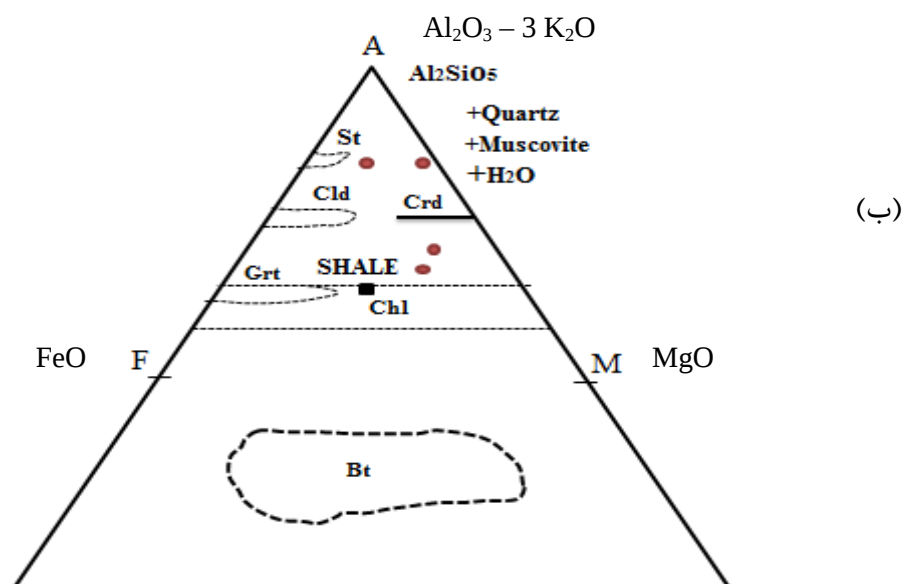
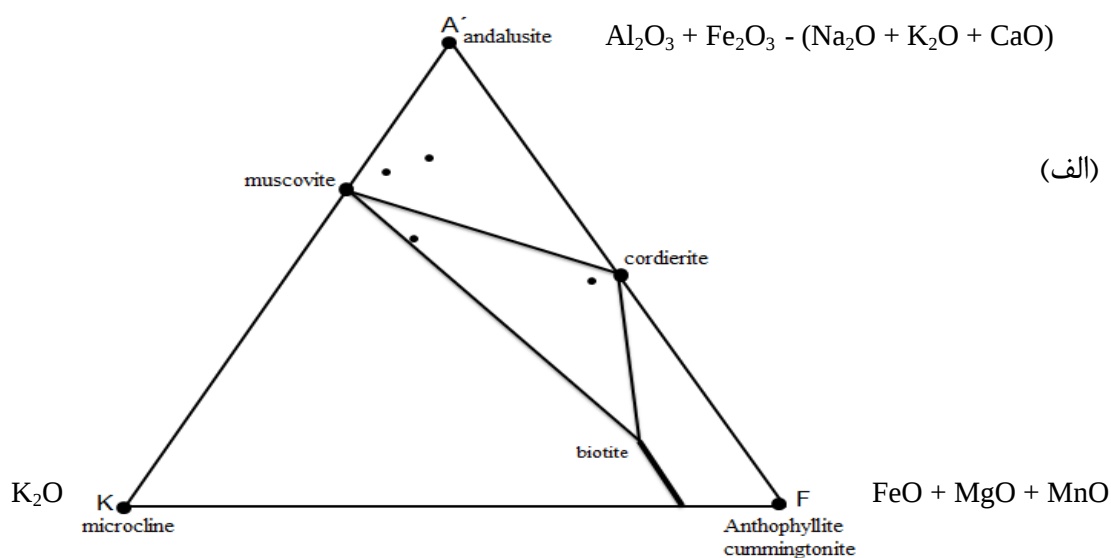
فصل ششم: ژئوشیمی

جدول ۴-۶: میزان عناصر اصلی و کمیاب در کانسار منگنز هلالان به روش ICP- OES. موقعیت نمونه‌ها در جدول ۶-۱-۲ نشان داده شده است.

Sample	A10	A11	A31	A32	A40	A21	A22	A23	A24	A25	A26	A27
Ag(ppb)	<1	<1	<1	<1	<1	4.9	19.4	14.7	8.3	12.2	6.9	12.1
Al (%)	2.54	0	7.2	0	0.38	3.1	0.64	0.93	1.29	2.99	0	0
As (ppm)	<10	<10	11	<10	<10	<10	16	26	13	30	78	32
Be (ppm)	<1	<1	<1	2	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Bi (ppm)	<10	<10	<10	<10	<10	<10	43	24	14	21	11	18
Ca (%)	6.23	0	2.04	0	33.64	9.28	10.04	10.25	16.3	9.24	0	0
Cd(ppm)	1.9	1.5	1.7	1.3	1.8	1.9	2.4	2.2	2	1.7	2.1	1.9
Ce(ppm)	43	15	24	25	12	38	24	35	38	87	62	43
Cr(ppm)	25	35	275	107	9	23	9	11	14	27	16	12
Cu(ppm)	20	<10	11	29	<10	189	93	658	141	680	1367	1828
Fe(%)	1.08	0	1.25	0	<0.1	6.8	<0.1	2.19	1.74	2.85	0	0
K (%)	1.61	0	5.74	0	0.1	0.49	0.16	0.69	0.53	1.3	0	0
La (ppm)	40	<10	14	<10	30	38	46	57	53	105	108	118
Mg (%)	1.21	0	1.77	0	<0.1	3.91	0.24	1.52	0.68	2.54	0	0
Mn(ppm)	528	0	2713	0	537	59299	145918	125269	97942	117643	0	0
Mo(ppm)	2.1	<1	<1	<1	<1	29	40.7	57	18.1	24.9	5.6	9.8
Ni (ppm)	18	16	137	72	<10	302	157	164	69	348	364	170
P (%)	0.04	0.02	0.23	0.06	0.03	0.12	0.06	0.03	0.17	0.01	0.14	0.08
Pb (ppm)	113	21	5	6	2473	37	377	450	428	140	462	207
S (%)	0.05	0.06	0.05	0.04	0.06	0.07	0.11	0.17	0.11	0.22	0.11	0.1
Sb (ppm)	21	<10	<10	<10	<10	<10	11	<10	<10	<10	<10	<10
Sc (ppm)	19	<10	21	12	<10	<10	<10	<10	<10	17	<10	<10
Sr (ppm)	173	129	37	32	800	1798	2495	5398	2109	4926	1101	667
Ti (%)	0.06	0.13	0.95	0.29	<0.01	0.1	<0.01	0.02	0.09	0.21	<0.01	<0.01
V (ppm)	41	59	223	114	<10	175	35	31	40	119	22	21
Y (ppm)	26	<10	<10	<10	<10	17	24	23	36	64	27	30
Zn (ppm)	56	38	58	104	7	283	188	109	82	282	114	114
Na (%)	<0.1	<0.1	1.82	1.11	<0.1	0.32	<0.1	0.89	0.17	0.61	0.23	<0.1
Co(ppm)	<10	<10	38	20	<10	20	<10	27	13	30	197	78

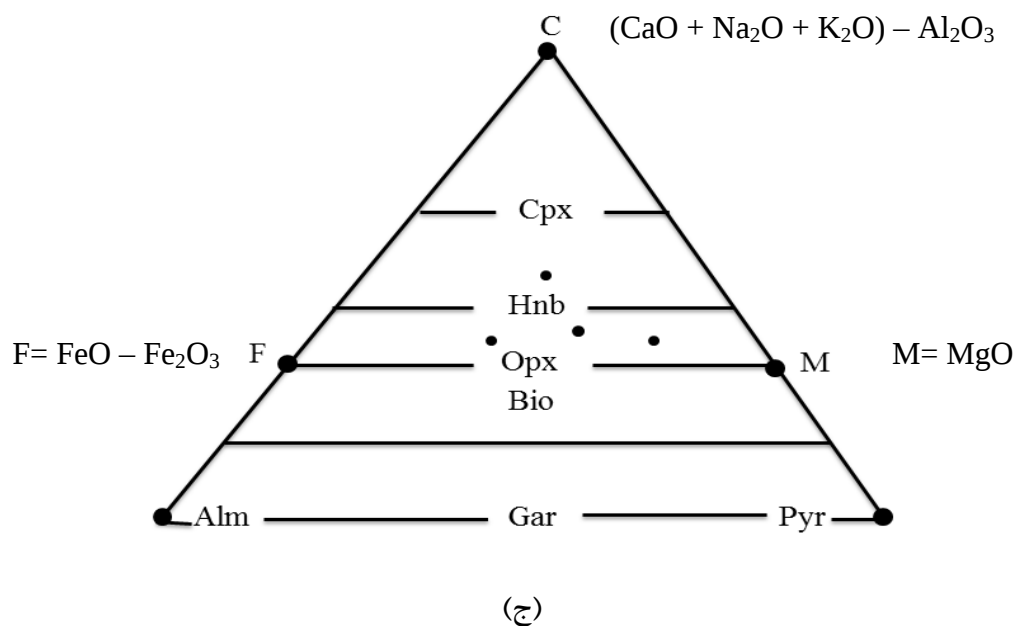
۴-۶- ژئوشیمی سنگ‌های دگرگونی

جهت تعیین ترکیب شیمیایی سنگ‌های دگرگونی منطقه معدنی از نمودارهای A'KF (اسکولا)^۱، AFM (تامپسون)^۲، (۱۹۵۷) و CFM (رایموند، ۲۰۰۲) استفاده شده است (شکل ۲-۶).



1-Eskola

2-Thompson



شکل ۶-۲: الف) نمونه‌های معدن منگنز هلالان در نمودار A'KF (اسکولا، ۱۹۱۵)، ب) در نمودار AFM (تامپسون، ۱۹۵۷)، ج) نمودار CFM (رایموند، ۲۰۰۲).

نمودار A'KF مجموعه کانی‌های اصلی که در شرایط دگرگونی خاص و با ترکیب شیمیایی مختلف در سنگ به وجود می‌آید، را به نمایش می‌گذارد. این نمودار برای مناطق دگرگونه بر مبنای شواهد سنگ‌شناسی ترسیم شده است و نشان‌دهنده پارائزهای کانی‌هایی است که تحت شرایط خاص به وجود می‌آیند و کانی‌های فرعی مانند مگنتیت، هماتیت، آپاتیت، ایلمنیت، اسفن و روتیل را نمی‌توان در آن نشان داد. همچنین کانی‌های تحت اشباع مانند الیوین، که کمبود سیلیس دارند، کانی‌های سدیم‌دار، مانند آلبیت، گلوکوفان و ژادئیت، در این نمودار جایی ندارند. با این نمودار می‌توان پارائزها را در سنگ‌های مختلف دگرگونی مشخص نمود. همچنین از روی این نمودار می‌توان:

الف) ترکیب سنگ اولیه را مشخص کرد.

ب) مجموعه‌های کانی‌شناسی یا پارائز کانی‌هایی که در شرایط دگرگونی معین باید پایدار باشند را معلوم نمود.

ج) تغییرات دگرگونی و نیز تغییرات ترکیب کانی‌های یک سنگ را در دگرگونی‌های گوناگون پیش‌بینی نمود (رضوی، ۱۳۸۵).

نمودار AFM هم برای نمایش مجموعه کانی‌های سری پلیتی مناسب است. در این نمودار نیز سیلیس و آب نادیده گرفته می‌شود. همچنین CaO ، MnO ، Fe_2O_3 و TiO_2 و Na_2O که در سنگ‌های پلیتی کم هستند، لذا آن‌ها نیز حذف می‌شوند. در سنگ‌های سری پلیتی ممکن است Na_2O در کانی‌هایی مانند بیوتیت و موسکویت جایگزین K_2O گردد. همچنین در سنگ‌های غنی از MnO ، گارنت نوع اسپسارتین حاصل می‌شود. نمودار AFM بر این نظر بنا شده است که اغلب سنگ‌های سری پلیتی حاوی موسکویت هستند و در دگرگونی شدید فلدسپات پتاسیم جانشین آن می‌گردد. این نمودار برای تعیین محل ترکیب یک کانی و نیز یک سنگ کاربرد دارد (رضوی، ۱۳۸۵).

نمودار CFM هم برای تصویر کردن تغییرات فازها در متابازیت‌ها مفید است (آبوت، ۱۹۸۲، ۱۹۸۴). این سیستم، از کوارتز، پلاژیوکلاز، آب و منیتیت اشباع در نظر گرفته می‌شود و دارای آلکالی فلدسپات نیز هست. ترکیبات کانی‌های معمول موجود در متابازیت‌ها برروی سطح CFM (شکل ۶-۲، ج) تصویر می‌شوند. ترکیبات سنگ کل بازالت‌ها، آندزیت‌ها، گابروها و دیوریت‌ها در نزدیکی و معمولاً بالای خط F-M تصویر می‌شوند. با توجه به این نمودارها (شکل ۶-۲)، سنگ‌هایی که مورد آنالیز قرار گرفته‌اند از Al و K نسبتاً غنی می‌باشند و توانایی تشکیل موسکویت، بیوتیت، کردیریت و همچنین گارنت در آن‌ها وجود دارد. با توجه به نمودار AFM ترکیب بعضی از آن‌ها غالباً در محدوده شیل یا پلیت می‌باشد و با توجه به نمودار CFM نیز ترکیب بعضی هم در محدوده متابازیت قرار می‌گیرد. بعضی از نمونه‌ها دارای مقدار Fe و Al بیشتری هستند و شانس تشکیل استارولیت، گارنت و کردیریت در آن‌ها وجود دارد. با توجه به اینکه سنگ‌ها در حال حاضر حاوی گارنت، بیوتیت، موسکویت و کوارتز می‌باشند، سنگ‌های مورد مطالعه دارای ماهیت متاپلیتی و متابازالتی هستند و با توجه به مجموعه کانی‌های موجود در سنگ شرایط برای تشکیل آندالوزیت و کردیریت که به دماهای نسبتاً بالایی نیاز دارند، فراهم نشده است. با توجه به مجموعه کانی‌های موجود در سنگ، متاپلیت‌های مورد مطالعه از

نوع دگرگونی ناحیه‌ای هستند، در حد زون بیوتیت و گارنت می‌باشند و در حد اواخر رخساره شیست سبز تا آغاز رخساره آمفیبولیت متحمل دگرگونی شده‌اند.

۵-۶- ژئوشیمی کانسنگ

هر چند که در اکتشافات لیتوژئوشیمیایی استفاده از غنی‌شدگی شیمیایی کانسنگ به عنوان روشی جهت شناسایی کانسارهای مختلف به درستی ثابت شده است (گوت^۱، ۱۹۸۳)، اما کاربرد این تکنیک جهت کانسارهای منگنز به مانند لیتولوژی‌های سیلیکاته از مقبولیت خوبی برخوردار نیست. دلیل این امر، ظرفیت جذب بالای کاتیون‌ها توسط اکسیدهای منگنز بوده و از طرفی، کانی‌های غالب سازنده این کانسارها، اکسیدهای منگنز می‌باشند. عوامل مختلفی از جمله ماهیت سیال کانه‌ساز و pH محیط تشکیل، کنترل کننده ظرفیت جذب یون توسط اکسیدهای منگنز می‌باشند (نیکلسون، ۱۹۹۲).

استفاده از معیارهای ژئوشیمیایی، برای تشخیص کانسارهای منگنز هیدروترمال و آزاد، به خوبی اثبات شده است. لذا مجموعه‌های عنصری تشخیص شامل عناصر اصلی، فرعی و فلزات جزئی می‌توانند جهت شناسایی کانسارهای منگنز تشکیل شده تحت شرایط مختلف محیط‌های زمین‌شناسی به کار روند (کریرار^۲ و همکاران، ۱۹۸۲).

۵-۶-۱- نسبت Mn/Fe

یکی از شاخص‌هایی که به وسیله آن می‌توان کانسارهای منگنز با خاستگاه آزاد^۳ را از سایر نهشته‌های منگنز رسوبی تفکیک کرد، شاخص نسبت Mn/Fe است که توسط بسیاری از زمین‌شناسان اقتصادی در مورد کانسارهای گوناگون و نیز نهشته‌های منگنز عهد حاضر در بستر دریاها و اقیانوس‌ها با موفقیت به کار رفته است. آهن و منگنز در موقع نهشت از سیالات گرمایی به شیوه خاصی از هم جدا

1-Govett

2-Crerar

3- Hydrogenous

می‌شوند که این جدایش متأثر از درجه حلالیت آن‌ها می‌باشد و نسبت‌های متفاوتی از Mn/Fe در رسوبات برون‌دیمی ایجاد می‌کنند، به طوری که برای آن‌ها این نسبت در محدوده $0.1 < \text{Mn/Fe} < 10$ (نیکلسون، ۱۹۹۲) می‌باشد، در حالی که برای نهشته‌های آب‌زد نسبت Mn/Fe برابر یک (نیکلسون، ۱۹۹۷؛ کاراکوس^۱ و همکاران، ۲۰۱۰) و در نهشته‌های دریاچه‌ای این نسبت Mn/Fe کوچک‌تر از واحد است (نیکلسون، ۱۹۹۷). نسبت Mn/Fe به دست آمده برای کانسار هلالان به طور میانگین $9/50$ می‌باشد که بر اساس این نسبت کانسار مورد مطالعه در محدوده آتشفشانی- رسوبی واقع شده است. نسبت بالای Mn/Fe نمایانگر خروج سیالات با حرارت کمتر و نرخ فوران پایین است (هین^۲ و همکاران، ۱۹۹۷). تخلیه این سیالات در رسوبات و تثبیت آهن در فازهای دیگر هم‌چنین می‌تواند بر روی نسبت Mn/Fe مؤثر باشد (روی، ۱۹۸۱، ۱۹۹۲؛ کن^۳ و همکاران، ۱۹۷۷)، چرا که منگنز می‌تواند در دماهای پایین و محدوده‌های وسیعی از pH و Eh محلول باشد، لذا تا مسافت‌های دور انتقال یافته و آنگاه رسوب می‌کند (روی، ۱۹۸۱، ۱۹۹۲؛ کن و همکاران، ۱۹۷۷). تغییرات زیاد در نسبت Mn/Fe کانسارهای فرومگنز ناحیه پاکستان فقدان یک منبع واحد را جهت کانه‌زایی در این کانسارها نشان داده (Mn/Fe برابر با 0.46 تا 5.52) لذا می‌توان گفت شرکت چند منبع در تشکیل کانه‌ها مؤثر بوده است (شاه و مون^۴، ۲۰۰۴).

