



دانشکده علوم طبیعی

گروه زمین شناسی

پایان نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته زمین شناسی (گرایش اقتصادی)

عنوان

بررسی و مطالعه پتروگرافی، کانی شناسی و ژنز کانسار بلقیس (شمال تکاب)

اساتید راهنما

دکتر قادر حسین زاده **دکتر محسن موید**

استاد مشاور

دکتر محسن موذن

پژوهشگر

قدرت نباتیان

تابستان ۸۹

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

تقدیم به:

تمام لحظه هامو تقدیم میکنم به همسر عزیزم.

تشکر و قدردانی:

با سپاس خداوند یکتا را:

وظیفه خود میدانم از زحمات اساتید راهنمای این پروژه آقایان دکتر قادر حسین زاده و دکتر محسن موید تشکر کنم همچنین از استاد مشاور آقای دکتر محسن موذن تشکر قلبی دارم. مراتب سپاس خود را به کلیه اساتید و اعضای هیئت علمی گروه زمین شناسی که در طول مدت تحصیل از وجود ایشان کسب فیض نموده ام بویژه آقای دکتر علی اصغر کلاگری تقدیم میکنم.

از کارکنان محتر گروه زمین شناسی آقایان جهان یار و مسیب زاده قدردانی میکنم. از همراهی و همکاری دوستان خوبم آقایان معصومی، اسماعیلی و خانم میکائلی کمال تشکر را دارم. در پایان تشکر قلبی خود را به پدر و مادر مهربان، خواهر عزیز و برادر فداکارم تقدیم میکنم.

نام خانوادگی دانشجو: نباتیان	نام: قدرت
عنوان پایان نامه:	
بررسی و مطالعه پتروگرافی، کانی شناسی و ژنز کانسار بلقیس (شمال تکاب)	
اساتید راهنما: دکتر قادر حسین زاده - دکتر محسن موید	
استاد مشاور: دکتر محسن موذن	
مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد	رشته: زمین شناسی
	گرایش: اقتصادی
دانشگاه: تبریز	دانشکده: علوم طبیعی
	تاریخ فارغ التحصیلی: شهریور ۸۹
	تعداد صفحه: ۷۴
کلید واژه‌ها: بلقیس-اسکارن-پتروگرافی-کوارتز مونزودیوریت-التراسیون متاسوماتیکی-گارتیت.	
چکیده:	
<p>کانسار اسکارن بلقیس در استان آذربایجان غربی و در ۵۷ کیلومتری شمال شهرستان تکاب واقع شده است. از نظر واحدهای زمین شناسی قدیمی ترین سنگهای منطقه را آهکهای ناخالص پره کامبرین تشکیل داده که مورد نفوذ توده ی گرانیتوئیدی قرار گرفته و تحت تاثیر حرارت و سیال هیدروترمال به مجموعه ی هورنفلس و اسکارن تبدیل شده است. اسکارن بلقیس شامل اگزواسکارن بوده که فرایند اسکارنی شدن در دو مرحله قابل تشخیص است:</p> <p>۱- مرحله پیشروند ۲- مرحله پسرونده. در مرحله پیشروند جایگیری توده ی گرانیتوئیدی سبب دگرگونی ایزوشیمیایی سنگهای کربناتی و شیلی و تشکیل هورنفلس شده است. با هجوم سیالات صادر شده از توده نفوذی به سنگ درونگیر کانیهای دما بالای اسکارنی مانند گارنت و پیروکسن در حرارتی حدود ۵۵۰-۴۲۰ تشکیل شده اند.</p> <p>در مرحله پسرونده تغییر شرایط فیزیوشیمیایی شامل کاهش حرارت و افزایش pH سبب دگرسانی کالک سیلیکاتهای بی آب به کالک سیلیکاتهای آبدار (اپیدوت، ترمولیت، اکتینولیت)، سولفیدها (پیریت، کالکوپیریت)، اکسیدها (مگنتیت، هماتیت)، کلسیت و کوارتز شده است. در مرحله پسرونده تاخیری، با کاهش بیشتر حرارت (<math>300^{\circ}\text{C}</math>)، کانیهای آبدار و بی آب تشکیل شده در مراحل قبلی به کانیهای دما پایین نظیر کلریت، کلسیت، کوارتز و کانیهای رسی دگرسان شده اند. در نهایت طی فرایند سوپرژن در اسکارن، مگنتیت به هماتیت تبدیل شده است.</p>	

