

منگنز و ذخایر آن در ایران

فرزانه طیبی

کارشناس ارشد زمین‌شناسی اقتصادی شرکت زرناب اکتشاف

درآمد

«منگنز» در صنعت تهیهی آلیاژهای آهن و ساخت باتری‌های خشک و شیمیایی به کار می‌رود. هم‌چنین برای زندگی گیاهان و حیوانات ضرورت دارد. در بیشتر شرایط، منگنز فلزی، ماده‌ای شکننده، ترد و خمش‌ناپذیر است و برای تولید فولاد و چدن مورد استفاده قرار می‌گیرد. سازندهی مهمی در ترکیب آلیاژهای غیر آهنی به‌ویژه آلیاژ آلومینیوم است. آلیاژهای مسی با افزوده‌شدن مقدار ناچیزی منگنز، پایدارتر می‌شوند (برنزهای منگنز)، از اشکال متفاوت منگنز برای ساخت پوشش‌های میله‌ی جوشکاری استفاده می‌شود.

کلیدواژه‌ها: منگنز، برنز، آلیاژ، فولاد، نیکوپل، باروت آغاجی.

تاریخچه و کاربرد عنصر منگنز

عنصر منگنز در سال ۱۷۷۴ توسط شول^۱، دانشمند سوئدی شناسایی و معرفی شد. در سال ۱۸۵۶، کاربرد آن در صنایع فولاد شناخته شد و در سال ۱۸۸۲، رابرت هادفیلد^۲ فولادهای منگنزی را کشف کرد. عدد اتمی این عنصر ۲۵ است و مانند آهن و مس از فلزات انتقالی محسوب می‌شود.

ترکیبات شیمیایی متفاوت منگنز در کودها، خوراکی‌ها، صنایع شیشه، رنگ‌ها، لعاب‌ها، رنگ جلا و محصولات شیمیایی و طبیی گوناگون به کار می‌رود. بیشترین کاربرد منگنز در تولید فولاد است. منگنز اساساً برای کنترل ناخالصی‌های اکسیژن و سولفور در تولید فولاد به کار می‌رود و از اهم کاربردهای آن سولفورزایی و اکسیدزایی است. هم‌چنین باعث افزایش پایداری و سختی فولاد می‌شود. مقدار منگنز در فولاد به‌طور میانگین ۰/۷ درصد است و بسیاری از فولادها حدود ۵ درصد منگنز دارند. فولادهای منگنز حدود ۱۰ تا ۱۴ درصد منگنز دارند، که «فولاد هادفیلد»^۲ نامیده می‌شوند. این گونه فولادها به مقدار ناچیز تولید می‌شوند. منگنز در پوشش‌های مقاوم مانند ریل‌های راه‌آهن و تجهیزات معدنی و تخریبی به کار می‌رود.

درصد مناسب MnO_2 در سنگ معدن، برای استفاده در متالورژی بیش از ۳۵ درصد (معمولاً ۴۰-۵۰ درصد) و میزان فسفر آن کمتر از ۰/۱۵-۰/۲ درصد است. کانی منگنز مورد مصرف در صنایع شیمیایی باید خلوص بیشتری داشته و حاوی ۸۵-۸۰ درصد MnO_2 باشد. تصویر ۱ آلیاژی از آهن و منگنز را نشان می‌دهد.



تصویر ۱. آلیاژ آهن و منگنز (Spiegeleisen)

ویژگی‌های ژئوشیمی و کانی‌شناسی منگنز

منگنز دارای یک ایزوتوپ (Mn^{55}) و کلارک آن در طبیعت ۰/۱ درصد است (دوازدهمین عنصر در پوسته‌ی زمین). در سنگ‌های بازی و فوق بازی تا ۱/۵ درصد نیز دیده شده است.

منگنز در ماگما به صورت Mn^{2+} عمل می‌کند. به همین لحاظ انتظار می‌رود که بتواند نقش جانشینی Fe^{2+} یا Ca^{2+} را بازی کند. منگنز خاصیت الکترون‌گاتیو به مراتب بیشتری نسبت به کلسیم دارد و شاید به همین دلیل باشد که به ندرت می‌تواند جانشین این عنصر شود (به جز در آپاتیت پگماتیت‌ها). در سنگ‌های آذرین، منگنز جای‌گزين آهن فرو می‌شود و افزایش نسبی در نسبت Mn به Fe در مراحل تفریقی پسین دیده می‌شود. این پدیده معلول آن است که یون بزرگ‌تر منگنز نمی‌تواند وارد کانی‌های فرومنیزین در مراحل اولیه‌ی تفریق شود. کانی‌های پلاژیوکلاز کلسیم‌دار فاقد هرگونه منگنز هستند و توزیع آن در کانی‌های فرومنیزین، هیپرستن و اولیوین یکنواخت است.

منگنز دارای دو ظرفیت پایدار Mn^{2+} و Mn^{4+} است که Mn^{2+} جانشین Fe^{2+} می‌شود و Mn^{4+} ایزومورف Fe^{3+} است. آهن

مذاب تشکیل می‌شود، اما جدا شدن نهایی آن از آهن در ضمن تجزیه‌ی سنگ‌های آن و در مرحله‌ی ته‌نشست بعدی انجام می‌گیرد. زیرا منگنز به‌وسیله‌ی آب‌های گاز کربنیک‌دار، بهتر از آهن حل می‌شود و دیرتر از آهن در محلول‌ها ته‌نشست می‌کند.

تاکنون بیش از ۱۵۰ کانی دارای منگنز شناخته شده است که از آن میان، کانی‌های دارای ارزش اقتصادی عبارت‌اند از: پیرولوسیت، براونیت، هوسمانیت، منگانیت، ورنادیت، پسیلوملان، رودوکروزیت و منگانوسیدریت. تصویرهای ۲، ۳، ۴ و ۵ کانی‌ها و کانسنگ‌های منگنز را نشان می‌دهند.