۶-۵-۲- نسبت Si/Al

کریرار و همکاران (۱۹۸۲) کانسارهای گرمابی را با استفاده از نمودار Si – Al شناسایی کردند. در این روش، مقادیر سیلیس در برابر آلومینیوم در یک نمودار دوتایی ارائه می‌شود. از این نمودار جهت تشخیص کانسارهای با منشاهای مختلف استفاده می‌شود (شکل ۶-۳). با توجه به نسبت‌های مختلف این دو عنصر، سطح محصور بین این نمودار دوتایی به سه قسمت تقسیم می‌شود. که از نمودار معرف

1-Karakus

2-Hein

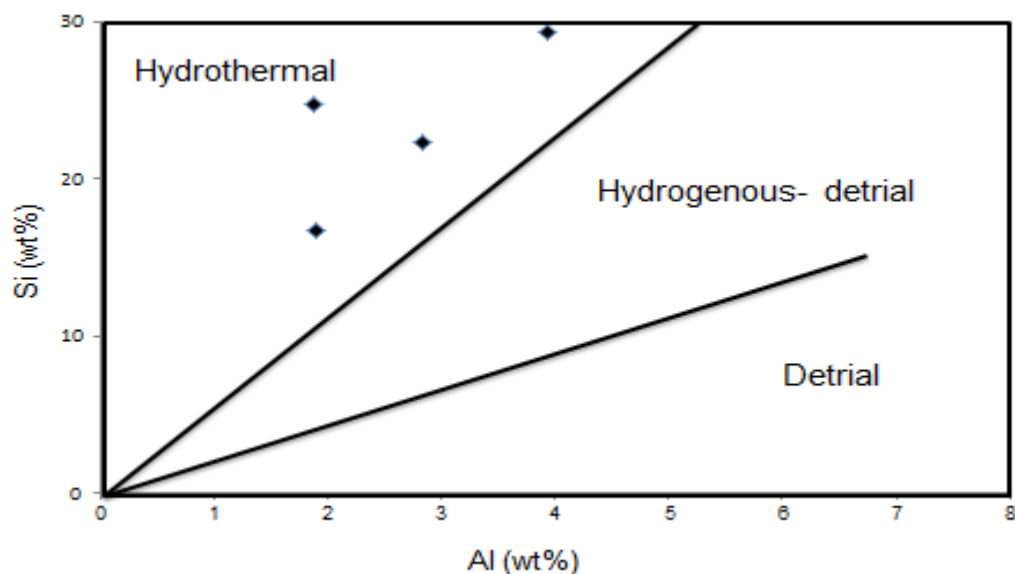
3-Cann

4-Shah and Moon

مقدار Al به سمت نمودار معرف Si اولین بخش که معرف بیشترین مقدار Al می‌باشد، مربوط به کانسارهای با منشأ تخریبی- دیاژنتیکی می‌باشد. سطح دوم مربوط به کانسارهای با منشأ رسوبی- تخریبی و سطح سوم مربوط به کانسارهای با منشأ هیدروترمال می‌باشد. کانسارهای گرمابی عموماً در ارتباط نزدیک با ژل‌های سیلیس آهن‌دار به وجود می‌آیند که به وسیله فرایندهای فورانی زیردریایی و تخلیه فلز در داخل رسوبات دریایی تشکیل شده‌اند (روی، ۱۹۹۲). به همین جهت در این کانسارها نسبت Si به Al بالا می‌باشد که معمولاً در محدوده (۳۰ تا ۶۰) قرار می‌گیرند. اما در کانسارهای با منشأ تخریبی، Al نسبت به Si از درصد بالاتری برخوردار می‌باشد. این امر ناشی از تخریب و تجزیه فلدسپات‌ها در طی فرایندهای حمل و نقل از خشکی به حوضه رسوبی می‌باشد. نسبت Si به Al در ندول‌های منگنز کف دریا و رسوبات دریایی برابر ۳ می‌باشد. همچنین برای نهشته‌های فلزدار مراکز گسترش میان اقیانوسی (MOR) این نسبت بالاتر از نهشته‌های آزاد می‌باشد

(بناتی^۱ و همکاران، ۱۹۷۲؛ هین و همکاران، ۱۹۹۹).

در نمودار Si به Al از (کریرار و همکاران، ۱۹۸۲)، نمونه‌های کانسار منگنز هلالان در محدوده منگنز



شکل ۳-۶: نمودار Si در مقابل Al و تفکیک فرایندهای مختلف تشکیل نهشته‌های منگنز (کریرار و همکاران، ۱۹۸۲) و موقعیت نمونه‌های کانسار منگنز هلالان در آن.

با خاستگاه گرمابی قرار می‌گیرند (شکل ۶-۳).

۶-۵-۳- نمودارهای عناصر کمیاب

هوت^۱ و همکاران (۱۹۶۴) از پیشگامان استفاده از عناصر کمیاب در شناسایی تیپ‌های مختلف کانسارهای منگنز می‌باشند. آن‌ها خاطر نشان کردند که کانسارهای گرمابی منگنز هم از جایگاه خشکی هم از جایگاه دریایی در عناصر W، Ti، Sr، Pb، Ge، Ba، B و As غنی‌شدگی نشان می‌دهند. کارهای بعدی تأیید کرد که در نهایت بعضی از این عناصر همراه با عناصر Li، Zn، V، Mo و Cd همواره در اکسیدها غنی‌شدگی نشان می‌دهند، که این اکسیدها از سیالات هیدروترمال از دو محیط خشکی و دریایی مشتق شده‌اند. اخیراً نیکلسون (۱۹۹۲) فرض کرده است که کانسارهای گرمابی منگنز به وسیله غنی‌شدگی در عناصر As، Zn، V، Mo، Cd، Li، Sr، Sb، Cu و Ba و کانسارهای رسوبی با غنی‌شدگی در عناصر Sr، Mg، K، Ca، Na، Ni، Cu و Co مشخص می‌شوند. مؤلفین متعددی تلاش کردند تا با استفاده از عناصر اصلی و کمیاب در نمودارهای متفاوت، کانسارهای رسوبی دریایی منگنز را از کانسارهای گرمابی، متمایز کنند. بنابراین نمودارهای دوتایی و سه‌تایی، جهت تمایز کانسارهای منگنز با تیپ‌های ژنتیکی مختلف طراحی شده است. لذا از این نمودارها در راستای شناسایی تیپ رسوبی یا هیدروترمال نهشته منگنز هلالان استفاده شده است.

۶-۵-۳-۱- نسبت Co/Zn

نسبت Co به Zn به وسیله توث^۲ (۱۹۸۰) به عنوان تمایز کننده کانه‌زایی تیپ گرمابی (بروندی) از آبراد (هیدروژنوس) مورد استفاده قرار می‌گیرد، به طوری که این نسبت برای کانسارهای گرمابی دارای میانگینی در حدود ۰/۱۵ و برای کانه‌زایی آبراد ۲/۵ می‌باشد. برای مثال نسبت Co/Zn در ذخایر

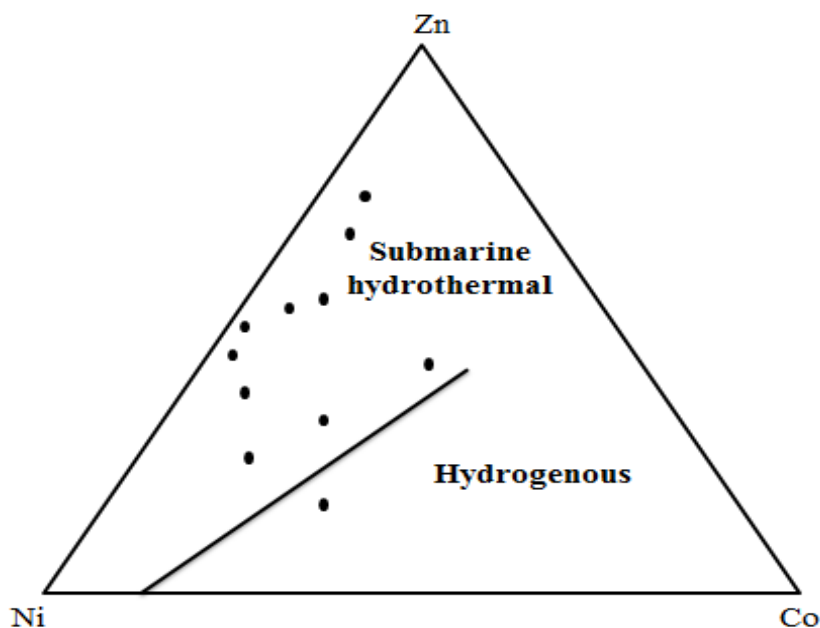
1-Hewett
2-Toth

اکسید منگنز هیدروترمالی Baby Bare متغیر بین (۰/۳ تا ۱/۳۵) می‌باشد (فیتزگراالد و گیلیس^۱، ۲۰۰۶). همچنین این نسبت در ذخایر هیدروترمالی وزیرستان میانگین ۰/۱۶ و برای ذخیره حضرا^۲ که منشأ مخلوطی از هیدروترمالی - آب‌زاد می‌باشد این نسبت برابر با ۰/۸ می‌باشد (شاه و مون، ۲۰۰۷). این نسبت در نمونه‌های مورد مطالعه ۰/۰۸-۱/۷۲، و میانگین نسبت فوق ۰/۳۹ می‌باشد، با توجه به این مقدار می‌توان گفت که نهشته منگنز هلالان حاصل از سیال گرمابی منگنزدار بوده است.

۶-۵-۳-۲- نمودار Co-Ni-Zn

چویی و هاریا^۳ (۱۹۹۲) کانسارهای آب‌زاد منگنز را از کانسارهای گرمابی زیردریایی، به وسیله بررسی کردن روابط بین عناصر Ni, Zn و Co در یک نمودار سه تایی مشخص و متمایز کردند. غلظت Co, Ni, Cu و Zn در ذخایر منگنز گرمابی - برون‌دمی بیشتر از پلاژیک اما کمتر از ذخایر آب‌زاد می‌باشد، از بین این عناصر، Ni, Cu و Zn نشان دهنده شرایط تشکیل گرمابی - برون‌دمی هستند در حالی که Co در آب دریا حلالیت زیادی دارد نشان دهنده شرایط تشکیل ذخایر آب‌زاد می‌باشند (کریرار و همکاران، ۱۹۸۰؛ کاراکوس و همکاران، ۲۰۱۰). بر این اساس، کانسار منطقه مورد مطالعه، خاستگاه گرمابی زیردریایی را نشان می‌دهد (شکل ۴-۶).

1- Fitzgerald and Gillis
2- Hazara
3- Choi and Hariya



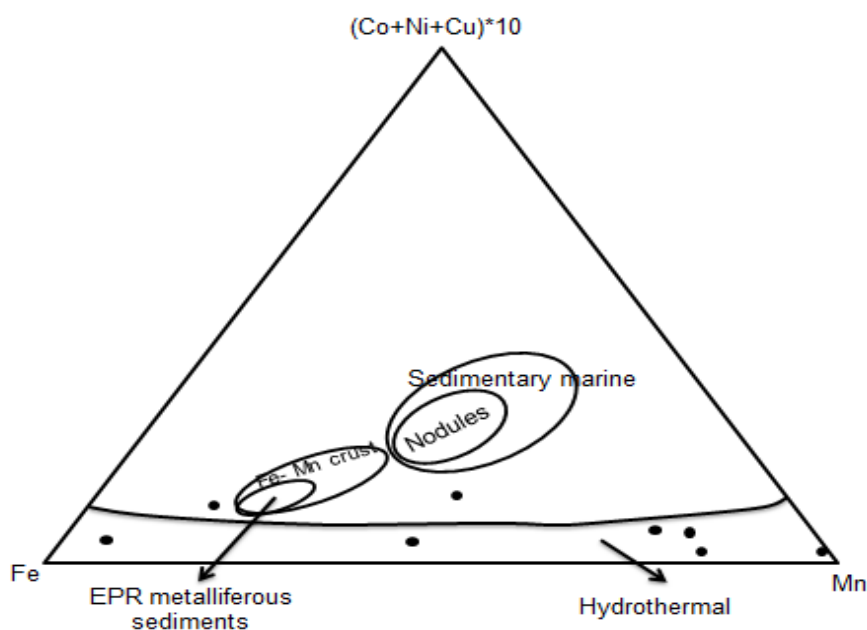
شکل ۴-۶: نمودار سه تایی Co - Ni - Zn (چویی و هاریا، ۱۹۹۲) و موقعیت نمونه‌های کانسار منگنز مورد مطالعه.

۳-۳-۵-۶- Fe- Mn- (Ni+ Co+ Cu)*10 نمودار

در نهشته‌های منگنزدار، غلظت مس، کبالت و نیکل به عنوان یکی از شاخص‌های تشخیص انواع این نهشته‌ها به کار می‌رود. این عناصر در نهشته‌های گرمابی فراوان‌تر از گرهک‌های منگنز کف دریا معمولی هستند. از طرف دیگر نهشته‌های گرمابی در مقایسه با نهشته‌های آزاد آهن و منگنزدار حاوی مقادیر کمتری عناصر کمیاب می‌باشند (تو، ۱۹۸۰). فقر شدید این گروه از عناصر در نهشته‌های منگنز تیغه میان اقیانوسی اطلس که دارای نرخ رسوب‌گذاری بسیار بالایی است، نیز قابل مشاهده است (اسکوت^۱ و همکاران، ۱۹۷۴). ندول‌های منگنز، خصوصاً گرهک‌های منگنز کف دریا، حاوی مقادیر بالایی از عناصر کمیاب مثل Cu، Ni، Co، Zn و Pb می‌باشند. این در حالیست که آب‌های دریا به شدت از این عناصر فقیرند. بنابر نظر عده‌ای از محققین، این امر شاید به دلیل نرخ رسوب‌گذاری پایین و خاصیت جذب کاتیون توسط اکسیدهای آب‌دار منگنز باشد. نرخ پایین

1-Scott

رسوب‌گذاری در فازهای منگن‌دار موجب می‌شود که عناصر کمیاب بتوانند بر روی سطح آن‌ها جذب و یا به جای عناصر آهن و منگنز جانشین شوند (تو، ۱۹۸۰). براساس اطلاعات موجود در مورد نهشته‌های مختلف گرمابی و آبراد، بناتی (۱۹۷۵) موفق شد در یک نمودار مثلثی محدوده نهشته‌های گرمابی - برون‌دمی و آبراد را از هم تفکیک نماید. در این تحقیق نیز جهت تفکیک کانسارهای منگنز از نمودار بناتی (۱۹۷۵) استفاده شده است. در نمودار مذکور نمونه‌های تجزیه شده در محدوده نهشته‌های منگنز با خاستگاه گرمابی قرار می‌گیرند (شکل ۶-۵).

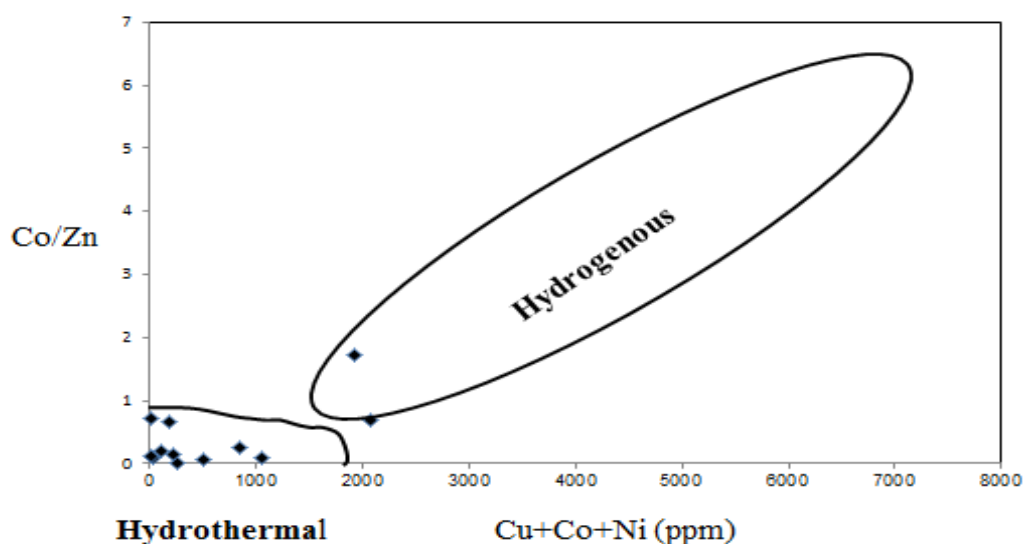


شکل ۶-۵: نمودار سه تایی $\text{Fe-Mn} - (\text{Ni}+\text{Co}+\text{Cu})$ جهت تفکیک تیپ‌های مختلف کانسارهای منگنز (بناتی، ۱۹۷۵) و موقعیت نمونه‌های کانسار منگنز مورد مطالعه.

۶-۵-۳-۴ - نمودار $\text{Co/Zn} - (\text{Co} + \text{Cu} + \text{Ni})$

این نمودار توسط (تو، ۱۹۸۰) برای تفکیک کانسارهای منگنز گرمابی از آبراد مورد استفاده قرار گرفت. کانسارهای منگنز گرمابی (برون‌دمی) دارای بازه ترکیباتی گسترده‌ای می‌باشند. چنین کانسارهایی (به ویژه کانسارهای گرمابی کف دریا) غنی از عناصر Cu ، Zn و Ni می‌باشند. که

همین مسئله باعث تنوع کانیایی و پتانسیل بالای کانیایی در آن‌ها می‌شود (کنندی^۱ و همکاران، ۲۰۰۳؛ گلسبی^۲، ۲۰۰۲؛ کنت^۳ و همکاران، ۲۰۰۴). تهی‌شدگی کانسار از عناصر را می‌توان به عدم حضور این عناصر در سیال هیدروترمالی نسبت داد (مهاپاترا^۴ و همکاران، ۲۰۰۹). دلیل غنی‌شدگی این عناصر در برخی کانسارها را می‌توان به فرایندهای هیدروترمالی و نیز جذب آسان این عناصر توسط کانسارهای منگنز نسبت داد (مانسئو^۵، ۱۹۹۰؛ مهاپاترا و همکاران، ۲۰۰۹). نمونه‌های منطقه مورد مطالعه در این نمودار در محدوده کانسارهای گرمایی قرار می‌گیرند (شکل ۶-۶).



شکل ۶-۶: نمودار دو تایی $\text{Co/Zn} - (\text{Co} + \text{Ni} + \text{Cu})$ (تو، ۱۹۸۰) و موقعیت نمونه‌های کانسار منگنز هلالان در آن.

