جمهوری اسلامی ایران

وزارت صنعت، معدن و تجارت

برنامه تهیه ضوابط و معیارهای معدن

فهرست خدمات اکتشافی سنگ‌ها و کانی‌های صنعتی

(باریت، بنتونیت، زئولیت، سلستین، سیلیس، فلدسپار، فلوئورین)

شماره ردیف نشریه در انتشارات

معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس‌جمهور

۵۶۶

۳۶

انتشارات سازمان نظام مهندسی معدن

http://www.ime.org.ir

وزارت صنعت، معدن و تجارت

معاونت امور معادن و صنایع معدنی

برنامه تهیه ضوابط و معیارهای معدن

http://www.mim.gov.ir

http://www.mimt.gov.ir

۱۳۹۰

انتشارات سازمان نظام مهندسی معدن
(شماره ثبت ۹۹۶۶)

عنوان و نام پدیدآور :	**فهرست خدمات اکتشافی سنگ‌ها و کانی‌های صنعتی (باریت، بنتونیت، زئولیت، سلستین، سیلیس، فلدسپار، فلوئورین)**/ وزارت صنعت، معدن و تجارت، معاونت امور معادن و صنایع معدنی، دفتر نظارت و بهره‌برداری برنامه تهیه ضوابط و معیارهای معدن.
مشخصات نشر :	تهران: انتشارات سازمان نظام مهندسی معدن ایران،۱۳۹۰.
مشخصات ظاهری :	۹۶ ص.؛ جدول.
فروست :	انتشارات سازمان نظام مهندسی معدن؛ ۳۶.
	انتشارات معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس‌جمهور؛ شماره ردیف نشریه ۵۶۶؛
شابک :	۹۷۸-۶۰۰-۶۴۲۲-۰۸-۴ **978-600-6422-08-4**
وضعیت فهرست‌نویسی :	فیپا
یادداشت :	ص. ع. به انگلیسی : **List of Services For Exploration of Industrial Rocks and Minerals (Barite, Bentonite, Zeolite, Celestine, Silisium, Feldspar, Flourin)**
موضوع :	اکتشاف‌های زیر زمینی -- ایران -- آمار
موضوع :	سنگ معدن
موضوع :	سنگ معدن صنعتی
شناسه افزوده :	ایران. وزارت صنعت، معدن و تجارت. دفتر نظارت و بهره‌برداری. برنامه تهیه ضوابط و معیارهای معدن
شناسه افزوده :	سازمان نظام مهندسی معدن ایران.
رده‌بندی کنگره :	TN ۲۷۰/ ۹ ف ۱۳۹۰
رده‌بندی دیویی :	۶۲۲/۱۰۹۵۵
شماره کتابشناسی ملی :	۲۶۳۲۰۰۰

شماره شابک ۹۷۸-۶۰۰-۶۴۲۲-۰۸-۴ **978-600-6422-08-4**

فهرست خدمات اکتشافی سنگ‌ها و کانی‌های صنعتی (باریت، بنتونیت، زئولیت، سلستین، سیلیس، فلدسپار، فلوئورین)

گردآورنده : برنامه تهیه ضوابط و معیارهای معدن– وزارت صنعت، معدن و تجارت

ناشر : انتشارات سازمان نظام مهندسی معدن

نوبت چاپ : اول

شمارگان : ۱۵۰۰ نسخه

قیمت : ۴۱/۰۰۰ ریال

تاریخ انتشار : بهار ۱۳۹۱

چاپ و صحافی : **طراحان نصر**

همه حقوق برای ناشر محفوظ است.

وزارت صنعت، معدن و تجارت

تاریخ: ۹۵/۱۰/۱۷

شماره: ۶۰/۲۰۲۰۳۳

پیوست:

ابلاغیه

به استناد ماده ۷۱ آیین‌نامه اجرایی قانون معادن مصوب سال ۱۳۷۷و بر پایه مفاد ماده ۳۲ قانون نظام مهندسی معدن مصوب سال ۱۳۸۱، تدوین اصول و قواعدی که رعایت آن‌ها در طراحی، محاسبه و اجرای عملیات اکتشاف، تجهیز و بهره‌برداری معادن و کارخانه‌ها، بهره‌دهی مناسب فنی و صرفه اقتصادی ضروری است و همچنین بازنگری و تجدید نظر آن‌ها، بر عهده وزارت صنعت، معدن و تجارت است. صاحبان حرفه‌های مهندسی معدن، مکتشفان و بهره‌برداران معادن وکارخانه‌ها اعم از دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور، پیمان‌کاران وعوامل دیگر مکلف به رعایت مقررات فنی ابلاغ شده هستند و عدم رعایت آن‌ها تخلف از قانون محسوب می‌شود.

نشریه **فهرست خدمات اکتشافی سنگ‌ها و کانی‌های صنعتی** (باریت، بنتونیت، زئولیت، سلستین، سیلیس، فلدسپار، فلوئورین) که به استناد مواد قانونی فوق الذکر تدوین شده است، توسط معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهوری نیز با شماره ۵۶۶ در نوبت انتشار قرار دارد.

مهندسان و عوامل اجرایی، روش‌ها و دستورالعمل‌های بهتری در اختیار داشته باشند یا نظر اصلاحی درباره هر یک از مفاد آن داشته باشند، لازم است به وزارت صنعت، معدن و تجارت و یا سازمان نظام مهندسی معدن اطلاع دهند تا در صورت لزوم اصلاحیه یا متمم آن تدوین و ابلاغ شود.

با عنایت به مراتب فوق این مقررات یا اصلاح و تکمیل شده آن، از تاریخ ۱۳۹۱/۱۱/۱ لازم الاجرا خواهد بود.

وجیه ا... جعفری

معاون امور معادن و صنایع معدنی

پیشگفتار

استفاده از ضوابط، معیارها و استانداردها در مراحل پیشنهاد، مطالعه، طراحی، اجرای طرح‌های اکتشافی، بهره‌برداری و فرآوری مواد معدنی به لحاظ توجیه فنی و اقتصادی طرح‌ها، کیفیت طراحی، اجرا و هزینه‌های مربوطه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

برنامه تهیه ضوابط و معیارهای معدن به کارگیری معیارها، استانداردها و ضوابط فنی را در کلیه مراحل انجام عملیات معدنی مورد تاکید جدی قرار داده است.

با توجه به مراتب یاد شده، دفتر نظارت و بهره‌برداری وزارت صنعت، معدن و تجارت با همکاری اساتید، صاحب‌نظران، متخصصان، دست‌اندرکاران بخش معدن کشور و با همکاری دفتر نظام فنی اجرایی معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری و به استناد ماده ۷۱ آیین‌نامه اجرایی قانون معادن، مصوبه شماره ۴۲۳۳۹/ت۳۳۴۹۷ هـ مورخ ۸۵/۴/۲۰ هیات محترم وزیران و ماده ۳۲ قانون نظام مهندسی معدن با در نظر داشتن موارد زیر اقدام به تهیه ضوابط، معیارها و دستورالعمل‌های مورد نیاز بخش معدن نموده است:

- استفاده از منابع معتبر و استانداردهای بین‌المللی
- بهره‌گیری از تجارب دستگاه‌های اجرایی، سازمان‌ها، شرکت‌ها و واحدهای معدنی
- استفاده از تخصص‌ها و تجربه‌های کارشناسان و صاحب‌نظران بخش‌های خصوصی و دولتی
- پرهیز از دوباره‌کاری‌ها و اتلاف منابع مالی و غیرمالی کشور
- توجه به اصول و موازین مورد عمل موسسات تهیه‌کننده استاندارد

امید است نشریه " **فهرست خدمات اکتشافی سنگ‌ها و کانی‌های صنعتی (باریت، بنتونیت، زئولیت، سلستین، سیلیس، فلدسپار، فلوئورین)**" گام موثری در زمینه یکسان‌سازی فعالیت‌های معدنی در کشور باشد. همچنین مجریان و دست‌اندرکاران بخش معدن با به کارگیری این نشریه، در راستای هماهنگ‌سازی و تکامل استانداردها مشارکت نمایند.

شورای عالی برنامه تهیه ضوابط و معیارهای معدن

مجری طرح

آقای وجیهاا... جعفری	معاون امور معادن و صنایع معدنی – وزارت صنعت، معدن و تجارت

اعضای شورای عالی به ترتیب حروف الفبا

خانم فرزانه آقارمضانعلی	کارشناس ارشد مهندسی صنایع- معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری
آقای بهروز برنا	کارشناس مهندسی معدن- سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور
آقای وجیه ا... جعفری	کارشناس مهندسی معدن- وزارت صنعت، معدن و تجارت
آقای عبدالعلی حقیقی	کارشناس ارشد زمین‌شناسی- معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری
آقای عبدالرسول زارعی	کارشناس ارشد زمین‌شناسی- وزارت صنعت، معدن و تجارت
آقای ناصر عابدیان	کارشناس ارشد مهندسی معدن- سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور
آقای حسن مدنی	کارشناس ارشد مهندسی معدن- دانشگاه صنعتی امیرکبیر
آقای هرمز ناصرنیا	کارشناس ارشد مهندسی معدن- سازمان نظام مهندسی معدن

اعضای کارگروه اکتشاف به ترتیب حروف الفبا

آقای بهروز برنا	کارشناس مهندسی معدن- سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور
آقای نعمت الله رشید نژاد عمران	دکترای پترولوژی- دانشگاه تربیت مدرس
آقای ناصر عابدیان	کارشناس ارشد مهندسی معدن- سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور
آقای علیرضا غیاثوند	کارشناس ارشد زمین‌شناسی- وزارت صنعت، معدن و تجارت
آقای عبدالمجید یعقوب‌پور	دکترای زمین‌شناسی اقتصادی- دانشگاه تربیت معلم

اعضای کارگروه تنظیم و تدوین به ترتیب حروف الفبا

آقای مهدی ایران‌نژاد	دکترای مهندسی فرآوری مواد معدنی- دانشگاه صنعتی امیرکبیر
آقای عبدالرسول زارعی	کارشناس ارشد زمین‌شناسی- وزارت صنعت، معدن و تجارت
آقای مصطفی شریف‌زاده	دکترای مهندسی مکانیک سنگ- دانشگاه صنعتی امیرکبیر
آقای حسن مدنی	کارشناس ارشد مهندسی معدن- دانشگاه صنعتی امیرکبیر
آقای بهزاد مهرابی	دکترای زمین‌شناسی اقتصادی- دانشگاه تربیت معلم

این گزارش توسط **آقای دکتر بهزاد مهرابی** تهیه شده و پس از بررسی و تایید توسط کارگروه اکتشاف، به تصویب شورای عالی برنامه رسیده است.

مقدمه

عنوان سنگ‌ها و کانی‌های صنعتی به آن دسته از سنگ‌ها و کانی‌هایی اطلاق می‌شود که ارزش اقتصادی دارند و به صورت مستقیم و غیرمستقیم دارای کاربرد و مصارف صنعتی هستند. با توجه به دامنه وسیع این کانی‌ها و با توجه به برنامه‌ریزی به عمل آمده در برنامه ضوابط و معیارهای معدن برای تهیه فهرست خدمات مورد نیاز برای اکتشاف مواد معدنی، این نشریه به ارایه اطلاعات و مراحل چهارگانه عملیات اکتشافی برای کانی‌های صنعتی باریت، بنتونیت، زئولیت، سلستین، سیلیس، فلدسپار و فلوئورین اقدام نموده است و کلیه اقدامات از قبیل برنامه‌ریزی، گردآوری اطلاعات، بررسی، مطالعات دفتری، اجرای عملیات صحرایی و ارایه گزارش‌های اکتشافی را در برمی‌گیرد.

متقاضی انجام عملیات اکتشافی و دارندگان پروانه اکتشاف برای سنگ‌ها و کانی‌های صنعتی مورد اشاره در این نشریه باید طرح اکتشاف، اجرای عملیات اکتشاف، گزارشات مرحله‌ای اکتشافی و همچنین گزارش پایان عملیات اکتشاف را با رعایت موارد مندرج در این نشریه به سازمان صنایع و معادن استان مربوطه ارایه نمایند.

در صورتی که امکان صدور گواهی کشف بر اساس نتایج حاصل از مرحله اکتشاف عمومی، وجود داشته باشد، سازمان استان می‌تواند نسبت به این امر اقدام کند، در غیر این صورت پس از انجام فهرست خدمات عملیات مرحله اکتشاف تفصیلی و تایید عملیات و گزارش مربوطه، گواهی کشف صادر خواهد شد.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول- رده‌بندی و ویژگی‌های ذخایر باریت	
۱-۱- آشنایی	۳
۱-۲- ذخایر رگه‌ای و پرکننده فضای خالی	۳
۱-۳- ذخایر پسماندی	۴
۱-۴- ذخایر لایه‌ای	۴
۱-۵- باریت در ایران	۴
۱-۶- مشخصات باریت مورد استفاده در صنایع مختلف	۵
فصل دوم- رده‌بندی و ویژگی‌های ذخایر بنتونیت	
۲-۱- آشنایی	۹
۲-۲- رده‌بندی و ویژگی‌های ذخایر بنتونیت	۹
۲-۲-۱- ذخایر بنتونیت گرمابی	۹
۲-۲-۲- ذخایر بنتونیت رسوبی	۱۰
۲-۳- بنتونیت در ایران	۱۰
۲-۴- مشخصات بنتونیت مورد استفاده در صنایع مختلف	۱۱
۲-۴-۱- ماسه ریخته‌گری	۱۱
۲-۴-۲- گل حفاری	۱۱
۲-۴-۳- ماده جاذب	۱۲
۲-۴-۴- گندله‌سازی	۱۲
فصل سوم- رده‌بندی و ویژگی‌های ذخایر زئولیت	
۳-۱- آشنایی	۱۵
۳-۲- رده‌بندی و ویژگی‌های ذخایر زئولیت	۱۵
۳-۲-۱- دریاچه‌های شور و قلیایی (سیستم‌های هیدرولوژیکی بسته)	۱۵
۳-۲-۲- خاک‌ها و نهشته‌های سطحی	۱۶
۳-۲-۳- بخش‌های ژرف دریا	۱۶
۳-۲-۴- سیستم‌های هیدرولوژیکی باز	۱۶
۳-۲-۵- کانسارهای گرمابی در نواحی ژئوترمال فعال	۱۷
۳-۲-۶- دیاژنز دفنی (دگرگونی تدفینی)	۱۷
۳-۳- زئولیت در ایران	۱۸

۳-۴- مشخصات زئولیت مورد استفاده در صنایع مختلف ۱۸
۳-۴-۱- محصولات کشاورزی ۱۹
۳-۴-۲- کشت آبی ۱۹
۳-۴-۳- صنعت کاتالیزور و تصفیه نفت ۱۹
۳-۴-۴- مصالح ساختمانی ۱۹
۳-۴-۵- جدایش گاز ۱۹
۳-۴-۶- تعویض یونی ۱۹
۳-۴-۷- تصفیه پساب‌های هسته‌ای (اتمی) ۲۰
۳-۴-۸-کنترل‌کننده بو ۲۰
۳-۴-۹- پرکننده کاغذ ۲۰
۳-۴-۱۰- پوزولان و سیمان ۲۰
۳-۴-۱۱- تصفیه فاضلاب ۲۰
فصل چهارم- رده‌بندی و ویژگی‌های ذخایر سلستین
۴-۱- آشنایی ۲۵
۴-۲- رده‌بندی و ویژگی‌های ذخایر سلستین ۲۵
۴-۲-۱- کانسارهای رسوبی ۲۵
۴-۲-۲- کانسارهای گرمابی ۲۶
۴-۳- سلستین در ایران ۲۷
۴-۴- صنایع مصرف‌کننده سلستین ۲۷
فصل پنجم- رده‌بندی و ویژگی‌های ذخایر سیلیس
۵-۱- آشنایی ۳۱
۵-۲- رده‌بندی و ویژگی‌های ذخایر سیلیس ۳۱
۵-۲-۱- کانسارهای اولیه سیلیس رسوبی (شیمیایی، بیوشیمیایی، ذرات معلق سیلیسی) ۳۱
۵-۲-۲- کانسارهای اولیه وابسته به فعالیت‌های آذرین (سیلیس‌های رگه‌ای پگماتیتی و گرمابی) ۳۱
۵-۲-۳- کانسارهای سیلیس حاصل از دگرگونی (کوارتزیت‌ها) ۳۲
۵-۲-۴- کانسارهای ناشی از تجمع قلوه‌سنگ‌ها و ماسه‌های رودخانه‌ای، دریایی و بادی (ماسه‌سنگ) ۳۲
۵-۳- سیلیس در ایران ۳۲
۵-۴- مشخصات سیلیس مورد استفاده در صنایع مختلف ۳۳
فصل ششم- رده‌بندی و ویژگی‌های ذخایر فلدسپار

۶-۱- آشنایی ۳۷
۶-۲- رده‌بندی و ویژگی‌های ذخایر فلدسپار ۳۷
۶-۲-۱- پگماتیت‌ها ۳۷
۶-۲-۲- آپلیت (تعبیر تجارتی) ۳۸
۶-۲-۳- گرانیت‌ها ۳۸
۶-۲-۴- ماسه‌های فلدسپاری ۳۸
۶-۳- فلدسپار در ایران ۳۸
۶-۴- مشخصات فلدسپار مورد استفاده در صنایع مختلف ۳۹
۶-۴-۱- صنایع شیشه‌سازی ۳۹
۶-۴-۲- صنایع سرامیک‌سازی ۳۹
۶-۴-۳- استفاده از فلدسپار به عنوان پرکننده در صنایع گوناگون ۴۰
۶-۴-۴- ساینده‌ها ۴۰
۶-۴-۵- الکترودهای جوشکاری ۴۰

فصل هفتم- رده‌بندی و ویژگی‌های ذخایر فلوئورین

۷-۱- آشنایی ۴۵
۷-۲- رده‌بندی و ویژگی‌های ذخایر فلوئورین ۴۵
۷-۲-۱- رگه‌های شکافی در سنگ‌های آذرین، دگرگونی و رسوبی ۴۵
۷-۲-۲- نهشته‌های چینه‌سان در سنگ‌های کربناته ۴۵
۷-۲-۳- نهشته‌های جانشینی در سنگ‌های کربناته ۴۶
۷-۲-۴- نهشته‌های استوک‌ورک ۴۶
۷-۲-۵- نهشته‌های موجود در حاشیه کمپلکس سنگ‌های آلکالن و کربناتیت ۴۶
۷-۲-۶- تمرکزهای برجا ناشی از هوازدگی نهشته‌های اولیه ۴۶
۷-۲-۷- محصول فرعی قابل بازیابی در باطله نهشته‌های فلزی ۴۶
۷-۳- فلوئورین در ایران ۴۷
۷-۴- مشخصات فلوئورین مورد استفاده در صنایع مختلف ۴۷
۷-۴-۱-کاربردهای متالورژیکی ۴۷
۷-۴-۲-کاربردهای سرامیکی ۴۷
۷-۴-۳- کاربردهای شیمیایی ۴۸
۷-۴-۴- کاربردهای اپتیکی ۴۸

فصل هشتم- فهرست خدمات اکتشافی

۸-۱- آشنایی ۵۳

۸-۲- مرحله شناسایی ۶۵
۸-۲-۱- طراحی و برنامه‌ریزی ۶۵
۸-۲-۲- بررسی و مطالعات دفتری ۶۵
۸-۲-۳- عملیات صحرایی ۶۶
۸-۲-۴- تلفیق و پردازش داده‌ها ۶۶
۸-۲-۵- تهیه گزارش مرحله شناسایی ۶۶
۸-۲-۶- پیوست‌های گزارش ۶۶
۸-۳- مرحله پی‌جویی ۶۸
۸-۳-۱- طراحی و برنامه‌ریزی ۶۸
۸-۳-۲- بررسی و مطالعات دفتری ۶۸
۸-۳-۳- عملیات صحرایی و مطالعات آزمایشگاهی ۶۸
۸-۳-۴- تلفیق و پردازش داده‌ها ۶۹
۸-۳-۵- تهیه گزارش مرحله پی‌جویی ۶۹
۸-۳-۶- پیوست‌های گزارش ۶۹
۸-۴- مرحله اکتشاف عمومی ۷۱
۸-۴-۱- طراحی و برنامه‌ریزی ۷۱
۸-۴-۲- بررسی و مطالعات دفتری ۷۱
۸-۴-۳- عملیات صحرایی و مطالعات آزمایشگاهی ۷۲
۸-۴-۴- تلفیق و پردازش داده‌ها ۷۲
۸-۴-۵- تهیه گزارش مرحله اکتشاف عمومی ۷۲
۸-۴-۶- پیوست‌های گزارش ۷۳
۸-۵- مرحله اکتشاف تفصیلی ۷۵
۸-۵-۱- طراحی و برنامه‌ریزی ۷۵
۸-۵-۲- بررسی و مطالعات دفتری ۷۶
۸-۵-۳- عملیات صحرایی و مطالعات آزمایشگاهی ۷۶
۸-۵-۴- تلفیق و پردازش داده‌ها ۷۶
۸-۵-۵- تهیه گزارش مرحله اکتشاف تفصیلی ۷۷
۸-۵-۶- پیوست‌های گزارش ۷۷

فصل اول

رده‌بندی و ویژگی‌های ذخایر باریت

۱-۱- آشنایی

باریت از جمله کانی‌های صنعتی است که به دلیل وزن مخصوص بالا و خنثی بودن شیمیایی به صورت گسترده در صنایع حفاری نفت و گاز به عنوان گل حفاری، پرکننده، سرامیک، لاستیک، شیشه‌های شفاف، کاغذ، لوازم آرایشی، پلاستیک، لباس‌های عایق، کابل، جوهر سفید، رنگ، چینی، پزشکی و نظایر آن‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. باریت مهم‌ترین منبع تامین باریم است که در تولید بیش از ۲۰۰۰ نوع محصول شیمیایی باریم مورد استفاده قرار می‌گیرد. باریت یکی از سنگین‌ترین کانی‌های گروه سولفات و تنها سولفات سرب (آنگلزیت) از آن سنگین‌تر است. وزن مخصوص این کانی ۴/۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب است ولی وجود ناخالصی‌ها و یا ادخال‌ها باعث کاهش وزن مخصوص سنگ معدن آن می‌شود. سختی باریت بین ۳ تا ۳/۵ در مقیاس موس است و با توجه به سهولت خردایش و نرمایش در اصطلاح صنعتی به دو گروه سخت و نرم تفکیک می‌شود. در ساختمان باریت درصد BaO، ۶۵/۷ و درصد SO_3، ۳۴/۳ است. حلالیت این کانی در آب و اسید، در درجه حرارت عادی بسیار کم است و از آن به عنوان یک ماده شیمیایی خنثی استفاده می‌شود.

باریت در انواع سنگ‌های آذرین، رسوبی و دگرگونی یافت می‌شود. ذخایر تجاری باریت در سه گروه زیر رده‌بندی می‌شوند:

- ذخایر رگه‌ای و پرکننده فضاهای خالی[1]
- ذخایر پسماندی[2]
- ذخایر لایه‌ای[3]

۱-۲- ذخایر رگه‌ای و پرکننده فضای خالی

ذخایر رگه‌ای و پرکننده فضاهای خالی گروهی از ذخایر باریت هستند که در آن‌ها باریت و کانی‌های همراه با آن در امتداد شکستگی‌ها، درزه‌ها، سطوح لایه‌بندی و ساختارهای انحلالی[4] در کربنات‌ها تشکیل می‌شوند. این تیپ از ذخایر عموما دارای مرز کاملا مشخص با سنگ‌های میزبان و درونگیر خود هستند و جانشینی در حاشیه کنترل‌کننده ساختمانی بسیار محدود است یا اصلا مشاهده نمی‌شود. عیار این نوع ذخایر باریت حتی در محدوده یک کانسار بسیار متغیر است. معمولا این نوع از ذخایر در یک محدوده به صورت پراکنده و نامنظم با ضخامت در حد چند سانتی‌متر تا چند متر و به طول چند ده تا چند صد متر وجود دارند. اکثر ذخایر تیپ رگه‌ای و پرکننده فضاهای خالی به صورت روباز استخراج می‌شوند، گرچه در بعضی از موارد به اضطرار استخراج زیرزمینی نیز انجام می‌گیرد. در این تیپ از ذخایر، باریت به وسیله سیالات گرمابی و یا شورابه‌های گرم نواحی عمیق حمل می‌شود. این محلول‌ها در امتداد گسل‌ها، درزه‌ها، سطوح لایه‌بندی و نظایر آن‌ها بالا آمده و در اثر کاهش تدریجی فشار و حرارت و تغییرهای شیمیایی محلول‌ها در محل شکستگی‌ها ته‌نشین می‌شود. در این نوع از کانسارها، باریت معمولا همراه با سولفیدهای سرب، روی، مس، پیریت، فلورین، کلسیت، سیدریت و کوارتز تشکیل می‌شود. اکتشاف و استخراج این تیپ از کانسارهای باریت به دلیل هندسه پیچیده بسیار مشکل و پرهزینه است.

1- Vein and Cavity Filling Deposits
2- Residual Deposits
3- Bedded Deposits
4- Solution Structures

۱-۳- ذخایر پسماندی

ذخایر پسماندی به صورت مواد سست حاصل از هوازدگی ذخایر باریت قبلا تشکیل شده و در نواحی مجاور آن‌ها مشاهده می‌شوند. بسیاری از باریت‌های پسماندی به رنگ سفید، نیمه‌شفاف تا کدر هستند که بافت‌های تیغه‌ای، فیبری، توده‌های ریزبلور متراکم و به ندرت بلورهای خودشکل دارند. باریت در این تیپ از ذخایر به صورت ذرات در مقیاس میکروسکوپی تا قلوه‌های نامنظم بی‌شکل به وزن چند ده کیلوگرم مشاهده می‌شود ولی اغلب به صورت قطعه‌ها و قلوه‌های در حد ۲ تا ۱۵ سانتی‌متر هستند. چرت، ژاسپیروئید و کوارتز دودی به عنوان کانی فرعی و مقادیر کمی از پیریت، اسفالریت، گالن در این ذخایر مشاهده می‌شود. علاوه بر آن قطعاتی از سنگ‌های نیمه‌هوازده و بقیه ذخیره را کانی‌های رسی ایلیتی به رنگ‌های زرد، قرمز و قهوه‌ای تشکیل می‌دهند. عیار باریت در این ذخایر بین ۱۰ تا ۲۰ درصد است.

شکل و اندازه این ذخایر بسیار متغیر است و در بسیاری از موارد به شکل و ابعاد توده تشکیل دهنده اصلی که از آن منشا گرفته‌اند بستگی دارد. عمق و ضخامت این ذخایر بین ۳ تا حداکثر ۴۵ متر گزارش شده است. این ذخایر به صورت روباز استخراج می‌شوند. سنگ بستر این تیپ از ذخایر حاوی رگه‌ها و رگچه‌هایی از باریت، فلورین، کلسیت، کوارتز و به صورت موضعی کانی‌های سولفیدی پیریت، گالن، اسفالریت و کالکوپیریت است. در سایر موارد رگه‌ها و رگچه‌های باقیمانده از انحلال و هوازدگی سنگ‌های کربناتی است.

۱-۴- ذخایر لایه‌ای

در ذخایر لایه‌ای، باریت به صورت کانی اصلی و یا به صورت سیمان در توالی لایه‌های رسوبی مشاهده می‌شود. این تیپ مهم‌ترین ذخایر اقتصادی باریت است که دارای عیار و حجم ذخیره بالا هستند. عیار در این ذخایر بین ۵۰ تا ۹۰ درصد و حجم ذخیره بیش از چندین میلیون تن است. اغلب این ذخایر در توالی‌های رسوبی همراه با چرت، شیل سیاه و سیلتستون تشکیل شده‌اند. از نظر سنی این ذخایر از پرکامبرین تا ترشیری گسترش دارند گرچه بیشترین فراوانی مربوط به پالئوزوییک میانی است. باریت به صورت لایه‌هایی به ضخامت چند سانتی‌متر تا حد ۳۰ متر و طول آن در برخی از ذخایر به بیش از یک کیلومتر می‌رسد. بافت‌های متداول شامل توده‌ای و لامینه‌دار با ابعاد بلوری بین ۰/۰۵ تا ۱/۵ میلی‌متر است. در انواع پرعیار معمولا نیازی به عملیات فرآوری نیست و تنها عملیات خردایش و نرمایش بر روی آن انجام می‌گیرد. این تیپ از ذخایر معمولا همراه با تمرکزهای بالایی از فلزات پایه از نوع سولفیدهای توده‌ای است.

از ویژگی‌های این ذخایر حضور باریت به صورت خاکستری تیره تا سیاه رنگ و متصاعد شدن بوی سولفید هیدروژن از آن‌ها است. متصاعد شدن گاز سولفید هیدروژن ناشی از فساد مواد آلی همراه و احیای سولفات به وسیله باکتری‌های بی‌هوازی است.

