مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی
دفتر مطالعات انرژی، صنعت و معدن
مسلسل: ۲۱۳۵۰ بهمن ۱۴۰۴

راهکارهای مدیریت باطله‌های معدنی (۱): الزامات توسعه بهره‌برداری از ظرفیت باطله‌های معدنی (در راستای ماده (۴۷) قانون برنامه پنجساله هفتم پیشرفت کشور)

بسم الله الرحمن الرحيم

تاریخ انتشار:
۱۴۰۴/۱۱/۲۵

شماره مسلسل:
۲۱۳۵۰

مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی

عنوان گزارش:
راهکارهای مدیریت باطله‌های معدنی (۱):
الزامات توسعه بهره‌برداری از ظرفیت باطله‌های معدنی (در راستای ماده (۴۷) قانون برنامه پنج‌ساله هفتم پیشرفت کشور)

نوع گزارش: طرح/ لایحه ☐، نظارتی ☐، راهبردی ■، پیش‌نویس قانونی ☐

نام دفتر:
مطالعات انرژی، صنعت و معدن (گروه معدن و صنایع معدنی)

تهیه و تدوین‌کنندگان:
زهرا بی‌باک، راشد پورمیرزایی (دانشیار مهندسی معدن دانشگاه صنعتی ارومیه)

مدیر مطالعه:
حسین کارآزمای جهرمی

ناظران علمی:
میلاد بیگی، حبیب‌اله ظفریان

اظهارنظرکنندگان:
افشین میرزایی، سجاد کریمی (گروه محیط‌زیست)

گرافیک و صفحه آرایی:
نفیسه حاجی‌صفری

ویراستار ادبی:
مژگان کاظمی

واژه‌های کلیدی:
۱. باطله‌های معدنی
۲. بهره‌برداری
۳. عناصر همراه

تاریخ شروع مطالعه:
۱۴۰۳/۱۲/۱

دفتر مطالعات انرژی، صنعت و معدن

نمایه در پایگاه مرکز اطلاعاتی علمی جهاد دانشگاهی (SID)، پایگاه مجلات تخصصی نور (NoorMags)

فهرست مطالب

چکیده ۶
خلاصه مدیریتی ۷
۱. مقدمه ۱۰
۲. تعریف و توضیح برخی از اصطلاحات ۱۱
۳. نگاهی به آمار باطله‌های معدنی در کشور ۱۵
۴. کاربرد باطله‌های معدنی ۱۸
۵. بررسی قوانین و مقررات کشورها در مورد بهره‌برداری از باطله‌های معدنی ۱۹
۶. بررسی وضعیت بهره‌برداری از باطله‌های معدنی در ایران ۲۱
۷. بررسی قوانین و مقررات مرتبط با بهره‌برداری از باطله‌های معدنی در ایران ۲۲
۸. چالش‌های توسعه بهره‌برداری از باطله‌های معدنی در ایران ۲۳
۹. جمع‌بندی و پیشنهادها ۲۸
منابع و مآخذ ۳۳

فهرست جداول

جدول ۱. پیشنهادهایی درخصوص اصلاح موادی از قانون معادن (مصوب سال ۱۳۷۷) ۹
جدول ۲. فروش باطله در برخی شرکت‌های معدنی ۲۶
جدول ۳. نمونه‌ای از فهرست هم‌نشینی عناصر فلزی (مهم‌ترین فلزهای میزبان و فلزهای همراه آن) ۳۰

فهرست شکل ها

شکل ۱. طرح کلی سه روش بهره‌برداری از باطله‌های معدنی ۱۳
شکل ۲. جدول تناوبی هم‌نشینی عناصر در سطح جهان برای سال ۲۰۰۸ ..... ۱۴
شکل ۳. چرخ هم‌نشینی فلزات ۱۵
شکل ۴. نمودار میزان باطله‌برداری معادن کشور به تفکیک سال‌های ۱۴۰۱ تا ۱۴۰۳ ..... ۱۶
شکل ۵. نمودار نسبت باطله‌برداری به استخراج برای کانسنگ‌های مختلف از سال ۱۴۰۱ تا ۱۴۰۳ ..... ۱۶
شکل ۶. نمودار میزان استخراج از معدن و باطله‌برداری برای مجتمع مس سرچشمه در استان کرمان (۱۴۰۱ تا ۱۴۰۳) ۱۷
شکل ۷. نمودار میزان استخراج از معدن و باطله‌برداری مجتمع صنعتی و معدنی گل‌گهر سیرجان (۱۴۰۱ تا ۱۴۰۳) ۱۷