-
- 1-Kennedy
 - 2-Glosby
 - 3- Canet
 - 4-Mohapatra
 - 5-Manceau

۶-۶- عناصر نادر خاکی (REE)

عناصر نادر خاکی مهم‌ترین عناصر کمیاب بوده و کاربردهای فراوانی در مطالعات ژئوشیمیایی، فرایندهای آذرین، رسوبی و دگرگونی دارند (رلینسون^۱، ۱۹۹۳). عناصر نادر خاکی به عنوان اثر انگشت^۲ در فرایندهای ماگمایی و تشکیل سازندها به طور وسیعی مورد استفاده قرار می‌گیرد (گویچاردز^۳، ۱۹۷۹؛ لترمر^۴، ۱۹۹۱). اندازه و فعالیت‌های REEs یکنواخت و بسیار مشابه بوده و به صورت سری به هم پیوسته در نظر گرفته می‌شوند، وجود همین ویژگی پیوستگی، در شناخت شرایط مختلف زمین‌شناسی کانسارها بسیار مهم می‌باشد، چرا که این عناصر در شرایط زمین‌شناسی خاص رفتارهای متفاوتی نشان داده و حالت پیوستگی خود را از دست می‌دهند، و برخی عناصر مانند Ce و Eu آنومالی خاص نشان داده و از روند زنجیره گروهی خارج می‌شوند. به همین دلیل این عناصر را به عنوان اثر انگشت ژئوشیمیایی نام نهاده‌اند. در سیلیکات‌ها چنین تفاوتی بیشتر به اندازه یک یون در مذاب نسبت داده می‌شود (لی‌بورن و جوهانسون^۵، ۲۰۰۸). اما در نهشته‌های گرمابی - برون‌دیمی برای چنین گوناگونی و تفاوت، مدارک قابل قبول و جامعی لازم است.

مقادیر این عناصر در مسائل پترولوژیکی و مسیر تکاملی سنگ‌های آذرین و نیز ذوب‌بخشی مواد پوسته‌ای یا گوشته‌ای یا اختلاط ماگماها و هم‌چنین فرایندهای رسوبی و شیمی اقیانوس‌ها و تعیین سری تکاملی پوسته قاره‌ای، کاربرد فراوانی دارد (لترمر^۴، ۱۹۹۱؛ کنت و همکاران^۶، ۲۰۰۸؛ کوپلی^۶، ۲۰۱۰). لازم به ذکر است که اطلاعات کمی درباره مقادیر REE کانی‌های تشکیل شده در محیط‌های هیدروترمالی، دگرگونی و هوازدگی در دست می‌باشد. رفتار ژئوشیمیایی این عناصر تحت تأثیر تمام فرایندهای مهم تشکیل کانسار هیدروترمالی می‌باشد (کنت و همکاران^۶، ۲۰۰۸؛ کوپلی^۶، ۲۰۱۰). استفاده از REE در این نمونه‌ها به عنوان ردپاهای هیدروترمالی نیازمند شناخت رفتار جدایش و

1-Rollinson

2- Finger printing

3-Guichards

4-Lottermoser

5-Leybourne and Johannesson

6- Kupeli

تفکیک REE بین محلول‌های هیدروترمالی و کانی‌ها هم در طی ته‌نشست و هم در طی واکنش با سنگ میزبان یا سنگ منشأ می‌باشد (هندرسون^۱؛ ۱۹۸۴؛ کوپلی، ۲۰۱۰). غلظت REEs در آب دریا در حد 10^{-10} مول بر لیتر و در سیالات رگه‌های هیدروترمالی 10^{-6} برابر غنی‌شدگی دارد (کلینخامر^۲ و همکاران، ۱۹۹۴). پوسته‌های آبزاد (هیدروژنوس) به خاطر تشکیل در محیط آرام و دور از رسوبات آواری در مناطق عمیق اقیانوسی با سرعت کم (۲-۱۰ mm در میلیون سال)، از آب دریا به شکل پوسته (Crust) یا سنگ فرش (Caoting) ته‌نشست می‌یابند (هالباچ^۳ و همکاران، ۱۹۸۳؛ اینگرام^۴ و همکاران، ۱۹۹۰؛ فیتزگرالد، ۲۰۰۶). ولی ذخایر اکسید منگنز هیدروترمالی به طور مستقیم از سیالات هیدروترمالی دما پایین معمولاً با سرعت بالا (۱۰۰۰ mm در میلیون سال) ته‌نشست می‌یابند (اینگرام و همکاران، ۱۹۹۰؛ هین و همکاران، ۱۹۹۷؛ فیتزگرالد، ۲۰۰۶). بنابراین ذخایر آبزاد در این مدت زیاد مقدار REE بیشتری از آب دریا جذب می‌کنند. لذا، ذخایر منگنز آبزاد غنی‌شدگی چند برابر از عناصر نادر خاکی در مقایسه با ذخایر گرمابی - برونومی دارند؛ هم‌چنین ذخایر آبزاد آنومالی مثبت و شاخص Ce داشته، در حالی که ذخایر گرمابی - برونومی آنومالی منفی Ce دارند (آدی^۵، ۱۹۷۹؛ وندر^۶ و همکاران، ۱۹۸۸؛ هین و همکاران، ۱۹۹۷؛ شاه و مون، ۲۰۰۴). Ce تنها REE است که می‌تواند در محیط‌های طبیعی اکسید شده و بنابراین مستقیماً حساس به تغییرات در شرایط ردوکس می‌باشد (راجو^۷، ۲۰۰۹). اما آنومالی‌های منفی Ce در ذخایر منگنز گرمابی - برونومی نشان می‌دهد که این ذخایر با سرعت تجمع یافته و فرصتی برای اکسید شدن آن نبوده و بنابراین سهم کمتری از Ce دارند (کونت^۸ و همکاران، ۱۹۹۸؛ کاراداک^۹ و همکاران، ۲۰۰۹). به عبارت دیگر آنومالی منفی Ce می‌تواند مربوط به کاهش فوگاسیته اکسیژن و یا احتمالاً افزایش عمق کانه‌زایی باشد (کوپلی، ۲۰۱۰). با توجه

1-Henderson

2-Klinkhammer

3-Halbach

4-Ingram

5-Addy

6-wonder

7-Raju

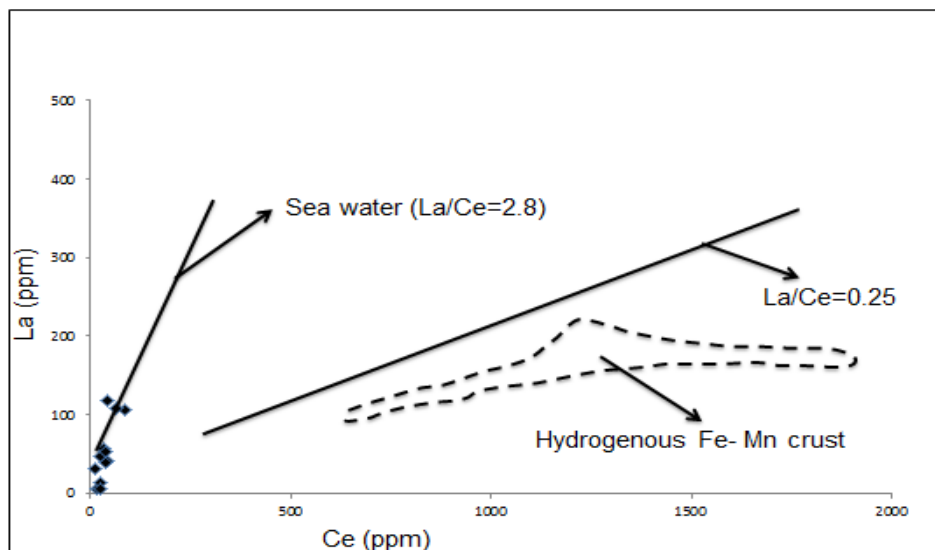
8-Kuhnet

9-Karadag

به اینکه در این تحقیق سری کامل عناصر نادر خاکی تجزیه نشده‌اند، در ارتباط با رفتار ژئوشیمیایی سریم نمی‌توان اظهار نظر کرد.

۱-۶-۶- نسبت La/Ce

نسبت La/Ce در کانسارهای گرمابی مشابه آب دریا و در حدود ۲/۸ می‌باشد، Ce بیشتر به دلیل اکسیده شدن در آب دریا، توسط کانی‌های اکسید و هیدروکسید منگنز در رسوبات دریایی جذب و مقدار آن نسبت به La در آب دریا به شدت کاهش می‌یابد، بنابراین مشابه کانسارهای گرمابی آنومالی منفی در آن نشان می‌دهد. اما سایر کانسارها نسبت به آب دریا در Ce غنی‌شدگی نشان می‌دهند و نسبت La به Ce در این کانسارها برابر ۰/۲۵ است (تو، ۱۹۸۰). در نمونه‌های آنالیز شده کانسار منگنز هلالان نسبت La/Ce بین ۰/۲ تا ۲/۷ تغییر می‌کند (شکل ۶-۷) که مشابه کانسارهای گرمابی می‌باشد.



شکل ۶-۷: نمودار تمرکز La در برابر Ce (تو، ۱۹۸۰) و موقعیت نمونه‌های کانسار مورد مطالعه در آن.

۶-۷- بررسی تغییرات و همبستگی عناصر

در بررسی‌های ژئوشیمیایی تعیین همبستگی بین متغیرها به ویژه میان مقادیر عناصر گوناگون در سازندهای زمین‌شناسی، اغلب ضرورت پیدا می‌کند (باتز و جکسون، ۱۹۸۰). در یک بررسی ژئوشیمیایی معمولاً غلظت تعدادی از عناصر در یک سری نمونه ژئوشیمیایی اندازه‌گیری می‌گردد و چون هر گروه معینی از عناصر نسبت به یک سری از شرایط محیطی کم و بیش به طور مشابه حساسیت نشان می‌دهند، شناخت ارتباط و بستگی ژنتیکی متقابل موجود در بین عناصر مختلف می‌تواند در شناخت دقیق‌تر تغییرات موجود در محیط‌های ژئوشیمیایی به کار گرفته شود.

به منظور روشن شدن چگونگی توزیع ژئوشیمیایی عناصر مختلف در توالی سنگ‌های موجود در منطقه معدنی، اقدام به تهیه مقطع لیتوژئوشیمیایی از منطقه مذکور شد. این مقطع عمود بر روند عمومی واحدهای لیتولوژیکی منطقه انتخاب شده است. سپس نمونه‌برداری از واحدهای سنگی موجود در منطقه معدنی در امتداد مقطع انتخاب شده، صورت گرفت. نمونه‌های برداشت شده برای انجام آنالیزهای ICP_OES و XRF به آزمایشگاه مرکز تحقیقات فرآوری مواد معدنی ایران وابسته سازمان توسعه و نوسازی معادن و صنایع معدنی ایران (ایمیدرو) ارسال گردید. با استفاده از نتایج حاصل از آنالیز شیمیایی (XRF) و (ICP_OES) نمونه‌های فوق (جدول ۶-۳ و جدول ۶-۴)، تغییرات عناصر در طول ستون‌های مورد نظر ترسیم گردیده است (شکل ۶-۸). بررسی نتایج به دست آمده از آنالیز نمونه‌ها نشان دهنده تغییر ترکیب شیمیایی موجود در کانسار می‌باشد. به طور کلی ضریب همبستگی بین کانسارهای مختلف، متفاوت است. نیکلسون (۱۹۹۲) عمده عناصری را که دارای همبستگی قوی در تیپ‌های مختلف می‌باشند را طبقه بندی کرده است که در زیر به آن‌ها اشاره می‌شود.

- کانسارهای سوپرژن آب شیرین: در این کانسارها همبستگی بالایی بین منگنز با باریم، کبالت، مس، نیکل و روی وجود دارد.

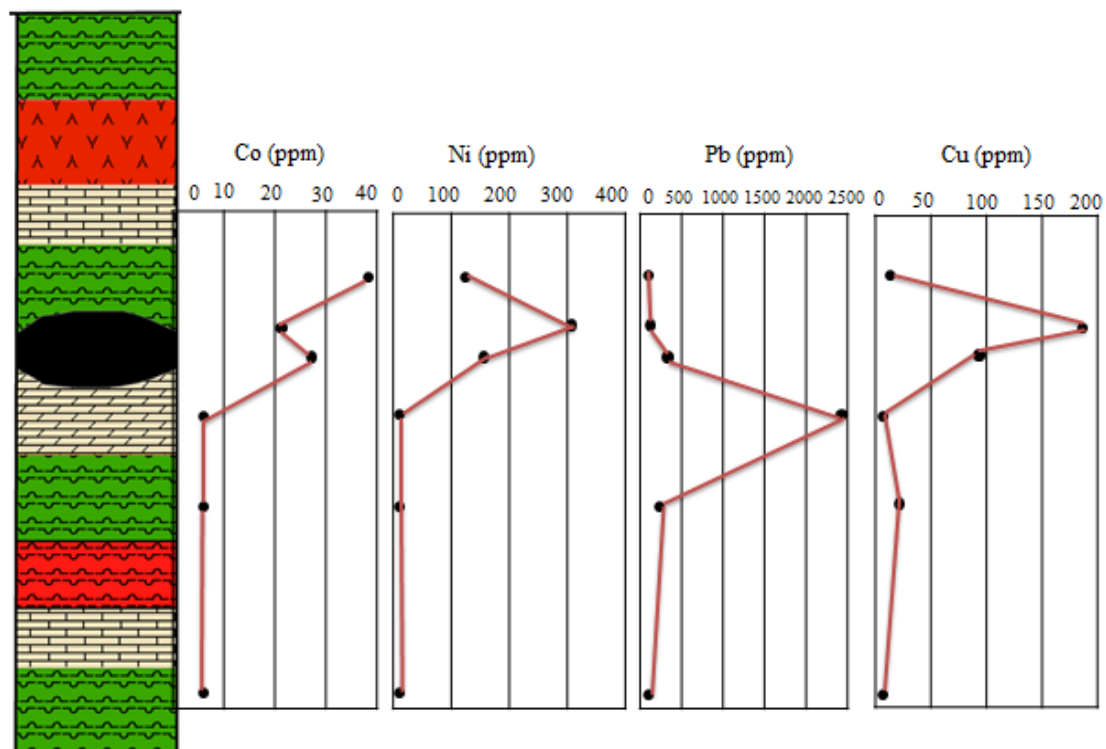
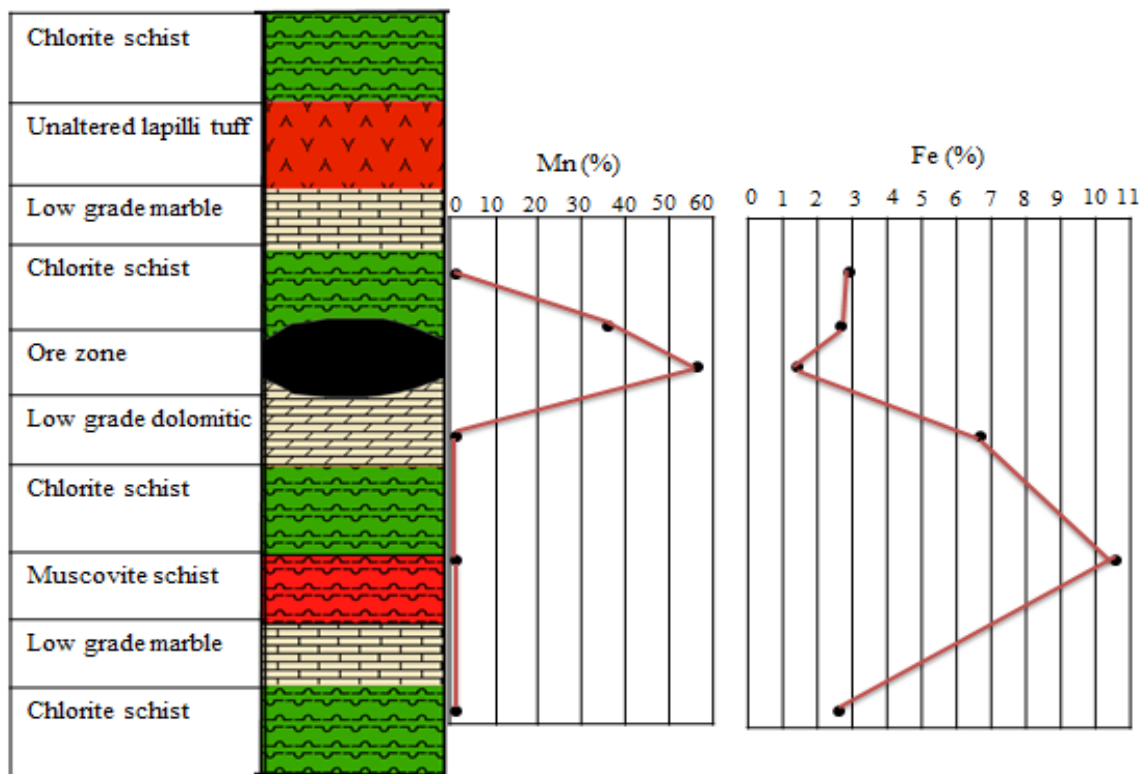
- کانسارهای سوپرژن دریایی: در این تیپ از کانسارها منگنز همبستگی بالایی با کبالت، نیکل و مس دارد.

- کانسارهای سوپرژن دابهیت: در این کانسارها منگنز همبستگی بالایی با کبالت، مس، نیکل، روی و سرب دارد.

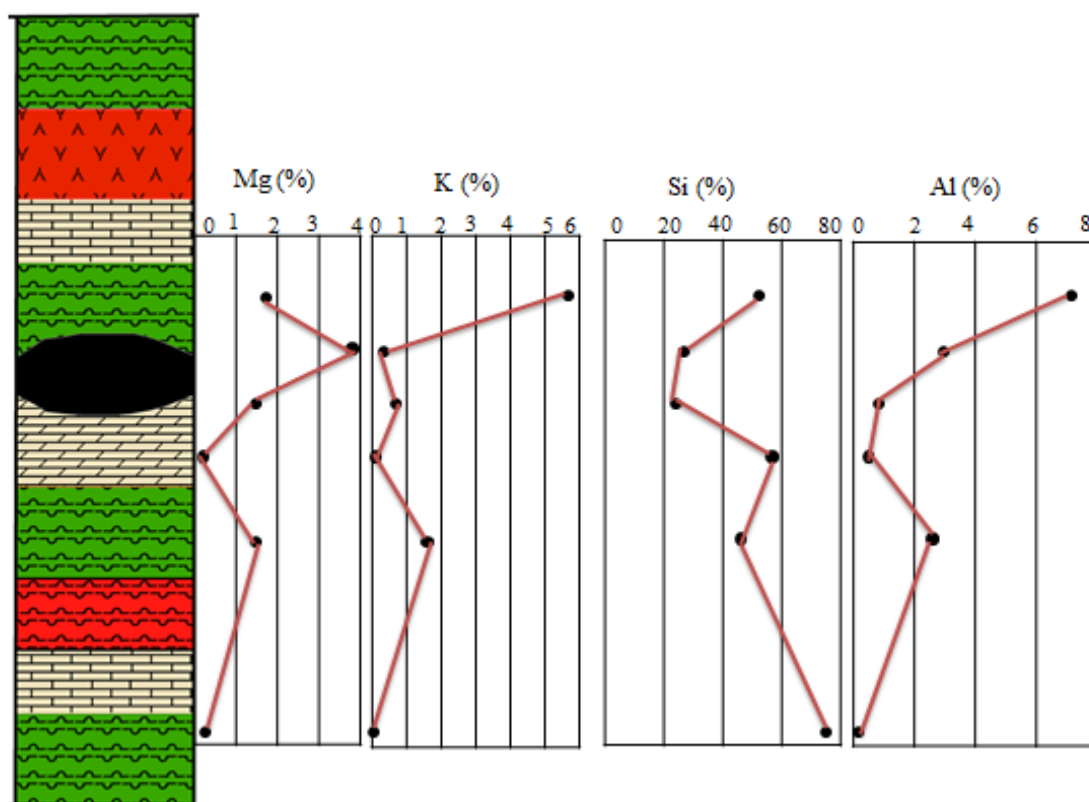
- کانسارهای گرمابی: در این تیپ از کانه‌زایی منگنز، منگنز بیشترین همبستگی را با آرسنیک، باریم، استرانسیم، مولیبدن، وانادیم و مس دارد.