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	مقدمه
فصل اول: بررسی منابع	
۲	(۱-۱) کلیاتی در مورد آهن
۲	(۱-۱-۱) ژئوشیمی آهن ..
۳	(۲-۱-۱) ذخایر جهانی آهن
۳	(۳-۱-۱) تولید و مصرف آهن و فولاد در جهان
۴	(۴-۱-۱) کانی های آهن در طبیعت
۵	(۲-۱) تقسیم بندی ذخایر آهن
۶	(۱-۲-۱) وضعیت ذخایر آهن در ایران
۶	(۲-۲-۱) متالورژی آهن در ایران
۶	(۱-۲-۲-۱) کانی‌زایی آهن در پروتوزوئیک بالایی-کامبرین زیرین
۷	(۲-۲-۲-۱) کانی‌زایی آهن در اردوویسین زیرین-کامبرین بالایی
۷	(۳-۲-۲-۱) کانی‌زایی آهن در پالئوزوئیک بالایی
۸	(۴-۲-۲-۱) کانی‌زایی آهن در مزوزوئیک
۸	(۵-۲-۲-۱) کانی‌زایی آهن در ترسیری
۱۰	(۳-۱) کانسارهای اسکارن
۱۰	(۱-۳-۱) تعریف و مینرالورژی اسکارن
۱۲	(۲-۳-۱) تکامل اسکارن‌ها در زمان و مکان
۱۳	(۳-۳-۱) کانی‌شناسی اسکارن
۱۷	(۴-۳-۱) سیمای عمومی کانسارهای اسکارن
۱۸	(۵-۳-۱) تقسیم‌بندی کانسارهای اسکارنی
۱۸	(۱-۵-۳-۱) تقسیم‌بندی اسکارنها بر اساس ترکیب
۱۹	(۲-۵-۳-۱) تقسیم‌بندی اسکارنها بر حسب موقعیت آنها نسبت به توده‌ی نفوذی
۲۰	(۳-۵-۳-۱) تقسیم‌بندی اسکارنها بر مبنای فلز اقتصادی غالب
۲۱	(۶-۳-۱) کانسارهای اسکارن آهن
۲۲	(۷-۳-۱) عیار و تناژ کانسارهای آهن
۲۳	(۸-۳-۱) ژئوشیمی کانسارهای اسکارنی

- ۲۵.....(۱-۳-۹) جایگاه تکتونیکی اسکارنها
- ۲۷.....(۱-۴) پیشینه فعالیت‌های معدنی و مطالعاتی در منطقه
- ۲۸.....(۱-۵) هدف مطالعه

فصل دوم: مواد و روشها

- ۳۰.....(۱-۲) مشخصات و موقعیت جغرافیایی منطقه
- ۳۰.....(۱-۱-۲) موقعیت جغرافیایی و راههای دسترسی
- ۳۰.....(۲-۱-۲) آب و هوای منطقه
- ۳۲.....(۲-۲) روش کار و سیر مطالعاتی
- ۳۲.....(۱-۲-۲) مطالعات صحرایی
- ۳۲.....(۲-۲-۲) مطالعات آزمایشگاهی