۱-۵- باریت در ایران

در ایران ذخایر باریت در شکل‌های مختلف رگه‌ای، لایه‌ای و پسماندی و در تمام دوران‌های زمین‌شناسی شناخته شده است. بیشتر ذخایر ایران شکل رگه‌ای داشته و ناشی از فعالیت‌های آذرین و عملکرد سیالات گرمابی کانه‌دار و عبور آن‌ها از شکستگی‌ها و فضاهای خالی هستند. کنترل‌کننده ساختمانی در این تیپ از ذخایر نقش عمده در موقعیت و هندسه کانسار دارد.

بیشترین تراکم کانی‌سازی باریت در محدوده مرکز کشور قرار داشته و استان مرکزی بیشترین تعداد معادن را دارد. به طور کلی فرآیندهای گرمابی به سن سنوزوییک به ویژه ترشیری و در مناطقی نظیر زون سنندج- سیرجان، ایران مرکزی و البرز- آذربایجان بیشترین پتانسیل مطالعات اکتشافی را در کشور دارا هستند. با در نظر گرفتن ویژگی‌های زمین‌شناختی باریت و پراکندگی معادن فعال و غیرفعال الویت اکتشافی در کشور به ترتیب زون سنندج- سیرجان، ایران مرکزی و البرز- آذربایجان است. ذخایر تیپ MVT در افق‌های تریاس، کرتاسه تحتانی و کرتاسه میانی که عمدتا در البرز و ایران مرکزی گسترش دارند نیز از منابع مهم باریت به شمار می‌روند.

۱-۶- مشخصات باریت مورد استفاده در صنایع مختلف

با توجه به این که در مطالعات کانی‌شناسی صنعتی، تجزیه شیمیایی و مطالعات فرآوری هدف به دست آوردن محصول صنعتی قابل ارایه به بازار است مشخصات باریت مورد مصرف در صنایع حفاری، شیشه‌سازی، دارویی و شیمیایی در جدول ۱-۱ و مصارف پرکننده در جدول ۱-۲ ارایه شده است.

جدول ۱-۱- مشخصات باریت مورد استفاده در صنایع مختلف و حدود مجاز آن‌ها

مشخصات باریت مورد استفاده در صنایع حفاری	
pH در درجه حرارت اتاق	۶/۵
وزن مخصوص	حداقل ۴/۲
دانه‌بندی با الک تر **باقیمانده روی الک ۲۰۰ مش** **باقیمانده روی الک ۲۰۰ مش**	 حداکثر ۳٪ حداکثر ۵±۱۰٪
نمک‌های محلول در آب	حداکثر ۰/۱٪
گرانروی ظاهری بعد از اضافه کردن گچ	حداکثر ۱۲۵ سانتی‌پواز
غلظت عناصر قلیایی خاکی برحسب یون کلسیم	حداکثر ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر
مشخصات باریت مورد مصرف در صنایع شیشه	
مقدار سولفات باریم	حداقل ۹۵٪
مقدار سیلیس	حداکثر ۱/۵٪
مقدار اکسید آهن سه ظرفیتی	حداکثر ۰/۱۵٪
مقدار اکسید آلومینیم	حداکثر ۰/۱۵٪
ذرات عبور کرده از الک ۱۰۰ مش	حداقل ۵٪ و حداکثر ۴۰٪
ابعاد ذرات	حداقل ۹۵٪ با ابعاد ۸۵۰ میکرون کمتر از ۵٪ با ابعاد ۱۵۰ میکرون
مشخصات باریت مورد مصرف در صنایع دارویی	
خلوص سولفات باریم	حداقل ۹۷/۵٪
حد مجاز پرت حرارتی در حرارت ۶۰۰ درجه	کمتر از ۲٪
فلزات سنگین (نظیر سرب)	حداکثر ۰/۰۰۱٪
ارسنیک	کمتر از ۰/۱ قسمت در میلیون
ابعاد ذرات	۹۰٪ ذرات در حد ۲۰ میکرون
رنگ	سفید
بو	فاقد هر نوع بو

ادامه جدول ۱-۱- مشخصات باریت مورد استفاده در صنایع مختلف و حدود مجاز آن‌ها

مشخصات باریت مورد مصرف در صنایع شیمیایی	
خلوص سولفات باریم	حدود ۹۸- ۹۶٪
مقدار اکسید آهن سه‌ظرفیتی	حداکثر ۱٪
مقدار سولفات استرانسیم	حداکثر ۱٪
مقدار فلوراید کلسیم	حداکثر ۰/۵٪
ابعاد ذرات	۴ تا ۲۰ مش

جدول ۱-۲- مشخصات عمومی باریت به عنوان پرکننده در صنایع مختلف

	پودرهای پوشاننده	رنگ‌ها و پلاستیک‌ها	پلاستیک‌ها		مصارف صنعتی
خلوص سولفات باریم	٪۹۸	٪۹۸	٪۹۶ -۹۴	٪۹۸ -۹۷	٪۹۴ -۹۲
مقدار سیلیس					٪۶/۰ -۲/۵
کل سیلیکات‌ها	٪۰/۸۲	٪۰/۸۲	٪۲/۵	٪۰/۲	
سولفات استرانسیم					٪۱/۵-۰/۴
اکسید آهن سه‌ظرفیتی	٪۰/۰۴	٪۰/۰۴	٪۰/۴	٪۰/۰۱۵	٪۰/۵ - ۰/۲
اکسید منیزیم					٪۰/۰۵-۰/۰۳
اکسید کلسیم					٪۰/۲ -۰/۰۳
اکسید آلومینیم	٪۰/۰۱	٪۰/۰۱	٪۰/۵	٪۰/۱	٪۰/۳ -۰/۰۵
کل فلزات سنگین	٪۰/۰۵	٪۰/۰۵			
رطوبت	٪۰/۱۵	٪۰/۱۵			کمتر از ٪۰/۱
پرت حرارتی	٪۰/۷۵	٪۰/۷۵	٪۰/۷۵	٪۰/۲۵	
جذب سطحی نفت	٪۱۰	٪۱۱	٪۹ -۷	٪۱۲ -۱۱	٪۱۰ -۸
میانگین اندازه ذرات (μ)	۴/۸	۲/۵	۹/۵ -۸/۵	۳ -۲	
ذرات عبور کرده از الک ۲۰۰ مش					٪۹۹/۸ -۹۷
ذرات عبور کرده از الک ۳۲۵ مش					٪۹۸ -۸۵

فصل دوم

رده‌بندی و ویژگی‌های ذخایر بنتونیت

۲-۱- آشنایی

بنتونیت خاک رسی است که عمدتا از مونتموریلونیت تشکیل می‌شود. نرم و پلاستیک بوده و حاوی سیلیکات‌های کلوییدی حاصل از دگرسانی شیمیایی سنگ‌های آذرین، معمولا توف است. رنگ آن سفید، سبز کم‌رنگ، آبی کم‌رنگ تا کرم است که به تدریج به زرد، قرمز و قهوه‌ای متمایل می‌شود. این نوع رس، سطح چرب و صابونی دارد. همراه بنتونیت معمولا کانی‌های فلدسپار، بیوتیت، کوارتز و زیرکن یافت می‌شود. کانی‌های عمده بنتونیت شامل مونتموریلونیت، هکتوریت، صاپونیت، بیدلیت و نانترونیت است. بنتونیت از صفحات آزاد سیلیس و آلومینا تشکیل شده که به آسانی در محلول‌های آبی به ذرات خیلی ریز تفکیک می‌شود. این سهولت جدایش ذرات و بار منفی نامتوازن باعث می‌شود که ذرات در محیط‌های قطبی مانند آب به خوبی پراکنده شوند. بنتونیت یون‌های قابل تعویض سدیم، منیزیم و کلسیم دارد و به جز زئولیت بیشترین قابلیت تعویض یونی را در بین کانی‌ها دارد. این خاصیت تاثیر مهمی بر روی خواص تجاری بنتونیت دارد. بنتونیت را به دو گروه عمده تقسیم می‌کنند.

– بنتونیت سدیمی: این نوع بنتونیت خاصیت تورمی بالایی دارد که به آن بنتونیت ویومینگ هم گفته می‌شود. این نوع بنتونیت در آب به صورت ژل درمی‌آید.

– بنتونیت کلسیمی: خاصیت تورمی و مقاومت حرارتی این نوع بنتونیت کمتر از نوع سدیمی است. رس سدیمی در دمای بالای ۴۰۰ درجه سانتی‌گراد پایدار و رس کلسیمی ناپایدار است.

بنتونیت کلسیمی در ماسه ریخته‌گری، جاذب‌های روغن و گریس، فیلتراسیون، تصفیه و غذای دام استفاده می‌شود، در حالی که بنتونیت سدیمی به طور عمده در گل‌های حفاری کاربرد دارد. این نوع بنتونیت در ماسه ریخته‌گری، گندله‌سازی غذای حیوانات و همچنین در کاربردهای مهندسی استفاده می‌شود. ارزش بنتونیت سدیمی به خاصیت چسبندگی و چسبانندگی آن است، در حالی که نوع کلسیمی به دلیل جاذب بودن، کاتالیزوری و توان تعویض کاتیونی استفاده می‌شود.

۲-۲- رده‌بندی و ویژگی‌های ذخایر بنتونیت

۲-۲-۱- ذخایر بنتونیت گرمابی

این نوع نهشته‌های کوچک ممکن است با سنگ‌های آذرین درونی یا بیرونی همراه باشند، اما در کل همراهی با توده‌های آذرین اسیدی بیشتر است. در این نهشته‌ها ممکن است توده‌های نامنظمی از اسمکتیت خالص که با مواد آذرین احاطه شده، وجود داشته باشد. همچنین احتمال وجود مواد رسی پراکنده در سنگ‌های آذرین وجود دارد. محل تماس نهشته‌ها با توده‌های سنگ آذرین معمولا تدریجی است.

بافت سنگ‌های آذرین مادر معمولا در بنتونیت‌های هیدروترمالی حفظ می‌شود. سنگ مادر مناسب برای این نوع ذخایر، توف‌های داسیتی، تراکیتی و ریولیتی غنی از پتاسیم و کلسیم هستند.

تعدادی از کانسارهای نوع گرمابی بنتونیت با چشمه‌های آبگرم یا نهشته‌های کانه‌ها در ارتباط هستند. دگرسانی گرمابی، نهشته‌های رسی را در مناطقی دورتر از نهشته‌های فلزات پایه ایجاد می‌کند. گاهی یک کانی رسی خاص جانشین مقادیر عظیمی از سنگ میزبان که معمولا آذرین است، می‌شود. خصوصیات محلول برای تشکیل بنتونیت و گروه اسمکتیت وجود سیلیس فوق اشباع از کوارتز و دمای بالای محلول است. همچنین محلول‌های گرمابی باید از نوع آلکالی باشند تا اسمکتیت تشکیل شود. توزیع زونی مواد

دگرسانی نشان‌گر فعالیت‌های گرمابی است. فقدان تغییرات قائم در ترکیب و فقدان لایه‌های خاک نشان‌گر این است که هوازدگی تاثیر چندانی در تشکیل بنتونیت ندارد.

۲-۲-۲- ذخایر بنتونیت رسوبی

مهم‌ترین ذخایر بنتونیت دنیا از نوع رسوبی هستند. خاکستر آتشفشان‌های اسیدی- حدواسط هنگامی که در محیط‌های دریاچه‌ای قلیایی بر جای گذاشته می‌شوند، ضمن واکنش با آب ممکن است اسمکتیت و دیگر کانی‌ها را تشکیل دهند. این نوع بنتونیت‌ها با تبدیل تدریجی به لایه‌های همراه خاکستر یا توف شناخته می‌شوند. این تبدیل تدریجی و فقدان کانی‌های آواری گواه بر دگرسانی برجای این نهشته‌هاست. دگرسانی در محیط‌های دریایی کم‌عمق معمول‌ترین شکل پیدایش این نوع بنتونیت‌هاست. بنتونیت‌هایی که از خاکسترهای آتشفشانی تشکیل می‌شوند ترکیب متغیری از ریولیتی تا بازالتی دارند، گرچه بیشتر بنتونیت‌ها از خاکسترهای ریولیتی تا داسیتی تشکیل می‌شوند که نشان‌گر این مطلب است که محتوای سیلیس بالا (بیش از ۷۰ درصد) برای فرآیند دگرسانی مناسب نیست. در حالی که درصد متوسطی از منیزیم به این امر کمک می‌کند. ترکیب خاکستر آتشفشانی در تشکیل اسمکتیت بسیار موثر است. شدت تبدیل خاکسترهای آتشفشانی به اسمکتیت مربوط به محتوای منیزیم خاکستر است. بنتونیت با انواع مختلفی از رسوبات حتی کنگلومراها نیز دیده شده اما معمولا به همراه لایه‌هایی که منشا دریایی دارند یافت می‌شود. در حالت کلی سطح تماس بنتونیت با لایه‌های پایینی کاملا مشخص است در حالی که یک تغییر تدریجی به لایه‌های بالایی (شیل، ماسه و..) وجود دارد. در برخی موارد لایه‌های ماسه‌ای بالایی حاوی ندول‌هایی از بنتونیت است که به طور مشخصی از ماسه جدا شده‌اند. این نوع بنتونیت به شکل لایه‌ای یا توده‌ای وجود دارد.

عمده بنتونیت‌های رسوبی متعلق به دوران سنوزوییک هستند. اسمکتیت با افزایش دما و فشار به ایلیت تبدیل می‌شود. در سنگ‌های رسوبی حاوی بنتونیت در شرایط افزایش عمق (افزایش دما) اسمکتیت به اسمکتیت- ایلیت تبدیل می‌شود. در عمق حدود ۳۷۰۰ متر حدود ۸۰ درصد اسمکتیت را ایلیت تشکیل می‌دهد.

۲-۳- بنتونیت در ایران

رس‌های بنتونیتی در ایران به رس‌هایی گفته می‌شود که کانی اصلی آن‌ها مونتموریلونیت و کانی‌های فرعی آن‌ها معمولا کوارتز، گاهی ژیپس، کلسیت و زئولیت است. رس‌های بنتونیتی از آغاز ائوسن تا پلیستوسن در ایران گسترش دارند. از زمان باستان بنتونیت در ایران شناخته شده بوده و گونه‌های مختلف آن را از یکدیگر تمیز می‌داده‌اند، به طوری که از آن به عنوان ماده شوینده و پاک‌کننده چربی‌ها و در مواردی به عنوان دارو استفاده می‌کردند. با اکتشاف نفت در بخش‌های جنوبی کشور، بنتونیت برای تهیه گل حفاری به کار رفت. کانسارهای بنتونیتی در ایران در ۶ منطقه متمرکزاند که بیشتر آن‌ها در ارتباط با فعالیت‌های آتشفشانی سنوزوییک هستند. این مناطق عبارتند از:

الف- زون بنتونیتی سمنان- ترود

ب- زون بنتونیتی البرز- آذربایجان

پ- زون بنتونیتی شرق ایران

ت- زون بنتونیتی ایران مرکزی

ث- زون بنتونیتی تفرش- تکاب

ج- زون بنتونیتی زاگرس

عیار اکسید آهن بنتونیت‌های ایران کم است. هر جا که بنتونیت رنگ روشن دارد درصد اکسید آهن آن زیر ۰/۲ درصد است و بنتونیتی که رنگ قرمز، سبز یا زرد دارد درصد اکسید آهن آن بالاست. در بنتونیت‌هایی که درصد اکسید سدیم آن‌ها بالاست، کانی هالیت به صورت کانی همراه یافت می‌شود. شمار کانسارهای بنتونیتی کلسیک در ایران بیش از نوع سدیک است. همه بنتونیت‌های ایران سن جوان‌تر از کرتاسه دارند. در بنتونیت‌های ایران کانی‌های تبخیری نظیر ژیپس در بیشتر نقاط به چشم می‌خورد. بلورهای کوارتز موجود در این کانسارها بی‌شکل و زاویه‌دار هستند. کانی‌هایی مانند موسکویت، بیوتیت، مواد آلی بیتومین و فسیل‌ها در بنتونیت‌های ایران یافت نمی‌شود. سنگ مادر بنتونیت سنگ‌های آتشفشانی از نوع اسیدی، داسیتی تا ریولیتی‌اند.

۲-۴- مشخصات بنتونیت مورد استفاده در صنایع مختلف

بنتونیت به دلیل تورم‌پذیری، کلوییدی و قابلیت مخلوط شدن با آب، خمیری شدن، چسبندگی، جاذب بودن و نظایر آن موارد مصرف متعددی دارد. کاربردهای مهم بنتونیت عبارتند از: استفاده به عنوان ماسه ریخته‌گری، گل حفاری، گندله‌سازی، ماده جاذب، فیلتراسیون (بوزدایی، رنگ‌زدایی)، غذای حیوانات و صنعت سرامیک که در ادامه کاربرد بنتونیت در موارد مختلف ارایه شده است.

۲-۴-۱- ماسه ریخته‌گری

بنتونیت یک عامل اتصال دهنده ایده‌آل برای ماسه‌های ریخته‌گری است که مقاومت بالا و نفوذپذیری کمی دارد. ۴ تا ۱۰ درصد قالب ریخته‌گری را بنتونیت تشکیل می‌دهد که باعث اتصال دانه‌های ریخته‌گری می‌شود. بنتونیت سدیم‌دار، پلاستیسیته عالی، مقاومت اتصال خشک و مقاومت مکانیکی کافی در دمای بالا دارد و برای گندله‌سازی کنسانتره هماتیت یا منیتیت به کار می‌رود. بنتونیت مصرفی در این کاربرد باید دارای ۶ تا ۱۲ درصد آب و pH آن برابر یا بیشتر از ۸/۲ و اکسید کلسیم آن از ۷ درصد بیشتر نباشد. به ازای هر تن کنسانتره آهن ۶ تا ۸ کیلوگرم بنتونیت سدیمی افزوده می‌شود.

از بنتونیت به طور گسترده‌ای در نگهداری مخازن بزرگ سیالات استفاده می‌شود. بنتونیت کوبیده شده یک لایه نفوذناپذیر در کف استخرها به وجود می‌آورد.

۲-۴-۲- گل حفاری

بنتونیت سدیمی در آب به صورت ذرات کلوییدی معلق درمی‌آید. خاصیت تورم، گرانروی و تیکسوتراپی (قدرت ژل‌شدگی) به ساختار شبکه بلوری بنتونیت بستگی دارد. این خواص بنتونیت در چاه حفاری باعث می‌شود که اندود گل تشکیل شده بر روی دیواره چاه از جابه‌جایی مایع یا گاز جلوگیری کند. همچنین باعث پایداری دیواره و روغن‌کاری مته حفاری می‌شود. وزن مخصوص گل حفاری باعث شناور کردن مواد در گل حفاری می‌شود در حالی که خاصیت تیکسوتراپی، از ته‌نشین شدن مواد جلوگیری می‌کند. مهم‌ترین خواص بنتونیت برای استفاده در گل حفاری مربوط به میزان بازیابی گل، مقاومت ژلی و خاصیت تشکیل اندود است.

۲-۴-۳- ماده جاذب

مصرف عمده خاک اسیدی مونتموریلونیت به عنوان جاذب برای نفت و گریس است. بنتونیت به شدت جاذب رطوبت است و وقتی خرد شده و تا ۵ درصد خشک شود، به سرعت رطوبت را جذب می‌کند. این ماده در ساختن لانه حیوانات خانگی، جذب فضولات حیوانی، فندقه‌سازی غذای حیوانات و حمل سم استفاده می‌شود. بنتونیت می‌تواند تا ۵ برابر حجم خشک خود مایع جذب کند.

۲-۴-۴- گندله‌سازی

از خاصیت چسبانندگی بنتونیت برای گندله کردن کنسانتره سنگ آهن استفاده می‌شود که معمولا باید ۷۰ تا ۹۰ درصد کوچکتر از ۴۵ میکرون و محتوای مونتموریلونیت آن بین ۸۰ تا ۹۰ درصد باشد و همچنین باید چسبنده بوده و مقاومت کافی در حالت تر و خشک داشته باشد.

جدول ۲-۱- مشخصات بنتونیت مورد استفاده در صنایع مختلف

صنعت مربوطه	مشخصات بنتونیت مورد استفاده
ماسه ریخته‌گری	پلاستیسیته، مقاومت اتصالی خشک و مقاومت مکانیکی بالا، محتوای آب ۶ الی ۱۲ درصد، محتوای اکسید کلسیم بیش از ۷ درصد، pH بیش از ۸/۲
گل حفاری	مقاومت ژلی بالا، خاصیت دیواره‌سازی، دانه‌بندی (۹۷/۵ درصد ریزتر از ۲۰۰ مش)
ماده جاذب	خرد شده و خشک شده تا میزان ۵ درصد
گندله‌سازی	۷۰ تا ۹۰ درصد ریزتر از ۴۵ میکرون با محتوای مونتموریلونیت بین ۸۰ تا ۹۰ درصد

مشخصات بنتونیت مورد استفاده در صنایع به عنوان پرکننده نیز در جدول ۲-۲ آورده شده است.

جدول ۲-۲- مشخصات بنتونیت مورد استفاده در صنایع پرکننده

	وزن‌مخصوص نسبی	سختی در مقیاس موس	واکنش‌پذیری pH	جذب روغن گرم ۱۰۰ CC	خصوصیات ذرات
بنتونیت	۲/۳ -۲/۸	۱/۵	۶/۲ -۹	۲۰ – ۳۰	بی‌شکل تا پولکی

فصل سوم

رده‌بندی و ویژگی‌های ذخایر زئولیت

۳-۱- آشنایی

زئولیت‌ها آلومینوسیلیکات‌های آب‌دار بلوری حاوی فلزات قلیایی و قلیایی خاکی هستند. کاتیون‌های فلزات قلیایی و قلیایی خاکی می‌توانند در شبکه بلوری زئولیت‌ها به وسیله کاتیون‌های دیگر جایگزین شوند. این کانی‌ها در شرایط متفاوت زمین‌شناسی به وجود می‌آیند. کانی‌های دما و فشار پایینی هستند که در سیستم‌های دگرگونی، به صورت کانی‌های ثانویه در زون‌های هوازده و یا رگه‌ها به وجود می‌آیند. تنها کانی‌های این گروه که مصارف تجاری دارند شامل شابازیت، کلینوپتیولیت، موردنیت و فیلیپسیت هستند. این کانی‌ها به وفور در طبیعت یافت می‌شوند و خاصیت تعویض یونی و توانایی جذب دارند. اگر چه ترکیب شیمیایی این کانی‌ها مشابه است، هر کانی ساختار بلوری منحصر به فردی دارد که بر اساس آن خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن متفاوت است. بیش از ۴۸ زئولیت طبیعی شناخته شده و بیش از ۱۰۰ زئولیت مصنوعی ساخته شده است.

۳-۲- رده‌بندی و ویژگی‌های ذخایر زئولیت

زئولیت‌ها در محیط‌های مختلف آذرین، دگرگونی و رسوبی تشکیل می‌شوند. زئولیت‌های موجود در سنگ‌های آذرین به طور معمول ذخیره و ارزش اقتصادی قابل ملاحظه‌ای ندارند، از این رو توجه کمتری به آن‌ها شده است. زئولیت‌ها در این سنگ‌ها به صورت کانی‌های اولیه و ثانویه پدیدار می‌شوند. بخش عمده زئولیت‌های موجود در سنگ‌های رسوبی در محیط‌ها یا سیستم‌های گوناگون هیدرولوژیکی تشکیل می‌شوند که عبارتند از: سیستم‌های هیدرولوژیکی بازی، دریاچه‌های شور و قلیایی، خاک‌های قلیایی شور و زمین‌های سطحی و رسوبات بخش‌های ژرف دریا. زئولیت‌های موجود در سنگ‌های دگرگونی درجه پایین نیز در دو محیط گرمابی و دفنی پدید می‌آیند.

۳-۲-۱- دریاچه‌های شور و قلیایی (سیستم‌های هیدرولوژیکی بسته)

زئولیت‌ها در این نهشته‌ها به فراوانی یافت می‌شوند. خالص‌ترین انباشتگی‌های زئولیتی در توف‌های این گونه دریاچه‌ها یافت شده است. این دریاچه‌ها در نواحی آب و هوایی گرم و خشک و نیمه‌خشک یافت می‌شوند. در اثر حل شدن کربنات، بی‌کربنات یا برات سدیم در آب این دریاچه‌ها، pH در آن‌ها قلیایی می‌شود و به حدود ۹/۵ می‌رسد. در این محیط‌ها، مواد گوناگون و پرشمار با یکدیگر واکنش می‌دهند تا زئولیت پدیدار شود. نتیجه بالا رفتن pH، افزایش حلالیت مواد تخریبی آلومینوسیلیکاته در آب است.
معمول‌ترین واکنش دهنده‌ها عبارتند از شیشه‌های آتشفشانی، سیلیس‌های بیوژنیک، کانی‌های رسی تا حدی بلورین، مونتموریلونیت، کائولینیت، پلاژیوکلاز و کوارتز. علاوه بر زئولیت‌ها، سیلیکات‌های سدیم، فلدسپات پتاسیم و بوروسیلیکات‌ها نیز در این محیط‌ها تشکیل می‌شوند.

کانی‌های زئولیتی که در این سیستم‌ها یافت می‌شود شامل آنالسیم، شابازیت، کلینوپتیولیت، اریونیت، موردنیت و فیلیپسیت است. محصولات فرعی که در این نوع از سیستم‌های زئولیتی یافت می‌شود بنتونیت، فلوئورین، پومیسیت و فلدسپات پتاسیک است. این نوع از زئولیت‌ها به وسیله یک منطقه‌بندی جانبی از زئولیت و کانی‌های سیلیکاتی همراه مشخص می‌شوند. از کانسارهای مرتبط با آن‌ها رسوبات لایه‌ای تبخیری حوضه‌های قاره‌ای و فلوئورین‌های ریزبلور و پراکنده در سنگ‌های دریاچه‌ای است. سنگ میزبان شامل توف‌های شیشه‌ای ریولیتی تا داسیتی و سنگ‌های همراه شامل تبخیری‌های لایه‌ای مانند هالیت، گل‌سنگ، دیاتومیت، چرت و

شیل‌های نفتی است. کانی‌های باطله آن را رس‌های مخلوط از ایلیت و اسمکتیت، اپال، کوارتز، فلدسپات پتاسیک، کلسیت، بیوتیت آذرین، پلاژیوکلاز سدیک، سانیدین، هورنبلند و شیشه‌های آتشفشانی تشکیل می‌دهد. عوامل کنترل‌کننده کانی‌سازی در زئولیت‌های سیستم بسته به جز اندازه دانه‌ها و نفوذپذیری توف سیلیسی میزبان، وجود شیشه‌های آتشفشانی غنی از عناصر قلیایی، شوری، pH محلول‌ها و نسبت یون‌های قلیایی به کل یون‌های موجود در محیط است.

۳-۲-۲- خاک‌ها و نهشته‌های سطحی

در صورتی که pH محیط به مرزی برسد که در آب و هوای خشک و نیمه‌خشک در اثر تبخیر و نقل و انتقال، کربنات و بی‌کربنات سدیم بتواند نزدیک سطح زمین متمرکز شود، زئولیت‌ها به آسانی از مواد دارای ترکیب مناسب تشکیل می‌شوند. در خاک‌های ناشی از فرسایش رسوبات آذرآواری، زئولیت‌های فراوانی نظیر فیلیپسیت، شابازیت، ناترولیت و آنالسیم تشکیل می‌شوند.

۳-۲-۳- بخش‌های ژرف دریا

زئولیت‌ها به گستردگی در نهشته‌های دریایی با دمای به نسبت پایین پدیدار می‌شوند. فیلیپسیت و کلینوپتیولیت، زئولیت‌های غالب این محیط هستند. آنالسیم از لحاظ اهمیت فراوانی در رده بعدی جای دارد، اریونیت، ناترولیت و موردنیت نیز به ندرت یافت می‌شوند. کانی‌های درجازای همراه با زئولیت‌ها عبارتند از: اسمکتیت، پالیگورسکیت[1]، سپیولیت[2]، کریستوبالیت و کوارتز. زئولیت‌ها در انباشته‌های تخریبی آتشفشانی، به ویژه در خاکسترهای شیشه‌ای از فراوانی خاصی برخوردار هستند. فیلیپسیت، زئولیت اصلی یا تنها زئولیت موجود در شیشه‌های سیلیسی است. کلینوپتیولیت، زئولیت لایه‌های خاکسترهای مافیک و آنالسیم، زئولیت نهشته‌های آتشفشانی مافیک است. با افزایش سن، بر مقدار آنالسیم واحدهای سنگی افزوده می‌شود.