نیکلسون (۱۹۹۲) مجموعه عنصری آرسنیک، باریم، مس، لیتیم، مولیبدن، سرب، آنتیموان، استرانسیم، وانادیم و روی را به عنوان مجموعه شاخص کانسارهای اگزالاتیو-هیدروترمال منگنز در نظر گرفته است و معتقد است که منگنز در این تیپ کانسارها، بیشترین همبستگی را با این مجموعه عنصری دارد. در کانسار منگنز هالالان، منگنز بیشترین همبستگی مثبت را به ترتیب با استرانسیم، سرب، روی، مس، مولیبدن و آرسنیک و بیشترین همبستگی منفی را به ترتیب با آهن، آلومینیوم، منیزیم و سیلیس دارد.

با توجه به مجموعه‌های عنصری فوق و آنچه توسط نیکلسون (۱۹۹۲) ارائه شده، کانسار مورد مطالعه از نظر همبستگی موجود بین منگنز و عناصر مختلف بیشترین شباهت را با کانسارهای اگزالاتیو-هیدروترمال نشان می‌دهد. در جدول (۵-۶) مقادیر همبستگی عناصر اصلی و فرعی نشان داده شده است.



شکل ۸-۶: میزان تغییرات عناصر اصلی و کمیاب در قسمت‌های مختلف کانسار مگنز هالان.



ادامه شکل ۹-۶

فصل ششم: ژئوشیمی

	Si	Al	Fe	Mn	Mg	Ca	K	Co	Cr	Cu	Mo	Ni	Pb	Sr	V	Zn
Si	1	-.525	.428	-.790	-.709	-.570	-.427	-.592	.378	-.962 ^{***}	-.955 ^{***}	-.738	-.170	-.769	-.218	-.844
		.285	.397	.061	.115	.238	.398	.216	.461	.002	.003	.094	.747	.074	.678	.072
Al		1	.237	.004	.965 ^{***}	.902 ⁺	.978 ^{***}	.531	.140	.491	.267	.440	.058	.137	.180	.431
			.651	.995	.002	.014	.001	.278	.791	.323	.609	.382	.913	.795	.733	.469
Fe			1	-.363	.058	.276	.249	-.653	-.049	-.393	-.629	-.639	.277	-.276	-.387	-.632
				.480	.913	.596	.634	.160	.926	.441	.181	.172	.595	.597	.448	.252
Mn				1	.197	.235	-.142	.074	-.781	.739	.862 ⁺	.320	.459	.945 ^{***}	-.155	.517
					.708	.654	.789	.890	.067	.093	.027	.537	.360	.004	.770	.372
Mg					1	.858 ⁺	.940 ^{***}	.627	.069	.690	.482	.610	.016	.271	.285	.933 ⁺
						.029	.005	.183	.897	.129	.333	.198	.976	.603	.584	.021
Ca						1	.806	.324	-.261	.446	.338	.208	.476	.441	-.220	-.436
							.053	.531	.617	.376	.512	.692	.340	.382	.675	.463
K							1	.548	.301	.424	.163	.453	-.096	-.044	.293	.323
								.260	.562	.402	.758	.367	.856	.934	.573	.596
Co								1	.413	.579	.567	.894 ⁺	-.423	.084	.630	.651
									.416	.229	.241	.016	.404	.875	.180	.234
Cr									1	-.234	-.419	.307	-.879 ⁺	-.841 ⁺	.728	.101
										.656	.408	.554	.021	.036	.101	.872
Cu										1	.917 ⁺	.812 ⁺	-.042	.648	.421	.935 ⁺
											.010	.050	.937	.164	.406	.020
Mo											1	.732	.133	.806	.224	.792
												.098	.801	.053	.670	.110
Ni												1	-.511	.216	.784	.913 ⁺
													.300	.681	.065	.030
Pb													1	.651	-.922 ^{***}	-.511
														.162	.009	.378
Sr														1	-.349	.296
															.498	.629
V															1	.739
Zn																1

جدول ۵-۶: ضریب همبستگی پیرسون برای عناصر اصلی و فرعی در کانسنگ‌های مورد مطالعه.

۸-۶- جمع بندی

- با توجه به اینکه در مطالعات ژئوشیمیایی کانسارهای مگنز، جهت تفکیک محیط تشکیل و منبع فلزات، نسبت‌ها و نمودارهای مختلفی مورد استفاده قرار گرفته، در این تحقیق، سعی بر آن بوده تا حد امکان، اکثر این نمودارها به کار گرفته شود. خلاصه نتایج این مطالعات به شرح ذیل است.
- بر اساس نسبت Mn/Fe به دست آمده برای کانسار مورد مطالعه، این کانسار از نوع گرمابی-بروندمی محسوب می‌شود.
 - با توجه به نمودار Si نسبت به Al ، کانسار مورد مطالعه در رده کانسارهای مگنز با خاستگاه گرمابی-بروندمی قرار می‌گیرد.
 - نمودارهای عناصر کمیاب نیز منشأ گرمابی-بروندمی را برای این کانسار نشان می‌دهند.
 - کانسارهای آزاد بر خلاف کانسارهای گرمابی-بروندمی عمدتاً از عناصر Sr, Mg, Ca, K, Na ، Ni و Cu ، Co غنی شدگی نشان می‌دهند. و در این میان عناصری همچون Ni و Cu ، Co به دلیل پایداری بیشتر در برابر فرآیندهای ثانویه سوپرژن نسبت به دیگر عناصر ذکر شده از اهمیت بیشتری برخوردارند. در نمودارهای مختلف، همه نمونه‌های منطقه مورد مطالعه در محدوده کانسارهای گرمابی-بروندمی قرار گرفته و گویای مقدار پایین این عناصر در نمونه‌های کانسنگ می‌باشند.
 - در نمودار La/Ce نمونه‌های آنالیز شده در گستره نهشته‌های مگنز با خاستگاه گرمابی-بروندمی قرار می‌گیرند.
- بنابراین می‌توان گفت که کانسار مگنز هلالان در یک محیط دریایی کم‌عمق و به وسیله سیالات گرمابی-بروندمی تشکیل شده است.

فصل، منقسم
اکلوی تشکیل، نوع کا نہ زایی، نتیجہ گیری
و پیشہادات اکتشافی

۷-۱- مقدمه

در مطالعه و بررسی هر کانسار، توجه به عوامل کنترل کننده تشکیل و تمرکز ماده معدنی، به منظور ارائه الگویی جهت شناسایی و اکتشاف کانسارهای مشابه، از اهمیت بسزایی برخوردار است. برای رسیدن به چنین هدفی، لازم است تمامی پدیده‌های مرتبط با تشکیل و تمرکز ماده معدنی، مورد بررسی قرار گیرند. در این میان، نقش سنگ میزبان کانه‌زایی، ماهیت فیزیکی و شیمیایی سیالات کانه ساز، خاستگاه تکتونیکی، محیط تشکیل و دگرسانی بسیار با اهمیت می‌باشد. همچنین، خصوصیات ژئوشیمیایی عناصر کانه ساز، نحوه فراوانی، توزیع و پراکندگی عناصر و عوامل مؤثر بر آن، از جمله مواردی هستند که می‌بایست در مطالعه هر کانساری مورد توجه قرار گیرند.

در این فصل ابتدا، با استفاده از شواهد و مدارک ارائه شده در فصول قبلی، به بحث و بررسی شواهد ژنتیکی مهم و ژنز کانسار منگنز هلالان خواهیم پرداخت. در ادامه، این کانه‌زایی با کانسارهای مشابه و شناخته شده ایران و جهان مقایسه و در نهایت، پیشنهادهای اکتشافی در زمینه پی‌جویی و اکتشاف کانسارهای مشابه در ناحیه ارائه خواهد شد.

۷-۲- شواهد ژنتیکی مهم

۷-۲-۱- محیط تکتونیکی تشکیل

محدوده مورد مطالعه در کمربند آتشفشانی- رسوبی ترود- چاه‌شیرین قرار گرفته که این کمربند به صورت یک بالآمدگی با روند شمال شرق- جنوب غرب به موازات گسل‌های بزرگ و چپ‌گرد ترود و انجیلو کرانه شمالی کویر مرکزی ایران را تشکیل داده است. سنگ‌های ماگمایی این کمربند ترکیب کالکوالکالن داشته که موقعیت تکتونیکی این مجموعه را قابل مقایسه با کمان آتشفشانی نشان می‌دهد (کهنسال، ۱۳۷۶؛ دوالفقاری، ۱۳۷۷).

۷-۲-۲- محیط زمین‌شناسی تهنشست

براساس نتایج حاصل از مطالعات میکروسکوپی و آنالیزهای ژئوشیمیایی، محیط تهنشست کانه‌زایی کانسار منگنز هلالان یک محیط دریایی کم‌عمق بوده است.

۷-۲-۳- سنگ میزبان و سنگ‌های همراه

مطالعات سنگ‌شناسی در منطقه مورد مطالعه نشان دهنده یک توالی از مجموعه سنگ‌های دگرگونی می‌باشد. این مجموعه دگرگونی شامل انواع شیست‌ها (کلریت شیست، مسکویت شیست)، سنگ‌های کربناته و لاپیلی توف قرمز می‌باشد که کانه‌زایی منگنز با این مجموعه دگرگونی همراه می‌باشد.

۷-۲-۴- شکل هندسی و ساخت و بافت ماده معدنی

شکل هندسی ماده معدنی در کانسار هلالان، به صورت عدسی و لایه‌ای شکل هم‌روند و هم‌شیب با سنگ‌های کمربالا و کمرپایین می‌باشد. مهم‌ترین ساخت و بافت‌های موجود در کانه‌زایی منگنز هلالان، بافت توده‌ای، نواری، لامینه و رگه- رگچه‌ای است اما اشکال دانه پراکنده، پر کننده فضای خالی را نیز می‌توان مشاهده کرد.

۷-۲-۵- کانی‌شناسی

کانسارهای رسوبی منگنز چه از منبع ولکانیک- اگزالاتیو و چه از منبع غیرولکانیکی به طور عمده به وسیله اکسیدهای ظرفیت بالای منگنز مانند پیرولولوزیت، پسیلوملان و کریپتوملان مشخص می‌شوند (روی، ۱۹۶۸). هم‌چنین کانی‌های کالکوفانیت، کرونادیت و هولاندیت جزء کانی‌های شاخص کانسارهای منگنز رسوبی هستند (نیکلسون، ۱۹۹۲).

کانی‌شناسی در کانسار منگنز هلالان چندان پیچیده نمی‌باشد. مهم‌ترین کانی‌های موجود در این کانه‌زایی پیرولولوزیت، پسیلوملان، هولاندیت، براونیت و هماتیت می‌باشند که کانی‌های کوارتز، کلسیت، ژیپس، کانی‌های رسی، اسپسارتین و ولاستونیت مجموعه فوق را همراهی می‌نمایند.

۷-۲-۶- دگرسانی‌ها و منطقه بندی آن‌ها

به طور کلی، دگرسانی‌های موجود در این کانه‌زایی شامل کلریتی، آرژیلیتی، سیلیسی و کربناتی می‌باشند. از میان این دگرسانی‌ها، دگرسانی کلریتی گسترده‌ترین نوع دگرسانی در منطقه بوده که سنگ‌های کم‌پایین و کمربالا ماده معدنی تحت تأثیر این دگرسانی قرار گرفته‌اند. دگرسانی آرژیلیک تشکیل شده در محدوده معدنی هلالان، سنگ‌های کم‌پایین کانسار را تحت تأثیر قرار داده است که به واسطه حضور کانی‌های رسی مشخص می‌شود و دارای رنگ سفید در سطح تازه است. سیلیسی شدن، به صورت رگه- رگچه‌هایی در تمام واحدهای رخنمون یافته در منطقه مشاهده می‌شود که نشانگر ورود سیال از طریق محلول‌های گرمابی به داخل شکستگی‌ها و ته‌نشین شدن در داخل آن‌ها است. دگرسانی کربناتی هم به مقدار کم و به صورت رگه- رگچه‌ای و پراکنده در متن تمام واحدهای سنگی مشاهده می‌شود.

۷-۲-۷- شواهد ژئوشیمیایی

مطالعات ژئوشیمیایی انجام شده بر روی عناصر اصلی و کمیاب موجود در کانسنگ، نشان دهنده بالا بودن نسبت‌های La/Ce ، Mn/Fe و Si/Al ، پایین بودن Co/Zn ، مقادیر فلزات کمیاب به ویژه فلزات Cu ، Ni و Co و پایین بودن مقادیر عناصر نادر خاکی به ویژه Ce می‌باشد. این نتایج نشان می‌دهند که کانسار منگنز هلالان تحت دو فرایند؛ غنی‌شدگی در آب دریا توسط سیالات گرمابی- برون‌دهی و ته‌نشینی در شرایط رسوبی تحت تأثیر تغییرات Eh و pH در محیط تشکیل شده است. بنابراین با

توجه به این شواهد می‌توان این کانسار را از نوع گرمایی زیردریایی (آتشفشانی- رسوبی) که بعداً تحت تأثیر یک فاز دگرگونی قرار گرفته، معرفی کرد.

۷-۲-۸- تأثیر دگرگونی بر کانه‌زایی منگنز هلالان

مطالعات صورت گرفته بر روی کانسار منگنز هلالان به ویژه مطالعات ساخت و بافت و کانی‌شناسی همگی نشان دهنده عملکرد فرایندهای دگرشکلی، تبلور مجدد، تحرک مجدد و تغییرات مورفولوژیکی در این کانه‌زایی می‌باشد. بعضی از ساخت و بافت‌های اولیه در اثر دگرگونی تغییر یافته و از بین رفته‌اند و بعضی دیگر از جمله بافت‌های لامینه و نواری حفظ شده و فقط در اثر فرایند دگرگونی چین خورده‌اند. همچنین آثار فرایند دگرگونی در ماده معدنی مشابه آثار این فرایند در سنگ‌های دربرگیرنده ماده معدنی می‌باشد و به عبارت دیگر ماده معدنی و سنگ‌های دربرگیرنده تاریخچه دگرگونی یکسانی دارند.

۷-۳-۱- ارائه مدل ژنتیکی کانسار منگنز هلالان

۷-۳-۱- منشأ عناصر کانه‌ساز

در مورد منشأ منگنز و عناصر همراه آن در کانسار منگنز هلالان می‌توان منشأهای احتمالی متفاوتی را در نظر گرفت که در زیر به آن‌ها اشاره شده است.

الف) حاصل تخریب و فرسایش سازندها و کانسارهای قدیمی‌تر: با توجه به اینکه در منطقه هیچ کونه سازند و کانسارهای قدیمی‌تری که حاوی مقادیر بالایی از منگنز باشد، در حال حاضر وجود ندارد، نمی‌توان این مورد را به عنوان منشأ منگنز و عناصر همراه آن در نظر گرفت.

ب) توده‌های نفوذی و سیالات داغ مرتبط با آن: در مورد این منشأ احتمالی می‌توان گفت، چون در منطقه مورد مطالعه توده نفوذی وجود ندارد و همچنین در کانسارهایی که عامل کانه‌زایی، توده‌های

نفوذی و سیالات هیدروترمالی ناشی از آن‌ها در نظر گرفته شده است، کانه‌زایی دارای روند و جایگاه خاصی نیست و عمدتاً از روند شکستگی‌ها و گسل‌ها تبعیت می‌کند و عوامل ساختاری کنترل‌کننده کانه‌زایی هستند، در حالی که در منطقه مورد مطالعه چنین نیست، بنابراین نمی‌توان این منشأ را به عنوان تأمین‌کننده عناصر سازنده کانسار در نظر گرفت.

ج) فعالیت ولکانیسم هم‌زمان با رسوب‌گذاری: در مورد منبع منگنز موجود در توالی‌های رسوبی دو نظریه کاملاً متفاوت وجود دارد:

۱- منبع ولکانوژنیک: در این مورد منگنز ممکن است به وسیله یکی از فرایندهای زیر تأمین شده باشد: الف) فعالیت‌های ولکانیکی مستقیم که می‌تواند سیالات همراه با آن‌ها غنی از منگنز باشد. ب) یا اینکه منگنز از سنگ‌های ولکانیکی زیرین شسته و در نهایت در محیط نهشته شده باشد. به عقیده روی (۱۹۹۲) کانسارهای تیپ رسوبی-اگزالاتیو که به وسیله فوران‌های زیردریایی هم‌زمان با رسوب‌گذاری تشکیل شده‌اند، به وسیله همراهی آهن و منگنز مشخص می‌شوند. البته این دو عنصر می‌توانند تحت تأثیر شرایط فیزیکوشیمیایی محیط از هم جدا شده و تشکیل کانسارهای مخصوص به خود را بدهند.

۲- منبع غیرولکانوژنیک: در این مورد منگنز از فرسایش سنگ‌های ولکانیک منگنزدار مانند اسپیلیت، کراتوفیر و دیاباز و یا طبقات منگنزدار قدیمی‌تر حاصل شده و دوباره در حوضه رسوبی نهشته می‌گردد.

در منطقه مورد مطالعه نیز وجود کلریت‌شیست‌ها (که منشأ اولیه آن‌ها احتمالاً گدازه‌های آندزیتی-بازالتی بوده است) و لایه‌هایی از لاپیلی توف در توالی چین‌شناسی منطقه و ارتباط آن‌ها با بخش کانه‌دار حاکی از فعالیت آتشفشانی هم‌زمان با رسوب‌گذاری است و همچنین مطالعات ژئوشیمیایی انجام شده نیز تأمین عناصر کانه‌ساز را از یک منشأ درون‌زاد تأیید می‌کنند. بنابراین با توجه به شواهد فوق می‌توان گفت که منگنز و عناصر همراه آن در منطقه مورد مطالعه از منشأ آتشفشانی زیردریایی هم‌زمان با رسوب‌گذاری تأمین شده باشند.