تصویر ۲. کانی رودوکروزیت



تصویر ۳. دندریت‌های اکسید منگنز (پیرولوسیت) در سطح سنگ آهک (نوعی فسفیل دروغین)

نسبت به منگنز در شرایط اکسیدان بیشتری تشکیل می‌شود، حال آن‌که منگنز با مواد اکسیدی کمتری همراه است (فاصله‌ی بیشتر از ساحل).

«نباشتنگی درونزادی»^۴ منگنز ارزش اقتصادی ندارد، در حالی که کانسارهای عظیم آن در سنگ‌های رسوبی شناخته شده‌اند. کانسارهای بزرگ و کوچک در سنگ‌های آتشفشانی - رسوبی و در سطح هوازده‌ی سنگ‌های دگرگونه تشکیل می‌شوند. علی‌رغم راه‌های مهاجرت همسان منگنز و آهن، این دو عنصر در چرخه‌ی رسوبی، مسیر جداگانه‌ای می‌یابند و از هم فاصله می‌گیرند. برای مثال، در بعضی از رخساره‌های رسوبی «رسوبات مغاکی اقیانوسی»^۵، منگنز متمرکز می‌شود و حتی کانسارهایی با اهمیت اقتصادی را به وجود می‌آورد.

جدایی منگنز و آهن در «مهاجرت بیرونی»^۶ مربوط به میزان افزایش اکسیژن در جو است. این جدایی با کاهش نسبت Mn به Fe در سنگ‌های رسی رسوبی بعد از پروتروزوئیک به چشم می‌خورد. حاصل این تفاوت، کانسارهای بزرگ منگنز و تقریباً در مواردی بدون آهن است که در زمان پالئوژن تشکیل یافته است. بجز رسوبات کربناتی امروزی، منگنز در سنگ‌های آهکی تجمع نمی‌یابد، ولی وجود دولومیت‌های غنی از منگنز، از بعضی نقاط دنیا گزارش شده است.

عنصر منگنز از لحاظ خواص ژئوشیمی تقریباً مشابه آهن است، ولیکن در ترکیب پوسته‌ی جامد زمین، مقدار آن ۵۰ مرتبه کمتر از آهن است. کانه‌های اولیه‌ی آن در سنگ‌های آذرین قلیایی تا نیمه‌قلیایی و به مقدار کم در محلول‌های گرمایی باقی‌مانده‌ی

از آن‌ها منشأ گرفته‌اند، نزدیک هستند، در برخی از موارد از قبیل کانسارهای تشکیل شده از چشمه‌های آب گرم، منگنز با عناصر Cu، Ag، Pb-Zn و W در رگه‌های اکسید منگنز همراه است که از فعالیت سیستم‌های کم سولفید ایجاد شده است.

ب) کانسارهای رسوبی

۱. کانسارهای رسوبی آتشفشانی

این کانسارها به دو گروه تقسیم می‌شوند: گرمایی و هیدروژنوس.

● **ذخایر آهن و منگنز کف اقیانوس‌ها (گرمایی):** این ذخایر در نزدیکی مراکز بازشونده تشکیل می‌شوند و نسبت‌های متفاوتی از آهن و منگنز را در خود دارند. این ذخایر به وسیله‌ی مشخصات ژئوشیمیایی و محتوای عناصر کمیاب از ندول‌های آهن و منگنز مناطق عمیق اقیانوس متمایز می‌شوند.

● **ندول‌های آهن و منگنز (هیدروژنوس):** این کانسارها در فاصله‌ی دور از پشته‌های میان اقیانوسی تشکیل می‌شوند. سرعت تشکیل این ندول‌ها کم است و اکسیدهای منگنز و آهن فرصت زیادی برای جذب عناصر از آب دریا دارند. به همین دلیل محتوای عناصر کمیاب U، Th و Ce در آن‌ها بیشتر از دیگر کانسارهاست.

۲. کانسارهای رسوبی غیر آتشفشانی

ذخایر منگنز رسوبی که از هوازدگی سنگ‌های قاره‌ای و یا از آب دریا و دور از محل خروج سیالات گرمایی به وجود می‌آیند، به ذخایر رسوبی غیر آتشفشانی معروف هستند. این ذخایر بیشترین سهم را در ذخیره‌ی جهانی منگنز دارند

بیشتر کانسارهای منگنز منشأ تجزیه‌ای و رسوبی دارند و به صورت اکسید و هیدروکسیدهای آن تشکیل می‌شوند.

تقسیم‌بندی کانسارهای منگنز

تاکنون تقسیم‌بندی‌های متفاوتی توسط گیلبرت و پارک (۱۹۹۷)، عرفانی (۱۳۵۳) و روی (۱۹۸۸) بر مبنای متفاوتی انجام شده است. در اینجا به تقسیم‌بندی روی (۱۹۸۸) براساس نحوه‌ی تشکیل و سکانس پاراژنتیکی همراه، اشاره می‌شود.

الف) کانسارهای گرمایی

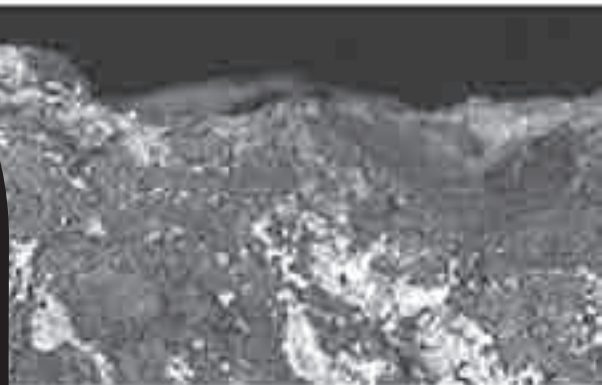
۱. ذخایر رگه‌ای گرمایی

این ذخایر معمولاً کوچک هستند و به سنگ درونگیر خاصی وابسته نیستند. این ذخایر تنها هنگامی از لایه‌بندی سنگ‌های رسوبی درونگیر خود تبعیت می‌کنند که نفوذ محلول‌های کانه‌دار و ته‌نشین کردن ماده‌ی معدنی در لایه‌های رسوبی راحت‌تر از عبور از آن‌ها باشد. تشخیص چگونگی جایگزینی این ذخایر بین لایه‌های رسوبی به سادگی امکان‌پذیر است و به این ترتیب می‌توان آن‌ها را از ذخایر لایه‌ای که هم‌زمان با رسوب‌گذاری تشکیل شده‌اند، تفکیک کرد.