راهکارهای مدیریت باطله‌های معدنی (۱):
الزامات توسعه بهره‌برداری از باطله‌های معدنی (در راستای ماده (۴۷) قانون برنامه پنجساله هفتم پیشرفت کشور)

Doi: 10.22034/mrc.report.21350

چکیده

امروزه با کاهش عیار و افزایش تقاضای جهانی مواد معدنی، بهره‌برداری از باطله‌ها به‌عنوان منبع اقتصادی، مورد توجه قرار گرفته است. همچنین، وجود عناصر همراه (از جمله عناصر نادر خاکی) در باطله‌ها، اهمیت اقتصادی آنها را دوچندان کرده است. از طرفی در جدول شماره (۱۱) ماده (۴۷) قانون برنامه پنجساله هفتم پیشرفت جمهوری اسلامی ایران، قانونگذار با توجه به اهمیت این موضوع، استحصال درصدی از محتوای آهن موجود در باطله معادن و کارخانه‌های فراوری را، در قالب یک سنجه عملکردی هدف‌گذاری کرده است. بااین‌حال، اقدام‌های صورت‌گرفته در کشور در زمینه بهره‌برداری از باطله‌های معدنی، عمدتاً به پروژه‌های مطالعاتی محدود شده و تنها در موارد معدودی به مرحله بهره‌برداری صنعتی رسیده‌اند. اما تاکنون تمرکز سیاستگذار معدنی، بیشتر معطوف به بهره‌برداری از مواد معدنی اصلی موجود در معادن کشور بوده و سیاستگذاری در زمینه توسعه بهره‌برداری از کانه‌های همراه موجود در معادن (از جمله معادن بزرگ کشور)، کمتر مورد توجه قرار گرفته است. این مسئله موجب شده است در بسیاری از موارد، فهرست جامعی از کانه‌ها و عناصر همراه موجود در ذخایر معدنی، به‌صورت کامل در گواهی کشف یا پروانه بهره‌برداری معادن ثبت نشود و درنتیجه تصویر دقیق و روشنی از وضعیت عناصر همراه موجود در باطله‌های معادن کشور، وجود نداشته باشد. براین‌اساس ضروری است برای فراهم شدن امکان سیاستگذاری هدفمند در زمینه بهره‌برداری از عناصر همراه، کانه‌های اصلی و همراه در قانون معادن به‌صورت مشخص تعریف شوند و در مورد هر یک از این عناصر، سیاستگذاری لازم به‌طور جداگانه صورت پذیرد. به‌علاوه، از آنجایی که بهترین زمان برای شناسایی و پایش عناصر همراه، در ابتدای شروع فعالیت معدن‌کاری (در مراحل صدور گواهی کشف و پروانه بهره‌برداری) و پیش از ورود این عناصر به سدهای باطله معادن و از بین رفتن امکان تشخیص اقتصادی آنهاست، لازم است فرایند نظارت بر فعالیت اکتشافی به‌گونه‌ای اصلاح شود که داده‌های اکتشافی از نظر جامعیت، کیفیت و قابلیت اطمینان، بهبود قابل توجهی پیدا کنند. ارتقای کیفیت داده‌های اکتشافی در کنار ایجاد پایگاه اطلاعاتی باطله‌های معدنی کشور، می‌تواند امکان سیاستگذاری و مقدمات برنامه‌ریزی در زمینه بهره‌برداری از باطله‌های معدنی را فراهم آورد. درنهایت در این گزارش مبتنی‌بر چالش‌های ارائه شده، پیشنهادهایی جهت اصلاح فرایندهای اجرایی و اعمال در قانون معادن، ارائه شده است.