۷-۳-۲- منشأ سیال کانه‌ساز

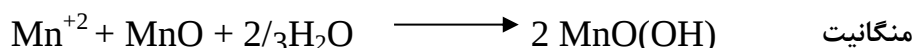
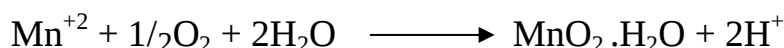
بر اساس نظر خراسکو^۱ (۱۹۵۱)، بناتی و همکاران (۱۹۷۶)، کریرار و همکاران (۱۹۸۲)، وارنتسو^۲ و همکاران (۱۹۹۳) و استاریکوا^۳ (۲۰۰۱)، آبهای اقیانوسی فرورونده در شکاف‌های عمیق موجود در مراکز فعال گسترش بستر دریا که با فعالیت‌های آتشفشانی همراه هستند، می‌توانند بر اثر چرخش در داخل گدازه‌های دارای شار حرارتی بالا، گرم شده و فلزات را در خود تمرکز دهند. این آبها پس از چرخش در داخل گدازه‌ها، سرانجام به بستر دریا راه پیدا می‌کنند و منگنز خود را رسوب می‌دهند. بنابراین به احتمال زیاد در منطقه هلالان نیز، بطور عمده منشأ سیال کانه ساز آب دریا بوده است.

۷-۳-۳- مدل ژنتیکی و نحوه تشکیل کانسار هلالان

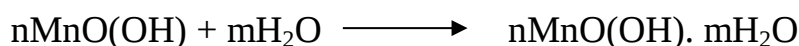
یکی از مهم‌ترین مدل‌هایی که جهت نهشت آهن و منگنز در محیط‌های آتشفشانی- رسوبی ارائه شده و تاکنون نیز به عنوان مکانیسم نهشت منگنز در بسیاری از کانسارهای بزرگ دنیا مطرح شده، مدلی است که توسط خراسکو (۱۹۵۱)، بناتی و همکاران (۱۹۷۶)، کریرار و همکاران (۱۹۸۲)، استلریکو (۲۰۰۱) و بروسنیتسین و ژوکو (۲۰۰۵) ارائه شده است. در این مدل با توجه به شکل (۷-۱) ته‌نشست عناصر آهن و منگنز، با ورود سیالات گرمابی- برون‌دیمی منگنزدار به آب دریا و در اثر تغییر شرایط فیزیکوشیمیایی (بیشتر به دلیل تغییر شرایط Eh و pH) صورت می‌گیرد. آهن و منگنز در Eh پایین‌تر از ۰/۲- و pH کمتر از ۶ از حلالیت بالایی برخوردارند و در چنین شرایطی در محیط به صورت محلول هستند. با حرکت سیالات به سمت بالا توسط جریان‌های بالارونده و تغییر اندک در pH و Eh محیط رسوبی، بخشی از آهن محلول به شکل غیرمحلول از سیال جدا شده و به شکل فاز سولفیدی (پیریت) درآمده و رسوب می‌کند. اما منگنز به دلیل حلالیت بالا نسبت به آهن به صورت محلول در محیط باقی می‌ماند. محلول باقی مانده با توجه به جدایی بخشی از آهن از آن، از نظر منگنز غنی شده و می‌تواند رسوبات غنی از منگنز و فقیر از آهن ایجاد کند. در ادامه با حرکت سیالات

1-Kheraskov
2-Varentsov
3-Starikova

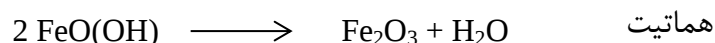
به سمت مناطق کم‌عمق‌تر و جایگزینی شرایط اکسیدان به جای شرایط احیایی در محیط رسوبی، Mn^{+2} از نظر ترمودینامیکی در حضور اکسیژن ناپایدار گشته و به آهستگی اکسید می‌شود (یو^۱، ۱۹۹۰) و در مرز محیط اکسیدان- احیا اکسیدها و هیدروکسیدهای منگنز طبق معادلات زیر ایجاد می‌شوند.



پلیمریزاسیون



در ادامه باقیمانده آهن محلول نیز با رسیدن جریان‌های بالارو به محیط‌های اکسیدان و کم‌عمق‌تر در حضور اکسیژن، هیدروکسیدهای آمورف آهن سه ظرفیتی تولید می‌کند.



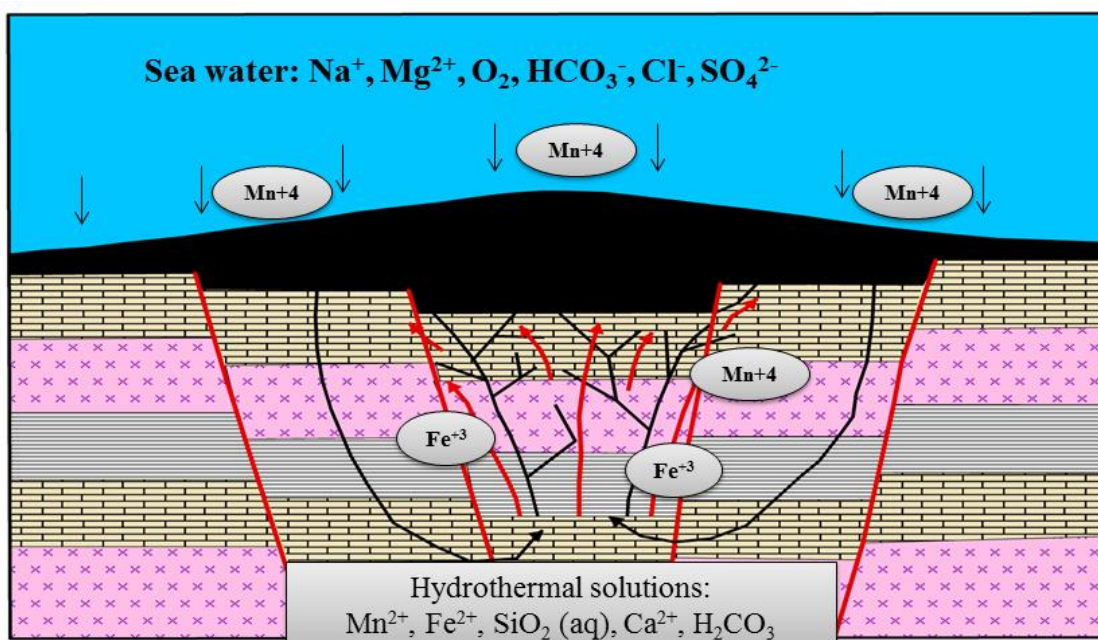
در تحقیقات آزمایشگاهی، تشکیل اکسید و هیدروکسیدهای منگنز (Mn_3O_4 و β - $MnOOH$) از اکسید شدن مستقیم Mn^{+2} ثابت شده است (استوم و جوانولی^۲، ۱۹۷۶).

بنابراین در مورد کانسار منگنز هلالان هم می‌توان گفت که سیالات گرمابی- برون‌دمی داغ، اسیدی و احیایی، عناصر کانه‌ساز را از سنگ‌های کم‌رپاین شسته و از طریق شکستگی‌ها و فضاهای باز وارد حوضه دریایی کرده‌اند، سپس با کاهش دما و افزایش pH، ابتدا عنصر آهن به دلیل حلالیت و پایداری کمتر نسبت به منگنز، به صورت کانی اکسیدی هماتیت ته‌نشین شده و در نتیجه سیال باقی مانده غنی از منگنز شده است. در ادامه با کاهش عمق و اکسیدان شدن محیط، کانی‌های اکسیدی منگنز ته‌نشین شده‌اند (شکل ۷-۱ الف)، در مرحله بعد فوران آتشفشانی مجدداً صورت گرفته و لایه‌هایی از

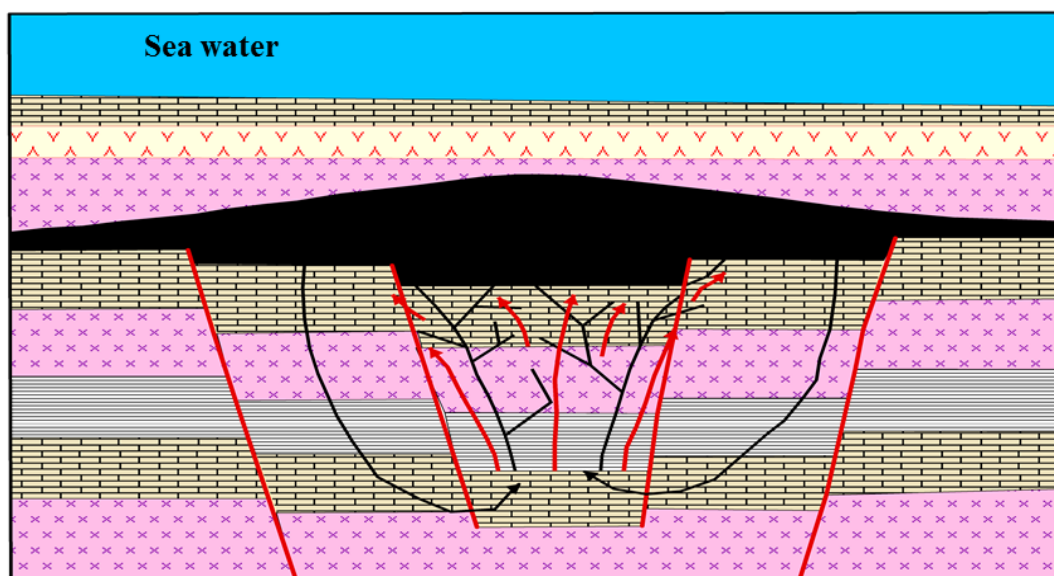
1-Yu

2-Stumm and Giovanoli

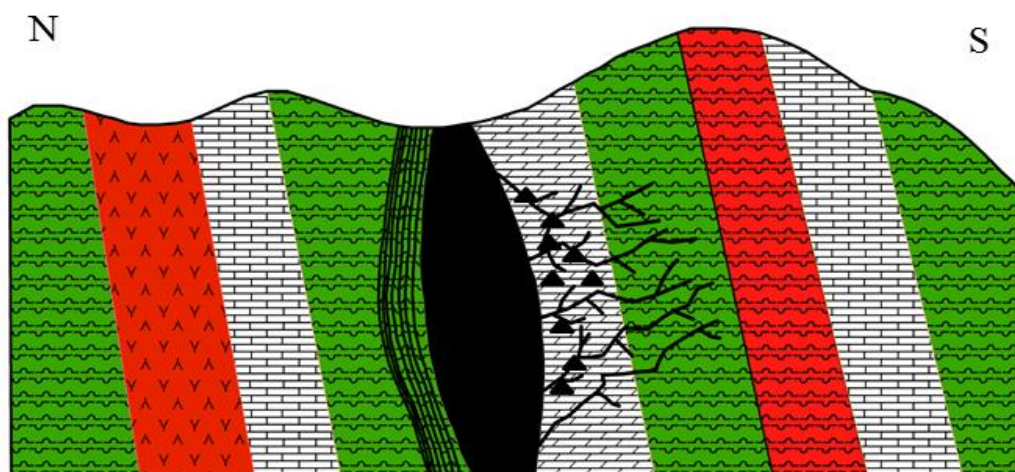
گدازه‌های آندزیتی - بازالتی، لاپیلی توف و سنگ آهک بر روی ماده معدنی تشکیل شده‌اند (شکل ۷-۱) و در نهایت این مجموعه تحت تأثیر یک فاز دگرگونی در حد رخساره شیبست سبز قرار گرفته‌اند (شکل ۷-۱ ج) و مطالعات کانی‌شناسی، بافت و ساخت صورت گرفته در کانسار هلالان نیز مبین وجود کانسار هلالان قبل از دگرگونی بوده و به عبارت دیگر تشکیل و تمرکز اولیه کانه‌زایی منگنز هلالان در مرحله آتشفشانی- رسوبی و فعالیت اگزالاتیو زیردریایی صورت گرفته است و فرایند دگرگونی بعدی تنها باعث ایجاد بسیاری از ویژگی‌های فعلی ماده معدنی و سنگ‌های دربرگیرنده آن شده است.



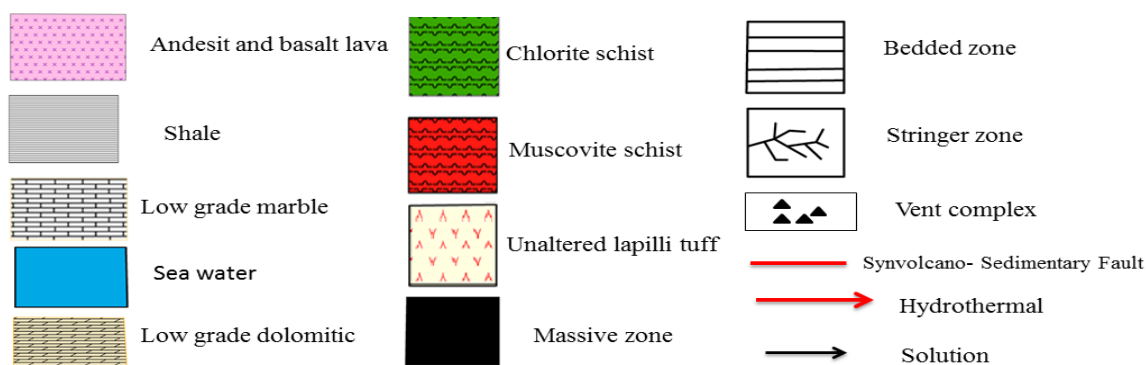
(الف)



(ب)



(ج)



شکل ۷-۱: نحوه تشکیل کانسار منگنز هلالان بر اساس مدل بروسنیتسین^۱ و همکاران (۲۰۰۹). الف) سیالات

هیدروترمالی از طریق شکستگی‌ها و فضاهای باز، به صورت برون‌دم وارد آب دریا شده و کانه‌زایی در محل خروج سیالات گرمایی - برون‌دمی تشکیل می‌گردد. ب) فوران آتشفشانی مجدداً صورت گرفته و لایه‌هایی از گدازه‌های آندزیتی - بازالتی، لاپیلی توف و سنگ آهک بر روی ماده معدنی تشکیل شده‌اند. ج) در نهایت این مجموعه تحت تأثیر یک فاز دگرگونی قرار گرفته‌اند.

۴-۷- مقایسه کانسار منگنز هلالان با کانسارهای شاخص منگنز ایران و دنیا

به طور کلی کانسارهای رسوبی و آتشفشانی - رسوبی منگنز دنیا به سه نوع اصلی تقسیم می‌شوند. نوع اول کانسارهای موجود بر روی دگرشیبی‌ها است که در آن‌ها ماده معدنی در افق‌های تخریبی و یا کربناته (موروکو - وارنتسو^۱، ۱۹۶۴) متمرکز شده است.

نوع دوم کانسارهایی که با تشکیلات آهن نواری همراه هستند (کانسارهای ناحیه کالاهاری، آفریقای جنوبی، هاتکیسون^۲، ۱۹۸۳). از لحاظ سنی این کانسارها محدوده به پرکامبرین بوده و در سپرهای قدیمی یافت می‌شوند.

نوع سوم از کانسارهای منگنز دنیا که از نظر توزیع جغرافیایی گسترده‌تر از دو دسته قبل هستند، کانسارهای موجود در سنگ‌های آتشفشانی و آتشفشانی - رسوبی می‌باشند. این نوع کانسارها خود به دو گروه تقسیم می‌شوند، گروه اول کانسارهای همراه با سنگ‌های آتشفشانی بازیک وابسته به توده‌های افیولیتی که از نظر سنی متعلق به اواخر مزوزوئیک می‌باشند و گروه دوم کانسارهای موجود در سنگ‌های آتشفشانی که فاقد ارتباط و وابستگی به توده‌های افیولیتی هستند و از نظر سنی، زمان وسیعتری دارند.

بنابراین کانسار منگنز هلالان نیز به دلیل قرارگیری در سنگ‌های آتشفشانی - رسوبی (دگرگون شده) ژوراسیک زیرین از کانسارهای موجود بر روی دگرشیبی‌ها و کانسارهای همراه با تشکیلات آهن نواری پرکامبرین متمایز می‌شود. همچنین به دلیل عدم وجود پهنه افیولیتی در ناحیه کانسار جایگاه این

1-Varentsov
2-Hutchison

کانسار در دسته سوم نیز مشخص می‌شود. در ادامه کانسار منگنز هلالان با کانسارهای معروف دنیا مقایسه می‌شود.

۷-۴-۱- مقایسه با برخی از کانسارهای شاخص منگنز ایران

۷-۴-۱-۱- نهشته‌های منگنز-آهن صفو، شمال چالدران

نهشته‌های منگنز-آهن ناحیه صفو در شمال شهر چالدران قرار گرفته است. در ناحیه صفو، انباشتگی منگنز در چند افق و به شکل توده‌های عدسی شکل درون شیل‌های آهکی پلاژیک، چرت و آهک پلاژیک روی داده است. این کانسار چینه‌سان بوده و خاستگاه هم‌زمان با ته‌نشینی دارد. از نظر کانی‌شناسی از کانه‌های پیرولولوزیت، بیکسبیت، براونیت و هماتیت تشکیل یافته است. کلسیت، کوارتز و باریت کانی‌های باطله اصلی هستند. ساخت و بافت‌های نواری، توده‌ای و پراکنده در توده‌های معدنی قابل تشخیص‌اند. شواهد زمین‌شناسی و ژئوشیمیایی گویای نهشت کانه‌ها از گرمایی‌های زیردریایی (بروندی) در بستر حوضه اقیانوس نئوتتیس در زمان کرتاسه بالایی است (امامعلی پور، ۱۳۸۸).

از جمله شباهت‌های بین این کانسار با کانسار منگنز هلالان می‌توان به شکل توده معدنی (عدسی شکل)، چینه‌سان بودن هر دو کانسار، کانی‌شناسی (پیرولولوزیت و براونیت)، کانی‌های باطله (کوارتز و کلسیت) و نهشت کانه‌ها از گرمایی‌های زیردریایی اشاره کرد. از تفاوت‌های بارز بین این دو کانسار هم سنگ میزبان این دو کانسار، زمانی تشکیل برای کانسار صفو کرتاسه بالایی در حالی که برای کانسار هلالان ژوراسیک زیرین است و همچنین عدم وجود دگرگونی در کانسار صفو است، در حالی که کانسار منگنز هلالان تحت تأثیر یک فاز دگرگونی در حد رخساره شیست سبز قرار گرفته است.

۷-۴-۱-۲- ذخایر معدنی منگنز در مناطق بشاگرد و رودان

ذخایر معدنی منگنز در مناطق بشاگرد و رودان استان هرمزگان همراه با آمیزه رنگین مجموعه‌های فیولیتی رخمون یافته‌اند. کانه‌زایی منگنز در سه سیمای هم‌زاد (سین ژنتیک)، دیاژنتیک-دگرگونی

و دیرزاد (اپی ژنتیک) صورت گرفته است. براونیت و پسیلوملان ترکیبات اولیه منگنز در سیمای هم‌زاد هستند که به صورت بین‌نواری با نوارهای سیلیسی در محیط رسوبی تشکیل شده‌اند. سیمای دیاژنتیک با حضور کانی بیکسبیت مشخص می‌شود. ساخت‌های عدسی و انبانه‌ای شکل در سنگ‌های میزبان نشانگر تأثیر دیاژنز و دگرگونی اولیه بر روی ساختارهای نواربندی اولیه است. دگرگونی در برخی از رخدادهای معدنی با رخساره‌های شیست سبز و سپس گلوکوفان شیست و آمفیبولیت با تشکیل سیلیکات‌ها و هیدروسیلیکات‌های منگنز نظیر یوهانسیت در منطقه بشاگرد و تفرویت در منطقه رودان همراه است. پیرولولزیت هم کانی اصلی سیمای دیرزاد است که بر اثر فرایندهای گرمایی ثانویه تشکیل شده است (رجب زاده و زمان ثانی، ۱۳۹۳).