۲. ذخایر گرمایی کم دما

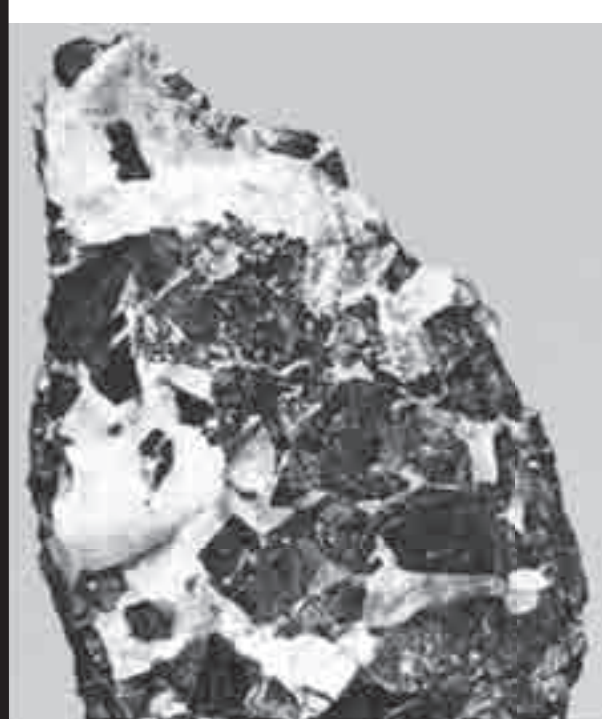
(آبی‌ترمال)

در کانسارهای گرمایی کم دمای منگنز، معمولاً مقدار عناصر کمیاب (Ni، Cu و Co) کم است. به استثنای مناطق عمیق‌تر رگه‌ها که به توده‌های حاوی سولفید عناصر پایه که محلول‌های گرمایی



▲ تصویر ۴. کانسنگ منگنز حاوی پسیلوملان

▼ تصویر ۵. کانسنگ منگنز حاوی براونیت



و برخلاف انواع آتشفشانی، از نظر عرضی دارای محدودیت کمتری هستند. این ذخایر لایه‌ی رسوبی مشخصی را دنبال می‌کنند و حالت لایه‌ای در آن‌ها کاملاً واضح است. افق‌های غنی از کانی‌های اکسیدی با بالاترین ظرفیت اکسیداسیون از قبیل پیرولولزیت، کریتوملان، بیرنژیت و تودوروکیت، و افق‌های دارای کانی‌های با ظرفیت پایین‌تر مثل منگانیت و رودوکروزیت در لایه‌های عمیق‌تر این کانسارها قابل مشاهده هستند.

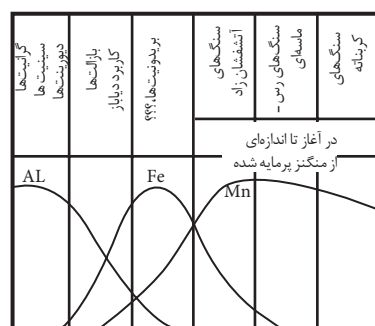
ج) کانسارهای سوپرژن

کانسارهای سوپرژن آن‌هایی هستند که تحت تأثیر آب‌های جوی و در نزدیکی سطح زمین تمرکز یافته‌اند. با وجود گسترش سطحی کم این نوع ذخایر، گاهی اوقات به دلیل شکل ظاهری شان، با کانسارهای رگه‌ای گرمایی کم دما اشتباه گرفته می‌شوند. آب‌های جوی تمایل دارند که کانی‌های منگنز را در مناطقی که تراواترند یا فضاهای خالی دارند، متمرکز کنند. کانسارهای گرمایی و رسوبی چنانچه در نزدیکی سطح زمین قرار گیرند، می‌توانند تحت تأثیر فرایند غنی‌سای برونزاد واقع شوند.

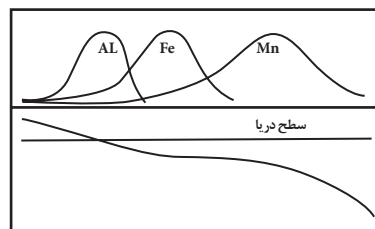
کانسارهای رسوبی منگنز و مهم‌ترین کانسارهای منگنز در ایران و جهان

کانسارهای رسوبی - شیمیایی منگنز، آهن و آلومینیوم از محلول‌ها و ذرات معلق و محلول‌های کلوئیدی در کف حوضه‌های رسوبی ته‌نشین می‌شوند. منشأ فلزات موجود در بعضی از این کانسارها، پوسته‌ی قاره‌ای تخریب شده

است (شکل ۱)، به‌واسطه‌ی متفاوت بودن تحرک شیمیایی، این عناصر در منطقه‌ی ساحلی از یکدیگر جدا می‌شوند (شکل ۲). همان‌طور که ملاحظه می‌شود، آهن بین آلومینیوم و منگنز واقع است، لذا کانسارهای آهن - منگنز و کانسارهای آهن - آلومینیوم معمول هستند، ولی کانسارهای رسوبی آلومینیوم و منگنز معمولاً همراه با یکدیگر یافت نمی‌شوند.