فصل سوم: بحث و نتایج

- ۳۴.....(۱-۳) زمین‌شناسی عمومی
- ۳۴.....(۱-۱-۳) زمین‌شناسی عمومی منطقه‌ی تخت سلیمان
- ۳۶.....(۲-۱-۳) زمین‌شناسی عمومی منطقه‌ی بلقیس
- ۳۸.....(۱-۲-۱-۳) سنگهای دگرگونی پره کامبرین
- ۳۸.....(۲-۲-۱-۳) سنگهای دگرگونی پالئوزوئیک
- ۳۹.....(۳-۲-۱-۳) توده‌ی نفوذی منطقه‌ی بلقیس
- ۳۹.....(۴-۲-۱-۳) واحد دگرگونی-متاسوماتیک
- ۴۰.....(۲-۳) پتروگرافی
- ۴۰.....(۱-۲-۳) مقدمه
- ۴۰.....(۲-۲-۳) پتروگرافی توده‌ی نفوذی
- ۴۲.....(۳-۲-۳) پتروگرافی دایک
- ۴۴.....(۳-۳) پتروگرافی و کانی‌شناسی سنگهای دگرگونی همبری و اسکارن
- ۴۴.....(۱-۳-۳) مقدمه
- ۴۴.....(۲-۳-۳) اندواسکارن
- ۴۴.....(۳-۳-۳) آگزواسکارن
- ۵۱.....(۱-۳-۳-۳) مینرالوگرافی آگزواسکارن
- ۵۴.....(۴-۳-۳) هورنفلس

۵۴	..... (۳-۳-۵) مرمر
۵۶	..... (۳-۴) دگرسانی و کانی زایی
۵۶	..... (۳-۴-۱) اندواسکارن
۵۶	..... (۳-۴-۲) اگزواسکارن
۶۱	..... (۳-۴-۳) کانی زایی
۶۳	..... (۳-۵) شرایط فیزیکوشیمیایی تشکیل اسکارن بلقیس
۶۳	..... (۳-۵-۱) تعیین دما و fO_2
۶۷	..... (۳-۵-۲) تعیین fS_2

فصل چهارم: نتایج و پیشنهادات

۷۱	..... (۴-۱) نتیجه گیری
۷۵	..... (۴-۲) نتیجه گیری نهایی
۷۶	..... (۴-۳) پیشنهادات

منابع

۷۸	..... منابع فارسی
۸۰	..... منابع لاتین

فصل اول

- شکل (۱-۱): توزیع جغرافیایی ذخایر آهن و مسیر تجارب آهن و فولاد (kesler, 1994) ۴
- شکل (۲-۱): تصویر شماتیک تشکیل انواع تیپ‌های اسکارنی ۱۱
- شکل (۳-۱): گونه‌های گارنت و پیروکسن از ذخایر اسکارن کلسیک (Meinert, 1982) ۱۴
- شکل (۴-۱): وضعیت عمومی اسکارن‌ها نسبت به توده‌ی نفوذی. ۱۷
- شکل (۵-۱): نمودار مقایسه‌ی عیار و تناژ ذخیره‌ی انواع کانسارهای اسکارنی ۲۲
- شکل (۶-۱): مدل‌های تکتونیکی مطلوب برای تشکیل اسکارنها ۲۶

فصل دوم

- شکل (۱-۲): نقشه راه‌های دسترسی به منطقه‌ی بلقیس ۳۱


فصل سوم

- شکل (۱-۳): نقشه‌ی زمین‌شناسی منطقه‌ی بلقیس. ۳۷
- شکل (۲-۳): تصاویر میکروسکوپی از توده‌ی نفوذی (XPL) ۴۲
- شکل (۳-۳): تصویری از دایک در منطقه ۴۳
- شکل (۴-۳): تصویر میکروسکوپی از دایک (XPL) ۴۳
- شکل (۵-۳): تصویری از گارنت در نمونه‌های دستی ۴۶
- شکل (۶-۳): تصاویر میکروسکوپی از نمونه‌های مربوط به آگرواسکارن (XPL) ۴۹
- شکل (۷-۳): تصاویر میکروسکوپی از نمونه‌های مربوط به آگرواسکارن (XPL) ۵۰
- شکل (۸-۳): تصاویر میکروسکوپی کانه‌های موجود در آگرواسکارن (PPL) ۵۲
- شکل (۹-۳): تصاویر میکروسکوپی کانه‌های موجود در زون آگرواسکارن (PPL) ۵۳
- شکل (۱۰-۳): تصاویر میکروسکوپی از نمونه‌های مربوط به مرمر و هورنفلس (XPL) ۵۵