خلاصه مدیریتی

بیان / شرح مسئله

امروزه با کاهش عیار و افزایش تقاضای جهانی مواد معدنی، بهره‌برداری از باطله‌ها به‌عنوان منبع اقتصادی، مورد توجه قرار گرفته است. همچنین، وجود عناصر همراه[1] (از جمله عناصر نادر خاکی) در باطله‌ها، اهمیت اقتصادی آنها را دوچندان کرده است. از طرف دیگر با توجه به مصرف بالای آب در کارخانه‌های فراوری مواد معدنی و بحران کم‌آبی در کشور، به‌کارگیری الگوی بهینه در مصرف و روش‌های بازیابی آب از باطله‌های معدنی، اهمیت بالایی پیدا کرده است. این موارد سبب شده است باطله‌های معدنی در دهه‌های اخیر بیش از پیش مورد توجه سیاستگذاران و فعالان اقتصادی قرار گیرند. همچنین در جدول (۱۱) ماده (۴۷) قانون برنامه پنج‌ساله هفتم پیشرفت جمهوری اسلامی ایران، قانونگذار با توجه به اهمیت موضوع بهره‌برداری از باطله‌های معدنی، استحصال ۱۰ درصد از محتوای آهن موجود در باطله معادن و کارخانه‌های فرآوری را، در قالب یک سنجه عملکردی برای بخش صنعت فولاد، هدف‌گذاری کرده است. در تبصره «۲» این ماده از برنامه هفتم نیز، وزارت صنعت، معدن و تجارت مکلف شده است به‌صورت دوره‌ای میزان کاهش تولید این ضایعات را تا رسیدن به هدف‌گذاری قانون (کاهش حداقل ۱۰ درصدی) گزارش کند. براین‌اساس ضرورت دارد موضوع مدیریت باطله‌های معدنی در کشور حداقل از دو منظر بهره‌برداری از باطله‌های معدنی و بازیابی آب موجود در باطله‌ها، مورد توجه قرار گیرد. در گزارش حاضر، این موضوع از منظر الزام‌های توسعه بهره‌برداری از باطله‌ها، مورد بررسی قرار گرفته است.

نقطه‌نظرات / یافته‌های کلیدی

بررسی وضعیت فعلی بهره‌برداری از باطله‌های معدنی در ایران نشان می‌دهد که به‌رغم وجود ظرفیت بالا در معادن، استفاده از این پتانسیل عمدتاً محدود به اقدام‌های موردی یا پژوهشی بوده و کمتر به مرحله بهره‌برداری صنعتی رسیده است. برهمین اساس می‌توان گفت، توسعه بهره‌برداری از باطله‌های معدنی با چالش‌های متعددی مواجه است. در ادامه به برخی از این موارد اشاره شده است:

- ثبت نشدن عناصر همراه (پاراژنز) در گواهی‌های کشف بسیاری از معادن، سبب شده است وزارت صمت نسبت به برخی از عناصر موجود در باطله‌های حاصل از استخراج و فراوری، بی‌اطلاع باشد و به‌درستی نتواند درخصوص بهره‌برداری از عناصر همراه دارای عیار حد اقتصادی در این باطله‌ها برنامه‌ریزی کند. در همین راستا می‌توان گفت نبود پایگاه اطلاعاتی جامع از ذخایر باطله و عناصر موجود در آنها، برنامه‌ریزی‌های کلان را دچار خلأ اطلاعاتی کرده است. به‌علاوه باید توجه داشت که در کنار لزوم تولید داده‌های اکتشافی جامع از عناصر همراه در معادن و ذخیره‌سازی این داده‌ها، مسئله کیفیت و دقت داده‌های تولیدی نیز از اهمیت بالایی برخوردار است، چرا که تولید داده‌ها بدون داشتن کیفیت و دقت لازم، نمی‌تواند تصویر درستی از وضعیت عناصر همراه در کشور برای سیاستگذار ارائه کند.
- وجود ابهام در مالکیت برخی از باطله‌های معدنی، برنامه‌ریزی‌های توسعه‌ای در زمینه بهره‌برداری از این مواد را با چالش روبه‌رو کرده است. همچنین به‌نظر می‌رسد نبود سازوکار دقیق اخذ حقوق دولتی از کانه‌های همراه (پاراژنز) موجود در باطله‌ها، موجب از دست رفتن بخشی از درآمدهای دولت و کاهش انگیزه دستگاه‌های متولی جهت توسعه این بخش شده است.
- در بندهای «الف» و «ب» ماده (۱) قانون معادن، ماده معدنی (کانی) و کانه تعریف شده است. براساس این تعاریف، کلیه مواد معدنی موجود در کانسار که دارای ارزش اقتصادی‌اند، ذیل یک مفهوم واحد، یعنی کانه، در نظر گرفته شده‌اند و تفکیکی بین کانه‌های اصلی و همراه صورت نگرفته است.
- در نهایت در دسترس نبودن فناوری‌های لازم برای تولید و هزینه‌بر بودن راه‌اندازی واحدهای فراوری عناصر همراه ارزشمند موجود در باطله، مانع از ورود بخش خصوصی و شرکت‌های دانش‌بنیان به این عرصه شده است. به‌علاوه تمرکز بهره‌بردار بر استخراج ذخیره اصلی معدن،

1. Companion Elements

موجب شده است بهره‌برداری از باطله‌های معدنی برای آنان در اولویت قرار نگیرد.
می‌توان گفت موارد فوق، در مجموع موجب قفل‌شدگی ظرفیت‌های موجود در باطله‌های معدنی و عدم توسعه بهره‌برداری از آنها شده است.