۳-۲-۴- سیستم‌های هیدرولوژیکی باز

در سیستم‌های هیدرولوژیکی باز، نهشته‌های توفی در اثر واکنش متقابل با آب‌هایی که به درون آن‌ها تراوش می‌کنند یا به گفته‌ای در آن‌ها روان هستند به کانی‌های زئولیتی تبدیل می‌شوند. انباشته‌های زئولیت موجود در نهشته‌های این سیستم، به طور معمول دارای چند صد متر ضخامت هستند و از کناره‌ها می‌توان آن‌ها را ده‌ها کیلومتر دنبال کرد. در بعضی لایه‌ها، وجود زون‌های دارای حدود ۹۰ درصد کلینوپتیولیت امری عادی است، از این رو، این انباشته‌ها می‌توانند اقتصادی باشند. کانی‌های زئولیتی که در این سیستم‌ها یافت می‌شود شامل شابازیت، کلینوپتیولیت، موردنیت و فیلیپسیت است. محصول فرعی نیز کانی بنتونیت است. زئولیت‌ها با یک منطقه‌بندی کم و بیش عمودی از زئولیت‌ها و کانی‌های سیلیکاتی یافت می‌شوند. ترکیب مواد شیشه‌ای می‌تواند تعیین‌کننده نوع زئولیت متبلور شده باشد. در توف‌های سیلیسی کلینوپتیولیت و موردنیت به وفور یافت می‌شوند در حالی که در توف‌های مافیک یا تراکیتی شابازیت و فیلیپسیت معمول است. کانسارهای مرتبط شامل پومیسیت و بنتونیت است. سنگ‌های میزبان شامل توف‌ها از ریولیتی تا داسیتی، تراکیت تا فنولیت، بازالت تا بازانیت و توف‌های سیلیسی است. سنگ‌های همراه جریان‌های

1- Palygorskite
2 -Sepiolite

ریولیتی تا بازالتی، گل‌سنگ رودخانه‌ای، ماسه‌سنگ، کنگلومرا و دیاتومیت است. کانی‌های باطله نیز لایه‌های ایلیت، اسمکتیت، اوپال، کوارتز، کلسیت و سنگ‌های آتشفشانی شیشه‌ای است.

توف‌های زئولیتی در برابر هوازدگی مقاوم هستند و مناطق برجسته را تشکیل می‌دهند. به طور محلی بر اثر هیدراته شدن اکسیدهای آهن در آن‌ها لکه‌های قهوه‌ای و زرد رنگ پدید می‌آید. عوامل کنترل‌کننده کانی‌سازی در زئولیت‌های سیستم‌های باز شامل اندازه دانه‌ها و نفوذپذیری توف میزبان، آهنگ جریان رو به پایین آب‌های جوی در یک سیستم هیدرولیکی باز، حل شدن مواد شیشه‌ای به وسیله آب‌های زیرزمینی است.

۳-۲-۵- کانسارهای گرمابی در نواحی ژئوترمال فعال

زئولیت‌ها در محیط‌های گرمابی نواحی ژئوترمال فعال و در مناطق مرتبط با کانی‌سازی سولفیدی، دیده می‌شوند و بیشتر از نوع موردنیت، لومونتیت و وایراکیت هستند. مجموعه زئولیت در این نواحی تابع دما، ترکیب شیمیایی سنگ میزبان و نفوذپذیری آن، ترکیب سیالات ژئوترمال، سن ناحیه ژئوترمال و سنگ میزبان است.

چهار منطقه زئولیت در این نواحی تشخیص داده شده است که عبارتند از:

- شابازیت- تامسونیت
- مزولیت- اسکولسیت
- استیلبیت
- لومونتیت

در مقابل، زئولیت‌هایی که منطقه ژئوترمال آن‌ها از دمایی بالاتر برخوردار باشد (دمای بیش از ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد و ژرفای بیش از یک کیلومتر) منطقه‌بندی آشکاری را نشان نمی‌دهند.

۳-۲-۶- دیاژنز دفنی (دگرگونی تدفینی)

چنانچه ردیفی ستبر از سنگ‌های آتشفشانی یا آتشفشانی تخریبی، در مقیاسی گسترده، افزایش دمای قابل ملاحظه‌ای را متحمل شوند، زئولیت‌هایی متنوع در آن‌ها پدید می‌آیند. این ردیف‌های دگرگونه که گاهی ستبرای آن‌ها به ۱۲ کیلومتر نیز می‌رسد، منطقه‌بندی قائمی از زئولیت‌ها را نشان می‌دهند. در توف‌های سنوزوئیک، یک زون سطحی از شیشه‌های نادگرسان یافت می‌شود که زون‌های زیرین آن به ترتیب افزایش ژرفا دارای مجموعه کانی‌های زیر هستند:

- موردنیت و کلینوپتیولیت
- آنالسیم و هولاندیت
- لومونتیت و آلبیت

زون لومونتیت- آلبیت به آهستگی به زونی دارای پرهنیت و پومپلئیت تبدیل می‌شود و معرف مرحله ورود به رخساره شیست سبز است. به طور محلی در میان زون دارای لومونتیت و زون‌های در بردارنده پرهنیت و پومپلئیت، یک زون دارای وایراکیت وجود دارد. مجموعه‌های کانی‌شناختی زون‌های یاد شده گویای کاهش آب‌گیری و افزایش دما در رابطه با ژرفا است. این زون‌ها با ژرفای دفن‌شدگی و گرادیان ژئوترمال در ارتباط هستند.

۳-۳- زئولیت در ایران

کانی‌های زئولیت در ایران بسیار فراوانند و از نظر رخساره در نوع خود کم‌نظیر هستند. از جمله نقاطی که این نوع کانی‌های زئولیتی به وفور یافت می‌شوند می‌توان به تراکی آندزیت‌های رودهن، سنگ‌های آذرین بیرونی علی‌آباد قم، سنگ‌های لوکوتفریت طالقان و هیالوآندزیت‌های زئولیت‌دار حوالی گردنه نعل‌شکن در راه قم اشاره کرد. زئولیت عمدتا در سنگ‌های آتشفشانی گزارش شده است.

توف‌های ائوسن به ویژه توف‌های سازند کرج در منطقه البرز- آذربایجان و هم‌ارزهای آن‌ها در منطقه سمنان- ترود، سنگ‌های آتشفشانی حدواسط تا بازیک ترشیری، توف‌هایی که دچار دگرسانی آرژیلیک شده‌اند مناسب‌ترین میزبان برای ذخایر زئولیت هستند.

۳-۴- مشخصات زئولیت مورد استفاده در صنایع مختلف

زئولیت‌ها خصوصیات فیزیکی و شیمیایی منحصر به فردی دارند که برخی از آن‌ها شامل موارد زیر است:

- درجه بالای هیدراسیون
- وزن مخصوص پایین و حجم بالای تخلخل هنگامی که آب‌گیری شده‌اند.
- پایداری شبکه بلور وقتی که آب خود را از دست می‌دهند.
- خصوصیات تعویض کاتیونی
- توانایی جذب گاز و بخار
- خصوصیات کاتالیزوری

خصوصیات شیمیایی زئولیت‌ها که باعث استفاده صنعتی از آن‌ها می‌شود شامل خاصیت جذب، تعویض یونی و دهیدراسیون است. ظرفیت جذب یک زئولیت عموما با تخلخل آن در ارتباط است و میزان آن به وسیله مقدار آب محتوا و زمانی که به طور کامل هیدراته است، در دما و رطوبت استاندارد تعیین می‌شود. زئولیت می‌تواند به وسیله خصوصیات فیزیکی خود نظیر زمین‌ریخت‌شناسی، وزن مخصوص، رنگ، اندازه کریستال یا بلور، حضور آلوده‌کننده‌ها و موارد دیگر نیز توصیف شود. سایر خصوصیات زئولیت شامل سطح تماس، حجم داخلی، اندازه ذرات، سختی و مقاومت سایشی، انبساط گرمایی و مقاومت در برابر هوازدگی نشان‌گر خواص زئولیت است.

عملکرد زئولیت‌های طبیعی از طریق شستشو با محلول اسیدی یا کلرید سدیم ارتقا داده می‌شود تا به ترتیب محتوای یون‌های هیدروژن یا سدیم آن‌ها بالا برود. ویژگی‌های محصولات زئولیتی بستگی به کاربرد نهایی آن‌ها دارد. به طور مثال، شابازیت در کاربردهای خشک‌کنی باید درصد وزنی جذب آب مشخصی را در دما و رطوبت معینی داشته باشد. کلینوپتیولیت که در تعویض کاتیونی استفاده می‌شود، باید توانایی جابه‌جایی مقادیر مشخصی از یون‌ها را داشته باشد. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی زئولیت‌های طبیعی همیشه باید همراه محصول ارایه شود. محصولات زئولیت معمولا تحت نام تجاری به فروش می‌رسند نه نام کانی مربوط به آن‌ها. مشخصات زئولیت مورد استفاده به تفکیک صنایع مصرف‌کننده شامل موارد زیر است:

۳-۴-۱- محصولات کشاورزی

زئولیت‌ها توانایی نگهداری رطوبت را دارا هستند و pH بالای آن‌ها خاصیت اسیدی خاک را کاهش می‌دهد.

۳-۴-۲- کشت آبی

زئولیت در آکواریوم‌ها و محیط‌های پرورش ماهی برای جلوگیری از تقویت مقادیر آمونیا در سطوح سمی مورد استفاده است. کلینوپتیولیت در جدا کردن آمونیا از چرخه آب سیستم‌های پرورش ماهی بسیار موثر است. در محیط‌های فقیر از اکسیژن غلظت کمتر از ppm ۱ آمونیا باعث آسیب‌رسانی به اندام‌های آبششی می‌شود، سرعت رشد آبزیان را کاهش و میزان مرگ و میر آن‌ها را افزایش می‌دهد.

۳-۴-۳- صنعت کاتالیزور و تصفیه نفت

زئولیت‌ها کانال‌های داخلی و سطح تماس بالایی دارند که باعث تسریع انواع واکنش‌ها می‌شوند. شابازیت برای جداسازی آب دی‌اکسید کربن و سولفید هیدروژن از هیدروکربن‌ها استفاده می‌شود.

۳-۴-۴- مصالح ساختمانی

توف زئولیتی هزاران سال به عنوان سنگ ساختمانی محکم و با وزن مخصوص کم استفاده شده است. خصوصیات فیزیکی این سنگ‌ها مانند چگالی کم، مقاومت در برابر هوازدگی، خواص عایقی و سادگی برش به صورت بلوک‌هایی در اندازه‌های مشخص، در این کاربرد بسیار مهم است. بسیاری از ساختمان‌های قدیمی شهر رم از توف‌های محلی ساخته شده‌اند.

۳-۴-۵- جدایش گاز

زئولیت‌ها برای جداسازی اکسیژن و نیتروژن در جریان گازی که حاوی حدود ۹۵ درصد اکسیژن است، استفاده می‌شود. موردنیت مهم‌ترین زئولیت طبیعی برای تولید اکسیژن است.

۳-۴-۶- تعویض یونی

توانایی تعویض کاتیونی یکی از مهم‌ترین کاربردهای زئولیت است که در آن تعداد کاتیون‌هایی که در یک واحد وزنی برای تعویض موجود هستند، شمارش می‌شوند. این توانایی با واحد میلی‌اکی‌والان در هر گرم یا در هر ۱۰۰ گرم از زئولیت بیان می‌شود. این اندازه‌گیری معمولا با یون آمونیا صورت می‌گیرد.

شابازیت و کلینوپتیولیت به پساب‌های معدنی و متالوژیکی اضافه می‌شوند. شابازیت برای عنصر تالیوم بیش از هر زئولیت طبیعی دیگر یا رزین‌های تبادل یونی قابلیت انتخاب دارد. از کلینوپتیولیت برای تصفیه فاضلاب‌های شهری و سیستم‌های فیلتراسیون استخرهای شنا به جای دانه‌های ماسه استفاده می‌شود. استفاده از کلینوپتیولیت به ماسه برتری دارد چون می‌تواند کلرآمین‌ها، فلزات سنگین، اوره و مواد ارگانیکی را از آب استخرها جدا کند.

زئولیت‌های مصنوعی در مواد شوینده استفاده می‌شود زیرا خلوص، رنگ، درخشش و توانایی تعویض کاتیونی آن به انواع طبیعی برتری دارد. میزان اکسید آهن و سایر ناخالصی‌های انواع طبیعی نیز بیشتر است.

زئولیت‌های طبیعی نیز در تصفیه پساب‌های رادیواکتیو و جداسازی فلزات از محلول‌های pH پایین به انواع مصنوعی برتری دارد. خردایش ریز مواد زئولیتی مخصوصا وقتی که زئولیت نفوذپذیری کمتری دارد می‌تواند قابلیت تعویض کاتیونی آن‌ها را با افزایش سطح تماس آن‌ها بیشتر کند. کانی‌های زئولیتی که خاصیت تعویض کاتیونی بالایی دارد شامل کلینوپتیولیت، اریونیت، فیلیپسیت، شابازیت و موردنیت هستند در حالی که تعدادی دیگر شامل هلاندیت، لامونیت و آنالسیم توانایی پایینی در این زمینه دارند.

۳-۴-۷- تصفیه پساب‌های هسته‌ای (اتمی)

شابازیت و کلینوپتیولیت برای تصفیه، حمل و نقل و ذخیره‌سازی پساب‌های هسته‌ای استفاده می‌شود. فیلیپسیت توانایی منحصر به فردی در جداسازی انتخابی استرانسیوم و سزیوم از پساب‌های رادیواکتیو دارد.

۳-۴-۸- کنترل‌کننده بو

زئولیت‌های طبیعی خصوصا کلینوپتیولیت یون‌های آمونیا را جذب می‌کنند. این فرآیند حاوی نگهداری بوی فضولات نیز است.

۳-۴-۹- پرکننده کاغذ

زئولیت‌های طبیعی در برخی از انواع کاغذها به عنوان پرکننده استفاده می‌شود. کلینوپتیولیت و کوارتز بلورین که به عنوان ناخالصی در برخی توف‌های زئولیتی یافت می‌شود ساینده هستند و در کل کلینوپتیولیت نمی‌تواند با کائولن و کربنات کلسیم در این صنعت رقابت کند.

۳-۴-۱۰- پوزولان و سیمان

پوزولان یک ماده شیمیایی طبیعی است که تا ۲۵ درصد سیمان پرتلند را در بتون تشکیل می‌دهد. پوزولان کیفیت بتون را بهبود می‌بخشد و هزینه تولید آن را کاهش می‌دهد. توف‌های زئولیتی به عنوان پوزولان در بسیاری از مناطق دنیا استفاده می‌شود.

۳-۴-۱۱- تصفیه فاضلاب

کلینوپتیولیت و شابازیت آمونیا و برخی فلزات سنگین را از فاضلاب‌ها جدا می‌کند. همچنین زئولیت‌ها یون‌های فلزات سنگین مانند کادمیوم، مس، سرب و روی را از خاک‌هایی که به وسیله پساب‌های صنعتی آلوده شده‌اند، جدا می‌کنند. مشخصات زئولیت مورد استفاده در صنایع مختلف در جدول ۳-۱ ارایه شده است.

جدول ۳-۱- مشخصات زئولیت مورد استفاده در صنایع مختلف

صنعت مربوطه	نوع زئولیت مورد استفاده
محصولات کشاورزی	انواع زئولیت‌ها
کشت آبی	کلینوپتیولیت
کاتالیزور و تصفیه نفت	شابازیت
مصالح ساختمانی	انواع زئولیت‌ها
جدایش گاز	موردنیت
تعویض یونی	کلینوپتیولیت، اریونیت، فیلیپسیت، شابازیت و موردنیت
تصفیه پساب‌های هسته‌ای (اتمی)	شابازیت، کلینوپتیولیت و فیلیپسیت
کنترل‌کننده بو	کلینوپتیولیت
پرکننده کاغذ	انواع زئولیت‌ها
پوزولان و سیمان	انواع زئولیت‌ها
تصفیه فاضلاب	کلینوپتیولیت و شابازیت

فصل چهارم

رده‌بندی و ویژگی‌های ذخایر سلستین

۴-۱- آشنایی

دو کانی مهم حاوی استرانسیم، سولفات استرانسیم (سلستین) و کربنات استرانسیم هستند که از نظر اقتصادی استرانسیم آن‌ها قابل بازیابی است. از بین این دو کانی، سلستین نهشته‌های اقتصادی بیشتری را به خود اختصاص می‌دهد. سلستین از نظر ساختاری مشابه باریت است. این کانی دارای وزن مخصوص ۴ و سختی ۳ تا ۳/۵ است. رنگ آن معمولا سفید و گاهی سفید کمی متمایل به آبی آسمانی است. تقریبا تمامی سلستین برای استفاده نهایی به کربنات استرانسیم تبدیل می‌شود اما مقداری نیز به سایر ترکیبات استرانسیم شامل کلرید، کرومات، نیترات، اکسید و پراکسید استرانسیم تبدیل می‌شود.

سنگ‌های میزبان سلستین عبارتند از سنگ گچ، سنگ آهک، رس‌های برجا، دولومیت و شیل. سلستین در برخی از موارد لایه‌ها و عدسی‌های نسبتا خالصی را با ضخامت اقتصادی شکل می‌دهد. کربنات کلسیم در دو شکل تبلور خود به صورت کلسیت و آراگونیت معمولا در شبکه تبلور خود دارای مقدار جزیی استرانسیم هستند. اما مقدار استرانسیمی که می‌تواند در شبکه بلوری آراگونیت وجود داشته باشد به مراتب بیشتر از مقدار آن در شبکه تبلور کلسیت است. به علت ناپایداری سیستم تبلور آراگونیت و در هنگام تبدیل آن به کلسیت مقدار اضافی استرانسیم، آزاد شده و به وسیله آب‌های فرورو به حرکت درمی‌آید. هر گاه آب حاوی این عنصر در محیطی قرار گیرد که یون سولفات حضور داشته باشد به علت میل ترکیبی خود با آن ترکیب شده و به صورت سولفات استرانسیم رسوب می‌کند.

بزرگترین مصرف استرانسیم در ساخت لامپ تصویر صفحه تلویزیون و مانیتور کامپیوتر است. نیترات و پراکسید استرانسیم معمول‌ترین ترکیبات استرانسیم هستند که در آتشباری و صنایع نظامی به کار می‌روند. مصارف دیگر استرانسیم در ساخت شیشه و سرامیک، آهن‌رباهای دایمی، رنگ و خمیردندان‌های ساخته شده برای دندان‌های حساس به دماست.

۴-۲- رده‌بندی و ویژگی‌های ذخایر سلستین

اکثر کانسارهای استرانسیم جهان به صورت کانی سلستین و معمولا در واحدهای رسوبی تشکیل شده‌اند. کانسارهای استرانسیم نوع هیدروترمال و آذرین نیز به مقدار کمتر گزارش شده‌اند. در ایران نیز غالبا کانسارهای سلستین از نوع رسوبی و به ندرت هیدروترمال گزارش شده‌اند.

۴-۲-۱- کانسارهای رسوبی

کانسارهای رسوبی سلستین بر اساس زمان تشکیل خود به دو گروه تقسیم می‌شوند:

الف- کانسارهای رسوبی دیاژنتیک

این نوع کانی‌سازی در واحدهای سولفاتی- کربناتی، در حین رسوب‌گذاری کربنات‌ها و سولفات‌ها تشکیل می‌شوند. سنگ‌های میزبان این گونه سازندهای استرانسیم‌دار عبارتند از: سنگ آهک، سنگ آهک دولومیتی، دولومیت، ژیپس و انیدریت. علاوه بر این ماسه‌سنگ، رس‌های گچی کربناتی نیز با فراوانی کمتر با این نوع کانی‌سازی استرانسیم در ارتباط هستند، بنابراین تبخیر آب‌های

یک حوضه رسوبی منجر می‌شود که استرانسیم به صورت ایزومورف و یا کانی‌های مشتق در سنگ‌های سولفاتی- کربناتی تمرکز یابند.

مقدار متوسط استرانسیم در یک توالی رسوبی مربوط به حوضه‌های شور تبخیری از کربنات‌ها به سمت سولفات‌ها افزایش و در ادامه در رسوبات هالوژنی کاهش می‌یابد که بیانگر جایگزینی ایزومورفی استرانسیم در کانی‌های تشکیل شده (عمدتا کانی‌های کلسیم‌دار) است. در این میان حداکثر مقدار جانشینی استرانسیم در کانی‌های سولفاتی صورت می‌گیرد و حدود ۶۲/۵۸٪ استرانسیم به شکل کانی مستقل استرانسیم یعنی سلستین تشکیل می‌شود که به طور عمده در پایان مرحله کربناتی و شروع مرحله سولفاتی رسوب می‌کند. بر این اساس سنگ‌های کربناتی که به وسیله ژیپس، سازندهای سولفاتیپ- کربناتی پوشیده شده‌اند، عمدتا غنی از سلستین هستند. استرانسیم علاوه بر رسوب مستقیم شیمیایی در اثر فرآیندهای بیوژنیک نیز متمرکز می‌شود.

ب- کانسارهای رسوبی اپی‌ژنتیک

پس از فرآیند دیاژنز و سخت شدن رسوبات، در اثر تاثیر آب‌های زیرزمینی بر تمرکزهای اولیه استرانسیم در سنگ میزبان، استرانسیم به صورت محلول وارد این آب‌ها شده و حمل می‌شود. تحت شرایط معین استرانسیم از این آب‌های کانه‌زا در افق سنگ مادر و یا لایه‌های بالاتر و پایین‌تر رسوب می‌کند و نهایتا نهشته‌های اپی‌ژنتیک کانی‌های استرانسیم را تشکیل می‌دهند. مقدار استرانسیم در آب‌های زیرزمینی متغیر و به مقدار یون سولفات که استرانسیم را به صورت سولفات رسوب می‌دهد، ترکیب شیمیایی آب و درجه کانی‌سازی آن بستگی دارد. با تغییر رژیم هیدروشیمیایی به طور مثال تغییر در مقدار سولفات در اثر چرخش آب در میان سنگ‌های گچ‌دار، استرانسیم محلول به صورت سلستین رسوب می‌کند. کنکرسیون‌های سلستین در طی فرآیند دیاژنز در سازندهای سولفاتی- آواری تشکیل می‌شوند ولی ژئودها و رگه‌های سلستین در این سنگ‌ها دارای منشا اپی‌ژنتیک هستند و تمایل زیادی به تشکیل در دولومیت و مارن دارند و در سنگ‌های آواری به ندرت دیده می‌شوند.

۴-۲-۲- کانسارهای گرمابی

سلستین کانی اصلی در کانسارهای گرمابی استرانسیم همراه با کانی‌های فلوئوریت، باریت، کلسیت، سولفیدهای سرب و روی و استرونسیانیت است. اغلب کانسارهای گرمابی استرانسیم با سایر کانی‌های گرمابی همراه هستند و این کانه‌ها معمولا به عنوان محصول جانبی مورد استخراج قرار می‌گیرند.

گرچه میانگین محتوای استرانسیم در سنگ‌های رسوبی کمتر از آذرین است، اما تقریبا تمامی نهشته‌های اقتصادی در رسوبات تشکیل می‌شوند. سلستین در دریاچه‌های کم‌عمق به وسیله جانشینی رسوبات قبلی تشکیل می‌شود که معمولا به شکل لایه‌ای و عدسی است که با ژیپس، انیدریت و هالیت یافت می‌شوند. این نوع از نهشته‌ها در ایران، مکزیک، اسپانیا، انگلیس و آمریکا یافت می‌شوند.

نهشته‌های دیگری نیز وجود دارند که اساسا شامل سلستین و استرانتیانیت هستند که به شکل ژئودهایی در کلسیت، رس‌ها و سنگ‌های کربناته یافت می‌شوند.

۴-۳- سلستین در ایران

در ایران ذخایر قابل توجهی از سلستین وجود دارد. سلستین در مناطق مختلف ایران از جمله کویر نمک، بهبهان، بوشهر، گنبدهای نمکی زاگرس و قم یافت می‌شود. در ایران تا کنون بیش از ۲ میلیون تن سلستین کشف شده است و به نظر می‌رسد که ذخایر شناخته شده بیشتری در کشور وجود دارد. به طور کلی کانی‌سازی سلستین در ایران در دو زون ایران مرکزی و زاگرس قرار گرفته‌اند. در رشته کوه‌های زاگرس ذخایر ارزشمندی از این کانی و در داخل سازند آسماری و بخش کلهر شناسایی شده است. کانی‌سازی سلستین در زاگرس در چند افق گزارش شده است که تنها دو افق آن اقتصادی بوده و تنها یکی از آن‌ها استخراج شده است. کانی‌سازی سلستین در ایران مرکزی را می‌توان در بخش آتشفشانی اسیدی و تبخیری سازند قم در نواحی انارک، قم، ورامین و گرمسار مورد بررسی قرار داد. کانسار سلستین ملک‌آباد در شمال شرقی کویر نمک مهم‌ترین کانسار سلستین در ایران مرکزی است که از سال‌ها پیش بهره‌برداری و استخراج شده است.

ارزیابی سلستین‌های شناخته شده ایران میانگین عیار ۸۵٪- ۷۵٪ را نشان می‌دهد که با توجه به نیاز، باید عملیات کانه‌آرایی و فرآوری لازم بر روی آن‌ها انجام شود.

۴-۴- صنایع مصرف‌کننده سلستین

در طی بیست سال گذشته صنایع تولید تلویزیون رنگی بیشترین مصرف‌کنندگان استرانسیم بودند. به دلیل خصوصیات منحصر به فرد ترکیبات استرانسیم در نگهداری اشعه x و خصوصیات مغناطیسی، تکنولوژی‌های مختلفی از این خصوصیات بهره می‌برند. با ابداع تکنولوژی‌ها استفاده از صفحه‌های نمایش صاف کامپیوتر و تلویزیون، مصرف استرانسیم در این صنعت را رو به کاهش گذاشته است. صفحات LCD و پلاسما دیگر نیازی به استرانسیوم ندارند.

حضور استرانسیم در شیشه درخشندگی آن را افزایش می‌دهد، همچنین حضور آن در سرامیک کیفیت لعاب آن را بهبود می‌بخشد و مواد سمی احتمالی موجود در لعاب مانند باریم و سرب را کاهش می‌دهد. یک نوع دیگر از سرامیک‌های حاوی استرانسیم وجود دارد که گاهی به عنوان ماده جایگزین در نیمه‌هادی‌ها و همچنین مصارف پیزوالکتریک و اپتیکی کاربرد دارد. آهن‌رباهای سرامیکی یکی دیگر از موارد کاربرد ترکیبات استرانسیم است.

استرانسیم در عملیات آتشباری نظامی و همچنین در ساخت ابزارهای هشدار دهنده استفاده می‌شود. افزودن کرومات استرانسیوم به رنگ، پوششی در مقابل خوردگی آلومینیوم به وجود می‌آورد. مقادیر کمی فلز استرانسیم به آلومینیوم مذاب افزوده می‌شود تا قابلیت شکل‌دهی آن را بهبود بخشد.

فصل پنجم

رده‌بندی و ویژگی‌های ذخایر سیلیس

۵-۱- آشنایی

سیلیس به صورت ترکیبی یا غـیرترکیبی ۶۰ درصد پوسته زمین را تشکیل می‌دهد. سیلیس خالص بی‌رنگ تا سفید رنگ است که با توجه به انواع ناخالصی‌ها رنگ آن نیز تغییر می‌کند. واژه سیلیس برای کلیه کانی‌هایی به کار برده می‌شود که از دی‌اکسید-سیلیسیم تشکیل شده‌اند، حال آن که ممکن است از نقطه نظر بلوری و شرایط فیزیکی با هم متفاوت باشند. این کانی‌ها در شرایط متفاوت زمین‌شناسی تشکیل می‌شوند. کانی‌های گروه سیلیس شامل کوارتز، کریستوبالیت، تریدیمیت و کلسدون است. کوارتز به صورت کانی اصلی در انواع ماسه‌سنگ‌ها و سنگ‌های آذرین و دگرگونی یافت می‌شود.

سیلیس در ساخت انواع شیشه، چینی، سرامیک، صنعت ریخته‌گری، چسب و ترکیبات شیمیایی، آلیاژهای سیلیسی، الیاف‌ها و عایق‌های سیلیسی، مصالح ساختمانی، پرکننده‌ها، نسوزها، تصفیه آب و نظایر آن به کار می‌رود. کیفیت فیزیکی و شیمیایی و میزان عناصر همراه و گاهی مزاحم در سیلیس با توجه به کیفیت محصول تولید شده و موارد کاربرد آن متفاوت است.