- شکل (۳-۱۱): توالی پاراژنزی کانی‌های سلیکاته، اکسیدی، سولفیدی و کربناته ۶۲
- شکل (۳-۱۲): نمودار T-Log fO_2 محدوده‌ی پایداری کانی‌های مختلف اسکارنی ۶۵
- شکل (۳-۱۳): نمودار T-X CO_2 در فشار ۰/۵ کیلو بار در سیستم Ca-Fe-Mg-Si-C-O-H ۶۶
- شکل (۳-۱۴): نمودار T-X CO_2 در فشار ۱ کیلو بار ۶۶
- شکل (۳-۱۵): نمودار log fO_2 -log fS_2 محدوده پایداری فازهای مختلف ۶۹

فهرست جداول

صفحه	عنوان
	فصل اول:
۵	(۱-۱) مهمترین کانی های آهن دار
۱۵	(۲-۱) کانی شناسی اسکارن، کانیهای معمول، گروههای کانیایی و ترکیبات



فصل اول
بررسی منابع

مقدمه

با عنایت به این که کشور ما بر روی یکی از کمربندهای فلززایی جهان قرار دارد و از ذخایر معدنی متنوع و غنی از انواع فلزات برخوردار است، تغییر روند فعلی اقتصاد کشور از صادرات تک محصولی نفت به کار اکتشاف و استخراج فلزات و ایجاد تغییرات لازم برای افزودن ارزش در آنها سپس صادرات آنها می تواند موجب تحرک در امور اقتصادی شود. منطقه تخت سلیمان از نظر ساختمانی در محدوده سنندج - سیرجان (اشتوکلین ۱۹۶۸) زون خوی - مهاباد (نبوی ۱۳۵۵) و محل برخورد زونهای ساختمانی البرز - آذربایجان، ایران مرکزی و سنندج - سیرجان می باشد.

منطقه مورد بررسی از نگاه ساختمانی دارای سه پهنه متفاوت قاره ای، دگرگونی و اقیانوسی است که با مرز گسله در کنار یکدیگر قرار گرفته اند. پهنه قاره ای با پوشش پلت فورمی پری کامبرین - پالئوزوئیک که در زون ساختمانی البرز - آذربایجان (سلطانیه - میشو) قرار می گیرد. پهنه دگرگونی بخشی از زون سنندج - سیرجان و شامل مجموعه ای از سنگ های دگرگونی میکاشیست، کوارتزیت و آمفیبولیت است. پهنه اقیانوسی که شامل مجموعه ای از سنگ های افیولیتی (دونیت، هارزبورژیت و لرزولیت) و سنگ های دگرگونی مرمر و آمفیبولیت است (بازمانده های اقیانوس پالئوتیتس) با مرز گسله در مجاورت سایر واحدهای سنگی قرار گرفته است. (باباخانی، قلمقاش، ۱۳۶۹) منطقه تخت سلیمان دارای کانسارها و نشانه های معدنی متعددی است که مهمترین آنها زرشوران، آق دره، علم کندی و ... می باشد. کانسارهای اسکارنی که موضوع اصلی این پروژه است با توجه به گستردگی زمانی و مکانی که دارند، همواره مورد توجه زمین شناسان قرار داشته اند، این کانسارها منابع مهمی برای انواع مختلف فلزات از جمله آهن، تنگستن، مس، سرب، روی، مولیدن، نقره، طلا، اورانیوم و قلع محسوب می شوند. به دلیل عیار بالای برخی از این ذخایر، آنها را می توان حتی با وجود هزینه های بالا به طور اقتصادی، استخراج کرد. این کانسارها نسبتاً جوان بوده و مرتبط با فعالیت های هیدروترمالی وابسته به پلوتون های گرانیتی تا دیوریتی موجود در کمربندهای کوهزایی می باشند. اسکارن آهن بلقیس در حاشیه غربی کوه بلقیس قرار گرفته و