از جمله مهم‌ترین شباهت‌های این کانسار با کانسار منگنز هلالان عملکرد فرایند دگرگونی در هر دو کانسار، ساخت ماده معدنی (عدسی شکل) و کانی‌شناسی (براونیت، پسیلوملان و پیرولولزیت) می‌باشد. از تفاوت‌های بین این دو کانسار هم می‌توان به وجود کانی‌های دگرگونی درجه بالا در این کانسار می‌باشد در حالی که در کانسار هلالان تحت تأثیر دگرگونی درجه پایین قرار گرفته و نیز سنگ میزبان آن‌ها که برای این کانسار چرت‌های سیلیسی و برای کانسار هلالان کلریت شیست و سنگ‌های کربناته می‌باشد.

۷-۴-۱-۳- کانسار منگنز گراب

کانسار منگنز گراب در ۱۸۵ کیلومتری شمال باختر تهران و ۳۲ کیلومتری شمال خاور شهرک طالقان در زون البرز مرکزی باختری قرار دارد. عمده‌ترین واحدهای سنگی رخنمون یافته در منطقه، سنگ‌های آتشفشانی ائوسن بالایی و واحدهای آتشفشانی- رسوبی الیگومیوسن می‌باشند. کانه‌زایی منگنز لایه‌ای شکل در واحدهای آتشفشانی- رسوبی الیگومیوسن رخ داده است. شکل هندسی کانسنگ منگنز لایه‌ای- عدسی شکل بوده است. بافت‌های لامینه، نواری، توده‌ای، افشان، بوتروئیدال و پرکننده فضای خالی از بافت‌های اصلی کانه‌زایی بوده و کانه‌های همراه آن پسیلوملان، براونیت،

پیرولوزیت، کریپتوملان و هاسمانیت می‌باشد. براساس شواهد و مطالعات ژئوشیمیایی انجام شده، کانه‌زایی منگنز در واحدهای آتشفشانی- رسوبی الیگومیوسن در اثر فعالیت‌های برون‌دمی در یک محیط کافتی قاره‌ای تشکیل شده است (دولت خواه و همکاران، ۱۳۸۱).

از جمله مهم‌ترین شباهت‌های بین این کانسار با کانسار هلالان می‌توان به شکل هندسی کانسنگ، بافت‌ها و کانی‌شناسی (پیرولوزیت، پسیلوملان و براونیت) آن‌ها اشاره کرد. تفاوت‌های بین دو کانسار هم سنگ میزبان، محیط تکتونیکی، زمان تشکیل و هم‌چنین عدم وجود دگرگونی در کانسار گراب می‌باشد.

۷-۴-۲- مقایسه با کانسارهای شاخص منگنز در دنیا

در اینجا کانسار منگنز هلالان با برخی از کانسارهای معروف دنیا از جمله کانسار فرومنگنز و افانگزی^۱ در چین (فان^۲، ۱۹۹۹، ۱۹۹۲)، کانسارهای شرق کارپاتین^۳ در رومانی (مانتینا^۴ و همکاران، ۲۰۰۴)، کانسارهای فیزولی^۵ در روسیه (بروسنیتسین و زاکو^۶، ۲۰۰۵) و ساردینیا در ایتالیا (سینیسی^۷، ۲۰۱۲) مقایسه می‌شود.

۷-۴-۲-۱- کانسار فرومنگنز و افانگزی در چین

کانسار فرومنگنز و افانگزی در چین با سن پروتروزوئیک میانی، بزرگترین نهشته فرومنگنز در شمال این کشور بوده که کانه‌زایی در آن شامل سه لایه کانه‌دار است. توالی کانه‌دار در این کانسار تغییرات کانی‌شناسی و لیتولوژیکی نشان می‌دهد، به طوری که در جنوب شرق، کانه منگانیت به همراه

1-Wafangzi

2-Fan

3-Carpathian

4-Munteanu

5-Faizuly

6-Brusnitsyn and Zhukov

7-Sinisi

لیتولوژی مادستون قرمز تا قهوه‌ای تیره بوده و در شمال غرب کانه رودوکروزیت با لیتولوژی شیل سیاه و دولومیت سیلتي دیده می‌شود. توالی پاراژنتیکی کانه‌ها در این کانسار پیچیده و شامل نوع رسوبی- دیاژنتیکی اولیه یعنی منگانیت و رودوکروزیت، نوع دگرگونی مجاورتی یعنی بیکسبایت و براونیت و نوع اکسید ثانویه نیز پیرولولوزیت، پسیلوملان، ورنادیت و گوتیت است. براساس داده‌های ژئوشیمیایی و مطالعات صحرایی، منبع عناصر کانه‌ساز در این کانسار اساساً منبع تخریبی و مشتق شده از تخریب پوسته قاره‌ای است (فان، ۱۹۹۲، ۱۹۹۹).

از جمله شباهت‌های بین این کانسار و کانسار منگنز هلالان این است که کانی‌شناسی کانسنگ در هر دو کانسار در یک محیط دریایی کم‌عمق نهشته شده‌اند، هر دو کانسار متحمل فرایند دگرگونی شده‌اند و نیز کانی‌شناسی کانگ در هر دو کانسار شامل کلسیت و کوارتز می‌باشد و از تفاوت‌های بارز بین این دو کانسار می‌توان به وجود توده‌های نفوذی در کانسار وافانگزی اشاره کرد که در کانسار هلالان توده نفوذی وجود ندارد، منبع عناصر کانه‌ساز در کانسار وافانگزی یک منبع تخریبی و مشتق شده از تخریب پوسته قاره‌ای است در حالی که در کانسار هلالان دارای منشأ درون‌زاد است و نیز کانسار وافانگزی از نظر سنی متعلق به پروتروزوئیک میانی است، در حالی که کانسار هلالان سنی معادل ژوراسیک زیرین دارد.

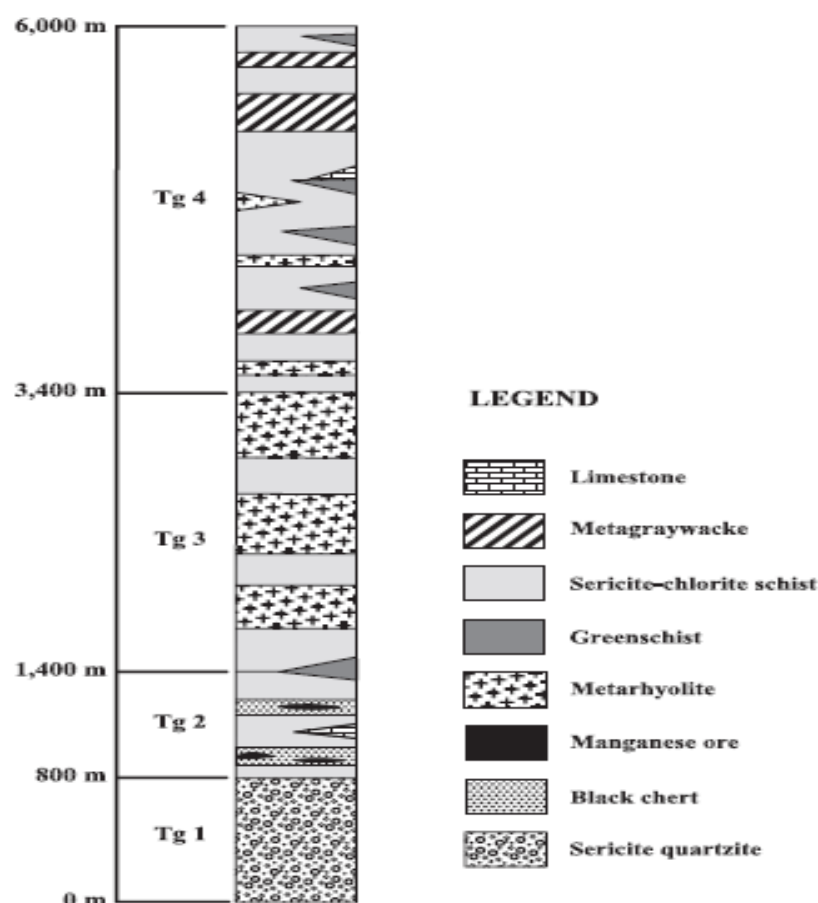
۷-۴-۲- کانسارهای شرق کارپاتین در رومانی

کانسارهای منگنز شرق کارپاتین در گروه تالقس، در یک مجموعه جزیره قوسی به سن کامبرین- اردوئین رخ داده‌اند و در طول سیلورین در حد رخساره شایست سبز دگرگون شده‌اند. این نهشته‌ها از نظر کانی‌شناسی شامل رودوکروزیت، اسپسارتین، استیلپنوملان، رودونیت و تفروئیت می‌باشند. هم‌چنین سنگ میزبان کانسارهای شرق کارپاتین چرت‌های غنی از مواد آلی هستند (شکل ۷-۲) و خود ماده معدنی عاری از مواد آلی می‌باشد. در این کانسارها آنالیزهای ژئوشیمیایی انجام شده بر روی ماده معدنی نشان دهنده آنومالی‌های مثبت Ce و منفی Eu هستند. عنصر منگنز در این کانسارها

فصل هفتم: الگوی تشکیل، نوع کانه‌زایی، نتیجه‌گیری و پیشنهادات اکتشافی

دارای هر دو منشأ آذرین و خاک‌زاد می‌باشد. عنصر منگنز در این کانسار به صورت اکسید و کربنات منگنز ته‌نشین شده است (مانتینا و همکاران، ۲۰۰۴).

از جمله مهم‌ترین شباهت‌های بین این کانسارها با کانسار منگنز هلالان می‌توان به وجود دگرگونی در حد رخساره شیست سبز در هر دو کانسار، از نظر کانی‌شناسی (اسپسارتین) و هم‌چنین سنگ‌های همراه ماده معدنی (شیست سبز و سنگ آهک) اشاره کرد. این کانسارها با کانسار هلالان از لحاظ زمانی، سنگ میزبان و منبع عناصر کانه‌ساز با هم تفاوت دارند.



شکل ۷-۲: ستون چینه‌شناسی کانسارهای شرق کارپاتین در رومانی، گروه تالقس، که منگنز در آن در داخل چرت‌های سیاه تشکیل شده است.

۳-۲-۴-۷- کانسار فیزولی در روسیه

کانسار منگنز فیزولی در روسیه در داخل واحدهای آتشفشانی دونین با دگرگونی درجه پایین قرار گرفته است. ماده معدنی در این کانسار دارای شکل هندسی عدسی و لایه‌ای با سنگ میزبان ژاسپر است. پاراژنز کانه شامل کانی‌های دگرگونی مانند آندرادیت، رودونیت و کاریوفیلیت است و کانی‌های باطله آن شامل کوارتز و کلسیت است (بروسنیتسین و زاکو، ۲۰۰۵).

عمده‌ترین شباهت‌های این کانسار با کانسار منگنز هلالان شامل شکل هندسی ماده معدنی، کانی‌های باطله و اینکه هر دو کانسار متحمل دگرگونی درجه پایین شده‌اند. و از تفاوت‌های این دو کانسار می‌توان به سنگ میزبان و پاراژنز کانه‌ها اشاره کرد.

۴-۲-۴-۷- کانسار ساردینیا در ایتالیا

کانسار ساردینیا یکی از کانسارهای منگنز تشکیل شده در غرب دریای مدیترانه در ایتالیا و به سن ترشیاری است. محیط تکتونیکی تشکیل این کانسار یک محیط کمان قاره‌ای است. این کانسار در محیط‌های دریایی کم‌عمق و به شکل چین‌ه‌سان و رگه‌ای تشکیل شده است. در نوع چین‌ه‌سان، منگنز در داخل زمینه و سیمان کنگلومراهای بستر تشکیل شده و در نوع رگه‌ای، اکسیدهای منگنز در گدازه‌های ریولیتی و ایگنمبریتی تشکیل شده‌اند. کانی‌های تشکیل دهنده این کانسار شامل پیرولولویت، هولاندیت، تودوروکیت، کرونادیت، کریپتوملان، منگانیت و کانی‌های باطله آن شامل کوارتز، کلسیت و پلاژیوکلاز می‌باشند. منشأ اصلی کانسار ساردینیا سیالات گرمابی می‌باشند (سینیسی، ۲۰۱۲).

از جمله شباهت‌های این کانسار با کانسار منگنز هلالان چین‌ه‌سان بودن ماده معدنی، وجود کانی‌های پیرولولویت و هولاندیت و کانی‌های باطله آن‌ها می‌باشد. از تفاوت‌های بین دو کانسار هم می‌توان به سنگ میزبان و محیط تکتونیکی تشکیل اشاره کرد که کانسار ساردینیا در ارتباط با کمان‌های قاره‌ای است در حالی که کانسار هلالان در ارتباط با کمان آتشفشانی تشکیل شده است.

۷-۵- تقسیم بندی کانسارهای آتشفشانی - رسوبی منگنز بر اساس موسیر و پیچ (۱۹۸۸)

۷-۵-۱- مقدمه

موسیر و پیچ (۱۹۸۸) براساس فاکتورهای مختلفی از جمله محیط تکتونیکی، سنگ‌های میزبان، کانی‌های معدنی، کانی‌های باطله، کانسارهای مرتبط با کانسار، عناصر فلزی و نوع دگرسانی‌ها کانسارهای آتشفشانی- رسوبی منگنز را به چهار مدل شامل تیپ فرانسیسکن، کوبا، المپیک پنین سولا و قبرس تقسیم بندی کرده‌اند. خصوصیات هر کدام از این چهار مدل در جدول (۷-۱) با هم مقایسه شده است. ویژگی‌های کانسار منگنز هلالان از جمله محیط زمین‌ساختی تشکیل، محیط زمین‌شناسی نهشت، سنگ‌های میزبان همراه، شکل هندسی، کانی‌شناسی، بافت و ویژگی‌های زمین‌شیمیایی بیشترین شباهت را با کانسارهای تیپ کوبا نشان می‌دهد با این تفاوت که کانسار منگنز هلالان تحت تأثیر یک فاز دگرگونی در حد رخساره شیست سبز قرار گرفته است. در ادامه ویژگی‌های کانسار هلالان با تیپ کوبا به تفصیل مقایسه شده است.

جدول ۷-۱: مقایسه کانسار منگنز هلالان با ویژگی‌های شاخص انواع مختلف کانسارهای منگنز آتشفشانی- رسوبی بر اساس رده بندی موسیر و پیچ (۱۹۸۸).

ویژگی‌های شاخص	کانسار منگنز هلالان	نوع فرانسیسکن	نوع کوبا	نوع المپیک پنینسولا	نوع قبرسی
محیط تکتونیکی	کمان آتشفشانی	پشته‌های میان اقیانوسی و پشت کمانی	پشت کمانی و پشته‌های میان اقیانوسی	کوه‌های میان اقیانوسی	پشته‌های میان اقیانوسی و پشت کمانی

فصل هفتم: الگوی تشکیل، نوع کانه‌زایی، نتیجه‌گیری و پیشنهادات اکتشافی

سنگ‌های میزبان و همراه	کلریت شیست، مسکویت شیست، سنگ‌های کربناته و لاپیلی توف	چرت، شیل و توف	توف ریولیتی تا آندزیتی، ژاسپر و چرت	بازالت‌های بالشی، آهک‌های آرژیلیتی قرمز و آگلومرا	چرت رادیولاریتی، بازالت بالشی و ژاسپر قرمز
کانی‌های معدنی	پیرولوزیت، پسیلوملان، براونیت و هولاندیت	پیرولوزیت و رودوکروزیت	پسیلوملان، پیرولوزیت و براونیت	منیتیت، هوسمانیت و نئوتوسیت	هیدروکسیدهای منگنز بی‌شکل و غیرقابل تشخیص
کانی‌های باطله	کوارتز، کلسیت و ژیپس	کوارتز، کلسدون، هماتیت و باریت	کوارتز، کلسیت و ژاسپر	کوارتز، هماتیت، کلسیت و باریت	پیریت و کوارتز
کانسارهای مرتبط با کانسار	-	کانسارهای جیوه هیدروترمال و کانسارهای کرومیت	کانسارهای سولفید توده‌ای نوع کوروکو	-	سولفید توده‌ای نوع قبرسی
عناصر فلزی	Fe, Mn	Cu, Fe, Mn, Ba و Hg	Ba, Fe, Mn و Cu	Cu, Fe, Mn و Ba, Hg	Ni, Fe, Mn, Co, Cu و Zn
دگرسانی	کلریتی، آرژیلیتی، سیلیسی و کربناتی	کربناتی	کلریتی و آرژیلیتی	سیلیسی	-

۷-۵-۲- مقایسه کانه‌زایی منگنز هلالان با تیپ کوبا

۷-۵-۲-۱- محیط زمین‌ساختی تشکیل

کانسارهای منگنز تیپ کوبا در محیط‌های کافت درون قاره‌ای و کمان آتشفشانی تشکیل می‌شوند و با توجه به اینکه محدوده مورد مطالعه بر روی کمان آتشفشانی- رسوبی ترود- چاه شیرین قرار گرفته و براساس مطالعات صورت گرفته در این منطقه موقعیت تکتونیکی این مجموعه را کمان آتشفشانی بیان کرده‌اند (کهنسال، ۱۳۷۶؛ ذوالفقاری، ۱۳۷۷). کانسارهای تاپکیر از لر و ارقلی در ترکیه (گدیکوقلو

و همکاران، ۱۹۸۵)، از جمله کانسارهای تیپ کوبا هستند که در محیط‌های کمان آتشفشانی تشکیل شده‌اند.

۷-۵-۲-۲- محیط زمین‌شناسی نهشت

کانسارهای منگنز تیپ کوبا در حوضه‌های آتشفشانی- رسوبی در سنگ‌های توف و آهک توفی و به همراه بازالت، آگلومرا، توف‌های ماسه‌ای و شیلی، آهک و توفیت نهشته شده‌اند. براساس نتایج حاصل از مطالعات میکروسکوپی و آنالیزهای ژئوشیمیایی، محیط ته‌نشست کانه‌زایی منگنز هلالان یک محیط دریایی کم‌عمق بوده است. در توالی چینه‌شناسی کانسار هلالان نیز سنگ‌های آتشفشانی - رسوبی از جمله بازالت، لاپیلی توف و کربنات دیده می‌شوند.