شکل ۱. منشأ آهن، منگنز و آلومینیوم در بعضی از کانسارهای رسوبی [استراخوف، ۱۹۶۲]



شکل ۲. تفکیک عناصر آلومینیوم، آهن و منگنز درون یک حوضه‌ی رسوبی ساحلی [نقل از: اسمیرثوف، ۱۹۷۶]

رفتار ژئوشیمیایی منگنز بسیار شبیه به آهن است. همانند منگنز، آهن در محلول‌های اسیدی و خنثا محلول است. اما مسئله‌ای که در بررسی کانسارهای منگنز رسوبی مطرح است، سازوکاری است که مستقل از آهن باعث تمرکز منگنز می‌شود. ضمن فرسایش سنگ‌ها و انحلال آهن و منگنز، جدایش این دو عنصر به مقدار زیاد انجام نمی‌شود، لیکن با توجه

به این‌که در بسیاری از آب‌های گرمایی، مقادیر منگنز بیشتر از آهن است، حتماً در زیر سطح زمین جدایش این دو عنصر انجام می‌شود، هم‌چنین نشان داده شده است که منگنز با سرعت کمتر و آن‌هم نه به طور کامل، نسبت به آهن، اکسید می‌شود و این‌که در بسیاری از شرایط Eh و pH حلالیت منگنز از آهن بیشتر است. در هر Eh معین، با افزایش pH، ته‌نشینی آهن نسبت به منگنز اولویت دارد، اما ضمن فرایندهای آلی، ته‌نشینی منگنز نسبت به آهن، توسط باکتری‌ها و خزده‌ها، اولویت دارد.

قسمت اعظم منگنز دنیا از کانسارهای منگنز رسوبی به دست می‌آید. حدود ۷۵ درصد از منابع منگنز کشف شده (در خشکی) در شوروی سابق واقع شده است. کانسارهای منگنز رسوبی به دو گروه تقسیم می‌شوند:

همراه با رس و ماسه سنگ گلاکونیتی	الف) کانسارهای رسوبی:
همراه با کربنات‌ها	
همراه با گرینستون	ب) کانسارهای رسوبی آتشفشانی:
همراه با تراکی ریولیت‌ها	

شکل ۳. جدول تقسیم‌بندی کانسارهای منگنز رسوبی

میزان فراوانی منگنز در سنگ‌ها، رسوبات و آب‌های اقیانوسی در (جدول ۱) گزارش شده است. میزان منگنز سنگ‌های آذرین مافیکی بیشتر از اسیدی و حد واسط است (جدول ۱). میزان منگنز در شیل‌ها، کربنات‌ها و سنگ‌های گریواکی بالا، و در ماسه‌سنگ و شیل‌های غنی از مواد آلی پایین است. حداکثر منگنز را در رسوبات عمیق دریایی گزارش کرده‌اند (جدول ۱).

نوع سنگ	MnO ₂ (ppm)
سنگ‌های آذرین:	
گرانیت	۲۶۰
گرانودیوریت‌ها	۳۹۰
دیوریت‌ها	۱۳۹۰
گابروها	۱۳۹۰
پریدوتیت‌ها	۱۰۵۰
سنگ‌های رسوبی و رسوبات:	
ماسه سنگ	۱۷۰
شیل‌های ماسه	۱۵۰
سنگ‌های کربناته	۵۵۰
شیل‌ها	۶۰۰
گروبوک‌ها	۶۹۰
رس‌های عمق زیاد	۵۷۰۰
آب دریا	۰/۰۰۱۳

جدول ۱. میزان منگنز سنگ‌های مهم، رسوبات و آب دریا [ماینارد، ۱۹۸۳]

۱. کانسار نیکوپل

کانسار منگنز «نیکوپل»^۹ واقع در شوروی سابق، بزرگ‌ترین ذخیره‌ی منگنز دنیا و از نوع رسوبی محسوب می‌شود. این کانسار و دیگر کانسارهای اطراف آن در کمربندی به طول ۲۵۰ کیلومتر و عرض ۲۵-۲۰ کیلومتر در حاشیه‌ی جنوبی صفحه‌ی اوکراین تشکیل شده‌اند. این کانسار در الیگوسن شکل گرفته است. استراتیگرافی منطقه از پایین به طرف بالا شامل پی‌سنگ کریستالین، پی‌سنگ هوازده، ماسه سنگ و رس، سیلتستون، ماسه‌سنگ گال و گلوکونیت، لایه‌ی منگنزدار، رس‌های سبز تا خاکستری، مارن و آهک است. لایه‌ی منگنز شامل سه رخساره‌ی اکسید، مخلوط اکسید - کربنات و کربنات است که کربنات‌ها در حاشیه‌ی حوضه‌ی رسوبی تشکیل شده‌اند. افاق منگنزدار دو تا سه متر ضخامت، ۲۵ کیلومتر عرض و ۱۵۰ کیلومتر طول دارد. رخساره‌ی اکسید حدود ۲۵ درصد ذخیره را

تشکیل می‌دهد. عیار منگنز ۱۵ تا ۲۵ درصد است. منگنز از سنگ‌های مافیکی اسپلیتی^{۱۰} کریستالین منشأ گرفته است. بافت ذخیره از نوع الیتی، پیزولیتی، لامیناسیون و جانیشینی صدف‌هاست. این کانسار در محیط فلات قاره‌ای تشکیل شده و در آن ساخت منطقه‌ای قابل مشاهده است. کانی‌های منطقه‌ی اکسیدی شامل پیرولووسیت‌ها و پسیلوملان و کانی‌های اصلی کربناتی نیز منگانوکلسیت و رودوکروزیت هستند. با افزایش عمق، کانی‌های منطقه‌ی کربناتی به رس‌های سبز - آبی که غالباً حاوی گرگ‌های منگنز است، تبدیل می‌شوند.