مطالعات چندانی روی آن صورت نگرفته است. با توجه به اهمیت ذخایر اسکارنی، اسکارن بلقیس با هدف مطالعه کانی‌شناسی، تعیین شرایط فیزیکوشیمیایی و دگرسانی، در قالب پایان نامه کارشناسی ارشد از دیدگاه زمین‌شناسی اقتصادی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

(۱-۱) کلیاتی در مورد آهن

(۱-۱-۱) ژئوشیمی آهن

آهن با علامت اختصاری Fe، دارای عدد اتمی ۲۶، وزن اتمی ۵۵/۸۵ بوده و متعلق به گروه B (گروه فرعی) از عناصر واسطه یا انتقالی جدول تناوبی است. دارای نقطه ذوب ۱۵۳۵ درجه سانتیگراد و نقطه جوش ۳۰۰۰ درجه سانتیگراد می‌باشد. آهن یک فلز سفید نقره‌ای تا سیاه، سختی آن ۴/۵ و وزن مخصوص آن ۷/۲ تا ۷/۹ است. این فلز چکش خوار، شکل پذیر و دارای جلای فلزی می‌باشد. مهمترین مشخصه‌ی آن خاصیت فرومغناطیسی آن است که در دمای بالای ۷۷۰ درجه سانتیگراد تبدیل به پارامغناطیس می‌شود. دارای دو حالت اکسیدان اصلی فرو (Fe^{2+}) و فریک (Fe^{3+}) است. ضریب تمرکز کلارک برای آهن ۶ است، بنابراین تمرکز آن در قسمت‌هایی از پوسته و تشکیل کانسارهای آهن توسط فرآیندهای رسوبی، هیدروترمالی، آذرین و دگرگونی به راحتی امکان پذیر است (Mason and Moore, 1982) از نظر ژئوشیمیایی آهن در جبهه عنصر سیدروفیل^۱ به شمار می‌رود اما فراوانی ترکیبات اکسیدی، سولفیدی و سیلکاتی این عنصر در پوسته زمین بیانگر این است که این عنصر می‌تواند در پوسته، عنصری لیتوفیل^۲ و کالکوفیل^۳ باشد (Mason and Moore, 1982).

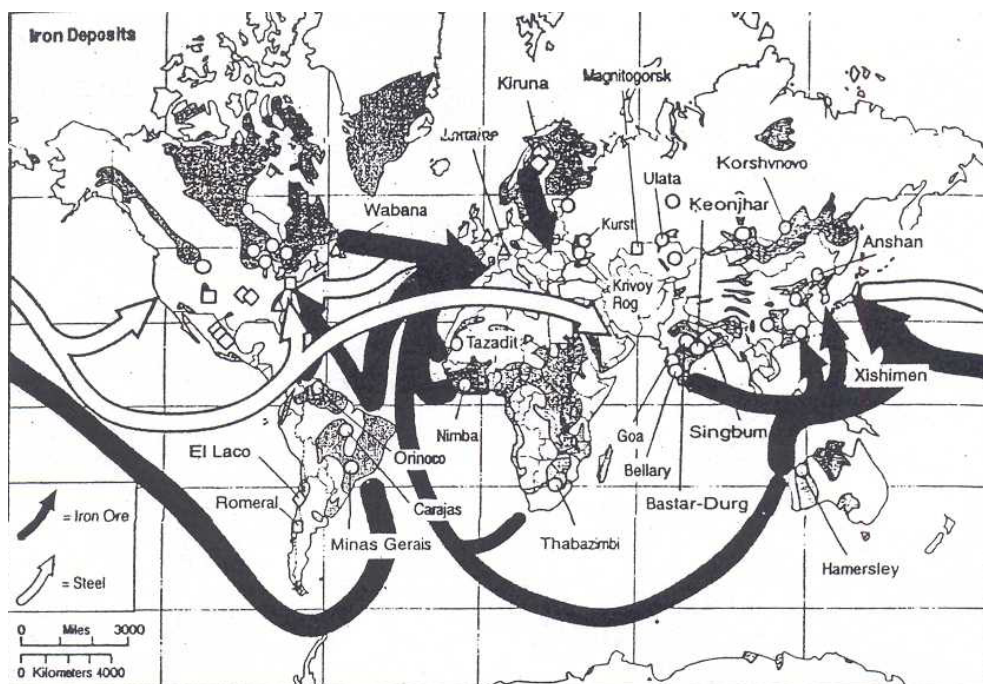
^۱- Sidrophile
^۲- Litophile
^۳- Calcophile