پیشنهاد راهکار تقنینی، نظارتی یا سیاستی

باتوجه به نکات مطرح شده در این گزارش، پیشنهادهای زیر برای بهبود وضعیت بهره‌برداری از باطله‌های معدنی ارائه شده است:

۱ افزودن تعاریف کانه‌های اصلی و همراه و عناصر راهبردی به قانون معادن (مصوب سال ۱۳۷۷)

پیشنهاد می‌شود با توجه به ضرورت تفکیک دقیق بین کانه‌های اصلی و همراه و با هدف فراهم شدن امکان سیاستگذاری مجزا برای هریک از این دسته عناصر، تعاریف این مواد به ماده (۱) قانون معادن اضافه شود. همچنین ضروری است جهت تعیین اولویت‌های معدنی، تعریف عناصر دارای اهمیت راهبردی برای کشور، در قانون معادن تصریح شود و وزارت صنعت، معدن و تجارت به‌صورت سالیانه فهرست این عناصر را به‌روزرسانی کند. اولویت‌های اکتشافی کشور نیز باید مبتنی‌بر این فهرست و همچنین درنظر گرفتن وضعیت هم‌نشینی عناصر توسط وزارت صنعت، معدن و تجارت تعیین شود.

۲ لزوم اصلاح فرایند نظارت بر فعالیت‌های اکتشافی با هدف بهبود کیفیت و قابلیت اطمینان داده‌های موجود در گواهی کشف معادن

در این راستا ضروری است وزارت صنعت، معدن و تجارت با طراحی سازوکار هماهنگ نظارت بر عملکرد آزمایشگاه‌ها (شامل استفاده از تجهیزات آزمایشگاهی دارای دقت لازم و کالیبراسیون به موقع آنها، استفاده از نمونه‌های مرجع معتبر و استاندارد و تدوین الزامات به‌کارگیری اپراتورهای متخصص و با تجربه در آزمایشگاه)، اعتبارسنجی و ارزیابی دوره‌ای گزارش‌های اکتشافی و بازنگری در فرایند نظارت بر فعالیت معدن‌کاری در کشور، زمینه لازم جهت ارتقای اعتبار و قابلیت اطمینان اسناد گواهی کشف را فراهم آورد.

۳ ایجاد پایگاه اطلاعاتی باطله‌های معدنی کشور

اطلاعات ذخایر باطله‌های معدنی در کشور، با اولویت معادن بزرگ در حال بهره‌برداری، باید در یک بانک اطلاعاتی ذخیره و در دسترس عموم قرار گیرد. این پایگاه باید براساس اطلاعات حاصل از کار اکتشافی از محل‌های ذخیره باطله معادنی که بهره‌برداری از آنها به اتمام رسیده و نیز داده‌های ارسالی از معادن در حال بهره‌برداری کشور (به‌صورت سالیانه) ایجاد شود. لازم است جهت تأمین هزینه‌های مالی این پایگاه از ظرفیت قانون معادن (ازجمله تبصره «۵» ماده (۱۴)) استفاده شود.

۴ اصلاح پروانه بهره‌برداری معادن (با تأکید بر معادن بزرگ) دارای کانه‌های همراه اظهار نشده

دراین‌خصوص لازم است وزارت صنعت، معدن و تجارت سازوکاری طراحی کند تا معادنی (به‌خصوص معادن بزرگ) که در پروانه بهره‌برداری فعلی خود، کانه(های) همراه (پاراژنز) را اظهار نکرده‌اند ولی در حال حاضر، اقدام به فروش این کانه‌ها (از طریق بورس کالا، صادرات و ...) می‌کنند، ملزم به اصلاح پروانه و پرداخت حقوق دولتی حاصل از فروش محصولات جانبی شوند. همچنین برای تضمین خوداظهاری صحیح و پرداخت به‌موقع، ضروری است جرایم بازدارنده و متناسب اعمال شود تا حقوق دولتی به موقع وصول و از رویه‌های خلاف قانون جلوگیری شود.