محصولات اکسیدان سوپرژن (به ترتیب تشکیل) عبارت‌اند از: منگانیت، پیرولووزیت، تودوروکیت، کریپتوملان، بیرنیت و رانسیتیت^{۱۱} [مرادلو، ۱۳۸۷].

سنگ‌های رسوبی منطقه شامل سنگ آهک، مارن، ماسه سنگ، سیلت استون و رس می‌شوند. روی (۱۹۸۱) این کانسار را در گروه کانسارهای رسوبی غیر آتشفشانی واقع در توالی‌های تخریبی قرار داد و **وارنتسوف**^{۱۲} منشأ عناصر را بالا رفتن محتوای منگنز آب دریا بر اثر فعالیت‌های گرمایی معرفی کرده است. هر دو نفر تأثیر فرایندهای سوپرژن در تکوین این کانسار را تأیید کرده‌اند [پیشین].

۲. کانسار باروت آغاجی

کانسار منگنز باروت آغاجی را می‌توان یک کانسار چند مرحله‌ای دانست. به این ترتیب که در کانسار مذکور، ابتدا کانی‌های منگنز هم‌زمان با رسوب‌گذاری و با منشأ غیر آتشفشانی شکل گرفته‌اند و سپس بر اثر عملکرد فرایندهای سوپرژن، کانی‌های منگنز دستخوش حمل و ته‌نشست مجدد شده‌اند.

این فرایندها باعث تمرکز کانی‌های منگنز شده و کانسار باروت آغاجی را تشکیل داده‌اند [پیشین]. آقای عیسی رضازاده مرادلو، پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد خود را در سال ۱۳۸۷ با عنوان «ژئوشیمی، کانی‌شناسی و شرایط تشکیل ذخیره‌ی منگنز باروت آغاجی» (استان آذربایجان شرقی) گذرانده است. در ادامه به قسمت‌هایی از مطالعه‌ی وی اشاره شده است.

کانسار باروت آغاجی در غرب شهرستان هشترود در استان آذربایجان شرقی واقع شده است. منطقه به‌طور عمده از آمفیبولیت‌های پالئوزوئیک، سنگ‌های گرانیتی - گرانودیوریتی - گنایسی مزوزوئیک، سنگ‌های رسوبی الیگوسن - میوسن و رسوبات عهد حاضر پوشیده شده است. سنگ‌های گرانیتی - گرانودیوریتی در منطقه بیشترین گسترش را دارا هستند [پیشین].

کانه‌زایی منگنز در این منطقه به‌دو صورت مشاهده می‌شود. حالت اول، کانه‌زایی کم‌عیار منگنز به صورت لامینه‌ای و دانه‌ی پراکنده در سنگ‌های رسوبی کربناتی با سن الیگومیوسن است. شواهد بافتی و ژئوشیمیایی نشان می‌دهد که این کانه‌زایی هم‌زمان با رسوب‌گذاری اتفاق افتاده است. عیار منگنز در این واحد کم و در حدود یک درصد است. حالت دوم، کانه‌زایی پرعیار منگنز به‌صورت پرکننده‌ی فضای خالی است که با توجه به شکل تمرکز، دو نوع کانسنگ منگنز در این منطقه وجود دارد: کانسنگ برشی و کانسنگ رگه‌ای - کیسه‌ای. کانسنگ برش در مرز بین سنگ‌های رسوبی و سنگ‌های گرانیتی - گرانودیوریتی - گنایسی تشکیل شده است. اجزای این برش راسنگ‌های آذرین دگرگونی و سیمان آن را کانی‌های منگنز تشکیل می‌دهند. کانسنگ استخراجی به‌طور متوسط حاوی ۳۰ درصد منگنز بوده است [پیشین].

کانسنگ منگنز به‌طور عمده شامل «پیرولوزیت»^{۱۳}، «رومانشیت»^{۱۴}، «منگانیت»^{۱۵} و «کریپتوملان»^{۱۶} است. این کانسنگ هم‌چنین حاوی آنومالی‌هایی از فلزات پایه، نقره و مولیبدن است [پیشین].

با توجه به شواهد صحرایی، کانی‌شناسی، پتروگرافی و داده‌های ژئوشیمیایی، به نظر می‌رسد که منگنز ابتدا ضمن رسوب‌گذاری و دیاژنز، در رسوبات آهکی، به ویژه آهک‌های ریفی، تثبیت شده و در مراحل بعد دستخوش پویایی، مهاجرت و رسوب دوباره شده است. منشأ اولیه‌ی منگنز و فلزات همراه آن، فعالیت‌های گرمایی زیردریایی شناخته شده است، اما با توجه به شواهد ژئوشیمیایی، عوامل برونزاد و آب‌های جوی در مراحل بعدی تکوین این کانسار دخالت داشته و انباشت‌های اقتصادی منگنز را پدید آورده‌اند [پیشین].

سن کانه‌زایی اولیه‌ی منگنز که هم‌زمان با رسوبات الیگوسن - میوسن است و با توجه به ترکیب شیمیایی آب دریا در این زمان که موجب تشکیل کانسارهای مهمی در دنیا (نیکوپل، چیاتورا و...) شده است، به همراه داده‌های ژئوشیمیایی، کانی‌شناسی و بافت ماده‌ی معدنی، مدل تشکیل این کانسار را رسوبی - دیاژنتیکی معرفی می‌کند. در این مدل، ته‌نشست اولیه‌ی کانی‌های منگنز به همراه سنگ‌های رسوبی درونگیر خود و بر اثر پیشروی و پسروی متناوب آب دریا بوده است و در مرحله‌ی بعدی، آب‌هایی با منشأ جوی عامل انتقال و ته‌نشست مجدد کانی‌های منگنز و تشکیل کانسار هستند [پیشین].