۷-۵-۲-۳- سنگ‌های درونگیر و همراه

سنگ درونگیر ماده معدنی در تیپ کوبا اغلب توف‌های بازی، آهک توفی و یا توف‌هایی است که به صورت بین لایه‌ای با سنگ آهک‌ها قرار می‌گیرند. سنگ‌های همراه این تیپ کانسارها معمولاً شامل گدازه‌های بازالتی یا آندزیتی، آگلومرا، توف ماسه‌ای و شیلی، سنگ آهک و توفیت می‌باشند. در کانسار هلالان نیز افق کانه‌دار از پایین به بالا شامل سنگ آهک، مسکویت شیست، کلریت شیست و دولومیت (میزبان منگنز در کانسار) و لاپیلی توف می‌باشد. بنابراین کانسار منگنز هلالان و تیپ کوبا شباهت کمی از نظر واحدهای سنگی همراه دارند.

۷-۵-۲-۴- شکل هندسی و ساخت و بافت

ماده معدنی در کانسار هلالان و تیپ کوبا به صورت عدسی- لایه‌ای و هم‌روند با لایه‌بندی سنگ‌های دربرگیرنده و توالی چینه‌ای سنگ‌های همراه می‌باشد. بافت‌های توده‌ای، لامینه، افشان و بوتروئیدال نیز از جمله بافت‌های مشترک بین دو کانسار می‌باشند.

۷-۵-۲-۵- پاراژنز

از نظر کانی‌شناسی نهشته‌های تیپ کوبا عمدتاً از پسیلوملان، پیرولولزیت، براونیت، کریپتوملان و تئودورودوکیت تشکیل شده‌اند (کازاناس و همکاران، ۱۹۹۸). کانی‌های باطله در این نهشته‌ها شامل کوارتز و کلسیت است. در کانسار منگنز هلالان نیز براساس مطالعات میکروسکوپی، نتایج XRD و الکترون میکروپروب، کانی‌های پیرولولزیت، پسیلوملان، براونیت و هولاندیت تشخیص داده شده‌اند و کانی‌های باطله آن عمدتاً کوارتز و کلسیت می‌باشند.

۷-۵-۲-۶- ویژگی‌های زمین‌شیمیایی

در تجزیه نمونه‌های کانسنگ کانسارهای تیپ کوبا، مقدار عناصر Sr، Ba، As و Cu بالا می‌باشد. اوستوالد^۱ (۱۹۸۸)، بالا بودن عناصر Sr و Ba در این تیپ کانسارها را نتیجه دگرسانی فلدسپارهای قلیایی سنگ‌های آتشفشانی توسط سیال گرمایی دانسته است. همچنین مقادیر عناصر Zn و Ni، Co پایین می‌باشد. در کانسار منگنز هلالان نیز مقادیر عناصر Sr، As و Cu بالا و مقادیر Zn و Ni، Co پایین است.

۷-۵-۲-۷- دگرسانی

از عمده‌ترین دگرسانی‌ها در کانسارهای تیپ کوبا می‌توان به دگرسانی‌های کلریتی و آرژیلیتی اشاره کرد. کانسار منگنز هلالان نیز دارای دگرسانی‌های کلریتی، آرژیلیتی، سیلیسی و کربناتی می‌باشد.

۶-۷- پیشنهادات اکتشافی

در انجام این تحقیق به دلیل محدودیت‌های زمانی، بودجه‌ای، امکان انجام موارد زیر میسر نشده است. لذا موارد زیر برای تحقیقات آینده پیشنهاد می‌گردند.

- اندازه‌گیری عناصر نادر خاکی (REE) در کانسنگ منگنز و سنگ درونگیر و همچنین بهنجار نمودن مقادیر مذکور نسبت به کندریت و آب دریا می‌تواند اطلاعات بسیار سودمندی از محیط تشکیل کانسار در اختیار گذارد.
- انجام مطالعات ایزوتوپ‌های پایدار (O^{18}/O^{16} و D/H) برای تعیین منشأ سیالات مؤثر در تشکیل کانسار، ضروری است.
- با توجه به محدود بودن ماده معدنی به واحدهای چینه‌شناسی خاص، در صورت تعقیب افق‌های مشابه در مقیاس ناحیه‌ای، ممکن است مناطق جدیدی شناسایی شود که حاوی پتانسیل منگنز باشند.
- انجام عملیات حفاری (مغزه‌گیری) در کانسار هلالان به منظور پی‌گیری افق‌های کانه‌دار می‌تواند مفید باشد.
- انجام اکتشاف ژئوفیزیکی به روش ثقل سنجی برای یافتن کانه‌زایی‌های پنهان در مناطق پوشیده مفید می‌باشد.

منابع

منابع فارسی:

- ۱- احمدی، م.، (۱۳۹۱)، "طرح اکتشاف تکمیلی منگنز هلالان"، سازمان صنعت، معدن و تجارت استان سمنان.
- ۲- احمدی، ع.، (۱۳۸۵)، پایان نامه کارشناسی ارشد: "کانی‌شناسی، ژئوشیمی، آنالیز رخساره‌ای و ژنز کانسارهای آهن منگنزدار جنوب شرق تربت حیدریه"، دانشکده علوم پایه، دانشگاه تربیت مدرس.
- ۳- احمدی شاد، ا.، (۱۳۷۶)، "مطالعه کانی‌شناسی، آلتراسیون و لیتوژئوشیمیایی طلای منطقه باغو (کوه زر دامغان)"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی.
- ۴- آزر، ف.، (۷۵-۱۳۷۴)، "اکتشافات ژئوشیمیایی سیستماتیک طلا در ناحیه باغو - کوه زر دامغان"، جلد اول و دوم، شرکت طلای ایران.
- ۵- آقاجانی، ح.، (۱۳۷۵)، "مطالعات اکتشاف ژئوشیمیایی کانسار طلای کوه زر دامغان (ناحیه اکتشافی باغو)"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده فنی، دانشگاه تهران.
- ۶- آقانباتی، س. ع.، (۱۳۸۵)، زمین‌شناسی ایران، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی ایران.
- ۷- امامعلی پور، ع.، (۱۳۸۴)، "بررسی ژئوشیمی، کانی‌شناسی و منشأ کانسار منگنز صفو (جنوب باختر ماکو)"، نهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، دانشگاه تربیت معلم تهران.
- ۸- امامعلی پور، ع.، (۱۳۸۸)، "بررسی کانی‌شناسی و ژئوشیمی نهشته‌های منگنز- آهن در ته‌نشست‌های افیولیتی شمال چالدران، شمال باختر ایران"، مجله بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران.
- ۹- ایراجیان، ع. ا.، مهدیزاده شهری، ح.، (۱۳۸۸)، "کانی‌شناسی و ژنز بنتونیت سر کویر (جنوب دامغان)"، مجله علوم پایه دانشگاه آزاد اسلامی، شماره ۷۳.

- ۱۰- باقرزاده، ز.، موسیوند، ف.، صادقیان، م.، (۱۳۹۲)، "ژئوشیمی عناصر اصلی، کمیاب و نادر خاکی (REE) و خاستگاه کانسار منگنز- سلسیتیت بند قیچی در جنوب شاهرود"، سی و دومین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- ۱۱- برنا، ب.، عشق آبادی، م.، "گزارش ارزیابی و اکتشافی کانسارها و اندیس‌های سرب و روی استان سمنان، اداره کل معادن و فلزات استان سمنان، ۲۲۶ صفحه.
- ۱۲- برنا، ب.، (۱۳۷۰)، گزارش اکتشافات مقدماتی منگنز در ناحیه کاشمر بر روی کانسارهای منگنز زیروقت، سبندو و بند قرا، طرح سراسری پی‌جویی منگنز سازمان زمین‌شناسی کشور، ص. ۱۰۴.
- ۱۳- بوخر، ک.، فری، م.، (۱۹۹۴)، پتروژنز سنگ‌های دگرگونی، ترجمه ولی زاده، م. ح.، صادقیان، م.، ۱۳۷۹، انتشارات دانشگاه تهران.
- ۱۴- پور شعبان، ا.، خاکزاد، ا.، ابراهیمی، ا.، (۱۳۸۹)، "مطالعات کانه‌نگاری و لیتوژئوشیمیایی در کانسار مس رگه‌ای کلاته مهران سمنان"، فصلنامه علمی پژوهشی زمین و منابع واحد لاهیجان، سال سوم، شماره چهارم.
- ۱۵- تاج الدین، ح.، (۱۳۷۷)، "مطالعه زمین‌شناسی، کانی‌شناسی، ژئوشیمی و ژنز اثر معدنی طلای دارستان (جنوب دامغان)"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم پایه، دانشگاه تربیت مدرس.
- ۱۶- تقی‌زاده، س.، موسیوند، ف.، قاسمی، ح.، (۱۳۹۱)، "الگوی تشکیل کانسار منگنز ذاکری، نمونه‌ای از کانی‌زایی منگنز نوع برون‌دمی در جنوب‌غرب سبزوار"، سی و یکمین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- ۱۷- جعفریان، م.، (۱۳۸۰)، "نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ کلاته رشم"، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- ۱۸- جعفریان، ع.، (۱۳۶۸)، "بررسی پترولوژیکی قوس ولکانو- پلوتونیک رشته کوه کوه زر- ترود و انجمن‌های کانه‌زایی وابسته"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم، دانشگاه تهران.

- ۱۹- خواجه زاده، م. ح.، صادقیان، م.، قربانی، ق.، قاسمی، ح.، (۱۳۸۷)، "پترولوژی و ژئوشیمی توده‌های آذرین نفوذی شمال معلمان"، دوازدهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، اهواز - شرکت ملی مناطق نفت‌خیز جنوب.
- ۲۰- دولت‌خواه، ر.، (۱۳۸۰)، پایان نامه کارشناسی ارشد: "رخداد کانه‌زایی منگنز در توالی ولکانیکی- رسوبی در شمال شرق طالقان"، دانشکده علوم پایه، دانشگاه تربیت مدرس.
- ۲۱- ذوالفقاری، ص.، (۱۳۷۷)، "بررسی پترولوژی سنگ‌های ولکانیک ائوسن، منطقه معلمان دامغان"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شمال تهران.
- ۲۲- رجب زاده، م. ع.، زمان ثانی، ن.، (۱۳۹۳)، "مطالعه کانه‌زایی منگنز در مجموعه‌های آمیزه رنگین افیولیتی در مناطق بشاگرد و رودان استان هرمزگان با استفاده از داده‌های کانی‌شناسی و ژئوشیمیایی"، مجله ژئوشیمی، سال سوم.
- ۲۳- رشیدنژاد عمران، ن.، (۱۳۷۱)، "بررسی تحولات سنگ‌شناسی و ماگمایی و ارتباط آن با کانی‌سازی طلا در منطقه باغو (جنوب- جنوب شرق دامغان)"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم، دانشگاه تربیت معلم.
- ۲۴- رضوی، م. ح.، (۱۳۸۵)، "سنگ‌شناسی دگرگونی"، انتشارات دانشگاه تربیت معلم، ۳۰۴ صفحه.
- ۲۵- زارعی سهامیه، ر.، ملک‌محمدی، ح.، محب علی، ح. ر.، (۱۳۸۵)، "بررسی ماگماتیسم کلاته رشم"، بیست و پنجمین گرد همایی علوم زمین.
- ۲۶- سامانی، م. ا.، (۱۳۷۴)، "کانسارهای منگنز"، انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور.
- ۲۷- دیوید، ش.، (۱۳۷۴)، "سنگ‌های آذرین و دگرگونی"، ترجمه آسیابان‌ها، ع.، انتشارات دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره).
- ۲۸- شمعیان اصفهانی، غ. ح.، (۱۳۸۲)، "مطالعه دگرسانی و کانی‌سازی گرمابی فلزات پایه و گرانبها در منطقه معلمان"، پایان نامه دکتری زمین‌شناسی اقتصادی، دانشگاه شهید بهشتی تهران.

- ۲۹- شیبی، م.، اسماعیلی، د.، (۱۳۸۲)، "اسکارن آهن پنج کوه (جنوب شرق دامغان) همراه با متاسوماتیسم سدیم-کالر"، هفتمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران.
- ۳۰- طالع ماسوله، س.، قربانی، م.، حکیمی آسیابر، س.، (۱۳۸۹)، "مطالعه زمین‌شناسی اقتصادی کانسار مس چاه گله شمال غرب ترود سمنان"، فصلنامه علمی پژوهشی زمین و منابع واحد لاهیجان، سال سوم، شماره اول.
- ۳۱- علوی، م.، هوشمندزاده، ا.، " نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ ترود"، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- ۳۲- عابدیان، ن.، دری، م.، ب.، (۱۳۷۵)، "طرح اکتشافات مس در استان سمنان"، شرکت توسعه علوم زمین، ۱۹۴ صفحه.
- ۳۳- فرد، م.، راستاد، ا.، مهرپرتو، م.، قادری، م.، (۱۳۸۰)، "نقرشی بر نقش شکستگی‌های ثانویه پهنه برشی در جای‌گیری کانسار طلای رگه‌ای باغو"، پنجمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، دانشگاه تهران.
- ۳۴- فردوست، ف.، (۱۳۷۰)، "مطالعه زمین‌شناسی و ژنز کانسار منگنز و نارچ قم"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم، دانشگاه تربیت معلم.
- ۳۵- فرهادی، ر.، (۱۳۷۴)، "مطالعه زمین‌شناسی و آنالیز رخساره و ژنز کانسار آهن منگنزدار شمس آباد اراک"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم پایه، دانشگاه تربیت مدرس.
- ۳۶- قربانی، منصور.، (۱۳۸۷)، "زمین‌شناسی اقتصادی (کانسارها و نشانه‌های معدنی ایران)"، ناشر آراین زمین. ۶۳۹ صفحه.
- ۳۷- قربانی، م.، (۱۳۸۱)، "دیباجه‌ای بر زمین‌شناسی اقتصادی ایران"، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۶۹۵ ص.

- ۳۸- کی نژاد، ا.، پور کرمانی، م.، آری، م.، سعیدی، ع.، لطفی، م.، (۱۳۸۹)، "بررسی شکستگی‌های شمال منطقه ترود- معلمان (ایران مرکزی- جنوب خاور دامغان) و ارتباط آن با کانی‌زایی منطقه"، فصلنامه زمین، سال پنجم، شماره دو.
- ۳۹- کهنسال، ر.، (۱۳۷۶)، "بررسی پترولوژی سنگ‌های پلوتونیک ائوسن پسین- الیگوسن منطقه معلمان"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال.
- ۴۰- لیاقت، س.، شیخی، و.، نجاران، م.، (۱۳۸۷)، "مطالعه پترولوژی، ژئوشیمیایی و ژنز فیروزه باغو- دامغان"، مجله علوم دانشگاه تهران، جلد سی و چهارم، شماره دو.
- ۴۱- محجل، م.، رشید نژاد عمران، ن.، برنا، ب.، (۱۳۸۱)، "گزارش بازدید و بررسی اجمالی منطقه معدنی طلای زرتشت (جنوب غرب سبزواران)"، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، شرکت توسعه علوم زمین.
- ۴۲- موحد اول، م.، (۱۳۴۷)، "گزارش مقدماتی معدن فیروزه باغو، ناحیه کوه زر"، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- ۴۳- مهرابی، م.، قاسمی سیانی، م.، (۱۳۸۹)، "کانی‌شناسی و زمین‌شناسی اقتصادی کانسار پلی متال چشمه حافظ، استان سمنان، ایران"، مجله زمین‌شناسی اقتصادی، شماره یک.
- ۴۴- مهری، ب.، (۱۳۷۷)، "کانی‌شناسی، ژئوشیمی، آنالیز رخساره و ژنز کانسار سرب و نقره خانجار (جنوب دامغان)، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم پایه، دانشگاه تربیت مدرس.
- ۴۵- نصرالهی، ع.، موسیوند، ف.، قاسمی، ح.، (۱۳۹۱)، "الگوی تشکیل کانسار منگنز نوده در توالی آتشفشانی- رسوبی کرتاسه بالایی، زیرپهنه سبزوار"، سی و یکمین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- ۴۶- نبوی، م. ح.، (۱۳۵۵)، "دیبچه‌ای بر زمین‌شناسی ایران"، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

۴۷- هوشمندزاده، ع.، علوی، م.، حق‌پور، ع.، (۱۳۵۷)، "تحول پدیده‌های زمین‌شناسی ناحیه تروند از پرکامبرین تا عهد حاضر"، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۳۸ صفحه.

References

- 1-Addy, S. k., (1979), Rare Earth element Patterns in Manganese Nodules and Micronodules from Northwest Atlantic, *Geochim, Cosmochim, Acta*, 1979, vol. 43, no. 7, pp. 1105- 1115.
- 2- Alavi, M., (1994), Tectonic of the zagros orogenic Belt of Iran: New Data and Interpretations, *Tectonophysics*, 229: 211- 238.
- 3-Barker, A. J., (1991), "An introduction to metamorphic textures and microstructures", Oxford University Press, 209p.
- 4-Barnes. H., (1979) "Solubilities of ore minerals. in Barnes" H. eds. *Geochemistry of hydrothermal ore deposits*: New York. NY. Wiley. pp 404–460.
- 5-Bates, R.L. and Jackson, J. A., (1980), *Glossary of geology*. American Geological Institute, Falls church, Virginia, 751p.
- 6- Bonatti. E. Zerbi. M. Kay. R. and Rydell. H., (1976), "Metalliferous Deposits from the Apennine Ophiolites: Mesozoic Equivalents of Modern Deposits from Oceanic Spreading Centers", *Bull. Geol. Soc. Am.* vol. 87, pp 83–94.
- 7- Bonatti. E., (1975), "Metallrogenesis at oceanic spreading centers. *Annu Rev earth Planet Sci*", Vol 3, pp 401-431.
- 8- Bonatti. E. Kraemer. T., Rydell. H., (1972), "Classification and genesis of submarine iron- manganese deposits", Washington. D. C. National Science.
- 9- Brookins, D. G., (1988) "Eh–pH Diagrams for Geochemistry", Springer–Verlag. Berlin. 176 pp.
- 10- Brusnitsyn, A.I., Zhukov. I. G., and Kuleshov. V. N. (2009), "The Bikkulovskoe Manganese Deposit (South Urals): Geological Setting, Composition of Metalliferous Rocks, and Formation Model, Lithology and Mineral Resources", Vol. 44, No. 6, pp 557–578.
- 11- Brusnitsyn, A.I., and Zhukov. I.G., (2005), "The South Faizuly Manganese Deposit in the Southern Urals: Geology. Petrography. and Formation Conditions", *Litol. Polezn.*

- Iskop., vol. 40, no. 1, pp. 35–55.
- 12- Canet, C., Ledesma, R. M. P., Bandy, L. W., Schaaf, P., Linares, C., Camprubí, A., Tauler, E., Gutiérrez, C. M., (2008), "Mineralogical and geochemical constraints on the origin of ferromanganese crusts from the Rivera Plate western margin of Mexico", *Marine Geology* 251, 47–59.
 - 13- Canet, C., Alfonso, P., Melgarejo, J. C., Belyatsky, B. V., (2004), "Geochemical evidences of the sedimentary-exhalative origin of the shale-hosted PGE–Ag–Au–Zn–Cu deposits of the Prades Mountains", *Geochemical Exploration* 82, 17–33.
 - 14- Cann, J. R., Winter, C. K. and Pritchard, R. G., (1977), A hydrothermal deposit from the floor of the Gulf of Aden, *Miner. Magaz.*, 41: 193- 199.
 - 15- Choi, J. H. And Hariya Y. (1992), "Geochemistry and depositional environment of Mn oxide deposits in the Tokoro belt. Northeastern Hokkaido. Japan", *Economic Geology*. Vol. 87 pp 1265-1274.
 - 16- Craig, J. R., Vokes, F. M., and Solberg, T. N., (1998), Pyrite: physical and chemical texture. *Min. Dep.*, 34: 82- 101.
 - 17- Craig, G. R. and Vaughan, P., (1994), *Ore Microscopy and Ore Petrography*. John Wiley and Sons, 434p.
 - 18- Crerar, D. A., Namson, J. Chyi, M. S. Williams, L. Feigenson, M. D., (1982), Manganiferous cherts of the Franciscan assemblage: I. General geology, ancient and modern analogues, and implications for the hydrothermal convection at oceanic spreading centers, *Economic Geology*, V. 77, Pp 519- 540.
 - 19- Crerar, D. A., Cormick, R. K., and Barnes, H. L., (1980), Geochemistry of manganese: an overview, in: Varentsov, I. M., and Grassely, G., eds., *Geology and geochemistry of manganese*. Stuttgart, Schweizerbart'sche Verlag, vol. 1: 293- 334.
 - 20- Eskola, P., (1915), On the relations between the chemical and mineralogical composition in the metamorphic rocks of the Orijarvi region. *Bull. Comm. Geol. Finlande* no. 44.
 - 21- Evans, A. M., (1993), *Ore geology and industrial minerals an introduction*: Blackwell, Sci: Pub. 389p.
 - 22- Fan, D., Ye, J., Li, J., (1999), Geology, mineralogy, and geochemistry of the middle Proterozoic Wafangzi ferromanganese deposit, Liaoning province, China. *Ore Geology Reviews*. Vol. 15, pp. 31- 53.