۵ شفاف‌سازی مالکیت باطله‌ها در قراردادهای دولتی

سازمان‌های تابعه وزارت صنعت، معدن و تجارت ازجمله ایمیدرو باید قراردادهای خود با پیمانکاران و راهبران (بهره‌برداران) معدنی را به‌گونه‌ای تنظیم کنند که مالکیت باطله‌های معدنی به‌صورت دقیق و شفاف در این قراردادها مشخص شود؛ به‌نحوی که از ایجاد هرگونه انحصار و قفل‌شدگی باطله‌ها جلوگیری شده و امکان برنامه‌ریزی این سازمان‌ها درخصوص بهره‌برداری از باطله‌ها و توسعه فعالیت‌های فناورانه، به‌ویژه در حوزه عناصر راهبردی (ازجمله عناصر نادر خاکی)، فراهم شود.

در ادامه با هدف الزام‌آور شدن برخی از پیشنهادهای ارائه شده و تبدیل شدن آنها به روندهای قانونی، مواردی جهت اعمال در قانون معادن ارائه شده است (جدول ۱).

جدول ۱. پیشنهادهایی در خصوص اصلاح موادی از قانون معادن (مصوب سال ۱۳۷۷)

ردیف	متن پیشنهادی
۱	پیشنهاد الحاق به ماده یک: ۱ کانه(های) اصلی: ماده (مواد) معدنی که از لحاظ اقتصادی و یا راهبردی در میان کانه‌های موجود در کانسار، به‌عنوان کانه هدف، استخراج و استحصال می‌شود. ۲ کانه(های) همراه: ماده (مواد) معدنی که به‌صورت همراه با کانه (های) اصلی در کانسار وجود دارند و به لحاظ اقتصادی و یا راهبردی نسبت به سایر کانه‌های موجود در کانسار، برای استخراج و استحصال در اولویت بعدی قرار می‌گیرد. معیار راهبردی بودن، قرارگیری در فهرست مواد معدنی راهبردی کشور است. ۳ مواد معدنی راهبردی: آن دسته از مواد معدنی که یا در تولید محصولات با ارزش‌افزوده بالا در صنایع اولویت‌دار کشور نقش کلیدی دارند، یا تأمین آنها برای صنایع داخلی با وابستگی بالای وارداتی همراه است. فهرست این مواد سالیانه به پیشنهاد وزارت صنعت، معدن و تجارت و تصویب شورای‌عالی معادن ابلاغ می‌شود.
۲	پیشنهاد اصلاح ماده (۱۵): مواد باطله حاصل از عملیات استخراج و بهره‌برداری از معادن، حداکثر تا پایان مدت ذکر شده در پروانه یا اجازه برداشت، متعلق به بهره‌بردار است و پس از آن، متعلق به دولت بوده و به طریقی که وزارت صنعت، معدن و تجارت صلاح بداند، استفاده خواهد شد. پیشنهاد الحاق به ماده (۱۵): تبصره «۱»– وزارت صنعت، معدن و تجارت مکلف است با استفاده از ظرفیت تبصره «۵» ماده (۱۴) این قانون و سایر ظرفیت‌های قانونی موجود، با اولویت معادن بزرگ در حال بهره‌برداری، داده‌های ذخایر باطله‌های معدنی کشور را در یک بانک اطلاعاتی ذخیره و در دسترس عموم قرار دهد. این داده‌ها شامل داده‌های کانی‌شناسی (اعم از ساختار و بافت، ترکیب کانی‌شناسی، توزیع اندازه ذرات و خواص فیزیکی)، داده‌های شیمیایی (اعم از آنالیز عنصری کامل شامل عناصر همراه و عیار آنها)، مشخصات کمی و مکانی دپوها و سدهای باطله (اعم از حجم و موقعیت جغرافیایی) و دیگر موارد دارای اهمیت به تشخیص وزارت صنعت، معدن و تجارت است. تبصره «۲» – با هدف نظارت بر نگهداری صیانتی و سیاستگذاری در زمینه توسعه بهره‌برداری از عناصر همراه موجود در باطله‌های معدنی کشور، کارگروهی متشکل از وزارت صنعت، معدن و تجارت، سازمان برنامه و بودجه کشور و معاونت علمی، فناوری و اقتصاد دانش‌بنیان ریاست‌جمهوری تشکیل می‌شود. کارگروه مذکور موظف است با بهره‌گیری از داده‌های پایگاه اطلاعاتی باطله‌های معدنی و سایر اطلاعات در دسترس از معادن کشور، معادن دارای اولویت بهره‌برداری از باطله را از منظر پتانسیل بهره‌برداری از باطله و براساس شاخص‌هایی همچون حجم سالیانه تولید باطله، نوع عناصر موجود در باطله و عیار هریک از آنها، تعیین کند. براین‌اساس بهره‌برداران معادن اولویت‌دار، موظف‌اند ظرف مدت دو سال برنامه عملیاتی بهره‌برداری از باطله‌های معدنی خود را ارائه کرده و به تصویب کارگروه برسانند، در غیر این صورت با تصویب کارگروه، حق مالکیت آنها بر باطله‌های معدنی سلب شده و به دولت واگذار می‌شود و باطله‌ها به طریقی که کارگروه تشخیص دهد، استفاده خواهند شد. این برنامه باید شامل انتخاب و به‌کارگیری حداقل یکی از راهکارهای ذیل باشد: ۱ احداث کارخانه فراوری باطله توسط خود بهره‌بردار؛ ۲ سرمایه‌گذاری مشترک با شرکای فنی و مالی برای احداث و بهره‌برداری از واحدهای فراوری باطله‌های معدنی؛ ۳ عرضه تدریجی و مداوم باطله‌های معدنی در بورس کالای ایران؛ ۴ دپوی اصولی و برنامه‌ریزی‌شده با ارائه برنامه عملیاتی و زمان‌بندی مشخص برای بهره‌برداری در آینده. کارگروه مذکور، مسئول سیاستگذاری و نظارت بر حسن اجرای برنامه بهره‌برداری از باطله‌های معدنی در معادن اولویت‌دار بوده و موظف است اولویت‌بندی این معادن را هر سه سال یک‌بار مورد بازنگری قرار دهد. تبصره «۳» – حمل و استفاده از مواد باطله موضوع این ماده در زمان اعتبار پروانه بهره‌برداری به‌جز در محدوده پروانه بهره‌برداری، مستلزم اخذ اجازه برداشت و پرداخت حقوق دولتی است.