چهار منشأ احتمالی می‌توان برای منبع اولیه‌ی منگنز مطرح کرد که عبارت‌اند از:

الف) حاصل تخریب و فرسایش سازندها و کانسارهای قدیمی‌تر؛

ب) توده‌های نفوذی و سیالات داغ

همراه با آن‌ها؛

ج) فعالیت‌های آتشفشانی همراه با رسوب‌گذاری؛

د) فعالیت‌های آتشفشانی - گرمایی دور از محل رسوب‌گذاری [پیشین].

در این مطالعه با توجه به نمودارهای ژئوشیمیایی و هم‌بستگی عناصر، منشأ گرمایی برای عناصر تشکیل‌دهنده‌ی کانسار، گزینه‌ی قابل قبول‌تری به نظر رسیده است. از طرف دیگر، تفکیک ایجاد شده بین آهن و منگنز در این کانسار قابل توجه است. از آن‌جا که سیالات گرمایی خارج شده از مناطق آتشفشانی فعال زیردریایی، می‌توانند غنی از آهن و منگنز باشند، نتیجه گرفته شده که محل خروج سیالات گرمایی دور از حوضه‌ی رسوبی بوده است. آهن می‌تواند بعد از خروج از سیالات و اختلاط با آب‌های سرد دریا به صورت سولفید، کربنات و هیدروکسید ته‌نشین شده باشد. اما منگنز در دماهای پایین در محدوده‌ی وسیعی از Eh و Ph محلول است و می‌تواند مسافت‌های بیشتری را طی کند.

ادوار مهم منگنز زایی در ایران و جهان

در دوران‌های متفاوت زمین‌شناسی، از زمان آرکئن تا عهد حاضر، همواره کانسارهای منگنز تشکیل شده‌اند یا در حال تشکیل شدن هستند که این امر دلیل خوبی برای فراوانی منگنز در پوسته‌ی کره‌ی زمین است (دوازدهمین عنصر پوسته‌ی زمین).

اولین منگنز زایی در سپرهای قدیمی در زمان آرکئن پروتوزوئیک به همراه آهن صورت گرفته که شاخص‌ترین این کانسارها در کشورهای آفریقای جنوبی، برزیل و چین با ۹۰ میلیون تن ذخیره و هندوستان با ۲۰

میلیون تن واقع است.

زایش منگنز در دوران اول در سری سنگ‌های ولکانیکی بازیک؛ عمدتاً متشکل از سنگ‌های بازالت و آندزیت در کامبرین واقع در سیبری روسیه با ۴۵ میلیون تن ذخیره و کربنیفر در کشور چین با ۱۵ میلیون تن ذخیره و بالاخره در دونین قزاقستان روسیه با ۱۰ میلیون تن ذخیره رخ داده است.

در مزوزوئیک (دوران دوم زمین‌شناسی)، کانسارهای منگنز در سری سنگ‌های آتشفشانی ژوراسیک و سنگ‌های رسوبی و آتشفشانی کرتاسه در کشورهای آمریکای شمالی، بلغارستان، شوروی، کوبا، ژاپن، یونان، ایران و فیلیپین کشف شده‌اند. در کشور مراکش در دوره‌ی ژوراسیک و کرتاسه، میزان سه میلیون تن ذخیره‌ی منگنز تاکنون شناسایی شده است. منگنز زایی عظیمی در پالئوسن در دامنه‌ی شرقی اورال روسیه با ذخیره‌ی ۱۰ میلیون تن و در اولیگوسن با ذخیره‌ای بالغ بر ۷۹۵ میلیون تن در حاشیه‌ی پلاتفرم اروپا به وجود آمده است.

بالاخره در دوران چهارم، منگنز از طریق چشمه‌های آب گرم و در رسوبات جوان و قدیمی و در بستر اقیانوس‌ها در پشته‌های اقیانوسی، از چرخش محلول‌های گرمایی گرهک منگنز تشکیل شده و یا در حال تشکیل شدن است. میزان ذخایر مدفون شده در رسوبات دوران چهارم بالغ بر ۷۰ میلیون تن است.

زایش منگنز تیپ رسوبی که بزرگ‌ترین ذخایر منگنز دنیا را شامل می‌شود، در کشورمان تاکنون کشف نشده است، ولی منگنز زایی به صورت عدسی شکل پراکنده، در ایران بسیار فراگیر است. کانسارهای شناخته شده‌ی منگنز در ایران، محدود و به‌طور کلی به ادوار پرکامبرین و کرتاسه -

پالئوژن محدود می‌شوند؛ اگرچه امکان وجود منگنز در سازندهای پالئوزوئیک به خصوص در رخساره‌های ولکانوژنیک نباید نادیده گرفته شود. کانسارهای آهن منگنز دار از چرخه‌ی متالوژنی پان آفریقایی در ایران مرکزی از نوع نارینگان و در مجموعه‌ی سری‌های آذرآواری ماگمایی در ناحیه‌ی پشت بادام از نوع کافی است. از نظر توزیع زمانی - مکانی به طور کلی فلز زایی منگنز و کانسارهای شناخته شده‌ی آن رایج ادوار و ساماندهی زیر می‌توان تقسیم کرد:

۱. کانسارهای منگنز بستر اقیانوسی و سازندهای دگرگونی در طبقات با ویژگی‌های فیولیتی مانند کانسارهای پتیار و ترکمانی در ناحیه‌ی انارک در سری اکلوزن - کافی پرکامبرین پسین و سازندهای دگرگونی مربوط به دوران اول در مناطق تروود - سرکویر مانند چاه گبری، کوه مهران، کوه شمشیربران و غیره.

۲. در کرتاسه‌ی تحتانی، کانی‌سازی منگنز به همراه آهن در داخل سنگ‌های آهکی اوربیتولین‌دار به صورت ذخایر آهن منگنز دار و یا منگنز آهن‌دار در پاره‌ای از مناطق کشور رخ داده است که از جمله می‌توان به کانسارهای آهن منگنز دار شمس‌آباد اراک، چاه باشه، کافر دوغ، نوق و باغ قره تربت حیدریه و غیره اشاره کرد.