۵-۲- رده‌بندی و ویژگی‌های ذخایر سیلیس

سیلیس در انواع سنگ‌های آذرین، رسوبی و دگرگونی یافت می‌شود. ذخایر تجاری سیلیس در پنج گروه زیر رده‌بندی می‌شوند:

۵-۲-۱- کانسارهای اولیه سیلیس رسوبی (شیمیایی، بیوشیمیایی، ذرات معلق سیلیسی)

نوواکولیت سنگ رسوبی بسیار سخت و متراکم و ریزدانه است که بافت هموژن و محتوای سیلیس بالایی دارد. سختی آن ۷ و وزن مخصوص آن ۲/۶۳ است. رنگ آن از سفید مایل به خاکستری تا قهوه‌ای و سیاه تغییر می‌کند. سطح شکست کنکرسیونی دارد و شبیه چرت است با این تفاوت که سطح شکست چرت صاف‌تر است. جلای مومی و مات دارد. بیشترین خلوص آن از سیلیس تا ۹۹ درصد هم می‌رسد.

۵-۲-۲- کانسارهای اولیه وابسته به فعالیت‌های آذرین (سیلیس‌های رگه‌ای پگماتیتی و گرمابی)

کوارتز در قسمت‌های مرکزی پگماتیت‌های زون‌بندی شده و رگه‌ها و دایک‌ها به همراه سنگ میزبان رسوبی، آذرین یا دگرگونی یافت می‌شود. سن تشکیلات مربوط به سنگ میزبان معمولا در محدوده پرکامبرین تا ژوراسیک است. بیشتر نهشته‌ها تحت فرآیند گرمابی تشکیل می‌شوند اما همه نهشته‌ها در نزدیکی توده‌های نفوذی گرانیتی نیستند. اکثر نهشته‌ها به شکل پرکننده فضاهای خالی ظاهر می‌شوند و کمتر دگرگونی جانشینی در آن‌ها دیده می‌شود. پگماتیت‌هایی که در ارتباط با گرانیت‌های درونی هستند، از کوارتزهای بسیار خالص تشکیل شده‌اند، به ویژه پگماتیت‌های میکروکلین که عاری از موسکویت و اکسیدهای نادر خاکی هستند. مغزه‌های چنین پگماتیت‌هایی معمولا حاوی مقادیر زیادی ادخال‌های سیالی است که برای شکل‌دهی شیشه‌های کوارتزی صاف و مناسب نیست. کوارتزهای رگه‌ای که منشا متاسوماتیسم یا گرمابی دارند ممکن است حاوی ساختارهای زون‌بندی شده باشند که از نسل‌های مختلفی از بلورهای کوارتز تشکیل شده است. نسل‌های قدیمی دانه‌درشت‌تر هستند و معمولا حاوی مقادیر زیادی انکلوزیون‌های سیالی هستند، در حالی که نسل‌های جدیدتر دانه‌ریزتر و خالص‌تر هستند. سنگ دیواره چنین رگه‌هایی معمولا سریسیتی یا کلریتی شده است. اندازه حفره‌های حاوی بلورهای کوارتز به شدت دگرسانی سنگ دیواره بستگی دارد. هر چه محتوای

کلریت رگه بیشتر باشد، کوارتز داخل رگه خالص‌تر است.

۵-۲-۳- کانسارهای سیلیس حاصل از دگرگونی (کوارتزیت‌ها)

کوارتزیت حاصل دگرگونی ماسه‌سنگ است و بافت این سنگ متمایزکننده آن از ماسه‌سنگ است. به طوری که ماسه‌سنگ از حاشیه‌های دانه‌های کوارتز می‌شکند در حالی که کوارتزیت بسیار مقاوم است و شکستگی‌ها از میان دانه‌ها صورت می‌گیرد. ارتوکوارتزیت که معادل دگرگون شده ماسه‌سنگ‌های خالص است از دانه‌های کوارتز و سیمان سیلیسی تشکیل شده که یک بافت رسوبی اولیه را در خود حفظ کرده است. کانسارهای کوارتزیت بیشتر در سازندهای مربوط به زمان‌های پرکامبرین تا سیلورین یافت می‌شود. بافت، رنگ، میزان شکنندگی و خلوص شیمیایی به نوع سیمان، اندازه دانه‌ها و ترکیب کانی‌شناسی ماسه‌سنگ اولیه و شدت دگرگونی بستگی دارد. کوارتزیت‌هایی که از ماسه‌سنگ‌های آرژیلیکی به دست می‌آیند، معمولا حاوی ذرات سریسیتی هستند که ممکن است محتوای آلومینیوم و مواد آلکالی را به بیش از محدوده قابل قبول افزایش دهند که باعث خردشدگی و از هم پاشیدگی آن می‌شود. کوارتزیت‌های توده‌ای دانه‌ریز تا متوسط حاوی ناخالصی‌های بسیار کمی از فلدسپات، میکا و کانی‌های کربناتی هستند که باعث سختی و تراکم بالا و شکستن آن به صورت قطعات تیز و زاویه‌دار می‌شود. کوارتزیت‌های دانه‌درشت‌تر خلوص کمتری دارند و شکننده‌تر هستند خصوصا اگر سیمان آن‌ها آرژیلیکی یا آهکی باشد. رنگ آن از سفید و سفید خاکستری تا سایه‌هایی از قرمز، صورتی، بنفش، آبی و نارنجی تغییر می‌کند. وزن مخصوص بیشتر کوارتزیت‌ها بین ۲/۶۵ تا ۲/۷ است.

۵-۲-۴- کانسارهای ناشی از تجمع قلوه‌سنگ‌ها و ماسه‌های رودخانه‌ای، دریایی و بادی (ماسه‌سنگ)

ماسه‌سنگ سنگی رسوبی است که قسمت اعظم آن از دانه‌های کوارتز تشکیل شده، این دانه‌ها به وسیله سیمان آرژیلیکی، سیلیسی یا سیمان‌هایی از انواع دیگر به هم متصل شده‌اند. ناخالصی‌هایی که معمولا در آن‌ها یافت می‌شود شامل فلدسپات، میکا و انواع مختلفی از کانی‌های سنگین مانند ایلمنیت و کیانیت است. خالص‌ترین ماسه‌سنگ کوارتزی شامل بیش از ۹۵ درصد دانه‌های گرد شده کوارتز متوسط تا ریزدانه است. این نوع کانسارها در رخساره‌های کنار دریا بیش از رخساره‌های عمیق‌تر یافت می‌شوند.

میزان استحکام ماسه‌سنگ‌ها کاملا متفاوت است و معمولا با افزایش اندازه دانه‌ها کاهش می‌یابد. رنگ آن‌ها به نوع ماده سیمانی موجود بستگی دارد. ماسه‌سنگ‌هایی که در زمان کامبرین تشکیل شده‌اند روی سطوح فرسوده‌ای از پرکامبرین قرار گرفته‌اند. تشکیلات ماسه‌سنگی دانه‌درشت تا متوسط که معمولا برای مصارف خاصی استخراج می‌شوند، شامل عدسی‌هایی از ذرات کوارتز گرد شده هستند که در نهشته‌های باریک طولانی در بستر رودخانه‌ها با قطر ۰/۳ تا ۸ سانتی‌متر یافت می‌شوند یا به صورت لایه‌های ضخیم‌تری از دانه‌های کنگلومراهای کوارتزی هستند که ضخامت این لایه‌ها از ۱۵ تا ۹۰ متر است.

۵-۳- سیلیس در ایران

حدود ۸۰ معدن فعال و نیمه‌فعال سیلیس در ایران وجود دارد که تولیدات آن‌ها عمدتا در صنایع شیشه‌سازی و تولید ماسه ریخته‌گری مصرف می‌شود. سیلیس در ایران بیشتر از واحدهای رسوبی به دست می‌آید.

۵-۴- مشخصات سیلیس مورد استفاده در صنایع مختلف

سه خاصیت اصلی تعیین‌کننده کـاربرد سیلیس در بـخش‌های مختلف صنعتی ترکیب شیمیایی، کانی‌شناسی و خواص فیزیکی است. برای تعیین مرغوبیت سیلیس مصرفی درصنعت ترکیب شیمیایی سیلیس در درجه اول اهمیت قرار می‌گیرد. این ترکیب از طریق حداقل عیار قابل قبول سیلیس (SiO_2)، حداکثر عیار مجاز ناخالصی‌ها و میزان نوسان مجاز این عیارها بیان می‌شود. خاصیت کانی‌شناسی به طور مستقیم تاثیری در کیفیت محصول تولید شده ندارد ولی دانستن اطلاعات کانی‌شناسی در روند فرآوری به لحاظ حذف ناخالصی‌ها، دارای اهمیت زیادی است. در این صورت خاصیت کانی‌شناسی نقش اصلی را به عهده داشته و تعیین‌کننده امکان یا عدم امکان حذف ناخالصی‌ها و نیز نوع فرآیند خواهد بود. این خاصیت از یک معدن به معدن دیگر متفاوت بوده و لذا مطلب خاصی به صورت استاندارد نمی‌توان بیان کرد. خواص فیزیکی به لحاظ نوع دانه‌بندی، کاربرد مخصوص به خود را دارد. سیلیسی که به مصرف شیشه‌سازی می‌رسد، باید ترکیب شیمیایی یکنواخت و عیار سیلیس بالایی داشته باشد، عدم وجود ترکیبات آهنی، آهکی، رسی و همچنین شکل دانه‌بندی آن نیز مهم است. سیلیس مصرفی در صنعت شیشه در ارتباط با نوع شیشه تولیدی به چهار دسته قابل تقسیم است. بهترین عیار سیلیس برای تولید انواع شیشه خلوص ۹۹٪ است. اگر چه سیلیس با خلوص ۹۶٪ نیز قابل قبول است. به شرطی که اولا نوسانات عیار از ۰/۳٪ بیشتر نبوده و سایر ناخالصی‌ها از حد مجاز تجاوز نکنند. مشخصات سیلیس مورد مصرف در صنایع مختلف و حدود مجاز آن‌ها در جدول ۵-۱ ارایه شده است.

جدول ۵-۱- مشخصات سیلیس مورد مصرف در صنایع مختلف و حدود مجاز آن‌ها

صنعت متالورژی (آلیاژهای سیلیکونی و فروسیلیکون‌ها)	
آلیاژهای سیلیکونی	
میزان SiO_2	۹۸/۵ تا ۹۹ درصد
میزان Fe_2O_3	کمتر از ۰/۱ درصد
میزان Al_2O_3	۰/۱۵ درصد
میزان CaO	۰/۲ درصد
میزان MgO	۰/۲ درصد
میزان LOI	۰/۲ درصد
مقادیر فروسیلیکون‌ها	
میزان SiO_2	۹۶ درصد
میزان Al_2O_3	۰/۴ درصد
میزان Fe_2O_3	۰/۲ درصد
صنعت الکترونیک (فیوزهای شفاف و مات کوارتز)	
شرایط ساختاری	بدون شکستگی و انکلوزیون‌های گازی، مایع یا جامد (فیبرهای روتیل یا سایر کانی‌ها)
مهم‌ترین نوع ناخالصی‌های مضر	آهن و آلومینیوم
حداکثر میزان ناخالصی‌ها	۰/۰۰۳ درصد (فیوزهای شفاف) و ۰/۲ درصد در فیوزهای مات
صنعت فیلتراسیون (تصفیه فاضلاب‌های شهری)	
مشخصات فیزیکی	قطر دانه‌های ماسه سیلیسی از ۳/۲ میلی‌متر تا ۲/۵۴ سانتی‌متر، چگالی زیاد و مقاومت فیزیکی زیاد
مشخصات شیمیایی	خنثی از نظر شیمیایی

ادامه جدول ۵-۱- مشخصات سیلیس مورد مصرف در صنایع مختلف و حدود مجاز آن‌ها

صنایع پرکننده	
وزن مخصوص (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	۲/۶ تا ۲/۶۵
سختی	۶/۵ تا ۷
ضریب شکست	۱/۵۳ تا ۱/۵۴
pH	۶ تا ۷
جذب روغن (گرم ۱۰۰CC)	۲۰ تا ۵۰
شکل ذرات	زاویه‌دار
صنعت ساخت دیرگدازها	
اندازه ذرات	۲/۳۸ میلی‌متر تا ۳/۸۱ سانتی‌متر
نوع ناخالصی‌های مضر	آهن، آلکالی‌ها و فسفر
صنعت شیشه‌سازی	
کریستال و شیشه‌های اپتیکی	
میزان SiO_2	حداقل ۹۹/۷ درصد
میزان Fe_2O_3	حداکثر ۰/۰۱۳ درصد
میزان Cr_2O_3	حداکثر ۰/۰۰۰۱۵ درصد
شیشه‌های بردار	
میزان SiO_2	حداقل ۹۹/۶ درصد
میزان Fe_2O_3	حداکثر۰/۰۱ درصد
میزان Cr_2O_3	حداکثر ۰/۰۰۰۲ درصد
بطری‌های بدون رنگ	
میزان SiO_2	حداقل ۹۸/۸ درصد
میزان Fe_2O_3	حداکثر ۰/۲۵ درصد
میزان Cr_2O_3	حداکثر ۰/۰۰۰۵ درصد
بطری‌های رنگی	
میزان SiO_2	حداقل ۰/۹۷ درصد
میزان Fe_2O_3	حداکثر ۰/۲۵ درصد
میزان Cr_2O_3	-
شیشه جام	
میزان SiO_2	حداقل ۹۹ درصد
میزان Fe_2O_3	حداکثر ۰/۱ درصد
میزان Cr_2O_3	حداکثر ۰/۰۰۰۱ درصد

فصل ششم

رده‌بندی و ویژگی‌های ذخایر فلدسپار

۶-۱- آشنایی

فلدسپارها که یک گروه از آلومینوسیلیکات‌های قلیایی خاکی هستند، در ترکیب سنگ‌های آذرین، دگرگونی و رسوبی شرکت داشته و از نظر شرایط تشکیل بسیار متنوع هستند. مهم‌ترین منبع تامین‌کننده فلدسپارها، پگماتیت‌ها، آپلیت‌ها و توده‌های نفوذی گرانیتی فاقد کانی‌های تیره هستند.

با در نظر گرفتن نوع کاتیون، نحوه تشکیل (حرارت و محیط تشکیل)، منشا و سنگ مادر در طبیعت می‌توان آن‌ها را به شرح زیر تفکیک کرد.

- فلدسپارهای آلکالن یا ارتوکلازها (میکروکلین، ارتوز، سانیدین، انورتوز)، پتاسیم فلدسپار یا آلکالن فلدسپار
- پلاژیوکلازها (ایزومورف‌های سری آلبیت، آنورتیت)
- فلدسپارهای سنگین نظیر هیالوفان (نادر بوده و فاقد ارزش اقتصادی هستند)

ترکیب شیمیایی بیشتر کانی‌های گروه فلدسپار را می‌توان در سیستم ارتوکلاز (Or)، آلبیت (Ab) و آنورتیت (An) مطالعه کرد. در این سیستم، عضوهای سری که ترکیبی بین آرتوز و آلبیت را دارند جز فلدسپارهای آلکالن (فلدسپارهای قلیایی) و عضوهای سری بین آلبیت و آنورتیت در گروه فلدسپارهای پلاژیوکلاز قرار می‌گیرند. فلدسپارهای پلاژیوکلاز، جزو فراوان‌ترین کانی‌ها در طبیعت بوده و توزیعی گسترده‌تر و فراوان‌تر از فلدسپارهای پتاسیم دارند و در سنگ‌های آذرین و دگرگونی و به میزان خیلی کمتری در سنگ‌های رسوبی قرار دارند.

تفکیک تجاری کانی‌های گروه فلدسپار شامل فلدسپارهای پتاسیم‌دار با حداقل ۱۰٪ = K_2O، فلدسپارهای سدیم‌دار، با حداقل ۷٪ = Na_2O می‌شود. صنایع مصرف‌کننده فلدسپار شامل شیشه، سرامیک، پرکننده‌ها، ساینده‌ها و الکترودهای جوشکاری است.

۶-۲- رده‌بندی و ویژگی‌های ذخایر فلدسپار

انواع کانسارهای فلدسپار به ترتیب اهمیت به شرح زیراند:

۶-۲-۱- پگماتیت‌ها

پگماتیت‌ها سنگ‌های آذرین دانه‌درشتی هستند که ترکیبی مشابه گرانیت دارند. پگماتیت‌ها در سنگ‌های دوره‌های مختلف زمین‌شناسی یافت می‌شوند و در کنار حاشیه‌های سنگ‌های نفوذی گرانیتی فراوانند. پگماتیت‌ها اکثرا همراه گرانیت‌ها بوده و عمدتا شامل کوارتز، فلدسپار، مسکوویت و در مواردی بیوتیت است. مهم‌ترین تفاوت در اندازه بلورها و تفاوت‌های بافتی است. پگماتیت‌ها بر اساس ساخت به دو گروه پگماتیت‌های ساده و پگماتیت‌های پیچیده تقسیم می‌شوند. در پگماتیت‌های ساده مهم‌ترین کانی‌های اقتصادی، کوارتز و فلدسپار هستند. در صورتی که اهمیت پگماتیت‌های پیچیده به دلیل حضور عناصر و کانی‌های نادر است.

میکروکلین، فلدسپار پتاسیم‌دار متداول در پگماتیت‌ها است. در پگماتیت‌ها ممکن است میکروکلین و کوارتز با هم رشد کنند و در این حالت بافت گرافیک[1] را به وجود می‌آورند. آلبیت در پگماتیت‌ها فراوان بوده و در این سنگ‌ها ممکن است جایگزین میکروکلین اولیه شده باشد.

1- Graphic

۶-۲-۲- آپلیت (تعبیر تجارتی)

آپلیت سنگ آذرین با رنگ روشن و ریزبلوری است که اساسا از کوارتز و فلدسپارهای پتاسیک و سدیک تشکیل شده است. این تعبیر برای توصیف دایک‌های ریزبلور گرانیتی و یا رخساره حاشیه سریع سرد شده سنگ‌های درونی گرانیتی که دارای ضریب رنگینی پایین و بافت مشخص که آن را "شکری" یا "آپلیتی" نیز گویند استفاده شده است. از دیدگاه علمی آپلیت‌ها می‌توانند از نظر شیمیایی در محدوده گرانیت و گرانودیوریت‌ها باشند اما عبارت آپلیت عموما برای سنگ‌های ریزبلور با ترکیب گرانیت‌های آلکالن لوکوکرات یا گرانیت‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. نسبت کوارتز و فلدسپار در آپلیت‌ها بسیار متغیر بوده و برخی از آن‌ها ممکن است به رگه‌های کوارتزی ختم شوند. به طور کلی آپلیت‌ها و پگماتیت‌ها عمدتا در زون‌های حاشیه‌ای توده‌های گرانیتی مشاهده می‌شود.

۶-۲-۳- گرانیت‌ها

گرانیت یک سنگ آذرین خروجی است که حاوی مقادیر زیادی فلدسپار و کوارتز است و در آن نسبت فلدسپارهای آلکالی به کل فلدسپارها عموما بین ۶۵ تا ۹۰ درصد است.

۶-۲-۴- ماسه‌های فلدسپاری

پیدایش آن‌ها معمولا به صورت ماسه‌های ساحلی، تلماسه‌ها (تپه‌های ماسه‌ای) و ماسه‌های رودخانه‌ای است. انواع رودخانه‌ای نسبت به دو نوع دیگر درصد فلدسپار بیشتری دارد.

۶-۳- فلدسپار در ایران

معادن فلدسپار شناخته شده ایران در ارتباط با توده‌های نفوذی بوده و محل استقرار توده‌های نفوذی نیز اکثرا در زون‌های گسله و تکتونیکی است. با توجه به گسترش فعالیت‌های ماگمایی اسیدی در ادوار مختلف زمین‌شناسی و رخنمون‌های متعددی از توده‌های نفوذی اسیدی پتانسیل معدنی کشور قابل توجه است.

ذخایر عمده جهانی فلدسپار مرتبط با توده‌های گرانیتی و محصولات هوازدگی فیزیکی آن‌ها هستند. بنابراین برای پی بردن به پراکندگی آن باید ادوار و محل‌هایی که توده‌های گرانیتی در پوسته ایران جایگزین شده‌اند، مورد بررسی قرار گیرند. به دلیل سهولت بهره‌برداری و عدم نیاز به فرآوری، تنها ذخایر پگماتیتی در ایران مورد اکتشاف و استخراج قرار می‌گیرند. با توجه به انحصار تقریبی اکتشاف و بهره‌برداری از ذخایر پگماتیتی، مناطق دارای پتانسیل را می‌توان به شرح زیر معرفی کرد:

- زون سنندج- سیرجان (استان‌های همدان و لرستان)
- زون ایران مرکزی (استان‌های خراسان و یزد)
- زون البرز و البرز- آذربایجان (استان‌های آذربایجان، زنجان، تهران و گیلان)
- زون بینالود و منطقه لوت (استان‌های خراسان و سیستان و بلوچستان)

۶-۴- مشخصات فلدسپار مورد استفاده در صنایع مختلف

به طور کلی می‌توان صنایع مصرف‌کننده عمده کانی‌های گروه فلدسپار را به شرح زیر تفکیک کرد:

- صنایع شیشه شامل (جام، ظروف شیشه‌ای، فایبرگلاس)
- صنایع سرامیک (بدنه سرامیک، کاشی، چینی بهداشتی و نظایر آن‌ها)
- پرکننده‌ها
- ساینده‌ها
- الکترودهای جوشکاری

کیفیت کانی‌های گروه فلدسپار بر اساس ترکیب شیمیایی آن‌ها تعیین شده و بر همین اساس نیز مورد مصرف آن در صنایع مختلف تعیین می‌شود. علاوه بر آن یکنواختی دانه‌بندی نیز دارای اهمیت است.

تعداد زیادی از نهشته‌های فلدسپار با مشخصات تجاری متفاوت در اکثر نقاط جهان بهره‌برداری می‌شود. بنابراین مشخصات کمی و کیفی آن در صنایع مصرف‌کننده در اکثر کشورهای جهان به طور دقیق مشابه یکدیگر نیست. مشخصات فلدسپار مورد مصرف در صنایع مختلف و حدود مجاز آن‌ها در جدول ۶-۱ ارایه شده است.

۶-۴-۱- صنایع شیشه‌سازی

صنایع شیشه‌سازی یکی از مهم‌ترین مصرف‌کنندگان فلدسپار است. تامین آلومینا و اکسیدهای قلیایی شیشه با افزودن فلدسپارها به ترکیب آن انجام می‌گیرد. آلومینا (Al_2O_3) باعث افزایش مقاومت شیشه در برابر خوردگی شیمیایی، افزایش سختی و دوام شیشه شده و امکان تبلور آن را کاهش می‌دهد. اکسیدهای قلیایی (K_2O ،Na_2O) نیز به عنوان کمک‌ذوب در صنایع شیشه‌سازی استفاده می‌شوند. مجموع درصد دو اکسید قلیایی (Na_2O ،K_2O) تعیین‌کننده میزان مصرف آن در صنایع شیشه است. فلدسپارهای مناسب برای صنعت شیشه باید حدود ۱۹٪ Al_2O_3 داشته باشد. برای تولید شیشه‌های با کیفیت بالا مقدار آهن نباید از ۰/۰۵ درصد تجاوز کند. حد عمومی اکسید آهن (Fe_2O_3) در فلدسپارهای مورد مصرف در صنایع شیشه ۰/۰۸ درصد است. اندازه ذرات فلدسپارهای مورد مصرف در صنایع شیشه بین ۴۰-۲۰ مش است.

۶-۴-۲- صنایع سرامیک‌سازی

فلدسپارها به عنوان کمک‌ذوب در بدنه سرامیک‌ها استفاده می‌شود. فلدسپارهای سدیم‌دار و فلدسپارهای پتاسیم‌دار هر دو در این صنعت مصرف می‌شود ولی فلدسپارهای پتاسیک کاربرد بیشتری در این صنعت دارند. خواص فلدسپارها به عنوان کمک‌ذوب به میزان سیلیس آزاد، درصد اکسیدهای آلکالن، نسبت سدیم و پتاسیم و ترکیب بدنه سرامیکی مورد نظر بستگی دارد. در صنایع سرامیک حد مجاز آهن به صورت Fe_2O_3 حدود ۰/۰۷ درصد است.

۶-۴-۳- استفاده از فلدسپار به عنوان پرکننده در صنایع گوناگون

میزان مصرف مواد فلدسپاری به عنوان پرکننده نسبتا کم بوده ولی بازار مهمی را به خود اختصاص می‌دهد. کاربرد اصلی فلدسپار به عنوان پرکننده در صنایع رنگ‌سازی است. سایر کاربردهای فلدسپار به عنوان پرکننده در صنایع پلاستیک، لاستیک، چسب و عایق‌ها است ولی میزان مصرف آن‌ها در این گونه صنایع بسیار اندک است. موادی که به عنوان پرکننده به کار می‌روند باید به صورت پودر، عاری از سنگ‌ریزه، خنثی و نامحلول بوده و ضریب شکست بالا و وزن مخصوص پایینی داشته باشند. استفاده از مواد فلدسپاری در مقایسه با سایر پرکننده‌ها از برخی جنبه‌ها نظیر شفافیت خشک خوب[1]، پراکندگی خوب، pH ثابت و خنثی دارای برتری است. این گونه پرکننده‌ها در برابر اسیدها مقاوم بوده و میزان جذب روغن در آن‌ها پایین است.

۶-۴-۴- ساینده‌ها

مقدار کمی از فلدسپار در ساخت ساینده‌ها به کار می‌رود. علت استفاده فلدسپارها در ساخت این گونه مواد، شکستگی زاویه‌دار و سختی متوسط آن‌ها است. این کانی‌ها دارای دو سیستم رخ عمود بر هم هستند که همین امر باعث ایجاد لبه‌های تیز در آن‌ها است. اندازه ذرات فلدسپار به کار رفته در ساینده‌ها، حدود ۱۰۰ میکرون است در مورد پودرهای صنعتی پرداخت‌کننده، اندازه ذرات درشت‌تر از ۱۰۰ میکرون و در برخی از موارد برای ترکیبات صیقل دهنده کمتر از ۲ میکرون است. اندازه ذرات به کار رفته در ساینده‌ها باید به دقت مشخص شود به طوری که تا اندازه‌ای درشت باشد که باعث خراشیدن سطوح شود و تا حدی ریز باشد که هیچ گونه عمل سایشی را انجام ندهد. فلدسپار به کار رفته در ساخت ساینده‌ها می‌تواند دارای ۱/۲٪ آهن باشد.

۶-۴-۵- الکترودهای جوشکاری

فلدسپار به عنوان کمک‌ذوب در ساخت پوشش الکترودهای جوشکاری به‌کار می‌رود. اگر چه وجود مواد فلدسپاری نقش مهمی را به عنوان کمک‌ذوب در فرآیند جوشکاری ایفا می‌کند ولی تقاضا برای این مواد در ساخت الکترودهای جوشکاری اندک است. اندازه ذرات فلدسپار به کار رفته در کمک‌ذوب مورد مصرف در ساخت پوشش الکترودهای جوشکاری، نباید متجاوز از ۲۵۰ میکرون باشد چون ممکن است باعث ایجاد خصوصیات جوش‌خوردگی غیرقابل پیش‌بینی شود. استاندارد اندازه ذرات در آن‌ها به طور مشخص حدود ۷۵ میکرون است. این کمک‌ذوب‌ها باید نسبتا خنثی باشند. فلدسپار به کار رفته در ساخت الکترودهای جوشکاری می‌تواند دارای ۱/۵٪ آهن باشد.