مأخذ: یافته‌های پژوهش.

۱.مقدمه

در دهه‌های اخیر فعالیت معدن‌کاری با شرایط اقتصادی و زمین‌شناسی پیچیده‌تری، ازجمله از منظر ذخایر عمیق‌تر و کم‌عیارتر، مواجه شده است. این مسئله سبب شده است به‌تدریج بر اهمیت باطله‌های معدنی در جهان افزوده شود [۱]. این موضوع را می‌توان حداقل از سه جنبه مورد توجه قرار داد. اول با کاهش عیار مواد معدنی در معادن جهان، میزان باطله بیشتری به‌ازای هر تن محصول باارزش، تولید می‌شود [۲]. امروزه به‌دلیل افزایش تقاضای جهانی و کاهش عیار اقتصادی مواد معدنی، باطله‌های معدنی که تا پیش از این از اهمیت اقتصادی کمتری برخوردار بودند، جهت استخراج باقی‌مانده مواد دارای ارزش اقتصادی، مورد توجه قرار گرفته‌اند. بهره‌برداری مجدد باطله‌های معدنی می‌تواند بخشی از نیاز به مواد معدنی را تأمین و حجم باطله‌ها را کاهش دهد. در برخی مطالعات مانند مطالعه انجام شده در شرکت متسو از فنلاند، نشان داده شده است که فراوری یک واحد باطله می‌تواند سه برابر مقرون‌به‌صرفه‌تر از مواد اولیه باشد. از طرف دیگر با توجه به آن‌که در کشورهای در حال توسعه مانند ایران، جهت استمرار رشد اقتصادی و حرکت به سمت توسعه صنعتی، نیاز به منابع معدنی (به‌عنوان نهاده‌های تولید در صنایع پایین‌دستی)، پیوسته در حال افزایش است، لاجرم باید معادن با حداکثر ظرفیت ممکن خود، فعالیت کنند. این مسئله موجب شده است میزان تولید باطله‌های معدنی به‌صورت قابل توجهی افزایش یابند.

دوم، یکی از دلایل افزایش اهمیت باطله‌های معدنی در دهه‌های اخیر، ارزش نهفته در آنها به‌دلیل وجود عناصر همراه باارزش است. این عناصر معمولاً به‌دلیل عیار پایین، خودشان ذخیره جداگانه‌ای محسوب نشده و به‌عنوان محصول جانبی در فرایند معدن‌کاری به شمار می‌روند [۳]. در بسیاری از موارد، این عناصر به‌دلیل نبود فناوری لازم و پیچیدگی بالای استحصال، وارد باطله‌های معدنی می‌شوند. در دهه‌های اخیر به‌دلیل تغییر و تحولات سیاسی -اقتصادی و همچنین پیدایش فناوری‌های نوظهور، عناصر همراهی مانند عناصر نادر خاکی، از اهمیت اقتصادی و ژئوپلیتیکی قابل توجهی برخوردار شده و استخراج آنها از باطله‌های معدنی به‌شدت مورد توجه قرار گرفته است. در ایران نیز با توجه به کانی‌سازی عناصر نادر خاکی در محیط‌های زمین‌شناسی مختلف، در بسیاری از موارد، این عناصر در باطله معادن کشور وجود دارند.