(۲-۱-۱) ذخایر جهانی آهن

بر اساس برآوردهای انجام شده ذخایر کانسنگ آهن جهان حدود ۱۶۰ میلیارد تن است که دارای ۷۰ میلیون تن فلز می باشد تولید سالانه‌ی کانسنگ آهن نیز حدود یک میلیارد تن برآورد می شود. منابع جهانی کانسنگ آهن دست کم به ۸۰۰ میلیارد تن می‌رسد که دارای ۲۳۰ میلیارد تن فلز آهن است، بیشتر این ذخیره به صورت تاقونیت های کم عیار می باشد. ذخایر اصلی کانسنگ آهن در کشورهای اوکراین، روسیه، استرالیا، کانادا، ایالات متحده و برزیل قرار دارد (Kesler, 1994).

(۳-۱-۱) تولید و مصرف آهن و فولاد در جهان

حدود ۷۳ کشور جهان تولید کننده فولاد بوده و فولاد را به گسترده ترین فرآورده‌ی فلزی تولید شده و آهن را به یکی از گسترده ترین کالاهای معدنی تبدیل کرده‌اند. تعداد کشورهای تولید کننده کانسنگ آهن، ۵۲ کشور است که بازتاب توزیع محدودتر ذخایر آهن، برای تغذیه کارخانه‌های فولادسازی است. اگرچه ذخایر کوچک آهن تقریباً در همه کشورهای جهان یافت می‌شود اما ذخایر بزرگ، توزیع محدود-تری دارند. شکل (۱-۱) مسیر تجارت آهن و فولاد را نشان می‌دهد (kesler, 1994).



شکل (۱-۱): توزیع جغرافیایی ذخایر آهن و مسیر تجارب آهن و فولاد (kesler, 1994)

(۱-۱-۴) کانی های آهن در طبیعت

آهن در طبیعت به اشکال مختلف وجود دارد و ترکیبات آن فراوان، گسترده و متنوع است. اکسیدها، هیدرواکسیدها، سولفیدها و سیلیکاتهای آهن به مقدار زیادی در طبیعت وجود دارند (جدول ۱-۲). اکسیدها، کربناتها و سیلیکاتهای آهن، مهمترین کانی های آهن را تشکیل می دهند. قسمت عمده ی کانسارهای آهن از اکسیدها و کربنات ها آهن تشکیل شده اند و در این میان مگنتیت، هماتیت، لیمونیت، گوتیت و سیدریت ارزش اقتصادی بیشتری دارند. پیریت فراوان ترین کانی سولفیدی آهن است و حجم قابل توجهی از ذخایر آهن را تشکیل میدهد اما از آنجا که جداسازی گوگرد از آهن پرهزینه بوده و مشکلات زیادی دارد و از طرف دیگر بخاطر فراوان بودن منابع آهن، امروزه استخراج کانیهای سولفیدی آهن از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نیست.

جدول (۱-۱) مهمترین کانی های آهن دار

درصد آهن	فرمول شیمیایی	نام کانی	گروه
100	Fe	آهن خالص	عنصر
72	Fe ₃ O ₄	مگنتیت	اکسید ها
70	Fe ₂ O ₃	هماتیت	
70	Fe ₂ O ₃	مگهمایت	
62	FeOOH	گوتیت	هیدروکسید ها
62	Fe ₂ O ₃ .nH ₂ O	لیمونیت	
62	FeOOH	لیپدو کروسیت	
48	FeCO ₃	سیدریت	کربنات ها
30-40	(Fe ⁺² , Mg, Fe ⁺³) ₅ Al(Si ₃ Al)O ₁₀ (OH, O) ₈	شاموزیت	سیلیکات ها
10-20	(Fe, Mg) ₃ Si ₂ O ₅ (OH) ₄	گرینالیت	
-	(K, Na, Ca) ₅₋₁ (Fe ⁺³ , Al, Fe ⁺² , Mg) ₂ (Si, Al) ₄ O ₁₀ (OH) ₂ . nH ₂ O	گلاکونیت	
46	FeS ₂	پیریت	سولفید ها
63-73	Fe _{1-x} S	پروتیت	
46	FeS ₂	مارکاسیت	