جدول ۶-۱- مشخصات فلدسپار مورد استفاده در صنایع مختلف و حدود مجاز آن‌ها

انواع شیشه		انواع سرامیک	
میزان SiO_2	۶۸/۹- ۶۳/۱ درصد	میزان SiO_2	۶۸/۷ - ۶۷/۱ درصد
میزان Al_2O_3	۲۲- ۱۸/۵ درصد	میزان Al_2O_3	۱۹- ۱۸/۳ درصد
میزان Fe_2o_3	حداکثر ۰/۱ درصد	میزان Fe_2o_3	۰/۰۸- ۰/۰۶۷ درصد
میزان CaO	۵/۶- ۰/۹ درصد	میزان CaO	۱/۶- ۰/۳۶ درصد
میزانK_2O	۴/۱- ۳ درصد	میزان K_2O	۱۰/۵- ۴ درصد

1 -Good Dry Brightness

ادامه جدول ۶-۱- مشخصات فلدسپار مورد استفاده در صنایع مختلف و حدود مجاز آن‌ها

انواع شیشه		انواع سرامیک	
میزان Na_2O	۷/۱۵- ۶ درصد	میزان Na_2O	۷/۲- ۲/۸۵ درصد
میزان LOI	۰/۲۵- ۰/۱۳ درصد	میزان LOI	۰/۲۵- ۰/۱ درصد
ساینده‌ها		**الکترودهای جوشکاری**	
اندازه ذرات (میکرون)	۱۰۰	اندازه ذرات (میکرون)	۲۵۰
درصد آهن	۱/۲	درصد آهن	۱/۵
پرکننده‌ها			
درصد رطوبت	۰/۱	سطح خارجی ویژه(m^2/g)	۴- ۰/۸
ضریب شکست	۱/۵۳	میانگین اندازه ذرات	۱۲- ۳/۲
سختی	۶/۶	pH	۹/۳- ۸/۷
وزن مخصوص	۲/۶	جذب روغن	۲۲-۳۰

فصل هفتم

رده‌بندی و ویژگی‌های ذخایر فلوئورین

۷-۱- آشنایی

فلوئورین یا فلوئورید کلسیم با چگالی ۳/۱۸۱ گرم بر سانتی‌متر مکعب و سختی ۴ به شکل بلورهای ۸ وجهی در طبیعت یافت می‌شود و می‌تواند عناصر نادر را در شبکه خود جای دهد. فلوئورین می‌تواند در حالت بلوری بی‌رنگ و یا به رنگ‌های مختلفی همچون زرد، آبی، ارغوانی، سبز، قرمز، سیاه متمایل به ارغوانی یا آبی و قهوه‌ای ظاهر شود. ناخالصی‌هایی در فلوئورین به صورت گاز، مایع و جامد وجود دارد که شامل آب، مواد نفتی، پیریت، مارکاسیت، کالکوپیریت و سایر سولفیدهای فلزی است. در فلوئورین‌های تجارتی ناخالصی‌ها بیشتر کلسیت، کوارتز، باریتین، سلستین و سولفیدهای مختلفی است که به شکل کانی‌های باطله ظاهر می‌شوند.

فلوئورین به طور فراوان در پگماتیت‌ها و به عنوان یک کانی فرعی درگرانیت‌ها و سنگ‌های آذرین وجود دارد و از طرف دیگر به صورت بلور در ژئودها و به شکل خوشه‌ای در غارهای آهکی، به صورت بلورهای منظم بی‌رنگ یا رنگی، در مواردی به صورت کانی اشباع گرمابی در ماسه‌سنگ‌ها تشکیل می‌شود. فلوئورین همچنین در محیط‌های پگماتیتی، پرشدگی در فضاهای باز، پرشدگی در تنوره‌های برشی و رسوبات دریاچه‌ای، سنگ‌های دگرگونی مجاورتی و همراه سولفیدها دیده می‌شوند.

فلوئورین، مهم‌ترین منبع تامین‌کننده فلوئور جهان است. این کانی در تهیه اسید فلوئوریدریک و مشتقات آن و همچنین در صنایع فولاد، سرامیک، ریخته‌گری، تهیه فروآلیاژها و بسیاری مواد دیگر استفاده می‌شود. مهم‌ترین ترکیبات فلوئور، آلومینیم تری‌فلوراید و کریولیت هستند که در صنایع آلومینیم‌سازی از اهمیت خاصی برخوردارند.

۷-۲- رده‌بندی و ویژگی‌های ذخایر فلوئورین

۷-۲-۱- رگه‌های شکافی در سنگ‌های آذرین، دگرگونی و رسوبی

این رگه‌ها که معمولا در نواحی برشی به وجود می‌آیند ساده‌تر از سایر نهشته‌های فلوئورین قابل شناسایی هستند. کانی‌های شاخص همراه با این قبیل نهشته‌ها، کوارتز، کلسیت یا دیگر کربنات‌ها، سولفیدهای آهن، سرب و روی است. در طول برخی رگه‌های موجود در سنگ‌های کربناته در محل برخورد سنگ دیواره با لایه‌های مناسب فلوئورین جایگزین سنگ دیواره شده و نهشته‌های قابل استخراج وسیعی را به وجود آورده است. اگر چه ساخت‌های رگه‌ای به طور چشم‌گیری تداوم دارند اما فلوئورین موجود در این ساخت‌ها معمولا به صورت عدسی‌ها و یا بخش‌های پرعیاری است که به وسیله بخش‌های کانی‌سازی نشده یا کم‌عیار جدا شده‌اند. عیار فلوئورین در بخش‌های قابل استخراج رگه‌ها معمولا بین ۲۵ تا ۸۰ درصد است. عیارهای بالاتر از ۹۰ درصد نیز در مناطق محدودی مشاهده شده است.

۷-۲-۲- نهشته‌های چینه‌سان در سنگ‌های کربناته

این نهشته‌ها به صورت لایه‌ای در سنگ‌های کربناته به وجود می‌آیند. بعضی از لایه‌های فلوئورین در طول یا در مجاورت شکستگی‌های ساختمانی مانند درزها یا سنگ‌ها جانشین می‌شود. این ارتباط با عارضه‌های ساختاری در بعضی نهشته‌ها بسیار واضح اما در بعضی دیگر مبهم است. گاه رسوباتی از ماسه‌سنگ‌ها، شیل یا رس نیز بر روی نهشته‌ها وجود دارد. نهشته‌های لایه‌ای ویژگی‌های بافتی سنگ مادر از جمله خصوصیت موازی بودن را به طور معمول حفظ می‌کنند. گاه همراه با کانه لایه‌لایه شده، شکل بلوری بزرگی از کانه دیده می‌شود که به نظر می‌رسد فضاهای خالی حاصل از انحلال سنگ‌های آهکی را که تحت تاثیر محلول‌های

حاوی کانه یا محلول‌های مادر بوده است پر کرده باشد. کانی‌های همراه با فلوئورین در نهشته‌های لایه‌ای، کلیست، دولومیت، کوارتز، گالن، اسفالریت، پیریت، مارکاسیت و سلستین هستند. حداقل عیار قابل قبول در این نهشته‌ها ۱۵ درصد است.

۷-۲-۳- نهشته‌های جانشینی در سنگ‌های کربناته

نهشته‌های جانشینی در محل تماس با گنبدهای ریولیتی در مناطقی از مکزیک به خوبی گسترش یافته‌اند. بعضی از بزرگترین و پرعیارترین نهشته‌های فلوئورین دنیا از این نوع هستند. در ناحیه تماس به عنوان جایگزین در سنگ‌های آهکی به صورت توده‌ای و یا به صورت موضعی در تماس با ناحیه دگرگونی قرار گرفته است.

۷-۲-۴- نهشته‌های استوک‌ورک

فلوئورین اغلب به صورت استوک‌ورک و پرشدگی‌ها در نواحی برشی و بُرشی دیده می‌شود. بیشتر نهشته‌های غرب آمریکا از این نوع هستند و گرچه وسعت آن‌ها زیاد ولی عیار آن‌ها معمولا کم است. نمونه‌ای از این نهشته‌ها در نیومکزیکو و کلرادو قرار دارد. در ناحیه‌ای در بخش ترانسوال آفریقای جنوبی نیز سه منطقه برشی عمودی وجود دارد که دارای رگه‌های فلوئورین- کربنات در یک امتداد شرقی- غربی است.

۷-۲-۵- نهشته‌های موجود در حاشیه کمپلکس سنگ‌های آلکالن و کربناتیت

فلوئورین در کمپلکس‌های سنگ آلکالن و کربناتیت، متداول و معمولی است اما میزان فراوانی آن به ندرت به حد اقتصادی می‌رسد. نمونه‌ای از این نهشته‌ها در آفریقای جنوبی قرار دارد. در این نهشته‌ها فلوئورین در سنگ آهک‌ها و کوارتزیت‌ها یافت شده است که تحت نفوذ سنگ آذرین آلکالن شامل سینیت قرار گرفته و دگرگونی شده است. فلوئورین در اینجا جایگزین سنگ آهن، مرمر و کوارتزیت برشی و لایه‌ای شده است. آپاتیت و کوارتز کانی‌های فرعی هستند که به فراوانی همراه با این نهشته‌ها یافت می‌شود.

۷-۲-۶- تمرکزهای برجا ناشی از هوازدگی نهشته‌های اولیه

تمرکزهایی از فلوئورین در بقایای رسی و ماسه‌ای حاصل از هوازدگی سطحی رگه‌ای در برخی نقاط منابع عمده فلوئورین متالورژیکی به وجود آورده است. این نوع نهشته‌ها هم شامل نهشته‌هایی آواری است که بالای رگه‌ها را پوشش می‌دهد و هم بخش‌های فوقانی رگه‌ها را که به شدت هوا زده‌اند و تا عمق ۳۰ متر یا بیشتر گسترش دارند، در برمی‌گیرد.

۷-۲-۷- محصول فرعی قابل بازیابی در باطله نهشته‌های فلزی

فلوئورین به عنوان کانی فرعی عمده در رگه‌های سرب و روی در نقاط مختلف جهان یافت می‌شود. در برخی از این نهشته‌ها عیار متوسط فلوئورین به ۱۰ تا ۲۰ درصد می‌رسد که از نظر اقتصادی قابل استخراج است.

۷-۳- فلوئورین در ایران

کانی‌زایی فلوئورین در کشور در زون ایران مرکزی و زون البرز گزارش شده است و از نظر موقعیت چینه‌شناسی در آهک‌های تریاس متمرکز شده‌اند. اکثر کانسارهای فلوئورین ایران به شکل رگه‌ای بوده و فلوئورین همراه با باریت، گالن و سایر سولفیدهای فلزی یافت می‌شود. کانی‌های باطله معمولا کوارتز، کلسیت و دولومیت است.

۷-۴- مشخصات فلوئورین مورد استفاده در صنایع مختلف

فلوئورین ماده اولیه اساسی صنایع آلومینیم، صنایع شیمیایی و فولادسازی محسوب می‌شود و انواع گوناگون آن کاربردهای مختلفی دارد. نوع اسیدی آن ماده اولیه ساخت اسید فلوئوریدریک است که نقش بنیادی در صنایع آلومینیم و نیز صنایع شیمیایی وابسته دارد. نوع سرامیکی فلوئورین در صنعت سرامیک به منظور تهیه شیشه و لعاب مصرف می‌شود. نوع متالورژیکی فلوئورین از دیرباز تقریبا در انحصار کامل صنایع فولاد بوده اما در سال‌های اخیر مقادیر متنابهی از نوع اسیدی آن نیز به صورت بریکت در این صنایع به کار رفته است. طبق بررسی‌های انجام شده شتاب افزایش مصرف فلوئورین در صنایع تهیه اسید فلوئوریدریک به مراتب بیش از مصرف فلوئورین در صنایع متالورژیکی بوده است. مهم‌ترین کاربردهای فلوئورین شامل موارد زیر است:

۷-۴-۱-کاربردهای متالورژیکی

مخلوط فلوئورین با مواد دیرگداز موجب کاهش نقطه ذوب این مواد می‌شود و کاربردهای متالورژیکی فلوئورین به طور عمده ناشی از این خصوصیت است. فلوئورین در کوره باعث پایین آمدن نقطه ذوب فولاد شده و موجب کاهش مصرف انرژی می‌شود. از طرف دیگر سرباره کوره را به صورت سیال نگاه داشته که به آسانی از کوره گرفته می‌شود. همچنین فلوئورین و دیگر فلوئوریدها تنها کمک‌ذوب‌هایی هستند که در ترکیب پوشش الکترودهای جوشکاری به کار می‌روند و با پایین آوردن نقطه ذوب باعث تمیز ماندن سطح کار و جلوگیری از اکسیداسیون آن می‌شوند. درصد فلوئورین مورد استفاده در ترکیب پوشش الکترودهای جوشکاری مختلف در جدول ۷-۱ ارایه شده است. مقادیر کمی فلوئورین به عنوان کمک‌ذوب در پالایش آلومینیم، آنتیموان، کرم، مس، طلا، سرب، نیکل، نقره، قلع، روی و دیگر فلزات نیز مصرف می‌شود.

جدول ۷-۱- درصد فلوئورین مورد استفاده در ترکیب پوشش الکترودهای جوشکاری مختلف

	جوشکاری فولادهای ضد زنگ	جوشکاری فولادهای کربنی و کم آلیاژ	جوشکاری فولادها	جوشکاری برق به روش دستی
فلوئورین (٪)	۳۵ تا ۳۹ درصد	۵ تا ۳۰ درصد	۲۴ تا ۳۸/۵ درصد	۱۰ تا ۲۵ درصد

۷-۴-۲-کاربردهای سرامیکی

در صنعت سرامیک، فلوئورین را در تولید شیشه‌های فلینتی، شیشه‌های سفید یا اپال و لعاب به کار می‌برند. در این موارد فلوئورین هم به عنوان عامل کمک‌ذوب و هم به عنوان عامل پاک‌کننده عمل می‌کند. مقدار مصرف آن در این صنایع وابسته به نوع شیشه تولیدی مورد نظر است.

۷-۴-۳- کاربردهای شیمیایی

عمده‌ترین کاربرد شیمیایی فلوئورین ساخت اسید فلوئوریدریک است که از اثر اسید سولفوریک بر فلوئورین به دست می‌آید. یکی از کاربردهای مهم اسید فلوئوریدریک نیز در صنعت آلومینیم است. این اسید مستقیما در ذوب آلومینیم به کار نمی‌رود بلکه از طریق آن فلوئورید آلومینیم و کریولیت مصنوعی و فلوئوریدهای دیگر تهیه می‌شود که این ترکیبات در تهیه آلومینیم موادی ضروری به شمار می‌رود. کریولیت، فلوئورید دوگانه سدیم و آلومینیم است. کریولیت خواص مناسبی را به عنوان الکترولیت مصرفی در الکترولیز آلومینیم دارد. این ماده جزو اصلی الکترولیت است و خود ۹۰- ۸۰ درصد آن را تشکیل می‌دهد. در ترکیب کریولیت مصرفی در صنعت آلومینیم و سرامیک باید حدود ۹۸ درصد فلوئورید دوگانه سدیم و آلومینیم و ۴ درصد فلوئوریدهای دیگر بر حسب فلوئورید کلسیم، موجود باشد و ابعاد ذرات آن به گونه‌ای باشد که ۸۰ درصد آن از الک ۳۲۵ مش بگذرد.

۷-۴-۴- کاربردهای اپتیکی

فـــلوئورین در صنعت اپتیک هم به کار می‌رود. این کانی در حالت بلوری دارای ضریب شکست کم (در حدود ۱/۴۳۵- ۱/۴۳۳)، تفریق کم و ایزوتروپیک است و قابلیت عبوردهی اشعه ماورا بنفش را دارد. به خاطر همین خواص کاربردهای اپتیکی آن زیاد است. از آن به عنوان منشور در سیستم‌های اپتیکی و نیز در ساخت عدسی‌های شیئی بدون تداخل رنگی[1] که در میکروسکوپ‌ها به کار می‌روند، استفاده می‌شوند. همچنین به عنوان ابزار اپتیکی در سیستم‌های لیزری با انرژی خیلی زیاد و نیز در ویترین‌هایی که اشعه مادون قرمز را عبور می‌دهند کاربرد دارد.

مشخصات فلوئورین مورد استفاده در صنایع مختلف و حدود مجاز آن‌ها در جدول ۷-۲ ارایه شده است.

جدول ۷-۲- مشخصات فلوئورین مورد استفاده در صنایع مختلف و حدود مجاز آن‌ها

صنایع متالورژیکی (سربار کردن روباره کوره‌ها)			
SiO_2 (%)	۳-۹	CaF_2 (%)	۹۰ -۹۵
S (%)	کمتر از ۰/۳	H_2O (%)	کمتر از ۳
صنعت سرامیک (کمک‌ذوب)			
SiO_2 (%)	۴/۷۵	$CaCO_3$ (%)	۱۲/۲۵
S (%)	۱	CaF_2 (%)	۸۱
$Al_2o_3+Fe_2O_3$		۱ درصد	

1- Appochromatic

ادامه جدول ۷-۳- مشخصات فلوئورین مورد استفاده در صنایع مختلف و حدود مجاز آن‌ها

صنایع شیمیایی (تهیه اسید فلوئوریدریک)			
SiO_2(%)	حداکثر ۱	CaF_2 (%)	۹۸-۹۵/۵
S (%)	حداکثر ۰/۰۵	H_2O (%)	حداکثر ۰/۰۵
تجزیه سرندی	۲ درصد روی الک ۰/۱۴۹ mm (۱۱۰ مش)، ۱۳ درصد روی الک ۰/۰۷۴ mm (۲۰۰ مش)، ۵۵ درصد عبوری از الک ۰/۰۴۴ mm (۳۲۵ مش)		

فصل هشتم

فهرست خدمات اکتشافی بر اساس مدل‌های توصیفی

۸-۱- آشنایی

در ابتدای این فصل لازم است مدل‌های توصیفی انواع ذخایر باریت، بنتونیت، زئولیت، سلستین، سیلیس، فلدسپار، فلوئورین آورده شود. جداول ۸-۱ تا ۸-۷ مدل‌های توصیفی انواع مختلف این ذخایر را نشان می‌دهند. در ادامه فهرست خدمات اکتشافی مواد معدنی مذکور در مراحل چهارگانه اکتشافی ارایه می‌شود.

جدول ۸-۱- مدل‌های توصیفی انواع مختلف ذخایر باریت

ویژگی	ذخایر رگه‌ای	ذخایر پسماندی	ذخایر لایه‌ای
توصیف ذخیره	ذخایر رگه‌ای یا پرکننده فضاهای خالی به صورت رگه‌های در حد سانتی‌متر تا چندین متر، طول حدود چند ده تا چند صد متر	حاصل هوازدگی شدید ذخایر قبلا تشکیل شده به صورت ذرات در مقیاس میکروسکوپی تا قلوه‌های نامنظم بی‌شکل به وزن چند ده کیلوگرم، عمق و ضخامت بین ۳ تا حداکثر ۴۵ متر	ذخایر با سنگ میزبان رسوبی به صورت لایه‌ای یا عدسی شکل به ضخامت چند ده متر و به طول چند کیلومتر
جایگاه تکتونیکی	مناطق درون قاره‌ای با فعالیت‌های آذرین، به ویژه آذرین جوان	مناطق درون قاره‌ای و حاشیه قاره‌های قدیمی	مناطق درون قاره‌ای یا حاشیه قاره‌ها و حوزه‌های دریایی کنترل شده با گسل
جایگاه زمین‌شناسی	مناطق آذرین- رسوبی که محلول‌های گرمابی حاصل از فعالیت‌های آذرین در محل شکستگی‌ها جریان پیدا می‌کنند.	مناطق پست با هوازدگی شدید	نواحی عمیق مجاور ریفت اقیانوسی تا نواحی کم‌عمق حوضه‌های رسوبی
گسترش زمانی	در تمام ادوار زمین‌شناسی به ویژه ترشیری	در تمام ادوار زمین‌شناسی	از پرکامبرین تا ترشیری با بیشترین تراکم در پالئوزوییک میانی
سنگ میزبان	عمدتا در سنگ‌های رسوبی کربناته، دولومیت و شیل	سنگ‌های کربناته و رسی هوازده	شیل‌های آلی و سیلیسی، سیلتستون، چرت، توربیدایت، ماسه‌سنگ، آهک و دولومیت
شکل ذخایر	دارای شکل پیچیده به دلیل نقش شکستگی‌ها در تمرکز باریت	تابع شکل ذخیره اولیه	به صورت لایه‌ای تا عدسی شکل به ضخامت چندین متر (تا حد ۴۵ متر) و طول چند کیلومتر
ساخت و بافت	به صورت رگه‌ای و پرکننده فضای خالی	بافت‌های تیغه‌ای، فیبری، توده‌های ریزبلور متراکم	لایه‌ای، لامینه‌دار تا توده‌ای، به صورت نودول، برشی و در صورت دگرگونی با تبلور مجدد
کانی اقتصادی	باریت	باریت	باریت
باطله	فلوئورین، کلسیت، کوارتز و سولفیدهای فلزات پایه	چرت، ژاسپیروئید، کوارتز دودی، پیریت، اسفالریت، گالن و قطعاتی از سنگ‌های نیمه‌هوازده و کانی‌های رسی گروه ایلیت	کوارتز، کانی رسی، مواد آلی، کلسیت، دولومیت، چرت و سولفیدهای فلزات پایه

ادامه جدول ۸-۱- مدل‌های توصیفی انواع مختلف ذخایر باریت

ویژگی	ذخایر رگه‌ای	ذخایر پسماندی	ذخایر لایه‌ای
دگرسانی	ناشی از واکنش سنگ دیواره و سیال گرمابی عموما به صورت جانشینی	دگرسانی سنگ میزبان عمدتا به صورت تشکیل کانی‌های رسی	دگرسانی شاخص ندارد. در برخی موارد سریسیتی شدن
هوازدگی	در صورت هوازدگی شدید ذخایر پسماندی تشکیل می‌شود.	هوازدگی شدید سنگ‌های میزبان	رخنمون‌های وسیع باریت زون‌های فاقد گیاه[1] را به وجود می‌آورد.
کنترل‌کننده‌ها	کنترل‌کننده ساختمانی (شکستگی‌ها، درزه‌ها، گسل‌ها و ساخت‌های انحلالی)	عوامل کنترل‌کننده شدت و گسترش هوازدگی نظیر میزان بارندگی، دما و واکنش‌های شیمیایی	کنترل به وسیله گسل‌های گرابن‌ها، گسل‌های هم‌زمان با رسوب‌گذاری
معیار زمین‌شناسی	فعالیت‌های آذرین در محیط‌های رسوبی، فعالیت‌های آذرین درون قاره‌ای همراه با عملکرد شدید تکتونیکی	مناطق هموار و پست و هوازده	محیط رسوبی و تکتونیک، نزدیکی با ذخایر رسوبی با سنگ میزبان شیل
معیار ژئوفیزیکی	مورد استفاده ندارد.	مورد استفاده ندارد.	به ندرت روش گرانی‌سنجی
معیار ژئوشیمیایی	وجود باریت در مطالعات کانی سنگین، عیار بالای فلزات پایه در مطالعات ژئوشیمیایی	وجود باریت در مطالعات کانی سنگین، عیار بالای فلزات پایه در مطالعات ژئوشیمیایی	غنی‌شدگی حوضه از باریم، استرانسیم و سریم، غلظت بالای فلزات پایه در سنگ‌ها و رسوبات آبراهه‌ای، حضور باریت در کانی سنگین

1- Killer Zone

جدول ۸-۲- مدل‌های توصیفی انواع مختلف ذخایر بنتونیت

ویژگی	ذخایر بنتونیت گرمابی	ذخایر بنتونیت رسوبی
توصیف ذخیره	تشکیل در شرایط خاص، ترکیب محلول گرمابی شامل سیلیس بیش از حد اشباع از کوارتز و دمای بالا سنگ مادر مناسب این ذخایر کوچک توف‌های داسیتی، تراکیتی و ریولیتی غنی از پتاسیم و کلسیم	تشکیل از خاکسترهای آتشفشانی ریولیتی تا داسیتی برجا مانده در محیط‌های دریاچه‌ای قلیایی و تبدیل تدریجی به لایه‌های همراه توف یا خاکستر
جایگاه تکتونیکی	مناطق با فعالیت‌های آتشفشانی شدید و فعالیت‌های درونی کم‌عمق (ساب ولکانیک) جوان	حوضه‌های رسوبی دریایی با تامین ورودی‌های آذرآواری
جایگاه زمین‌شناسی	توده‌های نامنظمی از اسمکتیت خالص احاطه شده به وسیله مواد آذرین یا وجود مواد رسی در داخل مواد آذرین سطح تماس تدریجی بین توده و سنگ آذرین	همراهی با لایه‌های منشا دریایی خصوصا ماسه‌های گلوکونیتی، سنگ آهک، شیل یا مارن سطح تماس کاملا مشخص با لایه‌های پایینی اما همراه با تغییر تدریجی به لایه‌های بالایی تغییر ضخامت لایه‌های بنتونیت در حد چندین سانتی‌متر تا چندین متر
گسترش زمانی	مزوزوییک- سنوزوییک	از پالئوزوییک بالایی تا پلیستوسن و عهد حاضر با فراوانی مشخص در کرتاسه بالایی و ترشیری خصوصا میوسن
سنگ میزبان	معمولا آذرین	سنگ‌های آذرآواری (توفیت‌ها)
شکل ذخایر	نامنظم، پوششی	لایه‌ای
ساخت و بافت	حفظ بافت سنگ آذرین مادر	بافت‌های شیشه‌ای خرد شده و سایر ساختارهای به ارث رسیده از سنگ مادر
کانی اقتصادی	اسمکتیت	اسمکتیت- مونتموریلونیت
باطله	سیلیس	زئولیت و کانی‌های باقی‌مانده از سنگ مادر
دگرسانی	گرمابی، جانشینی	دگرسانی برجا (خصوصا در محیط‌های دریایی کم‌عمق)
هوازدگی	هوازدگی سطحی تاثیر چندانی در تشکیل بنتونیت ندارد.	هوازدگی باعث ایجاد رنگ زرد در بنتونیت می‌شود.
کنترل‌کننده‌ها	کنترل‌کننده ساختمانی	ترکیب شیمیایی خاکستر مادر به ویژه میزان سیلیس و منیزیم
معیار زمین‌شناسی	ایجاد رس‌ها دور از نهشته‌های فلزات پایه توسط دگرسانی گرمابی در مناطق چشمه‌های آبگرم وجود زون‌بندی در دگرسانی	بافت Popcorn و وجود ندول‌های مشخصی از بنتونیت‌های آبی رنگ
معیار ژئوفیزیکی	تشخیص زون‌های دگرسانی رسی توسط روش‌های سنجش از دور	تشخیص زون‌های دگرسانی رسی به وسیله روش‌های سنجش از دور
معیار ژئوشیمیایی	آنومالی‌های فلزات پایه و عناصر همراه با کانی‌سازی اپی‌ترمال (بررسی مناطق اطراف نهشته‌های فلزات پایه هیدروترمالی و چشمه‌های آبگرم)	-

جدول ۸-۳- مدل‌های توصیفی انواع مختلف ذخایر زئولیت

ویژگی	رسوبی در سیستم‌های هیدرولوژیکی بسته	رسوبی در سیستم‌های هیدرولوژیکی باز	دگرگونی تدفینی (دیاژنز تدفینی)	گرمابی	بخش‌های ژرف دریا	خاک‌ها و نهشته‌های سطحی
توصیف ذخیره	تبلور از طریق واکنش بین شیشه‌های آتشفشانی با آب شور محبوس در حین رسوب‌گذاری دریاچه‌ای	تبلور در سکانس‌های آذرآواری غیردریایی (اغلب رودخانه‌ای و دریاچه‌ای)	تبلور از طریق افزایش دمای قابل ملاحظه در ردیفی ستبر (تا ۱۲ کیلومتر) از سنگ‌های آتشفشانی یا آتشفشانی تخریبی در مقیاسی گسترده	تبلور در ارتباط با دگرسانی نوع هیدروترمالی و خصوصا با چشمه‌های آبگرم	تبلور از طریق تاثیر مایعات درگیر شور موجود در تخلخل سنگ‌ها بر روی شیشه‌های آتشفشانی تشکیل کلینوپتیولیت و فیلیپسیت در عمق ۴۰۰ تا ۷۰۰ متری کف اقیانوس آرام و آنالسیم، اریونیت و موردنیت در اقیانوس‌های هند و آرام	تمرکز از طریق تبخیر و انتقال کربنات و بی‌کربنات سدیم نزدیک سطح زمین در آب و هوای خشک و نیمه‌خشک و pH بالا نهشته‌های پراکنده با ارزش اقتصادی پایین
جایگاه تکتونیکی	حوضه‌های هیدرولوژیکی بسته در مناطق گسلی یا در طول دره‌های ریفتی	تنوع حوضه‌های غیردریایی در مناطق آتشفشانی	حوضه‌های کششی با رسوب‌گذاری شدید آذرآواری	محیط‌های گرمابی نواحی ژئوترمال فعال	حوضه‌های دریایی عمیق	نواحی قاره‌ای
جایگاه زمین‌شناسی	محیط رسوب‌گذاری ناحیه‌ای در حاشیه حوضه‌های رسوبی با ورودی مواد سیلیسی و شیشه‌های‌آتشفشانی، آب دریاچه‌های شور غنی از کربنات یا بی‌کربنات سدیم با pH حدود ۹ یا بالاتر	اغلب محیط‌های دریاچه‌ای با چرخش آب‌های زیرزمینی	سکانس‌هایی از سنگ‌های آتشفشانی ضخیم در ناودیس‌های عمیق	در محیط‌های گرمابی نواحی ژئوترمال فعال و مناطق مرتبط با کانی‌سازی سولفیدی	عمق‌های متوسط و دمای پایین و عمق‌های‌کمی بیشتر (۷۰۰- ۴۰۰) و دمای بالاتر	خاک‌های ناشی از فرسایش نهشته‌های آذرآواری
گسترش زمانی	پالئوزوییک پسین تا عهد حاضر با فراوانی بیشتر در سنوزوییک	از مزوزوییک تا هولوسن ولی اغلب سنوزوییک	مزوزوییک سنوزوییک	سنوزوییک	مزوزوییک سنوزوییک	سنوزوییک
سنگ میزبان	توف‌های شیشه‌ای ریولیتی تا داسیتی	توف‌هایی با دامنه ترکیبی وسیع از ریولیت تا داسیت، تراکیت تا فنولیت و بازالت تا بازانیت	سنگ‌های آذرآواری (توف و خاکستر) دگرگون شده	سنگ‌های آتشفشانی و آذرآواری	تفراهای سیلیسی و بازالت‌های فقیر از سیلیس	خاک‌های ناشی از هوازدگی رسوبات آتشفشانی