سوم با توجه به میزان بالای مصرف آب در کارخانه‌های فراوری مواد معدنی، باطله‌های معدنی مقادیر قابل توجهی آب را در خود جای داده‌اند. براین‌اساس و با توجه به تشدید بحران کم‌آبی در کشور، عدم بازیابی آب از باطله‌ها، نه‌تنها به اتلاف منابع حیاتی آب منجر شده و نیاز واحدهای معدنی به آب تازه را افزایش می‌دهد، بلکه می‌تواند پیامدهای زیست‌محیطی جدی نظیر کاهش سطح آب‌های زیرزمینی، آلودگی منابع آبی (ازجمله از طریق نفوذ زهاب اسیدی و عناصر خطرناک مانند آرسنیک، جیوه، کادمیوم و... به آب‌های سطحی و زیرزمینی) و تخریب زیست‌بوم‌های محلی و مناظر طبیعی به‌دلیل باطله‌ها و حجم زیاد را به‌دنبال داشته باشد.

همچنین در جدول ۱۱ ماده (۴۷) قانون برنامه پنج‌ساله هفتم پیشرفت جمهوری اسلامی ایران، قانونگذار با توجه به اهمیت موضوع بهره‌برداری از باطله‌های معدنی، استحصال ۱۰ درصد از محتوای آهن موجود در باطله معادن و کارخانه‌های فراوری را، در قالب یک سنجه عملکردی برای بخش صنعت فولاد، هدف‌گذاری کرده است. از دیگر سنجه‌های عملکردی مرتبط با مدیریت باطله‌های معدنی در برنامه هفتم توسعه کشور، می‌توان به هدف‌گذاری مشخص برای کاهش ۱۰ درصدی در میزان ضایعات تولید فولاد (مانند فرایند ذوب (نظیر سرباره‌های کوره‌ای)، ریخته‌گری، نورد گرم و سرد و ...) اشاره کرد.

بنابراین با توجه به نکات مطرح شده، مقتضی است مسائل مرتبط با باطله‌های معدنی با هدف افزایش به‌کارگیری باطله‌ها و بازیابی منابع آبی موجود در آنها، بیش از پیش در کشور مورد توجه قرار گرفته و برنامه‌ریزی‌های لازم درخصوص مدیریت آنها صورت پذیرد. براین‌اساس می‌توان مدیریت باطله‌های معدنی در کشور را از دو منظر بهره‌برداری از باطله‌های معدنی و

همچنین بازیابی آب موجود در باطله‌ها مورد توجه قرار داد. بنابراین مجموعه گزارش راهکارهای مدیریت باطله‌های معدنی در دو شماره تعریف شده است. هدف از این مجموعه گزارش در وهله اول آن است که ضمن ارائه تصویری از وضعیت باطله‌های معدنی در ایران و جهان، به روشنی جنبه‌های مختلف اهمیت این مواد را متذکر شده و در نهایت ضرورت انجام اقدام‌های لازم در جهت مدیریت باطله‌های معدنی را به سیاستگذاران در این حوزه نشان دهد.

در گزارش حاضر به‌عنوان اولین مورد از این مجموعه گزارش، از منظر الزام‌های توسعه بهره‌برداری از باطله‌ها، موضوع‌های مربوط به بازیافت و فراوری مجدد باطله‌های معدنی، با هدف کاهش هدررفت منابع معدنی و کاهش حجم باطله‌ها، مورد بررسی قرار گرفته است. براین‌اساس در این گزارش، پس از بررسی وضعیت کلی ایران در زمینه باطله‌های معدنی، وضعیت کشورهای منتخب جهان در زمینه بهره‌برداری از باطله‌های معدنی و قوانین و سیاست‌های مرتبط با آنها، بررسی شده است. در ادامه وضعیت ایران در این موضوع از منظر کارشناسی مورد مطالعه و آسیب‌شناسی قرار گرفته است. در نهایت چالش‌های بهره‌برداری از باطله‌های معدنی در کشور بیان و راهکارهایی جهت اصلاح پیشنهاد شده است.