(۱-۲) تقسیم بندی ذخایر آهن

بر اساس (Smirnov et al, 1983) کانسارهای آهن اقتصادی با توجه به منشأ به هشت گروه تقسیم می

شوند. این کانسارها که می توانند منشأ درون زاد یا برون زاد و یا دگرگونی زاد باشند، عبارتند از:

۱) کانسارهای آهن ماگمایی (۲) کربناتیت ها (۳) اسکارنها (۴) کانسارهای آهن آتشفشانی - گرمابی (۵)

کانسارهای آهن آتشفشانی - رسوبی (۶) پوسته های آهن دار ناشی از هوازدگی (۷) کانسارهای آهن

رسوبی (۸) کانسارهای آهن دگرگونی.

(۱-۲-۱) وضعیت ذخایر آهن در ایران

تا کنون بیش از ۲۰۰ کانسار و نشانه‌ی معدنی و بی‌هنجاری آهن در ایران شناسایی شده که مجموع ذخایر آنها بیش از ۴ میلیارد تن سنگ آهن است. عیار میانگین آهن در این ذخایر حدود ۵۵ تا ۶۰ درصد می‌باشد. بر اساس قربانی (۱۳۸۱) حدود ۹۰٪ ذخایر آهن ایران در سه منطقه‌ی معدنی ایران مرکزی با بیشترین تمرکز، در منطقه بافق و زون سنندج- سیرجان، شامل مناطق سیرجان، شمس آباد اراک، منطقه همه کسی همدان و خاور ایران شامل سنگان و ده‌زمان متمرکز است.

(۲-۲-۱) متالوژی آهن در ایران

فازهای متالوژی آهن در ایران به پنج برهه زمانی شامل (۱) پروتوزوئیک بالایی - کامبرین زیرین (۲) اردوئین زیرین - کامبرین بالایی (۳) پالئوزوئیک بالایی (۴) مزوزوئیک (۵) ترشیری، قابل تقسیم می‌باشند (جعفرزاده و همکاران ۱۳۷۴).

(۱-۲-۲-۱) کانی‌زایی آهن در پروتوزوئیک بالایی - کامبرین زیرین

همگام با فاز ماگمایی پروتوزوئیک پسین در برهه زمانی ۵۷۰ تا ۶۳۰ میلیون سال پیش که تا کامبرین زیرین ادامه یافت، تعداد قابل توجهی از ذخایر آهن تشکیل شده است. این ذخایر رابطه مستقیم یا غیر مستقیم با سنگ‌های ماگمایی و آتشفشانی - رسوبی این زمان دارند، ذخایر آهن وابسته به این سنگ‌ها در این برهه از زمان از نوع آهن‌های منگن‌دار و فقیر از فسفات و عناصر نادر خاکی^۱ بوده است. برخی از این ذخایر عبارتند از:

- ذخایر آهن ماگمایی در ایران مرکزی از جمله کانسار آهن منگن‌دار نارینگان، احتمالاً ذخایر آهن ناحیه-ی انارک.

^۱ - Rare earth elements

- ذخایر آهن آتشفشانی - رسوبی در پیوند با سنگ های آتشفشانی سری قره‌داش و بخش‌های پایینی سلطانیه در منطقه آذربایجان (جعفرزاده و همکاران ۱۳۷۴).