- 23- Fan, D., (1999), Introduction to and classification of manganese deposits of china. Ore geology reviews. Vol. 13, pp. 1-13.
- 24- Fan, D., Dasgupta, S., (1992), Mineralogy and geochemistry of the Proterozoic Wafangzi Ferromanganese deposit, china. Economic geology. Vol. 87, pp. 1430- 1440.
- 25- Farhoudi, G., (1978): A comparison of zagros geology to island arcs; J. Geol.; Issn 0022- 1376; USA; Da. 1778; vol. 86; no. 3; pp. 323- 334; bibl. 2, p., Esquisse Geol./ Colonne stratigr./ Coupe Geol.; Pahlavi Univ./ Shiraz./ irn.
- 26- Fitzgerald, C. E., Gillis, K. M., (2006), Hydrothermal manganese oxide deposits from baby Bare seamount in the Northeast Pacific Ocean. Marine Geology 225, 145- 156.
- 27- Frenzel, G., (1980), Manganese ore minerals. In: I. M. Varentsov and G. Grasselly (Editors), Geology and Geochemistry of manganese, vol. 1, Schweizerbart'Sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, pp. 25- 157.
- 28- Frey, M., (1987), Very Low- grade metamorphism of clastic sedimentary rocks.
- 29- Furon, R., (1941), Geology du plateau Iranien (Perse, Afghanistan, Beloutchistan). Mem. Mus. Hist. Nal. Paris, t.Vii. fasc. 2., pp. 177- 414.
- 30- Gedikoglu et al. (1985), An example of manganese mineralization in the Eastern pontid: Ocakli (Macka- Trabzon) manganese prospect, Geol. Eng., Vol. 25, P. 23- 37.
- 31- Glasby, G.P., (2002), Deep seabed mining :past failures and future prospects .Marin Georesour 20, 161–176.
- 32- Govett, G. J. S., (1983), Rock geochemistry in mineral exploration: Elsevier, Amesterdam, 461p.
- 33- Guichards, F., Church, M. T., Treuil, M., Jaffrezic, H., (1979), Rare earths in barites: distriburion and effects on aqueous partitioning. Geochimica et Cosmochimica 43, 983- 997.
- 34- Guilbert H. M. and Park. C. F. (1997), :The geology of ore deposits", W. H. Freeman, pp. 985.
- 35- Halbach, P., Segl, M., Puteanus, D., Mangini, A., (1983), Co- fluxes and growth rates in ferromanganese deposits from central Pacific seamount areas. Nature 304, 716- 719.
- 36- Hedenquist, J. W., Arribas, A., and Gonzalez- Urien, E., (2000), Exploration for epithermal gold deposits: Reviews in Economic Geology, v. 13, p. 245- 277.
- 37- Hein, J. R., Koski, R. A., Embley, R.W., Reid, J. A., and Chang, S. W., (1999), Diffuse- flow hydrothermal field inan oceanic fracture zone setting, Northeast Pacific,

- Exploration and Mining Geology 8, 299- 322.
- 38- Hein. J. (1997)" From Nicholson. K. Hein. J. R. Buhn. B. & Dasgupta. S. (eds) Iron and manganese oxide mineralization in the Pacific. Manganese mineralization: Geochemistry and Mineralogy of terrestrial and marine deposits" Geological society special publication No.119, pp 123-138.
- 39- Hemley, J., and Jones, W. R., (1964), Chemical aspect of hydrothermal alteration with emphasis on hydrogen metasomatism: Economic geology, v. 13, p. 538- 569.
- 40- Henderson, P., (1984), Rare Earth element geochemistry. Elsevier, 8, 50p.
- 50- Hewett. D. F. (1964), "Veins of hypogene manganese oxide minerals in the southwestern United States" Economic Geology. Vol 59. pp 1430- 1470.
- 51- Holtzdr, H. F., Houshmandzadeh, A., Momenzadeh, M., and Alavi, M., (1970), Geological reconnaissance in the Torud – Satveh- Baghu area: GSI, Inter. Rept.
- 52- Hutchison, C. S., (1983), Economic deposits and their tectonic settings. Mc Millan, 365p.
- 53- Ingram, B. L., Hein, J. R., Farmer, G. L., (1990), Age determinations and growth rates of Pacific ferromanganese deposits using strontium isotopes. Geochim. Cosmochim. Acta 54, 1709- 1721.
- 54- Insen, P.R., (1989), Introduction to Practical Ore Microscopy. Longman Scientific and Technical, 181p.
- 55- Karadağ, M.M., Küpeli, S., Arık, F., Ayhan, A., Zedef, V., Döyen, A., (2009) .Rare earth element REE geochemistry and genetic implications of the Mortas bauxite deposit Southern Turkey. Chemie der Erde-Geochemistry 69, 143–159.
- 56- Karakus, A., Yavuz, B., Koc, S., (2010), Mineralogy and Major – Trace Element Geochemistry of the Haymana Manganese Mineralization, Ankara, Turkey, Geochemistry International, vol, 48, No. 10, pp. 1014- 1027.
- 56- Kennedy, C.B., Scott, S.D., Ferris, F.G., (2003). Ultrastructure and potential sub-seafloor evidence of bacteriogenic iron oxides from axial volcano, Juan de Fuca Ridge, north-east Pacific Ocean. FEMS Microbiology Ecology 43, 247– 254.
- 57- Kheraskov. N. P. (1951), "Geology and Genesis of Manganese Deposits in Eastern Bashkiria. Voprosy litologii stratigrafii SSSR. Pamyati akademika A. D. Arkhangel'skogo (Problems of Lithology and Stratigraphy of the USSR" In memory of Academician A.D. Arkhangel'skii), Moscow: Akad. Nauk SSSR, pp 47–65.
- 58- Klinkhammer, G., Elderfield, H., Edmond, J. M., Mitra, A., (1994), Geochemical

- implications of rare earth element patterns in hydrothermal fluids from mid- ocean ridges. *Geochim. Cosmochim. Acta* 58, 5105- 5113.
- 59- Kuhnet, T., Bau, M., Blum, N., Halbach, P., (1998), Origin of negative Ce anomalies in mixed hydrothermal- hydrogenetic Fe- Mn crusts from the Central Indian Ridge. *Earth Planet. Sci. Lett.* 163, 207- 220.
- 60- Kupeli, S., (2010) .Trace and rare-earth element behavior during alteration and mineralization in the Attepe iron deposits)Feke-Adana, southern Turkey .*Journal of Geochemical Exploration* 105, 51-74.
- 61- Lents, D. R., (1994), Alteration and alteration processes Associated with ore- forming system. *Geological Association of Canada short Course Notes*, v. 11.
- 62- Leybourne, M.I., Johannesson, K. H., (2008), Rare earth elements (REE) and yttrium in stream waters, stream sediments, and Fe- Mn oxyhydroxides: Fractionation, speciation, and controls over REE + Y patterns in the surface environment, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, v. 72, 5962- 5983p.
- 63- Lottermoser, B.G., (1991) .Rare earth elements and hydrothermal ore formation processes .*Ore Geology Reviews* 7, 25-41.
- 64- Machamer, J. F., (1987), A working classification of manganese, *Min.*, 157.
- 65- Munteanu, M., Marincea, S., Kasper, H. U., Zak, K., Alexe, V., Trandafir, V., Saptefrati, G., Mihalache, A., (2004), Black chert- hosted manganese deposits from the Bistritei Mountains, Eastern Carpathians (Romania): petrography, genesis and metamorphic evolution. *Elsevier*. 45- 65.
- 66- Mason, B., Moor, C. B., (1982), *Principples of geochemical*, 4th ed., Wiley, New York, 344p.
- 67- Maynard. J. B. (1983), "Geochemistry of Sedimentary Ore Deposits", Springer, New York, pp 305.
- 68- Mohapatra, B.K., Mishra, P.P., Rajeev, S., (2009), Manganese ore deposits in Koira Noamundi province of Iron Ore Group, north Orissa,India, *Chemie der Erde* 69, 377– 394.
- 69- Mosier. D. L. and Page. N. J. (1988), "Descriptive and Grade-Tonnage Models of Volcanogenic Manganese Deposits in Ocean Envi- ronments A modification", *US Geol. Surv. Bull.*, no. 1811.
- 70- Nicholson. K. (1992a), "Contrasting mineralogical–geochemical signatures of manganese oxides: Guides to metallogenesis", *Economic Geology*, V. 87, pp 1253–

1264.

- 71- Nicholson. K. Hein. J. R. Bühn, B. Dasgupta. S. (editors). (1997), "Manganese Mineralization: Geochemistry and mineralogy of terrestrial and marine Deposits, pp 532.
- 72- Ostwald, J., (1988), Mineralogy of the Groote Eylandt manganese oxide, a review, *Ore Geol. Rev.*, 4, 3- 45P.
- 73- Pirajno, F., (1992), Hydrothermal mineral deposits, principle and fundamental concept for the exploration geologist: Springer, 7. 6p.
- 74- Post J. E. (19989), "Manganese oxide minerals: Crystal structures and economic and environmental significance, Colloquium Paper, Natl. Acad. Sci. USA", V. 96, pp 3447–3454.
- 75- Raju, P.V.S., (2009), Petrography and geochemical behavior of trace element, REE and precious metal signatures of sulphidic banded iron formations from the Chikkasiddavanahalli area, Chitradurga schist belt, India. *Journal of Asian Earth Sciences* 34, 663-673.
- 76- Ramdohr. p. (1980), "2nd edithion, the ore minerals and their intergrowth, Pergamon, P.1220.
- 77- Reed, M. H., (1997), Hydrothermal alteration and it's relationship to ore fluid composition, In Barnes H. L. (Ed), *Geochemistry of hydrothermal ore deposits*, John Wiley & Sons, P. 303- 368.
- 78- Raymond, L. A., (2002), *Petrology, The study of Igneous, Sedimentary and Metamorphic Rocks*. Mc Graw Hill. 720p.
- 79- Rollinson, H., (1993), .Using geochemical data :evaluation, presentation, interpretation .Longman Scientific and Technical, 352p.
- 80- Roy, S., (1992), .Environments and processes of manganese deposition .*Economic Geology* 87, 1218–1236.
- 81- Roy. S. (1981), "Manganese Deposits. Academic Press London. Pp 485.
- 82- Roy. S. (1968), "Mineralogy of the different genetic types of manganese deposits" *Economic Geology*. V. 63, P. 760–786.
- 83- Scott, M. R., Scott, R. B., Rona, P. A., and Butler, L. W., (1974), Rapidly accumulating manganese deposit from the median valley of the Mid- Atlantic Ridge, *Geoph. Resear. Lett.*, 1: 355- 258.

- 84- Shah, M.T., Moon, C.J., (2007), Manganese and ferromanganese ores from different tectonic settings in the NW Himalayas, Pakistan. *Journal of Asian Earth Sciences* 29, 455–465.
- 85- Shah, M, T., Charles j. Moon, (2004), Mineralogy, geochemistry and genesis of ferromanganese ores from Hazara area, NW Himalayas, northern Pakistan, *Journal of Asian Earth Sciences*, Vol. 23, pp. 1-15.
- 86- Sinisi, R., Mameli, P., Mongelli, G., Oggiano, G., (2012) "Different Mn-ores in a continental arc setting: Geochemical and mineralogical evidences from Tertiary deposits of Sardinia (Italy)" *Ore Geology Reviews*, Sci 47 p. 110-125.
- 87- Spry, A., (1974), *Metamorphic textures*, Pergamon press.
- 88- Starikova. E. V. (2001), "Behavior of Iron and Manganese in Hydrothermal Sedimentary Processes: Analysis of Natural and Calculation Data. in *Metallogeniya drevnikh i sovremennykh okeanov - Istoriya mestorozhdenii i evolyutsiya rudobrazovaniya* (Metallogeny of Ancient and Modern Oceans - 2001: History of Deposits and Evolution of Mineralization)", Miass: Inst. Miner. Ural. Otd. Ross. Akad. Nauk, 2001, pp 71–77.
- 89- Stocklin, J. (1968), Structural history and tectonics of Iran; a review, *American association of Petroleum Geologists Bulletin*, 52, 1229-1258.
- 90- Stumm. W. Giovanoli. R. (1976), "On the nature of particulate manganese in simulated lake waters, *Chimia*", V. 30, pp 423–425.
- 91- Thompson JB, Jr. (1957), The graphical analyses of mineral assemblages in polytropic schists. *Am. J. Sci.* 42: 842- 858.
- 92- Toth. J. R. (1980), "Deposition of submarine crusts rich in manganese and iron, *Geol. Soc*", *Am. Bull.*, Pt. I, 91: pp 44-54.
- 93- Varentsov. I. M. Veinmarn. A. B. Rozhnov. A. A. et al. (1993), "Geochemical Model of the Formation of Manganese Ores in the Fennian Rift Basin of Kazakhstan (Main Components, Rare Earths, and Trace Elements)", *Litol. Polezn. Iskop.*, vol. 28, no. 3, pp 56–79.
- 94- Wall, F., (2003), Kola peninsula: minerals and mines *Geology Today* 19, 206 – 211.
- 95- Wedepohl. K. H. (1980), "Geochemical behavior of manganese. in Varentsov. I. M. and Grassley. G. eds. *Geology and geochemistry of manganese*", Stuttgart, Germany, Schweizerbart'sche Verlag, V. 1, pp 335–351.

- 96- Winkler, H. J. F., (1976), Petrogenesis of metamorphic rocks. Springer Verlag. New York, Heidelberg, Berlin, 348pp.
- 97- Wonder, J.D., Spry, P.G., Windom, K.E., (1988), Geochemistry and origin of manganese-rich rocks related to iron-formation and sulfide deposits, western Georgia. *Economic Geology* 83, 1070–1081.
- 98- Yardely, B. W., (1990), Atlas of metamorphic rocks and their textures. Longman Scientific.
- 99- Yu. G. (1990)” Processes of formation of iron-manganese oxy-hydroxides in the Atlantis –II and Tethys deeps of Red Sea” *Spec. Pubs int. Ass. Sediment. II*, pp 57-72.

Abstract

The Hallahan Manganese ore deposit is located in 122 km of south of Damghan, 16 km west of Reshm Village in Torud- Chah Shirin volcano-sedimentary belt and the northern part of Central Iran structural zone. Rock outcrops in the area comprised of metamorphic complexes such as slate, phyllite, schist, marble, limestone, dolomite and slightly metamorphosed sandstone with lower Jurassic in age. Manganese mineralization in Hallahan area has occurred in main horizon, as stratiform and concordant with bedding. Based on mineralogy, structure, texture, structure and relation with the host rocks, mineralization are divided into three different facies: A) vein- veinlet Facies: this facies as a network of veins –veinlets has limited development and underling. B) Massive ore facies: This facies forms thick and high grade of ore deposit. C) Stratiform Ore facies: thickness of this part of the ore deposit is less than massive ore facies. Based on ore microscopy, X-ray diffraction (XRD) and electron microprobe (EPMA) studies the ore mineralogy are mainly pyrolusite, psilomelane, heulandite, braunite and hematite. Spessartine, wollastonite and clay minerals have occasionally been observed with manganese minerals. The main gangue minerals of the ore deposit are quartz, calcite and gypsum. The main structures of the ore deposit consists of layered, lenticular, massive and vein structures and the main textures are massive, banded, vein and veinlet form, dispersed grain, filling the empty space, succession and coliform textures. The existent alterations in the region are Chlorite, Epidote, argillic, silication and carbonatization alterations. Chlorite alteration is the broadest in Halahan region and the hanging and footwall Stones of the ore deposit have intensity chlorite alteration. Based on geochemical studies, metamorphic rocks of the region have the metabasalt and Metapelitic nature and have been born about the end of the greenschist facies to amphibolite facies beginning. High ratio of Mn / Fe and Si / Al, low levels of trace metals especially Co, Ni, Cu and high amounts of Mn, SiO₂ and Fe are as evidence of Mn enrichment and depletion from submarine hydrothermal fluids (exhalative) in this deposit and exclude the role of hydrogenesis processes and appearance of the ore deposit. Therefore, all the evidences indicate that Halahan manganese ore deposit has been formed under two mechanisms: enrichment in seawater by exhalative hydrothermal fluids and the deposition in sedimentary conditions influenced by changes in Eh and pH in sedimentary environment and it is a volcano sedimentary ore deposit. The features of Halahan manganese ore deposit among formation tectonic environment,

geological sedimentary environment, participant host rocks, geometry, mineralogy, texture and chemical evidence, are most similar to the manganese ore deposits of Cuba type, with the exception that Halahan manganese ore deposit influenced by a greenschist facies metamorphism phase.

Key words: manganese, volcanosedimentary, Lower Jurassic, the Cuba Type, Halalan, south of Damghan.



University of Shahrood

Faculty of Earth sciences

Department of Petrology and Economic Geology

**Mineralogy, geochemistry and genesis of the Halalan
Mn deposit, Moalleman area, south of Damghan**

Mahdieh Mosadegh

Supervisor:

Dr. F. Fardoost

Advisor:

Msc. A. Safari

May 2015