۳. کانسارهای منگنز کرتاسه بالایی در سازندهای آتشفشانی رسوبی زون آمیزه‌های رنگین در کمر بند فیولیتی ایران، نظیر کانسارهای آب‌بند در نیریز، گوئیچ در خاش، بنوید نائین، زیروقت، بند قراء و سبند و بردسکن کاشمر و کانسارهای منگنز در ناحیه‌ی سبزوآر شامل تک فریزی، بنسپورت، دو چاهی، چاه سلطان محمد، ذول فرخ، دهنه‌ی زرد و دهنه‌ی کور چاه.

۴. کانسارهای منگنز از نوع آتشفشانی - رسوبی و گرمایی در مجموعه‌ی آذر آواری و آتشفشانی پالئوژن نظیر کانسارهای ونارچ، رباط کریم، بزین و کوه آرات، لیاک و عبدل‌آباد قزوین.

۵. کانسارهای وابسته به فعالیت‌های آتشفشانی جوان نظیر قزل‌چله در مراغه و دیگر کانسارهایی موجود در آذربایجان شرقی.

از بررسی سیر تحول و تکوین زمین‌شناسی ایران و توجه به این نکته که زایش و غنای منگنز در سازندهای تشکیل دهنده‌ی پوسته‌ی زمین، عموماً به گونه‌ای در ارتباط مستقیم و غیرمستقیم با رخساره‌ها و فعالیت‌های ماگمایی از نوع آتشفشانی زیر دریایی و در کمر بندهایی است که معمولاً از نوع پوسته‌ی اقیانوسی یا حد واسط هستند، چنین می‌توان گفت که نه تنها در سازندهای مشروح در فوق، بلکه در سایر سازندها و نواحی کشور که به نحوی دستخوش فعالیت‌های ماگمایی و آتشفشانی شده‌اند، نیز وجود ظرفیت‌های منگنز دور از انتظار نیست.

گروه‌های اکتشافی «شرکت ملی فولاد» به کمک کارشناسان «شرکت تکنواکسپورت» شوروی، از سال ۱۳۵۴ تا سال ۱۳۵۶، روی تعدادی از کانسارهای منگنز ایران مطالعاتی انجام دادند که نهایتاً سه تیپ ژنتیکی برای ذخایر گوناگون منگنز کشور معرفی شد. این کانسارها از لحاظ منشأ به سه گروه زیر تقسیم‌بندی می‌شوند:

۱. کانسارهای منگنز با منشأ هیدروترمالی؛
 ۲. کانسارهای منگنز با منشأ رسوبی - آتشفشانی؛
 ۳. کانسارهای آهن منگنز دار با منشأ پلی‌ژن.
- در گزارش گروه اکتشافی فوق‌الذکر، تعداد ۴۵ ذخیره‌از منگنز و یا آهن منگنز دار در کشور مورد بررسی مقدماتی قرار گرفت. کانسارهای

منگنز رسوبی - ولکانیکی ایران به زون آمیزه‌ی رنگین در ایران نسبت داده می‌شوند. کانسارهای منگنز ولکانیکی - رسوبی شناخته شده در نقاط گوناگون ایران از نظر سنی در دو گروه قرار می‌گیرند:

گروه اول: متعلق به کرتاسه‌ی فوقانی کهدر ژئوسینکلینال‌های آلپی تشکیل شده‌اند.

گروه دوم: مربوط به زمان اولیگوسن - میوسن است.

کانسارهای آتشفشانی - رسوبی از غنی‌ترین و عمده‌ترین کانسارهای منگنز به شمار می‌روند و عمدتاً در زون‌های گذر از فعالیت آتشفشانی زیر دریایی به رسوبی شکل گرفته‌اند. به طور کلی، کانسارهای آتشفشانی رسوبی به علت کیفیت نازل سیلیس بالا ساختی کانه‌آرایی آن‌ها، فقط در صنایع فولاد قابل استفاده هستند مهم‌ترین کانسارهای شناخته شده منشأ ولکانیکی رسوبی ایران، کانسارهای ونارچ، کوه زرد، بنوید، آب‌بند، توران قلعه بنسپورت و دسکرن شامل می‌شوند.

فرایندهای مؤثر بر

قتصادی شدن کانسارهای منگنز

فرایندهای پس از رسوب گذاری اولیه‌ی کانه‌های منگنز همیشه مورد بحث محققین بوده و تأثیر این فرایندها در اقتصادی شدن نهشته‌های کم عیار در معادن زیادی گزارش داده شده است. در مناطق مرطوب و دارای پوشش گیاهی به همراه توپوگرافی مناسب، سیستم زهکشی و سنگ منشأ مناسب هوازدگی می‌تواند کانسار منگنز ایجاد کند. نقش پوشش گیاهی و پوشیدگی آن‌ها و تولید آب‌های زیرزمینی اسیدی، توسط نیکلسون (۱۹۹۲) نیز تأیید شده است. انحلال انتخابی منگنز می‌تواند توسط واکنش‌های آنزیمی باکتری‌ها ایجاد شود، با وجود این، بدون در نظر گرفتن تأثیر باکتری‌ها نیز منگنز

پیشینه

1. Schule
2. Hardfield
3. Hadfield steels
4. Endogenetic
5. Abyssal Oceanic Sediments
6. Hypergene Migration
7. volcanogenic
8. non-volcanogenic
9. Nico Pol
10. Spilite
11. Rancitic
12. Varentsov
13. Pyrolusite
14. Romanechite
15. Manganite
16. Cryptomelane
17. Groot Eylandt
18. Seraa do Navio
19. Morro da Mina
20. Azul
21. Moande
22. Molango
23. Urkut
24. Philibsborg
25. Butte
26. janggun
27. Bol'shoi Tokmak
28. Vana
29. Sayan
30. Baikal