ادامه جدول ۸-۳- مدل‌های توصیفی انواع مختلف ذخایر زئولیت

ویژگی	رسوبی در سیستم‌های هیدرولوژیکی بسته	رسوبی در سیستم‌های هیدرولوژیکی باز	دگرگونی تدفینی (دیاژنز تدفینی)	گرمابی	بخش‌های ژرف دریا	خاک‌ها و نهشته‌های سطحی
ساخت و بافت	دارای منطقه‌بندی جانبی از زئولیت و کانی‌های سیلیکاتی همراه	منطقه‌بندی کم و بیش قائم از زئولیت‌ها و کانی‌های سیلیکاتی	منطقه‌بندی قائمی از زئولیت‌ها با افزایش دما، فشار و درجه حرارت دگرگونی	زون‌بندی قائم از تجمع کانی‌های متوالی مطابق با افزایش دما	جانشینی	بافت‌های ناشی از هوازدگی
شکل ذخایر	ضخامت توف‌های زئولیت‌دار از ۱۰ سانتی‌متر تا ۱۰ متر و گسترش سطحی آن‌ها از ده‌ها کیلومتر مربع تا صدها کیلومتر مربع	ضخامت چندمتر تا چند هزار متر و مساحتی در حدود چند کیلومتر مربع	افق‌های گسترده در یال‌های سینکلینال‌ها	رگه‌ای- پوششی در گستره زون‌های دگرسانی	لایه‌ای با گسترش زیاد	افق‌های نامنظم پوششی با ضخامت نامنظم
کانی اقتصادی	آنالسیم، شابازیت، کلینوپتیولیت، اریونیت، مردنیت، فیلیپسیت	شابازیت، کلینوپتیولیت، موردنیت، فیلیپسیت	زئولیت‌های متخلخل (کلینوپتیولیت و موردنیت)	کلینوپتیولیت و موردنیت	کلینوپتیولیت و فیلیپسیت	فیلیپسیت، شابازیت، ناترولیت، آنالسیم
باطله	مخلوط لایه‌ای از ایلیت- اسمکتیت، اپال، کوارتز، فلدسپات پتاسیک، کلسیت، بیوتیت آذرین، پلاژیوکلاز سدیک، سانیدین، هورنبلند و شیشه‌های آتشفشانی غیر فعال	مخلوط لایه‌ای از ایلیت- اسمکتیت، اپال، کوارتز، کلسیت، قطعات سنگ‌های آتشفشانی و مواد شیشه‌ای غیرفعال	مخلوط لایه‌ای از کانی‌های رسی، سیلیس آمورف، سنگ‌های آذرآواری غیرفعال	کانی‌های رسی، سیلیس	کانی‌های آواری، سیلیس، کانی‌های رسی	سیلیس و کانی‌های رسی
دگرسانی	دگرسانی جانشینی، جانشینی زئولیت‌های آلکالی و سیلیسی به وسیله آنالسیم و فلدسپات پتاسیک	تبدیل توف‌های زئولیتی به مجموعه‌ای از فلدسپات‌های آلکالن و کوارتز	حرارت کم (تبلور زئولیت)	دگرسانی سیلیسی رسی	جانشینی رسوبات دریایی به وسیله زئولیت‌ها	

ادامه جدول ۸-۳- مدل‌های توصیفی انواع مختلف ذخایر زئولیت

ویژگی	رسوبی در سیستم‌های هیدرولوژیکی بسته	رسوبی در سیستم‌های هیدرولوژیکی باز	دگرگونی تدفینی (دیاژنز تدفینی)	گرمابی	بخش‌های ژرف دریا	خاک‌ها و نهشته‌های سطحی
هوازدگی	مقاوم در برابر هوازدگی ایجاد لکه‌های محلی زرد تا قهوه‌ای از اکسیدهای آهن آب‌دار	مقاوم در برابر هوازدگی ایجاد لکه‌های قهوه‌ای و زرد رنگ در اثر هیدراته شدن اکسیدهای آهن	کانی‌های رسی و فلدسپارهای هوازده			
کنترل‌کننده‌ها	ابعاد بلورها و ذرات، نفوذپذیری توف سیلیسی میزبان، شیشه‌های آتشفشانی غنی از عناصر قلیایی، شوری و pH محلول‌ها	اندازه دانه‌ها و نفوذپذیری توف میزبان، آهنگ جریان رو به پایین آب‌های جوی در سیستم هیدرولیکی باز، حل شدن مواد شیشه‌ای به وسیله آب‌های زیرزمینی	همبستگی شدید زون‌های به وجود آمده به وسیله افزایش عمق با دما، فشار و درجه دگرگونی	دما، ترکیب شیمیایی سنگ میزبان و نفوذپذیری آن، ترکیب سیالات ژئوترمال، سن ناحیه ژئوترمال و سنگ میزبان	عمق دریا و دما	شرایط اقلیمی (دما، رطوبت، تخلخل و نفوذپذیری، سطح آب‌های زیرزمینی)
معیار زمین‌شناسی	پیدایش چرت، منطقه‌بندی متحدالمرکز و تبدیل تدریجی از جانب به طرف مرکز حوضه (از شیشه‌های آتشفشانی به زئولیت‌های سیلیسی غنی از عناصر قلیایی و سپس آنالسیم و فلدسپات پتاسیک در بخش مرکزی حوضه	وجود منطقه‌بندی زئولیت‌ها و کانی‌های سیلیکاتی در سکانس‌های توفی ضخیم خصوصا توف‌های سیلیسی نئوژن شکل گرفته در خشکی، منطقه‌بندی قائم از بالا به پایین شامل مواد دگرسان نشده شیشه‌ای، اسمکتیت تا کلینوپتیولیت، موردنیت، اوپال تا آنالسیم، فلدسپات پتاسیک، کوارتز، آلبیت و کوارتز	به ترتیب با افزایش عمق، وجود زون‌هایی از خاکستر تازه، کلینوپتیولیت آلکالی، کلینوپتیولیت– موردنیت، آنالسیم و آلبیت	گسترش در زون‌های دگرسان‌شده در سیستم‌های گرمابی و فعالیت چشمه‌های آبگرم	تشکیل در دمای پایین و جانشینی بیش از ۸۰ درصد رسوبات دریایی	زون‌های هوازدگی سطحی
معیار ژئوفیزیکی	تصاویر رنگی حاصل از برداشت‌های هوایی با اسکنر چند طیفی برای تشخیص نوع دگرسانی	تصاویر رنگی تهیه شده به وسیله برداشت‌های هوایی چند طیفی برای شناسایی توف‌های زئولیتی	تشخیص نوع دگرسانی با روش‌های سنجش از دور	تشخیص نوع دگرسانی با روش‌های سنجش از دور	تشخیص نوع دگرسانی با روش‌های سنجش از دور	تشخیص نوع دگرسانی با روش‌های سنجش از دور
معیار ژئوشیمیایی	محیط دریاچه‌ای غنی از کربنات– بی‌کربنات سدیم غنی از عنصر بر	نامشخص است.	–	–	–	–

جدول ۸-۴- مدل‌های توصیفی انواع مختلف ذخایر سلستین

ویژگی	کانسارهای رسوبی		کانسارهای گرمابی
	دیاژنتیک	اپی‌ژنتیک	
توصیف ذخیره	تشکیل در واحدهای سولفاتی-کربناتی، حین رسوب‌گذاری کربنات‌ها و سولفات‌ها	تاثیر آب‌های زیرزمینی بر نهشته‌های حاوی استرانسیوم، ورود استرانسیم به صورت محلول در آب‌ها و رسوب‌گذاری تحت شرایط معین	تشکیل به هنگام فعالیت‌های گرمابی هم‌زمان با ته‌نشینی رسوبات
جایگاه تکتونیکی	حوضه‌های رسوبی درون‌قاره‌ای	حوضه‌های رسوبی درون‌قاره‌ای	حوضه‌های رسوبی درون‌قاره‌ای
جایگاه زمین‌شناسی	افزایش مقدار متوسط استرانسیم در یک توالی رسوبی مربوط به حوضه‌های شور تبخیری از کربنات‌ها به سمت سولفات‌ها و در ادامه کاهش در رسوبات هالوژنی	تشکیل ژئودها و رگه‌های سلستین در دولومیت و مارن	حوضه‌های رسوبی با عملکرد بروندم‌های گرمابی همزمان با رسوب‌گذاری
گسترش زمانی	کرتاسه بالایی، اولیگوسن، پالئوژن	مزوزوییک- پالئوژن	عمدتا سنوزوییک
سنگ میزبان	سنگ آهک، سنگ آهک دولومیتی، دولومیت، ژیپس و انیدریت	دولومیت و مارن	سنگ‌های رسوبی
شکل ذخایر	لایه‌ای	به صورت پراکنده و نامنظم در سنگ‌های میزبان به حالت گرهکی	لایه‌ای نامنظم (چینه‌کران)
ساخت و بافت	ساخت‌های رسوبی	ژئود، رگه و گرهکی	ساخت‌های رسوبی
کانی اقتصادی	سلستین	سلستین	سلستین
باطله	کانی‌های تبخیری	کربنات‌ها	فلوئوریت، باریت، کلسیت، سولفیدهای سرب و روی و استرانتیانیت
کنترل‌کننده‌ها	جایگزینی ایزومرفی استرانسیم در سنگ‌های سولفاتی ـ کربناتی در اثر تبخیر آب‌های حوضه رسوبی	یون سولفات، ترکیب آب	حجم و گسترش بروندم‌ها
معیار زمین‌شناسی	حوضه‌های رسوبی محدود درون‌قاره‌ای با رسوب‌گذاری تبخیری و سنگ‌های کربناتی پوشیده شده به وسیله ژیپس	سنگ‌های آهکی که در ابتدا بخشی از آن به صورت آراگونیت ته‌نشین شده‌اند.	فعالیت گرمابی هم‌زمان با رسوب‌گذاری حوضه‌های رسوبی درون‌قاره‌ای
معیار ژئوشیمیایی	آنومالی استرانسیوم و برم	آنومالی استرانسیوم و برم	آنومالی استرانسیوم و برم

جدول ۸-۵- مدل‌های توصیفی انواع مختلف ذخایر سیلیس

ویژگی	کانسارهای سیلیس رسوبی	سیلیس رگه‌ای پگماتیتی	سیلیس رگه‌ای گرمابی	کوارتزیت‌ها	کانسارهای ناشی از تجمع قلوه سنگ‌ها و ماسه‌های دریایی
توصیف ذخیره	سنگی رسوبی با درصد سیلیس بالا، همگن، ریزدانه، سخت و متراکم، مشابه چرت اما با سطح شکست زبر، رنگ از سفید تا خاکستری، قهوه‌ای روشن	سنگ‌های تشکیل شده در ارتباط با نفوذ گرانیت‌ها	سنگ‌های تشکیل شده در ارتباط با نفوذ گرانیت‌ها	تشکیل از طریق دگرگونی ماسه‌سنگ‌ها	سنگ رسوبی متشکل از دانه‌های کوارتز و سیمان بین ذرات ضخامت ذخایر بین ۳ تا ۸۵ متر است.
جایگاه تکتونیکی	حوضه‌های رسوبی با رسوب‌گذاری تخریبی	مناطق تکتونیکی مناسب برای جایگزینی توده‌های گرانیتی	مناطق تکتونیکی مناسب برای جایگزینی توده‌های گرانیتی	زون‌های دگرگونی ناحیه‌ای	-
جایگاه زمین‌شناسی	توالی‌های تخریبی کم‌عمق با رسوب‌گذاری کوارتز با دانه‌بندی همگن یا تدریجی	نفوذی‌های با آهنگ تفریق بالا و تکامل فرآیند تشکیل پگماتیت ساده یا پیچیده	شیرابه‌های سیلیسی گرمابی به صورت رگه، رگچه و زون‌های سیلیسی	زون‌های دگرگونی ناحیه‌ای یا دینامیکی به صورت کوارتزیت‌های سفید تا صورتی رنگ	رخساره‌های کم‌عمق کنار دریا و تجمعات گلوله‌های سیلیسی در بستر رودخانه‌ها
گسترش زمانی	پالئوزوییک زیرین تا سنوزوییک	پرکامبرین تا ژوراسیک (زمان تشکیل سنگ مادر)	پرکامبرین تا ژوراسیک (زمان تشکیل سنگ مادر)	پرکامبرین تا سیلورین	-
سنگ میزبان	ماسه‌سنگ، شیل	رسوبی، آذرین یا دگرگونی	رسوبی، آذرین یا دگرگونی	سنگ‌های دگرگونی توالی‌های دگرگونی ناحیه‌ای	آبرفت‌ها
شکل ذخایر	لایه‌های با ضخامت چند متر تا چند ده متر با پیوستگی زیاد	رگه‌ای، توده‌ای و عدسی	رگچه، رگه و زون‌های سیلیسی	لایه‌ای تا توده‌ای	لایه‌های ضخیم کنگلومرا (۱۵ تا ۹۰ متر) یا عدسی‌هایی از قلوه‌های گرد کوارتز
ساخت و بافت	چینه‌بندی دانه تدریجی، چلیپایی با سطح شکست نامسطح	دارای زوناسیون در پگماتیت‌های پیچیده، بافت پگماتیتی، گرافیک و مواردی میرمکیتی	بافت‌های پرکننده فضای خالی، بافت نواری، استوک‌ورک و نسل‌های مختلفی از رشد بلورهای کوارتز و سیلیس آمورف	بافت‌های رسوبی باقیمانده در کوارتزیت‌ها، بافت موزاییکی و خاموشی موجی	بافت تخریبی با ماتریکس متفاوت، با دانه‌بندی‌های تدریجی، متقاطع با گردشدگی و جورشدگی‌های متفاوت

ادامه جدول ۸-۵- مدل‌های توصیفی انواع مختلف ذخایر سیلیس

ویژگی	کانسارهای سیلیس رسوبی	سیلیس رگه‌ای پگماتیتی	سیلیس رگه‌ای گرمابی	کوارتزیت‌ها	کانسارهای ناشی از تجمع قلوه سنگ‌ها و ماسه‌های دریایی
کانی اقتصادی	کوارتز	کوارتز، فلدسپات و میکا	کوارتز سیلیس آمورف	کوارتز	دانه‌های کوارتزی و سنگ‌های آذرین، دگرگونی و یا رسوبی
باطله	کانی‌های رسی، کربنات‌های و اکسیدهای آهن	فلدسپات، میکا	کانی‌های سولفیدی	میکا و کربنات‌ها	ناخالصی‌های فلدسپات، کانی‌های سنگین مانند ایلمنیت و کیانیت
دگرسانی	-	سریسیتی شدن یا کلریتی شدن سنگ دیواره	سریسیتی شدن یا کلریتی شدن سنگ دیواره	-	-
هوازدگی	-	هوازدگی فلدسپات‌ها	-	-	-
کنترل‌کننده‌ها	بافت مشخص سنگ	وجود انکلوزیون‌های سیالی، میزان کلریت	وجود انکلوزیون‌های سیالی، میزان کلریت	اندازه ذرات، نوع سیمان بین آن‌ها، ترکیب شیمیایی ماسه‌سنگ اولیه و شدت دگرگونی	مکانیزم هوازدگی و مسافت حمل
معیار زمین‌شناسی	حوضه‌های رسوبی کم‌عمق با نهشته‌های غالب تخریبی	رگه‌های درون و حاشیه توده‌های آذرین اسید	رگه‌های درون و حاشیه توده‌های آذرین اسید	زون‌های دگرگونی ناحیه‌ای	قرارگیری ماسه‌سنگ‌های قدیمی روی سطح فرسوده
معیار ژئوفیزیکی	-	رادیومتری در صورت وجود مواد رادیواکتیو	ژئوالکتریک در صورت وجود کانی‌های سولفیدی	-	-
معیار ژئوشیمیایی	-	کانی‌های سنگین	کانی‌های سنگین و آنومالی احتمالی فلزات پایه و قیمتی	-	-

جدول ۸-۶- مدل‌های توصیفی انواع مختلف ذخایر فلدسپار

ویژگی	پگماتیت‌ها	آپلیت (تعبیر تجارتی)	گرانیت‌ها	ماسه‌های مخلوط کوارتز و فلدسپار
توصیف ذخیره	ترکیب شیمیایی مشابه گرانیت‌ها عدسی‌های کوچک تا نهشته‌هایی با طول و عمق چند صد متر و حدود چند ده متر عرض	سنگ‌های گرانیتی رنگ صورتی ریزبلور با بخش عظیمی از فلدسپار پتاسیم، پلازیوکلاز سدیک و کوارتز	سنگ‌های آذرین درونی دانه متوسط با تشکیل دهنده اصلی فلدسپار و کوارتز	پیدایش معمولا به صورت ماسه‌های ساحلی، تلماسه‌ها (تپه‌های ماسه‌ای) و ماسه‌های رودخانه‌ای با درصد بالای فلدسپار
جایگاه تکتونیکی	مناطق مستعد گرانیت‌زایی	مناطق مستعد گرانیت‌زایی	مناطق مستعد گرانیت‌زایی	حوضه‌های رسوبی جدید
جایگاه زمین‌شناسی	زون‌های حاشیه‌ای توده‌های گرانیتی و تغییر تدریجی پگماتیت‌های حاوی کانه به رگه‌های کوارتز	زون‌های حاشیه‌ای و سقف توده‌های گرانیتی	گرانیت‌های غنی از فلدسپار محصول تفریق پیوسته یا نوع S	مناطق فرسایشی با فاصله حمل کم نسبت به توده‌های نفوذی اسیدی منشا
گسترش زمانی	تمام ادوار زمین‌شناسی	تمام ادوار زمین‌شناسی	تمام ادوار زمین‌شناسی	کواترنری
سنگ میزبان	سنگ‌های آذرین اسیدی	سنگ‌های آذرین اسیدی	سنگ‌های آذرین اسیدی	سنگ‌های تخریبی
شکل ذخایر	دایک	دایک	توده‌ای	لایه‌ای
ساخت و بافت	بافت پگماتیتی گاهی با بلورهای بسیار درشت	بافت دانه‌شکری (آپلیتی)	بافت‌های تمام بلورین	بافت و ساخت تخریبی با میزان حمل کم
کانی اقتصادی	فلدسپار و گاهی فلورین، بریل، اسپودومن، لیتیوم، بر، فسفات، گرافیت	فلدسپار و کوارتز	فلدسپار و کوارتز	فلدسپار و کوارتز
باطله	کوارتز و میکا	کوارتز	کوارتز، میکا	کوارتز، کانی‌های سنگین
دگرسانی	جانشینی هیدروترمالی در پگماتیت‌های پیچیده	کائولینیتی شدن	کائولینیتی شدن	تبدیل به رس کائولینی در اثر دگرسانی
هوازدگی	کانی‌های رسی	کانی‌های رسی	کانی‌های رسی	کانی‌های رسی
کنترل‌کننده‌ها	تکتونیکی، ساختمانی و شیمیایی	تکتونیکی، ساختمانی و شیمیایی	تکتونیکی، ساختمانی و شیمیایی	شیمیایی
معیار زمین‌شناسی	توده‌های آذرین درونی با ترکیب اسیدی	توده‌های آذرین درونی با ترکیب اسیدی	توده‌های آذرین درونی با ترکیب اسیدی	توده‌های هوازده نزدیک به حوضه‌های رسوبی

ادامه جدول ۸-۶- مدل‌های توصیفی انواع مختلف ذخایر فلدسپار

ویژگی	پگماتیت‌ها	آپلیت (تعبیر تجارتی)	گرانیت‌ها	ماسه‌های مخلوط کوارتز و فلدسپار
معیار ژئوفیزیکی	مغناطیس‌سنجی و رادیومتری هوابردی در صورت وجود کانی‌های مغناطیسی و یا رادیواکتیو	مغناطیس‌سنجی و رادیومتری هوابردی در صورت وجود کانی‌های مغناطیسی و یا رادیواکتیو	مغناطیس‌سنجی و رادیومتری هوابردی در صورت وجود کانی‌های مغناطیسی و یا رادیواکتیو	
معیار ژئوشیمیایی	روش‌های لیتوژئوشیمیایی	روش‌های لیتوژئوشیمیایی	روش‌های لیتوژئوشیمیایی	کانی سنگین

جدول ۸-۷- مدل‌های توصیفی انواع مختلف ذخایر فلوئورین

ویژگی	رگه‌های شکافه پرکن	نهشته‌های چینه‌سان	نهشته‌های جانشینی	ذخایر استوک‌ورک	نهشته‌های حاشیه کمپلکس‌های کربناتیتی و سنگ‌های آلکالن	تمرکزهای برجا ناشی از هوازدگی ذخایر اولیه
توصیف ذخیره	به صورت رگه‌ای در سنگ‌های میزبان تکتونیزه با عیار فلوئورین در بخش‌های قابل استخراج رگه‌ها معمولا بین ۲۵ تا ۸۰ درصد	به صورت لایه‌ای در بین توالی‌های کربناته و به ندرت شیل و ماسه‌سنگ با حداقل عیار قابل قبول ۱۵ درصد	به صورت جانشینی در سنگ‌های کربناته و به ندرت در مجاورت نفوذی‌های اسیدی	به صورت کانی‌سازی با عیار کم در زون‌های خرد شده و برشی که منجر به تشکیل ذخایر دارای وسعت زیاد و عیار کم می‌شود.	شکل‌گیری در سنگ‌آهک‌ها و کوارتزیت‌ها و دگرگونی تحت اثر سنگ کمپلکس‌های آذرین	تشکیل در بقایای رسی و ماسه‌ای حاصل از هوازدگی سطحی رگه‌ای
جایگاه تکتونیکی	گسل‌ها یا زون‌های شکستگی	ریفت‌ها و حوضه‌های رسوبی عظیم کربناتی	حوضه‌های رسوبی کربناتی	زون‌های برشی و خرد شده در نواحی قاره‌ای و سیستم‌های کوه‌زایی	مناطق قاره‌ای تحت کشش و مناطق بالاآمدگی جبه	نواحی قاره‌ای تحت فرسایش و هوازدگی
جایگاه زمین‌شناسی	زون‌های خرد شده و تکتونیزه سطحی با سنگ‌های میزبان فعال	حوضه‌های رسوبی با شرایط ته‌نشینی کربنات‌ها، شیل و ماسه‌سنگ	حوضه‌های رسوبی کربناته با شرایط مناسب برای رخداد جانشینی به ویژه دولومیتی شدن	زون‌های برشی رخدادهای تکتونیکی	مناطق دارای فعالیت‌های آذرین تحت اشباع و کمپلکس‌های آذرین آلکالن	نهشته‌های آواری حاصل از هوازدگی شدید بخش‌های فوقانی رگه‌ها تا عمق ۳۰ متر
گسترش زمانی	پالئوزوییک تا سنوزوییک	پالئوزوییک تا سنوزوییک	پالئوزوییک تا سنوزوییک	پرتروزوییک تا سنوزوییک	پروتروزوییک	سنوزوییک

ادامه جدول ۸-۷- مدل‌های توصیفی انواع مختلف ذخایر فلوئورین

ویژگی	رگه‌های شکافه پرکن	نهشته‌های چینه‌سان	نهشته‌های جانشینی	ذخایر استوک‌ورک	نهشته‌های حاشیه کمپلکس‌های کربناتیتی و سنگ‌های آلکالن	تمرکزهای برجا ناشی از هوازدگی ذخایر اولیه
سنگ میزبان	سنگ‌های کربناته و رگه‌های کلسیتی	سنگ‌های کربناته، به ندرت شیل و ماسه سنگ	سنگ‌های کربناته	سنگ‌های آذرین و رسوبی	سنگ‌های کربناته، ماسه‌سنگ، مرمر و در مواردی کربناتیت	کانی‌سازی‌های قدیمی
شکل ذخایر	عدسی‌های جدا شده به وسیله بخش‌های عقیم یا فقیر از نظر کانی‌سازی با طول ۶۰ تا ۳۰۰ و ضخامت ۰/۵ تا ۱۰ متر	لایه‌ای به ضخامت چند سانتی‌متر تا شش متر و گسترش در حد کیلومتر	ایجاد ذخایر عظیم با عیار بالا و با شکل نامنظم	به صورت شبکه‌های استوک‌ورکی به ابعاد حداکثر ۶۰ در ۱۸۰ متر	عدسی‌های کشیده	به صورت پوششی (پتویی)
ساخت و بافت	پرکننده فضای خالی	ویژگی‌های بافتی سنگ مادر نظیر لایه‌بندی به همراه بافت‌های جانشینی کاهش دهنده حجم نظیر دولومیتی شدن و ساختارهای ریزشی در سنگ‌های کربناتی	جانشینی، لایه‌بندی	پرکننده فضای خالی و جانشینی	جانشینی، لایه‌های رسوبی به شدت تکتونیزه	تخریبی
کانی اقتصادی	فلوئورین و گاهی سرب، روی و باریت	فلوئورین	فلوئورین	فلوئورین	فلوئورین	فلوئورین
باطله	کوارتز،کلسیت یا سایر کربنات‌ها، سولفیدهای آهن، سرب و روی و باریت	کانی‌های رسی، کلیست ، دولومیت، کوارتز، گالن، اسفالریت، پیریت، مارکاسیت و سلستین	کلسیت، کوارتز، باریت، دولومیت	کلسیت، باریت و کانی‌های سنگ میزبان	آپاتیت و کوارتز و کانی‌های سنگ میزبان	قطعات تخریبی کانی‌سازی و سنگ میزبان اولیه
دگرسانی	کربناتی شدن و سیلیسی شدن	دولومیتی شدن	کربناتی شدن و سیلیسی شدن	سیلیسی شدن، کربناتی شدن	جانشینی	–
هوازدگی	–	–	–	–	–	ناشی از هوازدگی سطحی یا عمقی کانی‌سازی قبلی
کنترل‌کننده‌ها	کنترل‌کننده ساختمانی شامل گسل‌ها، درزه‌ها و شکستگی‌ها	کنترل‌کننده چینه‌شناختی	کنترل‌کننده چینه‌شناختی	کنترل‌کننده‌های ساختمانی	کنترل‌کننده ساختمانی در مقیاس ناحیه‌ای و منطقه‌ای	شرایط اقلیمی (دما، رطوبت، تخلخل و نفوذپذیری، سطح آب‌های زیرزمینی)

ادامه جدول ۸-۷- مدل‌های توصیفی انواع مختلف ذخایر فلوئورین

ویژگی	رگه‌های شکاف‌پرکن	نهشته‌های چینه‌سان	نهشته‌های جانشینی	ذخایر استوک‌ورک	نهشته‌های حاشیه کمپلکس‌های کربناتیتی و سنگ‌های آلکالن	تمرکزهای برجا ناشی از هوازدگی ذخایر اولیه
معیار زمین‌شناسی	مقاومت بالا در مقابل هوازدگی	مقاومت بالا در مقابل هوازدگی	مقاومت بالا در مقابل هوازدگی	مقاومت بالا در مقابل هوازدگی	مقاومت بالا در مقابل هوازدگی	مقاومت بالا در مقابل هوازدگی
معیار ژئوفیزیکی	ژئوالکتریک در صورت همراهی کانی‌های سولفیدی	ژئوالکتریک در صورت همراهی کانی‌های سولفیدی	ژئوالکتریک در صورت همراهی کانی‌های سولفیدی	ژئوالکتریک در صورت همراهی کانی‌های سولفیدی	-	-
معیار ژئوشیمیایی	اشباع‌شدگی از فلوئور در نقشه‌های هیدروژئوشیمیایی	اشباع‌شدگی از فلوئور در نقشه‌های هیدروژئوشیمیایی	اشباع‌شدگی از فلوئور در نقشه‌های هیدروژئوشیمیایی	اشباع‌شدگی از فلوئور در نقشه‌های هیدروژئوشیمیایی	اشباع‌شدگی از فلوئور در نقشه‌های هیدروژئوشیمیایی	اشباع‌شدگی از فلوئور در نقشه‌های هیدروژئوشیمیایی

۸-۲- مرحله شناسایی

هدف از مرحله شناسایی بررسی عمومی اکتشافی در یک ناحیه برای آثاریابی و تعیین مناطق امیدبخش بر اساس اطلاعات پایه موجود و مشخص کردن نواحی مستعد برای انجام مرحله پی‌جویی است. مطالعات انجام گرفته در این مرحله عمدتا به صورت دفتری است و تنها بازدیدهای صحرایی برای کنترل زمینی انجام می‌گیرد.