(۱-۲-۲) کانی‌زایی آهن در کامبرین بالایی - اردوئین زیرین

در فاصله زمانی ۵۵۰ میلیون سال پیش یک فاز ماگمایی شدید سرزمین ایران را تحت تأثیر قرار داد که متاسوماتیسم کانسارهای آهن پیشین (پروتروزوئیک بالایی - کامبرین زیرین) در ایران مرکزی را به دنبال داشته است که از نظر آهن بسیار پرمایه بوده و همگی خاستگاه ماگمایی دارند که عبارتند از: کانسارهای آهن ده‌زمان کاشمر مربوط به دونین، کانسارهای آهن زون سنندج - سیرجان (مانند کانسار آهن گل-گهر) (جعفرزاده و همکاران ۱۳۷۴).

(۱-۲-۳) کانی‌زایی آهن در پالئوزوئیک بالایی

پالئوزوئیک بالایی از نظر آهن در ایران کم مایه است، چند کانسار کوچک را می‌توان به این زمان نسبت داد که عبارتند از: الف) کانسار آهن کلات ناصر در خاور قائن ب) کانسار آهن و منگنز هنشک در ده‌بید فارس و ج) کانسار آهن ماسوله (جعفرزاده و همکاران ۱۳۷۴).

(۱-۲-۴) کانی‌زایی آهن در مزوزوئیک

کانسارهای مربوط به این زمان بیشتر در زون شمالی سنندج - سیرجان شناخته شده‌اند و از نظر زمانی به دو فاز قابل تفکیک‌اند الف) کانسارهای آهن تریاس - ژوراسیک زیرین ب) کانسارهای آهن کرتاسه. الف) تعدادی از کانسارهای آهن مرتبط با توده‌های نفوذی و سنگ‌های متعلق به این زمان در پایانه شمالی زون سنندج - سیرجان شناسایی شده‌اند. این کانسارها عبارتند از: کانسارهای آهن هزارخانی، خسروآباد، چرمه‌بالا و پایین در منطقه سنقر و کانسارهای آهن با خاستگاه رسوبی در ایران مرکزی مانند ناحیه‌ی خرائق و زمان آباد.

ب) کانسارهای آهن کرتاسه به صورت آهن ماگمایی - اسکارنی و ولکانوژنیک می‌باشند که عبارتند از؛ کانسار آهن ماگمایی - اسکارنی منطقه همدان مانند بابا علی، چنار اولیا و گلالی در پیوند با توده‌های گابرویدیوریت سینیتی، کانسارهای آهن ولکانوژنیک شمس آباد با سن کرتاسه زیرین در جنوب باختری اراک. (جعفرزاده و همکاران ۱۳۷۴).

(۱-۲-۲-۵) کانی‌زایی آهن در ترشیری

در پیوند با ماگماتیسیم ترشیری که در ایران گسترش دارد، تعداد نسبتاً زیادی کانسارهای آهن نیز تشکیل شده است که از ائوسن بالا تا اوایل کواترنر قابل پیگیری است. کانسارهای مربوط به این زمان همگی دارای خاستگاه ماگمایی - آتشفشانی می‌باشند که عبارتند از:

- کانسارهای آهن در زون ارومیه - دختر: در این زون همگام با ولکانیسم و پلوتونیسم در الیگومیوسن، تعداد نسبتاً زیادی کانسار آهن تشکیل شده است که عبارتند از: کانسار آهن نیاسر کاشان، کانسار آهن داران در باختر اصفهان، کانسار آهن شهرک زنجان، کانسار آهن کوه بابا در جنوب باختر هشتروند.

- کانسارهای آهن ماگمایی در زون البرز: در پیوند با ماگماتیسیم ائوسن بالایی - الیگومیوسن در زون البرز تعدادی کانسار آهن تشکیل شده است که عبارتند از کانسار آهن ماگمایی - اسکارن سمنان در پیوند با توده‌ی گرانیتوئیدی در شمال سمنان، کانسار آهن سرخ دیزج و مرواریه در کوههای تارم در پیوند با توده‌ی گرانیتوئیدی ابهر، خرم دره و زنجان، کانسارهای آهن ماگمایی - اسکارنی در آذربایجان مانند اسکندریان خوی و مزرعه اهر. (جعفرزاده و همکاران ۱۳۷۴).