منابع

1. سامانی، بهرام (۱۳۷۴). زمین‌شناسی ایران (کانسارهای منگنز). سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدن کشور.
2. رضازاده، مرادلو، عیسی (۱۳۸۷). ژئوشیمی کانی‌شناسی و شرایط تشکیل ذخیره‌ی منگنز باروت آغاجی (استان آذربایجان شرقی). پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد. دانشگاه شهید بهشتی.
3. شهاب‌پور، جمشید (۱۳۸۰). زمین‌شناسی اقتصادی. انتشارات دانشگاه شهید باهنر کرمان.
4. عرفانی، حسین (۱۳۵۳). زمین‌شناسی اقتصادی کانسارها (۱). انتشارات دانشگاه تهران.
5. کریم‌پور، محمد حسن و سعادت، سعید (۱۳۸۱). زمین‌شناسی اقتصادی کاربردی. انتشارات ارسلان.
6. <http://www.ngdir.ir>
7. <http://cn.wikipedia.org>

شده است. این فعالیت‌ها باعث ورود مقادیر غیرمتعارف Mn، Co، Si، Ca و دیگر ترکیبات همراه آن‌ها به آب اقیانوس‌ها شده و گرم شدن کره‌ی زمین بر اثر پدیده‌ی اثر گل‌خانه‌ای را به همراه داشته است. افزایش فعالیت موجودات زنده، بالا رفتن آهنگ رسوب‌گذاری و پیشروی آب دریاها از دیگر پیامدهای این تغییرات است [پیشین].

در اواخر ائوسن و اوایل الیگوسن، سرد شدن شدید هوا و افزایش چگالی آب سطح اقیانوس‌ها باعث شد که سیستم گردشی عمودی در آب اقیانوس‌ها ایجاد شود و جریان‌های عمقی قوی فعال شوند. این جریان‌ها که تا به امروز نیز ادامه دارند، مواد غذایی، زیادی را جابه‌جایی کنند و موجب فرسایش کف اقیانوس می‌شوند. افزایش آهنگ تولید پوسته‌ی اقیانوسی در ائوسن، با افزایش سطح آب دریاها و پیشروی آن‌ها روی قاره‌ها همراه بوده است. در این دوره، افزایش قابل ملاحظه‌ی عناصری با منشأ گرمایی و بالا رفتن آهنگ تولید رسوبات زیستی بر اثر ازدیاد تأمین مواد غذایی در اقیانوس‌ها رخ داده است [پیشین].

با توجه به سن واحدهای رسوبی کانه‌دار کانسار باروت آغاجی به این نتیجه رسیده‌اند که ترکیب شیمیایی آب دریای تتیس که نهشته‌ی مذکور از آن ته‌نشین شده، در زمان الیگومیوسن مستعد تشکیل کانسار رسوبی منگنز بوده است. هم‌چنان که در همین زمان در نقاط متفاوت حاشیه‌ی دریای بزرگ تتیس، کانسارهای مهم منگنز از قبیل «نیکویل» و «بلوشوی توکماک»^{۲۶} در اوکراین، «چیاتورا» در گرجستان، «بینکیلیج» در ترکیه، «وانا»^{۲۷} و «ابروچیشیت»^{۲۸} در بلغارستان و نهشته‌های شمال اورال هم‌چون منطقه‌های «سایان»^{۲۹} و «بایکان»^{۳۰} در روسیه تشکیل شده‌اند [پیشین].

محلول‌ترین عنصر بین عناصر Mn و Fe، Al است [پیشین].

در کانسار «گروت ایلنت»^{۱۷} در استرالیا، اکسیدهای منگنز در جریان هوازدگی حل شده و در قسمت‌های عمیق‌تر به صورت سیمان بین کانه‌های قبلی رسوب کرده‌اند.

هوازدگی در دوران سنوزوئیک و به دنبال آن انحلال و ته‌نشست دوباره‌ی کانه‌های منگنز که باعث تغلیظ کانسنگ‌های کم‌عیار قبلی شده است، در کانسارهای متفاوتی از جمله معادل «سرادوناویو»^{۱۸}، «مورودامینا»^{۱۹} و «آزول»^{۲۰} در برزیل، «موانادا»^{۲۱} در گابون، ساحل آج، کانسارهایی در بورکینافاسو و شرق لیبی، معادل «مولانگو»^{۲۲} و لوسیفردر مکزیکو و در کانسارهای کوچک‌تری هم‌چون «اورکوت»^{۲۳} در مجارستان، «فیلیپس‌برگ»^{۲۴} و «بوت»^{۲۵} در آمریکا و «جانگون»^{۲۶} در کره‌ی جنوبی گزارش شده است [پیشین].

در کانسار منگنز باروت آغاجی نیز، هوازدگی اقل‌های کانه‌دار اولیه که کم‌عیار هستند، باعث تغلیظ ثانویه‌ی کانه‌های منگنز شده است. طی این مرحله، فضاهای خالی ثانویه که بر اثر گسلش و خرد شدن سنگ‌های منطقه ایجاد شده‌اند و نیز حفرات کارستی موجود در سنگ‌های کربناتی، کنترل‌کننده‌ی تجمع کانه‌ها در محل مناسب بوده‌اند. بنابراین در این مرحله فضاهای خالی ثانویه، نقش اصلی را در تشکیل کانسنگ‌های منگنز بر عهده داشته‌اند [پیشین].

رابطه‌ی ترکیب آب

اقیانوس با کانه‌زایی

منگنز در کانسار باروت آغاجی

بیشترین آهنگ تولید پوسته‌ی اقیانوسی در سنوزوئیک به زمان ائوسن مربوط می‌شود که موجب فعالیت شدید گرمایی در این دوره