۸-۲-۱- طراحی و برنامه‌ریزی

در این مرحله اقدامات زیر باید انجام گیرد:

الف- جمع‌آوری اطلاعات و نقشه‌های زمین‌شناسی ناحیه مورد مطالعه

ب- بررسی نوع کانسار محتمل در منطقه و تعیین مدل زایشی با استفاده از تئوری‌های اکتشافی

پ- برنامه زمان‌بندی متناسب با پیش‌بینی حجم عملیات و هزینه

۸-۲-۲- بررسی و مطالعات دفتری

در این مرحله اقدامات زیر باید انجام گیرد:

الف- مطالعه کلیه گزارش‌ها و کارهای انجام شده قبلی

ب- بررسی نقشه‌های زمین‌شناسی، ژئوشیمیایی، ژئوفیزیکی و توپوگرافی (در صورت وجود)

پ- استفاده از پایگاه داده‌های اطلاعاتی (در صورت وجود)

ت- تهیه نقشه‌های موضوعی بر اساس نقشه‌های موجود و پراکندگی کانسارها

ث- مطالعه نتایج دورسنجی (در صورت وجود)

۸-۲-۳- عملیات صحرایی

در این مرحله اقدامات زیر باید انجام گیرد:

الف- انتخاب مسیرهای پیمایش

ب- بررسی‌های صحرایی و پیاده کردن مسیرهای پیمایش بر روی نقشه‌های پایه

پ- تهیه کروکی شماتیک از پدیده‌های کانی‌ساز

ت- برداشت نمونه به صورت محدود

۸-۲-۴- تلفیق و پردازش داده‌ها

الف- تلفیق نتایج مطالعات دفتری و بازدیدهای صحرایی

ب- بررسی‌های فیزیکی، شیمیایی و کانی‌شناسی نمونه‌های برداشت شده

پ- تعیین مناطق امیدبخش و الویت‌بندی آن‌ها

ت- بررسی‌های عمومی مناطق از نظر راه‌های دسترسی، وضعیت توپوگرافی، شرایط آب و هوایی

ث- ارایه برنامه پی‌جویی و پیش‌بینی هزینه‌ها در مناطق امیدبخش

۸-۲-۵- تهیه گزارش مرحله شناسایی

گزارش مرحله شناسایی باید شامل موارد زیر باشد:

- مقدمه شامل اهداف، کارهای انجام شده قبلی و نظایر آن‌ها
- مشخصات عمومی منطقه شامل موقعیت جغرافیایی، راه‌های دسترسی، وضعیت آب و هوایی، توزیع و پراکندگی جمعیتی
- زمین‌شناسی عمومی شامل زمین‌شناسی، زمین‌ریخت‌شناسی، چینه‌شناسی و تکتونیک
- زمین‌شناسی معدنی شامل زمین‌شناسی واحدهای دارای پتانسیل (کمرپایین، کمربالا، گسترش مکانی)، زمین‌شناسی ساختمانی و ویژگی‌های پتانسیل‌های معدنی
- تجزیه و تحلیل نتایج مطالعات کانی‌شناسی (پراش اشعه ایکس) خواص فیزیکی و تجزیه شیمیایی
- تبیین روش اکتشافی متناسب با ویژگی‌های ذخایر منطقه
- برآورد ذخیره زمین‌شناسی در رده (۳۳۴) بر اساس نشریه "دستورالعمل رده‌بندی ذخایر معدنی" شماره ۳۷۹

۸-۲-۶- پیوست‌های گزارش

مدارک زیر باید به پیوست گزارش مرحله شناسایی ارایه شود:

- نقشه زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۱۰۰،۰۰۰
- نقشه نیمرخ‌های پیمایش سطحی با مقیاس ۱:۵،۰۰۰
- نتایج مطالعات کانی‌شناسی، فیزیکی و شیمیایی

چک‌لیست مطالعات انجام شده در مرحله شناسایی و گزارش مربوطه در جدول ۸-۸ ارایه شده است.

جدول ۸-۸- چک‌لیست مرحله شناسایی

شرح	عملیات	کنترل		
		تایید	بازنگری	تکرار
اطلاعات و مدارک مورد نیاز	– نقشه‌های ۱:۱۰۰،۰۰۰ و ۱:۲۵۰،۰۰۰ زمین‌شناسی – نقشه‌های ژئوشیمی ۱:۱۰۰،۰۰۰ در صورت وجود نهشته‌های فلزات پایه هیدروترمالی و چشمه‌های آبگرم – نقشه‌های ۱:۵۰،۰۰۰ و ۱:۲۵۰،۰۰۰ توپوگرافی – عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای ۱:۵۰،۰۰۰ – نقشه‌های ژئوفیزیکی در صورت وجود مطالعات مقاومت الکتریکی و الکترومغناطیس			
طراحی و برنامه‌ریزی	– بررسی نوع کانسار محتمل در منطقه و مدلسازی با استفاده از تئوری‌های اکتشافی			
بررسی و مطالعات دفتری	– مطالعه کلیه گزارش‌ها و کارهای انجام شده قبلی – بررسی نقشه‌های زمین‌شناسی، ژئوشیمیایی، ژئوفیزیکی و توپوگرافی – استفاده از پایگاه داده‌های اطلاعاتی (در صورت وجود) – تهیه نقشه‌های موضوعی بر اساس نقشه‌های موجود و پراکندگی کانسارها – استفاده از تکنیک‌های دورسنجی			
عملیات صحرایی	– انتخاب مسیرهای پیمایش – بررسی‌های صحرایی و پیاده کردن مسیرهای پیمایش بر روی نقشه‌های پایه – تهیه کروکی شماتیک از پدیده‌های کانی‌ساز – برداشت نمونه به صورت محدود			
تلفیق و پردازش داده‌ها	– تلفیق نتایج مطالعات دفتری و بازدیدهای صحرایی – بررسی‌های فیزیکی، شیمیایی و کانی‌شناسی نمونه‌های برداشت شده – تعیین مناطق امیدبخش و الویت‌بندی آن‌ها – بررسی‌های عمومی مناطق از نظر راه‌های دسترسی، وضعیت توپوگرافی، شرایط آب و هوایی – ارایه برنامه پی‌جویی و پیش‌بینی هزینه آن در مناطق امیدبخش			
تهیه گزارش	– مقدمه شامل اهداف، کارهای انجام شده قبلی و نظایر آن‌ها – مشخصات عمومی منطقه شامل موقعیت جغرافیایی، راه‌های دسترسی، وضعیت آب و هوایی، توزیع و پراکندگی جمعیتی – زمین‌شناسی عمومی شامل زمین‌شناسی، چینه‌شناسی، تکتونیک و زمین‌ریخت‌شناسی – زمین‌شناسی معدنی شامل زمین‌شناسی واحدهای دارای پتانسیل (توف‌های اسیدی، رسوبات دریایی)، زمین‌شناسی ساختمانی و پتانسیل معدنی – تجزیه و تحلیل نتایج مطالعات کانی‌شناسی و تجزیه شیمیایی – تبیین روش اکتشافی متناسب با ویژگی‌های ذخایر منطقه – برآورد ذخیره زمین‌شناسی در رده (۳۳۴)			
پیوست‌های گزارش	– نقشه زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۱۰۰،۰۰۰ – نقشه نیمرخ‌های پیمایش سطحی با مقیاس ۱:۵،۰۰۰ – نتایج مطالعات کانی‌شناسی، فیزیکی و شیمیایی			

۸-۳- مرحله پی‌جویی

هدف از مرحله پی‌جویی بررسی‌های سیستماتیک در مناطق امیدبخش به منظور تعیین محدوده‌های اکتشافی است. در این مرحله مطالعات به صورت سیستماتیک از معیارهای زمین‌شناسی به همراه عملیات صحرایی و انجام حفریات سطحی و کم‌عمق استفاده می‌شود و کلیه اطلاعات مورد نیاز برای طراحی مفهومی ارایه می‌شود.

۸-۳-۱- طراحی و برنامه‌ریزی

در این مرحله اقدامات زیر باید انجام گیرد:

الف- جمع‌آوری و مطالعه کلیه گزارش‌های موجود از جمله گزارش مرحله شناسایی

ب- بررسی نوع کانسار یا کانسارهای محتمل در منطقه و مشخص کردن برنامه پی‌جویی

۸-۳-۲- بررسی و مطالعات دفتری

در این مرحله اقدامات زیر باید انجام گیرد:

الف- مطالعه کلیه گزارش‌ها و کارهای انجام شده قبلی

ب- بررسی نقشه‌های زمین‌شناسی، ژئوشیمیایی، ژئوفیزیکی و توپوگرافی

پ- استفاده از پایگاه داده‌های اطلاعاتی (در صورت وجود)

ت- تهیه نقشه‌های موضوعی بر اساس نقشه‌های موجود و پراکندگی کانسارها

ث- مطالعه نتایج دورسنجی (در صورت وجود)

ج- تعیین محدوده‌هایی که باید از آن‌ها نقشه زمین‌شناسی تهیه شود.

چ- تعیین محل حفریات اکتشافی

۸-۳-۳- عملیات صحرایی و مطالعات آزمایشگاهی

در این مرحله اقدامات زیر باید انجام گیرد:

الف- تهیه نقشه زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۲۵،۰۰۰

ب- تهیه نیمرخ‌های زمین‌شناسی و پیش‌بینی وضعیت احتمالی زون معدنی در عمق

پ- پیاده کردن محل‌های حفاری سطحی (ترانشه و چاهک)

ت- حفر ترانشه و چاهک

ث- برداشت ترانشه‌ها (دیواره و کف) و چاهک‌ها به مقیاس ۱:۱۰۰ تا ۱:۲۰۰

ج- نمونه‌برداری از رخنمون‌های سطحی و حفریات اکتشافی

چ- مطالعات کانی‌شناسی صنعتی، فیزیکی و تجزیه نمونه‌ها

ح- انجام آزمایش‌هایی در مقیاس آزمایشگاهی

۸-۳-۴- تلفیق و پردازش داده‌ها

الف- تلفیق نتایج مطالعات سطحی (نقشه و نیمرخ) با نتایج حفریات اکتشافی

ب- تعیین محدوده زون یا زون‌های اکتشافی و کنترل‌کننده‌های کانی‌سازی

پ- ارزیابی منبع معدنی

ت- تعیین مناطق دارای الویت اکتشافی

ث- بررسی‌های عمومی مناطق دارای الویت اکتشافی از نظر راه‌های دسترسی، وضعیت توپوگرافی و شرایط آب و هوایی

ج- ارایه برنامه اکتشاف عمومی و تعیین زیرساخت‌های مورد نیاز به همراه برآورد هزینه‌ها

۸-۳-۵- تهیه گزارش مرحله پی‌جویی

گزارش مرحله پی‌جویی باید شامل موارد زیر باشد:

- مقدمه شامل اهداف، کارهای انجام شده قبلی و نظایر آن
- مشخصات عمومی منطقه شامل موقعیت جغرافیایی، راه‌های دسترسی، وضعیت آب و هوایی، توزیع و پراکندگی جمعیتی و زیرساخت‌های محدوده‌های اکتشافی
- زمین‌شناسی عمومی شامل زمین‌شناسی، زمین‌ریخت‌شناسی، چینه‌شناسی و زمین‌ساخت
- زمین‌شناسی معدنی شامل زمین‌شناسی واحدهای دارای پتانسیل (کمرپایین، کمربالا و گسترش مکانی)، تعیین گسترش و پیوستگی زون معدنی
- تجزیه و تحلیل نتایج مطالعات کانی‌شناسی صنعتی، فیزیکی، تجزیه شیمیایی و آزمون‌های مقیاس آزمایشگاهی
- تبیین روش اکتشافی متناسب با ویژگی‌ها و نحوه کانی‌سازی با در نظر گرفتن کنترل‌کننده‌های ساختمانی و چینه‌شناسی ذخایر
- برآورد ذخیره زمین‌شناسی در رده (۳۳۳) بر اساس نشریه "دستورالعمل رده‌بندی ذخایر معدنی" شماره ۳۷۹
- مطالعات فرصت‌سنجی بر اساس طراحی مفهومی انجام شده
- نتیجه‌گیری و پیشنهاد ادامه یا توقف عملیات اکتشافی

۸-۳-۶- پیوست‌های گزارش

مدارک زیر باید به پیوست گزارش مرحله پی‌جویی ارایه شود:

- نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۰،۰۰۰ تا ۱:۲۵،۰۰۰
- نقشه زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۲۵،۰۰۰
- نقشه موقعیت حفریات سطحی و محل نمونه‌برداری‌ها
- نیمرخ‌های برداشت ترانشه‌ها وچاهک‌ها به مقیاس ۱:۱۰۰ تا ۱:۲۰۰
- نتایج مطالعات کانی‌شناسی، بررسی فیزیکی و تجزیه شیمیایی
- نتایج آزمایش‌های انجام شده در مقیاس آزمایشگاهی

چک‌لیست مطالعات انجام شده در مرحله پی‌جویی و گزارش مربوطه در جدول ۸-۹ ارایه شده است.

جدول ۸-۹- چک‌لیست مرحله پی‌جویی

شرح	عملیات	کنترل		
		تایید	بازنگری	تکرار
اطلاعات و مدارک مورد نیاز	- نقشه‌های ۱:۲۵،۰۰۰ تا ۱:۱۰۰،۰۰۰ زمین‌شناسی - نقشه‌های ژئوشیمی ۱:۱۰۰،۰۰۰ - نقشه‌های ۱:۵۰،۰۰۰ و ۱:۲۵۰،۰۰۰ توپوگرافی - عکس‌های هوایی و ماهواره‌ای ۱:۵۰،۰۰۰ - نقشه‌های ژئوفیزیکی در صورت وجود مطالعات مقاومت الکتریکی و الکترومغناطیس - نقشه‌های تهیه شده در مرحله شناسایی نظیر نقشه پراکندگی ذخایر و منابع			
طراحی و برنامه‌ریزی	- جمع‌آوری و مطالعه کلیه گزارش‌های موجود از جمله گزارش مرحله شناسایی - بررسی نوع کانسار یا کانسارهای محتمل در منطقه و مشخص کردن استراتژی اکتشافی			
بررسی و مطالعات دفتری	- مطالعه کلیه گزارش‌ها و کارهای انجام شده قبلی - بررسی نقشه‌های زمین‌شناسی، ژئوشیمیایی، ژئوفیزیکی و توپوگرافی - استفاده از پایگاه داده‌های اطلاعاتی (در صورت وجود) - تهیه نقشه‌های موضوعی براساس نقشه‌های موجود و پراکندگی کانسارها - مطالعه نتایج دورسنجی (در صورت وجود) - تعیین محدوده‌هایی که باید از آن‌ها نقشه زمین‌شناسی تهیه شود. - تعیین محل حفریات اکتشافی			
عملیات صحرایی و آزمایشگاهی	- تهیه نقشه زمین‌شناسی با مقیاس۱:۲۵،۰۰۰ - تهیه نیمرخ‌های زمین‌شناسی و پیش‌بینی وضعیت احتمالی زون معدنی در عمق - پیاده کردن محل‌های حفاری سطحی (ترانشه و چاهک) - حفر ترانشه و چاهک - برداشت ترانشه‌ها (دیواره و کف) و چاهک‌ها به مقیاس ۱:۱۰۰ تا ۱:۲۰۰ - نمونه‌برداری از رخنمون‌های سطحی و حفریات اکتشافی - مطالعات کانی‌شناسی صنعتی، بررسی‌های فیزیکی و تجزیه نمونه‌ها - انجام آزمایش‌هایی در مقیاس آزمایشگاهی			
تلفیق و پردازش داده‌ها	- تلفیق نتایج مطالعات سطحی (نقشه و نیمرخ) با نتایج حفریات اکتشافی - تعیین زون یا زون‌های اکتشافی و کنترل‌کننده‌های کانی‌سازی - ارزیابی منبع معدنی - تعیین مناطق دارای الویت اکتشافی			
تهیه گزارش	- مقدمه شامل اهداف، کارهای انجام شده قبلی و نظایر آن - مشخصات عمومی منطقه شامل موقعیت جغرافیایی، راه‌های دسترسی، وضعیت آب و هوایی، توزیع و پراکندگی جمعیتی، زمین‌ریخت‌شناسی و زیر ساخت‌های محدوده‌های اکتشافی - زمین‌شناسی عمومی شامل زمین‌شناسی، چینه‌شناسی و زمین‌ساخت - زمین‌شناسی معدنی شامل زمین‌شناسی واحدهای دارای پتانسیل، زمین‌شناسی ساختمانی، تعیین گسترش و پیوستگی زون معدنی - تجزیه و تحلیل نتایج مطالعات کانی‌شناسی صنعتی، تجزیه شیمیایی و آزمایش‌های مقیاس آزمایشگاهی - تبیین روش اکتشافی متناسب با ویژگی‌ها و نحوه کانی‌سازی با در نظر گرفتن کنترل‌کننده‌های ساختمانی و چینه‌شناسی ذخایر - برآورد ذخیره زمین‌شناسی در رده (۳۳۳) - مطالعات فرصت‌سنجی بر اساس نتایج طراحی مفهومی - نتیجه‌گیری و پیشنهاد تعیین معیارهای ادامه یا توقف عملیات اکتشافی - بررسی‌های عمومی مناطق دارای الویت اکتشافی از نظر راه‌های دسترسی، وضعیت توپوگرافی و شرایط آب و هوایی - ارایه برنامه اکتشاف عمومی و تعیین زیرساخت‌های مورد نیاز به همراه پیش‌بینی هزینه‌ها			

ادامه جدول ۸-۹- چک لیست مرحله پی‌جویی

شرح	عملیات	کنترل		
		تایید	بازنگری	تکرار
پیوست‌های گزارش	- نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۰،۰۰۰ تا ۱:۲۵،۰۰۰ - نقشه زمین‌شناسی با مقیاس۱:۲۵،۰۰۰ - نقشه موقعیت حفریات سطحی و محل نمونه‌برداری‌ها - نیمرخ‌های برداشت ترانشه‌ها وچاهک‌ها به مقیاس ۱:۱۰۰ تا ۱:۲۰۰ - نتایج مطالعات کانی‌شناسی و تجزیه شیمیایی - نتایج آزمایش‌های انجام شده در مقیاس آزمایشگاهی			

۸-۴- مرحله اکتشاف عمومی

هدف از مرحله اکتشاف عمومی بررسی‌های سیستماتیک در محدوده‌های معدنی به منظور تعیین حدود کانسار است. در این مرحله در اثر مطالعات سیستماتیک محدوده دقیق کانسار مشخص و وضعیت ماده معدنی در عمق و پیوستگی آن تعیین می‌شود و کلیه اطلاعات مورد نیاز برای طراحی پایه انجام می‌گیرد.

۸-۴-۱- طراحی و برنامه‌ریزی

در این مرحله اقدامات زیر باید انجام گیرد:

الف- جمع‌آوری و مطالعه کلیه گزارش‌های موجود از جمله گزارش‌های مرحله شناسایی و پی‌جویی

ب- بررسی تیپ و نحوه کانی‌سازی و تعیین استراتژی مناسب برای پی بردن به گسترش سطحی و عمقی، پیوستگی ماده معدنی و هندسه کانسار

پ- تعیین زیرساخت‌های مورد نیاز برای انجام حفاری‌های اکتشافی

ت- برآورد زمان و هزینه

۸-۴-۲- بررسی و مطالعات دفتری

در این مرحله اقدامات زیر باید انجام گیرد:

الف- مطالعه کلیه گزارش‌ها و کارهای انجام شده قبلی از جمله مراحل شناسایی و پی‌جویی

ب- بررسی نقشه‌های زمین‌شناسی و نیمرخ‌های تهیه شده

پ- تعیین محدوده‌هایی که باید از آن‌ها نقشه زمین‌شناسی اکتشافی تهیه شود.

ت- تعیین محل حفریات اکتشافی و برآورد حجم آن‌ها

ث- طراحی شبکه اکتشاف عمومی و برآورد حجم عملیات

ج- تعیین تعداد نمونه‌های مورد نیاز از رخنمون‌ها و حفریات اکتشافی

چ- تعیین تعداد و انواع تجزیه‌های مورد نیاز از نمونه‌ها

۸-۴-۳- عملیات صحرایی و مطالعات آزمایشگاهی

در این مرحله اقدامات زیر باید انجام گیرد:

الف- تهیه نقشه زمین‌شناسی و توپوگرافی با مقیاس ۱:۵،۰۰۰ با برداشت زمینی و استفاده از دوربین نقشه‌برداری

ب- تهیه نیمرخ‌های اکتشافی و پیش‌بینی وضعیت احتمالی زون معدنی در عمق

پ- پیاده کردن موقعیت حفریات اکتشافی سطحی (ترانشه و چاهک)

ت- پیاده کردن موقعیت حفاری عمقی

ث- حفر ترانشه و چاهک

ج- برداشت ترانشه‌ها (دیواره و کف) و چاهک‌ها به مقیاس ۱:۱۰۰ تا ۱:۲۰۰ و برداشت نمونه

چ- تلفیق نتایج برداشت‌های سطحی و حفریات اکتشافی به منظور تعیین و تصحیح موقعیت حفاری‌های اکتشافی تکمیلی

ح- حفر گمانه با مغزه‌گیری

خ- تهیه نمودار حفاری و برداشت نمونه

د- مطالعات کانی‌شناسی صنعتی و تجزیه نمونه‌ها (در این مرحله از روش‌های تجزیه اختصاصی با صحت و دقت بالا استفاده می‌شود. نتایج باید به نحوی باشد که عیار حد و متوسط را بتوان با دقت ۰/۱ درصد تعیین کرد.)

ذ- انجام آزمایش‌های فرآوری در مقیاس آزمایشگاهی یا پایه

۸-۴-۴- تلفیق و پردازش داده‌ها

الف- تلفیق نتایج مطالعات سطحی (نقشه و نیمرخ) با نتایج حفریات اکتشافی

ب- تعیین حدود زون یا زون‌های معدنی و کنترل‌کننده‌های کانی‌سازی

پ- تعیین شکل هندسی کانسار شامل ابعاد و پیوستگی ماده معدنی

ت- زون‌بندی ذخیره بر اساس کیفیت ماده معدنی (عیار، خصوصیات فیزیکی مانند رنگ، حضور کانی‌های مزاحم مانند کلسیت و کانی‌های آهن‌دار)

ث- تعیین عیار حد

ج- تخمین منبع و ذخیره معدنی با بیش از یک روش

چ- ارزیابی ذخیره با در نظر گرفتن عیار، خصوصیات فیزیکی و نتایج مطالعات فرآوری

ح- تعیین محدوده یا محدوده‌های دارای الویت اکتشافات تفصیلی

خ- ارایه برنامه اکتشاف تفصیلی، تعیین زیرساخت‌های مورد نیاز و پیش‌بینی زمان و هزینه

۸-۴-۵- تهیه گزارش مرحله اکتشاف عمومی

گزارش مرحله اکتشاف عمومی باید شامل موارد زیر باشد:

الف- مقدمه شامل اهداف، کارهای انجام شده قبلی و نظایر آن‌ها

ب- مشخصات عمومی منطقه شامل موقعیت جغرافیایی، راه‌های دسترسی، وضعیت آب و هوایی، توزیع و پراکندگی جمعیتی، زمین‌ریخت‌شناسی و زیرساخت‌های محدوده‌های اکتشافی

پ- زمین‌شناسی عمومی شامل زمین‌شناسی، چینه‌شناسی و زمین‌شناسی ساختمانی

ت- زمین‌شناسی معدنی شامل زمین‌شناسی واحدهای دارای پتانسیل (کمرپایین، کمربالا، گسترش مکانی)، زمین‌شناسی ساختمانی، تعیین گسترش و پیوستگی زون معدنی

ث- تجزیه و تحلیل نتایج مطالعات کانی‌شناسی صنعتی، بررسی فیزیکی و تجزیه شیمیایی

ج- تحلیل نتایج فرآوری

چ- مطالعات پیش امکان‌سنجی بر اساس طراحی پایه معدنی

ح- برآورد ذخیره در رده (۲۲۲) بر اساس نشریه "دستورالعمل رده‌بندی ذخایر معدنی" شماره ۳۷۹

خ- نتیجه‌گیری و تعیین معیارهای ادامه یا توقف عملیات اکتشافی

۸-۴-۶- پیوست‌های گزارش

مدارک زیر باید به پیوست گزارش مرحله اکتشاف عمومی ارایه شود:

الف- نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱:۵،۰۰۰

ب- نقشه زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۵،۰۰۰

پ- نقشه موقعیت حفریات اکتشافی سطحی و محل نمونه‌برداری‌ها

ت- نیمرخ‌های برداشت ترانشه‌ها و چاهک‌ها به مقیاس ۱:۱۰۰ تا ۱:۲۰۰

ث- نتایج مطالعات کانی‌شناسی و تجزیه شیمیایی

ج- نتایج آزمایش‌های انجام شده در مرحله مطالعات فرآوری در مقیاس آزمایشگاهی یا پایه

چک‌لیست مطالعات انجام شده در مرحله اکتشاف عمومی و گزارش مربوطه در جدول ۸-۱۰ ارایه شده است.

جدول ۸-۱۰- چک‌لیست مرحله اکتشاف عمومی

شرح	عملیات	کنترل		
		تایید	بازنگری	تکرار
اطلاعات و مدارک مورد نیاز	- نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۰،۰۰۰ تا ۱:۲۵،۰۰۰ - نقشه زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۲۵،۰۰۰			
طراحی و برنامه‌ریزی	- جمع‌آوری و مطالعه کلیه گزارش‌های موجود از جمله گزارش‌های مرحله شناسایی و پی‌جویی - بررسی تیپ و نحوه کانی‌سازی و تعیین استراتژی مناسب برای پی بردن به گسترش سطحی و عمقی، پیوستگی ماده معدنی و هندسه کانسار - تعیین زیرساخت‌های مورد نیاز برای انجام حفاری‌های اکتشافی - برآورد زمان و هزینه			

ادامه جدول ۸-۱۰- چک‌لیست مرحله اکتشاف عمومی

شرح	عملیات	کنترل		
		تایید	بازنگری	تکرار
بررسی و مطالعات دفتری	– مطالعه کلیه گزارش‌ها و کارهای انجام شده قبلی از جمله مراحل شناسایی و پی‌جویی – بررسی نقشه‌های زمین‌شناسی و نیمرخ‌های تهیه شده – تعیین محدوده‌هایی که باید از آن‌ها نقشه زمین‌شناسی اکتشافی تهیه شود. – تعیین محل حفریات اکتشافی و برآورد حجم آن‌ها – طراحی شبکه اکتشاف عمومی و برآورد حجم عملیات – تعیین تعداد نمونه‌های مورد نیاز از رخنمون‌ها و حفریات اکتشافی – تعیین تعداد و انواع تجزیه‌های مورد نیاز از نمونه‌ها			
عملیات صحرایی و آزمایشگاهی	– تهیه نقشه زمین‌شناسی و توپوگرافی با مقیاس ۱:۵،۰۰۰ به کمک برداشت زمینی با استفاده از دوربین نقشه‌برداری – تهیه نیمرخ‌های اکتشافی و پیش‌بینی وضعیت احتمالی زون معدنی در عمق – پیاده کردن موقعیت حفاری سطحی (ترانشه و چاهک) – پیاده کردن موقعیت حفاری عمقی – حفر ترانشه و چاهک – برداشت ترانشه‌ها (دیواره و کف) و چاهک‌ها به مقیاس ۱:۱۰۰ تا ۱:۲۰۰ و برداشت نمونه – تلفیق نتایج برداشت‌های سطحی و حفریات اکتشافی به منظور تعیین و تصحیح موقعیت حفاری‌های اکتشافی تکمیلی – حفر گمانه با مغزه‌گیری – تهیه نمودار حفاری و برداشت نمونه – مطالعات کانی‌شناسی صنعتی و تجزیه نمونه‌ها (در این مرحله از روش‌های تجزیه اختصاصی با صحت و دقت بالا استفاده می‌شود.) – انجام آزمایش‌های فرآوری در مقیاس آزمایشگاهی یا پایه (نتایج باید به نحوی باشد که عیار حد و متوسط را بتوان با دقت ۰/۱ درصد تعیین کرد.)			
تلفیق و پردازش داده‌ها	– تلفیق نتایج مطالعات سطحی (نقشه و نیمرخ) با نتایج حفریات اکتشافی – تعیین حدود زون یا زون‌های معدنی و کنترل‌کننده‌های کانی‌سازی – تعیین شکل هندسی کانسار شامل ابعاد و پیوستگی ماده معدنی – زون‌بندی ذخیره بر اساس کیفیت ماده معدنی (عیار، خصوصیات فیزیکی مانند رنگ، حضور کانی‌های مزاحم) – تعیین عیار حد – ارزیابی منبع و ذخیره معدنی به کمک بیش از یک روش – ارزیابی ذخیره با در نظر گرفتن عیار، خصوصیات فیزیکی و نتایج مطالعات فرآوری – مطالعات امکان‌سنجی بر اساس طراحی پایه معدنی – تعیین محدوده یا محدوده‌های دارای الویت اکتشافات تفصیلی – ارایه برنامه اکتشاف تفصیلی و تعیین زیرساخت‌های مورد نیاز			

ادامه جدول ۸-۱۰- چک لیست مرحله اکتشاف عمومی

شرح	عملیات	کنترل		
		تایید	بازنگری	تکرار
تهیه گزارش	– مقدمه شامل اهداف، کارهای انجام شده قبلی – مشخصات عمومی منطقه شامل موقعیت جغرافیایی، راه‌های دسترسی، وضعیت آب و هوایی، توزیع و پراکندگی جمعیتی، زمین‌ریخت‌شناسی و زیرساخت‌های محدوده‌های اکتشافی –زمین‌شناسی عمومی شامل زمین‌شناسی، چینه‌شناسی و زمین‌شناسی ساختمانی – زمین‌شناسی معدنی شامل زمین‌شناسی واحدهای دارای پتانسیل، زمین‌شناسی ساختمانی، تعیین گسترش و پیوستگی زون معدنی – تجزیه و تحلیل نتایج مطالعات کانی‌شناسی صنعتی و تجزیه شیمیایی – تحلیل نتایج فرآوری – مطالعات پیش‌امکان‌سنجی بر اساس طراحی پایه – برآورد ذخیره در رده (۲۲۲) – نتیجه‌گیری و تعیین معیارهای ادامه یا توقف عملیات اکتشافی			
پیوست‌های گزارش	– نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱:۵،۰۰۰ – نقشه زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۵،۰۰۰ – نقشه موقعیت حفریات اکتشافی سطحی و محل نمونه‌برداری‌ها – نیمرخ‌های برداشت ترانشه‌ها و چاهک‌ها به مقیاس ۱:۱۰۰ تا ۱:۲۰۰ – نتایج مطالعات کانی‌شناسی و تجزیه شیمیایی – نتایج آزمایش‌های انجام شده در مرحله مطالعات فرآوری در مقیاس آزمایشگاهی یا پایه			

۸-۵- مرحله اکتشاف تفصیلی

هدف از مرحله اکتشاف تفصیلی بررسی‌های سیستماتیک به منظور تعیین مشخصات دقیق سه‌بعدی کانسار است. در این مرحله کلیه مطالعات لازم برای تهیه داده‌های مورد نیاز برای طراحی تفصیلی انجام می‌گیرد.

۸-۵-۱- طراحی و برنامه‌ریزی

در این مرحله اقدامات زیر باید انجام گیرد:

الف- جمع‌آوری و مطالعه کلیه گزارش‌های موجود از جمله گزارش‌های مراحل شناسایی، پی‌جویی و اکتشاف عمومی

ب- بررسی عوامل کنترل‌کننده موضعی کانی‌سازی و تعیین روش مناسب برای افزایش چگالی شبکه اکتشافی برای پی بردن به گسترش سه‌بعدی کانسار، پیوستگی ماده معدنی و هندسه کانسار در بلوک‌های قابل استخراج

پ- تعیین زیر ساخت‌های مورد نیاز برای انجام حفریات اکتشافی

ت- برآورد زمان و هزینه

۸-۵-۲- بررسی و مطالعات دفتری

در این مرحله اقدامات زیر باید انجام گیرد:

الف- مطالعه کلیه گزارش‌ها و کارهای انجام شده قبلی از جمله مراحل شناسایی، پی‌جویی و اکتشاف عمومی و تحلیل کامل آن‌ها برای مشخص کردن بلوک‌هایی که باید عملیات اکتشاف تفصیلی در مورد آن‌ها انجام گیرد.

ب- بررسی نقشه‌های زمین‌شناسی و نیمرخ‌های تهیه شده

پ- تعیین محدوده‌ای که باید نقشه زمین‌شناسی اکتشافی آن تهیه شود.

ت- تعیین محل حفریات اکتشافی و برآورد حجم آن‌ها

ث- تعیین تعداد نمونه‌های مورد نیاز از رخنمون‌ها و حفریات اکتشافی

ج- تعیین تعداد و انواع تجزیه‌های مورد نیاز از نمونه‌ها

چ- تعیین نحوه برداشت نمونه معرف

۸-۵-۳- عملیات صحرایی و مطالعات آزمایشگاهی

در این مرحله اقدامات زیر باید انجام گیرد:

الف- تهیه نقشه زمین‌شناسی و توپوگرافی با مقیاس ۱:۱،۰۰۰ تا ۱:۲،۰۰۰ با برداشت زمینی و استفاده از دوربین نقشه‌برداری

ب- تهیه نیمرخ‌های اکتشافی

پ- پیاده کردن موقعیت حفریات اکتشافی سطحی تکمیلی

ت- پیاده کردن موقعیت حفریات اکتشافی عمقی

ث- حفر ترانشه و چاهک‌های تکمیلی

ج- برداشت ترانشه‌ها (دیواره و کف) و چاهک‌ها به مقیاس ۱:۱۰۰ تا ۱:۲۰۰ و برداشت نمونه

چ- تلفیق نتایج برداشت‌های سطحی و حفریات اکتشافی به منظور تعیین و تصحیح موقعیت حفریات اکتشافی تکمیلی

ح- حفر گمانه‌های اکتشافی و مغزه‌گیری

خ- تهیه نمودار گمانه و برداشت نمونه

د- مطالعات کانی‌شناسی صنعتی و تجزیه نمونه‌ها (در این مرحله از روش‌های تجزیه اختصاصی با صحت و دقت بالا استفاده می‌شود. نتایج باید به نحوی باشد که عیار حد و متوسط را بتوان با دقت ۰/۱ درصد تعیین کرد.)

ذ- انجام آزمایش‌های فرآوری در مقیاس پایه یا پیشاهنگ

۸-۵-۴- تلفیق و پردازش داده‌ها

الف- تلفیق نتایج مطالعات سطحی (نقشه و نیمرخ) با نتایج حفریات اکتشافی

ب- تعیین حدود دقیق کانسار

پ- تعیین شکل هندسی کانسار شامل ابعاد و پیوستگی ماده معدنی

ت- زون‌بندی ذخیره بر اساس کیفیت ماده معدنی (عیار، رنگ، حضور کانی‌های مزاحم)

ث- تعیین ضخامت و کیفیت هر بلوک

ج- تخمین ذخیره معدنی به کمک بیش از یک روش

چ- ارزیابی ذخیره با در نظر گرفتن عیار، خصوصیات فیزیکی و نتایج مطالعات فرآوری

ح- انجام مطالعات پیش‌امکان‌سنجی یا امکان‌سنجی

۸-۵-۵- تهیه گزارش مرحله اکتشاف تفصیلی

گزارش مرحله اکتشاف تفصیلی باید شامل موارد زیر باشد:

- مقدمه شامل اهداف، کارهای انجام شده قبلی و نظایر آن‌ها
- مشخصات عمومی منطقه شامل موقعیت جغرافیایی، راه‌های دسترسی، وضعیت آب و هوایی، توزیع و پراکندگی جمعیتی، زمین‌ریخت‌شناسی، زیرساخت‌های مجاور کانسار و وضعیت اجتماعی
- زمین‌شناسی عمومی شامل زمین‌شناسی، چینه‌شناسی و زمین‌شناسی ساختمانی
- زمین‌شناسی کانسار شامل کمرپایین، کمربالا، گسترش سه‌بعدی و پیوستگی لایه‌های معدنی، زمین‌شناسی ساختمانی و بلوک‌ها
- تجزیه و تحلیل نتایج مطالعات و عملیات اکتشافی
- نتایج مطالعات کانی شناسی صنعتی و تجزیه شیمیایی به منظور تفکیک کانسنگ، افق‌ها و بلوک‌های معدنی از نظر کیفی و کمی
- تحلیل نتایج مطالعات فرآوری در مقیاس پایه یا پیشاهنگ
- برآورد ذخیره در رده (۱۱۱) برای تعدادی از بلوک‌ها، تعیین عیار، مساحت، ضخامت و وزن مخصوص هر بلوک
- نتیجه‌گیری و تعیین معیارهای بهره‌برداری یا عدم بهره‌برداری از کانسار

۸-۵-۶- پیوست‌های گزارش

مدارک زیر باید به پیوست گزارش مرحله اکتشاف تفصیلی ارایه شود:

- نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱:۱،۰۰۰ تا ۱:۲،۰۰۰
- نقشه زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۱،۰۰۰ تا ۱:۲،۰۰۰
- نقشه موقعیت حفریات سطحی و محل نمونه‌برداری‌ها
- نیمرخ‌های برداشت ترانشه‌ها و چاهک‌ها به مقیاس ۱:۱۰۰ تا ۱:۲۰۰
- نمودارهای حفاری
- نتایج مطالعات کانی‌شناسی و تجزیه شیمیایی
- نتایج آزمایش‌های انجام شده در مرحله مطالعات فرآوری در مقیاس پایه یا پیشاهنگ

چک‌لیست مطالعات انجام شده در مرحله اکتشاف تفصیلی و گزارش مربوطه در جدول ۸-۱۱ ارایه شده است.

جدول ۸-۱۱- چک‌لیست مرحله اکتشاف تفصیلی

شرح	عملیات	کنترل		
		تایید	بازنگری	تکرار
اطلاعات و مدارک مورد نیاز	- نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱:۵،۰۰۰ - نقشه زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۵،۰۰۰ - نیمرخ‌های برداشت ترانشه‌ها وچاهک‌ها به مقیاس ۱:۱۰۰ تا ۱:۲۰۰ - نتایج مطالعات کانی‌شناسی و تجزیه شیمیایی - نتایج آزمایش‌های انجام شده در مرحله مطالعات فرآوری در مقیاس آزمایشگاهی یا پایه			
طراحی و برنامه‌ریزی	- مطالعه کلیه گزارش‌ها و کارهای انجام شده قبلی از جمله مراحل شناسایی، پی‌جویی و اکتشاف عمومی و تحلیل کامل آن‌ها برای مشخص کردن بلوک‌های اکتشافی - بررسی نقشه‌های زمین‌شناسی و نیمرخ‌های تهیه شده - تعیین محدوده‌ای که باید نقشه زمین‌شناسی اکتشافی آن تهیه شود. - تعیین محل حفریات اکتشافی و برآورد حجم آن‌ها - تعیین تعداد نمونه‌های مورد نیاز از رخنمون‌ها و حفریات اکتشافی - تعیین تعداد و انواع تجزیه‌های مورد نیاز از نمونه‌ها - تعیین نحوه برداشت نمونه معرف			
بررسی و مطالعات دفتری	- مطالعه کلیه گزارش‌ها و کارهای انجام شده قبلی از جمله مراحل شناسایی و پی‌جویی - بررسی نقشه‌های زمین‌شناسی و نیمرخ‌های تهیه شده - تعیین محدوده‌هایی که باید از آن‌ها نقشه زمین‌شناسی معدنی تهیه شود. - تعیین محل حفریات اکتشافی سطحی و برآورد حجم آن‌ها - طراحی شبکه اکتشاف عمومی و برآورد حجم عملیات - تعیین تعداد نمونه‌های مورد نیاز از رخنمون‌ها و حفریات اکتشافی - تعیین تعداد و انواع تجزیه‌های مورد نیاز از نمونه‌ها			
عملیات صحرایی و آزمایشگاهی	- تهیه نقشه زمین‌شناسی و توپوگرافی با مقیاس ۱:۱،۰۰۰ تا ۱:۲،۰۰۰ به کمک برداشت زمینی با استفاده از دوربین نقشه‌برداری - تهیه نیمرخ‌های زمین‌شناسی اکتشافی - پیاده کردن موقعیت حفریات اکتشافی سطحی (ترانشه و چاهک) - پیاده کردن موقعیت حفریات اکتشافی عمقی - حفر ترانشه و چاهک - برداشت ترانشه‌ها (دیواره و کف) و چاهک‌ها به مقیاس ۱:۱۰۰ تا ۱:۲۰۰ و برداشت نمونه - تلفیق نتایج برداشت‌های سطحی و حفریات اکتشافی به منظور تعیین و تصحیح موقعیت حفریات اکتشافی تکمیلی - حفر گمانه‌های اکتشافی و مغزه‌گیری - تهیه نمودار گمانه و برداشت نمونه - مطالعات کانی‌شناسی صنعتی و تجزیه نمونه‌ها (در این مرحله از روش‌های تجزیه اختصاصی با صحت و دقت بالا استفاده می‌شود. نتایج باید به نحوی باشد که عیار حد و متوسط را بتوان با دقت ۰/۱ درصد تعیین کرد.) - انجام آزمایش‌های فرآوری در مقیاس پایه یا پیشاهنگ			

ادامه جدول ۸-۱۱- چک‌لیست مرحله اکتشاف تفصیلی

شرح	عملیات	کنترل		
		تایید	بازنگری	تکرار
تلفیق و پردازش داده‌ها	– تلفیق نتایج مطالعات سطحی (نقشه و نیمرخ) با نتایج حفریات اکتشافی – تعیین حدود زون یا زون‌های معدنی و کنترل‌کننده‌های کانی‌سازی – تعیین شکل هندسی کانسار شامل ابعاد و پیوستگی ماده معدنی – زون‌بندی ذخیره بر اساس کیفیت ماده معدنی (عیار، رنگ، حضور کانی‌های مزاحم مانند کلسیت و کانی‌های آهن‌دار) – تعیین عیار حد – تخمین منبع و ذخیره معدنی با بیش از یک روش – ارزیابی ذخیره با در نظر گرفتن عیار، خصوصیات فیزیکی و نتایج مطالعات فرآوری – انجام مطالعات پیش‌امکان‌سنجی یا امکان‌سنجی			
تهیه گزارش	– مقدمه شامل اهداف، کارهای انجام شده قبلی – مشخصات عمومی منطقه شامل موقعیت جغرافیایی، راه‌های دسترسی، وضعیت آب و هوایی، توزیع و پراکندگی جمعیتی، زمین‌ریخت‌شناسی، زیرساخت‌های مجاور کانسار و وضعیت اجتماعی – زمین‌شناسی عمومی شامل زمین‌شناسی، چینه‌شناسی و زمین‌شناسی ساختمانی – زمین‌شناسی کانسار شامل حضور توف‌های اسیدی، رسوبات دریایی پیوستگی لایه‌های معدنی زمین‌شناسی ساختمانی و بلوک‌ها – تجزیه و تحلیل نتایج مطالعات و عملیات اکتشافی – نتایج مطالعات کانی‌شناسی صنعتی و تجزیه شیمیایی به منظور تفکیک کانسنگ، افق‌ها و بلوک‌های معدنی از نظر کیفی و کمی – تحلیل نتایج مطالعات فرآوری در مقیاس پایه یا پیشاهنگ – برآورد ذخیره در رده (۱۱۱) برای تعدادی از بلوک‌ها، تعیین عیار، مساحت، ضخامت و وزن مخصوص هر بلوک – نتیجه‌گیری و تعیین معیارهای بهره‌برداری یا عدم بهره‌برداری از کانسار			
پیوست‌های گزارش	– نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱:۱،۰۰۰ تا ۱:۲،۰۰۰ – نقشه زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۱،۰۰۰ تا ۱:۲،۰۰۰ – نقشه موقعیت حفریات سطحی و محل نمونه‌برداری‌ها – نیمرخ‌های برداشت ترانشه‌ها و چاهک‌ها به مقیاس ۱:۱۰۰ تا ۱:۲۰۰ – نمودارهای حفاری – نتایج مطالعات کانی‌شناسی و تجزیه شیمیایی – نتایج آزمایش‌های انجام شده در مرحله مطالعات فرآوری در مقیاس پایه یا پیشاهنگ			

عناوین پروژه‌های اکتشاف برنامه تهیه ضوابط و معیارهای معدن

ردیف	عنوان پروژه	وضعیت
۱	تعاریف و مفاهیم در فعالیت‌های اکتشافی	نشریه شماره ۳۲۸ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری
۲	فهرست خدمات مراحل مختلف اکتشاف زغال‌سنگ	نشریه شماره ۳۵۱ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری
۳	راهنمای اکتشاف سنگ‌های تزیینی و نما	نشریه شماره ۳۷۸ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری
۴	دستورالعمل رده‌بندی ذخایر معدنی	نشریه شماره ۳۷۹ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری
۵	راهنمای ملاحظات زیست‌محیطی در فعالیت‌های اکتشافی	نشریه شماره ۴۹۸ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری
۶	فهرست خدمات مراحل چهارگانه اکتشاف سنگ آهن	نشریه شماره ۵۳۶ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری
۷	دستورالعمل تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی- اکتشافی بزرگ‌مقیاس رقومی (۱:۲۵۰۰۰)	نشریه شماره ۵۳۲ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری
۸	علایم استاندارد نقشه‌های زمین‌شناسی	نشریه شماره ۵۳۹ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری
۹	دستورالعمل اکتشاف ژئوشیمیایی بزرگ‌مقیاس رسوبات آبراهه‌ای (۱:۲۵۰۰۰)	نشریه شماره ۵۴۰ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری
۱۰	فهرست خدمات مراحل چهارگانه اکتشاف مس	نشریه شماره ۵۴۱ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری
۱۱	فهرست خدمات و دستورالعمل مراحل مختلف اکتشاف سنگ‌ها و کانی‌های صنعتی بخش ۲: باریت، سلستین، سیلیس، فلدسپار، زئولیت، بنتونیت، فلورین	نشریه شماره ۵۶۶ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری
۱۲	فهرست خدمات مراحل مختلف اکتشاف فلزات پایه (سرب و روی)	نهایی
۱۳	شرح خدمات و دستورالعمل بررسی‌های ژئوفیزیک اکتشافی به روش‌های لرزه‌ای، مغناطیسی و گرانی‌سنجی	نهایی
۱۴	دستورالعمل ارزشیابی و نظارت بر پروژه‌های اکتشافی در مراحل مختلف اکتشاف	نهایی
۱۵	شرح خدمات و دستورالعمل اکتشافات ژئوفیزیکی به روش‌های الکتریکی و الکترومغناطیسی	نهایی
۱۶	دستورالعمل مدلسازی و محاسبه ذخیره	نهایی
۱۷	فهرست خدمات مراحل مختلف اکتشاف سنگ‌ها و کانی‌های قیمتی و نیمه‌قیمتی	در دست تدوین
۱۸	شرح خدمات مراحل مختلف اکتشاف طلا	در دست تدوین
۱۹	ضوابط و دستورالعمل های طراحی شبکه تونل، چاه‌های اکتشافی حفاری‌های عمیق در تیپ‌های مختلف کانساری	در دست تدوین
۲۰	شرح خدمات و دستورالعمل اکتشاف سنگ‌ها و کانی‌های صنعتی- بخش ۳ (پرلیت، دیاتومیت، ورمیکولیت و شیل‌های منبسط شونده)	در دست تدوین
۲۱	فهرست خدمات و دستورالعمل مراحل مختلف اکتشاف پتاس سنگی	در دست تدوین
۲۲	دستورالعمل تهیه گزارش پایانی عملیات اکتشافی	در دست تدوین
۲۳	دستورالعمل اجرای حفریات اکتشافی سطحی	در دست تدوین
۲۴	فهرست خدمات و دستورالعمل مراحل چهارگانه اکتشاف سنگ‌ها و کانی‌های صنعتی (بخش نسوزها)	در دست تدوین
۲۵	فهرست خدمات و دستورالعمل مراحل مختلف اکتشاف تبخیری‌ها در شورابه‌ها	در دست تدوین
۲۶	فهرست خدمات و دستورالعمل مراحل مختلف اکتشاف مواد اولیه سیمان	در دست تدوین
۲۷	فهرست خدمات و دستورالعمل مراحل مختلف اکتشاف آنتیموان	در دست تدوین
۲۸	فهرست خدمات مراحل مختلف اکتشاف فلزات پایه (قلع)	در دست تدوین
۲۹	فهرست خدمات مراحل مختلف اکتشاف فلزات آهنی (منگنز،کرم، سایر فلزات)	در دست تدوین
۳۰	فهرست خدمات اکتشاف عناصر کمیاب (عناصر نادر خاکی)	در دست تدوین

عناوین پروژه‌های کمیته استخراج برنامه تهیه ضوابط و معیارهای معدن

ردیف	عنوان پروژه	وضعیت
۱	تعاریف و مفاهیم در فعالیت‌های استخراجی	نشریه شماره ۳۴۰ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری
۲	مقررات تهویه در معادن	نشریه شماره ۳۵۰ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری
۳	دستورالعمل امداد و نجات در معادن	نشریه شماره ۴۸۸ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری
۴	راهنمای تهیه گزارش‌های طراحی معدن	نشریه شماره ۴۹۶ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری
۵	راهنمای ارزشیابی دارایی‌های معدنی	نشریه شماره ۴۴۳ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری
۶	دستورالعمل فنی روشنایی در معادن	نشریه شماره ۴۸۹ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری
۷	راهنمای استخراج سنگ‌های تزیینی و نما	نشریه شماره ۳۷۸ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری
۸	دستورالعمل تهیه نقشه‌های استخراجی معدن	نشریه شماره ۴۴۲ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری
۹	مقررات فنی آتشباری در معادن	نشریه شماره ۴۱۰ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری
۱۰	دستورالعمل ترابری در معادن	نشریه شماره ۵۰۶ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری
۱۱	دستورالعمل تحلیل پایداری و پایدارسازی شیب‌ها در معادن روباز	نشریه شماره ۵۳۸ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری
۱۲	دستورالعمل توزیع هوای فشرده در معادن	نشریه شماره ۵۳۱ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری
۱۳	راهنمای محاسبه قیمت تمام شده در فعالیت‌های معدنی	نشریه شماره ۵۴۲ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری
۱۴	دستورالعمل طراحی و اجرای سیستم نگهداری تونل‌های معدنی	نشریه شماره ۵۳۷ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری
۱۵	راهنمای امکان‌سنجی پروژه‌های معدنی	نشریه شماره ۵۵۸ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری
۱۶	دستورالعمل نگهداری و کنترل سقف در کارگاه‌های استخراج	نشریه شماره ۵۳۳ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری
۱۷	راهنمای آبکشی در معادن	نشریه شماره ۵۳۱ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری
۱۸	راهنمای محاسبه بار و توزیع برق در معادن	نهایی
۱۹	دستورالعمل‌های زیست‌محیطی در فعالیت‌های استخراجی	نهایی
۲۰	دستورالعمل طراحی هندسی بازکننده‌ها و حفریات معدنی	نهایی
۲۱	دستورالعمل طراحی و اجرای سیستم ابزاربندی و رفتارنگاری در معادن روباز	در دست تدوین
۲۲	علایم استاندارد نقشه‌های استخراجی مواد معدنی	در دست تدوین
۲۳	دستورالعمل طراحی، احداث، کنترل و هدایت چاه‌های معدنی	در دست تدوین
۲۴	دستورالعمل طراحی‌های ژئومکانیکی حفریات زیرزمینی	در دست تدوین
۲۵	دستورالعمل اندازه‌گیری‌های ژئومکانیکی در معادن	در دست تدوین
۲۶	ضوابط پر کردن فضاهای زیرزمینی	در دست تدوین
۲۷	دستورالعمل بازرسی و تعمیر سیستم‌های نگهداری حفریات معدنی	در دست تدوین
۲۸	راهنمای انتخاب روش استخراج ذخایر معدنی	در دست تدوین
۲۹	دستورالعمل ارزیابی و کنترل نشست در معادن	در دست تدوین
۳۰	دستورالعمل کاربرد روش‌های عددی در طراحی ژئومکانیکی	در دست تدوین

عناوین پروژه‌های فرآوری برنامه تهیه ضوابط و معیارهای معدن

ردیف	عنوان پروژه	وضعیت
۱	تعاریف و مفاهیم در فعالیت‌های کانه‌آرایی	نشریه شماره ۴۴۱ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری
۲	فهرست خدمات طراحی پایه واحدهای کانه‌آرایی و فرآوری مواد معدنی	نشریه شماره ۴۹۷ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری
۳	راهنمای فرآوری سنگ‌های تزیینی و نما	نشریه شماره ۳۷۸ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری
۴	علایم استاندارد نقشه‌های کانه‌آرایی	نشریه شماره ۵۰۸ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری
۵	دستورالعمل مکان‌یابی واحدهای کانه‌آرایی و فرآوری	نشریه شماره ۵۱۵ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری
۶	ضوابط انجام آزمایش‌های کانه‌آرایی در مقیاس آزمایشگاهی، پایه و پیشاهنگ	نشریه شماره ۵۴۴ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری
۷	راهنمای محاسبه تعیین ظرفیت ماشین‌آلات و تجهیزات واحدهای کانه‌آرایی	نشریه شماره ۵۴۵ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری
۸	راهنمای انباشت مواد باطله در واحدهای کانه‌آرایی و فرآوری	نشریه شماره ۵۵۹ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری
۹	راهنمای حمل و نقل مواد معدنی در مدارهای فرآوری	نشریه شماره ۵۶۴ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری
۱۰	ضوابط شناسایی مواد معدنی و آزادسازی آن‌ها در کانه‌آرایی	نشریه شماره ۵۶۵ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری
۱۱	راهنمای سنگ‌جوری مواد معدنی به روش‌های دستی یا خودکار	نشریه شماره ۵۵۴ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری
۱۲	ضوابط و معیارهای انتخاب آسیای خودشکن و نیمه‌خودشکن	نهایی
۱۳	فهرست خدمات مهندسی تفصیلی واحدهای کانه‌آرایی	در دست تدوین
۱۴	دستورالعمل دانه‌بندی مواد معدنی	در دست تدوین
۱۵	راهنمای تعیین اندیس خردایش در آسیاهای مختلف	در دست تدوین
۱۶	دستورالعمل خردایش مواد معدنی	در دست تدوین
۱۷	ضوابط و دستورالعمل آزمایشگاهی جدایش جامد- مایع	در دست تدوین
۱۸	معیارهای افزایش مقیاس (Scale up) واحدهای فرآوری	در دست تدوین
۱۹	راهنمای پذیرش و انبار نمونه در مقیاس آزمایشگاهی فرآوری مواد معدنی	در دست تدوین
۲۰	ضوابط و معیارهای قیمت‌گذاری خدمات آزمایشگاهی در فرآوری مواد معدنی	در دست تدوین
۲۱	دستورالعمل دفع ترکیبات سولفیدی در واحدهای فرآوری مواد معدنی در مقیاس آزمایشگاهی	در دست تدوین
۲۲	دستورالعمل دفع آرسنیک در واحدهای فرآوری مواد معدنی در مقیاس آزمایشگاهی	در دست تدوین
۲۳	دستورالعمل دفع سیانید در واحدهای فرآوری مواد معدنی در مقیاس آزمایشگاهی	در دست تدوین
۲۴	ضوابط کلی انجام آزمایش‌های هیدرومتالورژی (در مقیاس آزمایشگاهی)	در دست تدوین
۲۵	دستورالعمل نمونه‌برداری در مقیاس‌های مختلف کانه‌آرایی	در دست تدوین
۲۶	دستورالعمل نمونه‌برداری در مقیاس‌های مختلف فرآوری	در دست تدوین
۲۷	معیارهای انتخاب مواد شیمیایی مصرفی در فلوتاسیون	در دست تدوین
۲۸	دستورالعمل ایمنی در واحدهای کانه‌آرایی	در دست تدوین
۲۹	ضوابط و معیارهای آماده‌سازی نمونه‌ها در فرآوری مواد معدنی	در دست تدوین
۳۰	معیارهای فنی کنترل بار ورودی، مواد در حال کانه‌آرایی و محصولات تولیدی در واحدهای کانه‌آرایی	در دست تدوین

Islamic Republic of Iran

Ministry of Industry, Mine and Trade

Mining Technical Criteria Benchmarking Program

List of Services For Exploration of Industrial Rocks and Minerals

(Barite, Bentonite, Zeolite, Celestine, Silisium, Feldspar, Flourin)

(Publication No. **566**)
of
(Vice Presidency of Strategic Planning and Supervision)

36

Ministry of Industry, Mine and Trade
Deputy of Mine Affairs and Mineral Industries
http://www.mim.gov.ir
http://www.mimt.gov.ir

Published by
Iranian Mining Engineering Organization
http://www.ime.org.ir

2012