۲. تعریف و توضیح برخی از اصطلاحات

۲ـ۱. باطله‌های معدنی

باطله موادی است که در حین استخراج و یا کانه‌آرایی ماده باارزش از کانسنگ جدا می‌شوند [۴]. باطله‌های معدنی در آینده می‌توانند به‌عنوان منابع مهم و ارزشمند با پتانسیل ایجاد ارزش‌افزوده مورد بهره‌برداری قرار گیرند. این مواد می‌توانند برحسب فرایند، دانه‌ریز یا دانه‌درشت بودن، نوع مواد معدنی و روش فراوری، ترکیب شیمیایی و فیزیکی آنها متفاوت باشند. براین‌اساس، نحوه مدیریت باطله‌های معدنی به ترکیب شیمیایی و فیزیکی آنها، محل کارخانه فراوری و عوامل دیگر بستگی دارد. باطله‌های معدنی را با توجه به فازهای تشکیل آن می‌توان به سه دسته تقسیم‌بندی کرد [۶-۵]:

۱. باطله‌های جامد (مانند روباره،[1] سنگ باطله،[2] لجن آندی[3] و گردوغبار[4])،
۲. باطله‌های مایع (مانند باطلههای کارخانه فراوری مواد معدنی،[5] باطله فروشویی توده‌ای[6] و سرباره[7])،
۳. انتشار گاز.[8]

روباره

روباره، سنگ‌های هوازده فوقانی کانسار است که برای دسترسی به ذخیره و ماده معدنی در معادن روباز[9] برداشت می‌شوند و معمولاً در مجاورت معدن انباشت می‌شوند. ازجمله نکات مرتبط با نگهداری بخشی از این باطله‌ها ملاحظاتی است که در رابطه با طراحی شیب پایداری مناسب ساختاری انباشت (دپوی) آنها و کنترل جریان آب برای جلوگیری از فرسایش ساختار باطله و نفوذ ترکیب‌های مضر تولید شده به درون زمین در نظر گرفته می‌شود.

1. Overburden
2. Waste Rock
3. Anode Silme
4. Dust
5. Tailing
6. Spent ore
7. Slag
8. Gaseous Emissions
9. Open-Pit Mines

سنگ‌های باطله

سنگ باطله در معدن به سنگی اطلاق می‌شود که در حین استخراج معدن، برای دستیابی به کانسنگ استخراج می‌شود، اما در شرایط فنی و اقتصادی حاکم بر معدن در زمان بهره‌برداری، عیار کانی باارزش در آنها به حدی نیست که استخراج و فراوری آنها توجیه اقتصادی داشته باشد. این سنگ‌ها عمدتاً در دپوهای باطله انباشت می‌شوند. اگر در اثر افزایش قیمت فلز و پیشرفت فناوری‌ها، بهره‌برداری از آنها دارای صرفه اقتصادی باشد، بازیافت یا فراوری مجدد می‌شوند.

لجن آندی

لجن‌های آندی محصول جانبی فرایندهای تصفیه الکتریکی، به‌ویژه فرایندهایی که برای مس و سرب استفاده می‌شوند، است. آنها ناخالصی‌های نامحلول از آند می‌باشند که در پایین سلول الکترولیتی ته‌نشین می‌شوند. این لجن‌ها حاوی فلزات ارزشمندی مانند طلا، نقره و سایر عناصر گران‌بها و حیاتی‌اند و آنها را به یک منبع مهم برای بازیابی فلز تبدیل می‌کنند.

گردوغبار

در حین عملیات فراوری و تغلیظ به‌صورت خشک، گردوغبار تولید می‌شوند. به‌عنوان مثال در حین استخراج و یا فراوری مواد معدنی خشک مانند انواع خاک‌های صنعتی و یا کانی‌های غیرفلزی (مانند آهک) گردوغبار تولید می‌شود.

باطله کارخانه‌های فراوری مواد معدنی

جهت افزایش عیار ماده معدنی (کانسنگ)، به‌خصوص برای معادن فلزی (مانند مس، طلا، سرب و روی) و تولید کنسانتره، ایجاد کارخانه فراوری (کانه‌آرایی) ضروری است. کارخانه فراوری معمولاً در مجاورت معدن ایجاد شده و طی فرایندهای فیزیکی و شیمیایی و مراحل مختلف (مانند سنگ‌شکنی، آسیا، فلوتاسیون و غیره) عیار کانه افزایش می‌یابد. در حین فراوری کانسنگ، افزودنی‌های مختلفی جهت بهبود و افزایش قابلیت پرعیارسازی استفاده می‌شود. لذا خروجی کارخانه فراوری علاوه‌بر کنسانتره، باطله‌ها و پسماندها و پساب‌هایی را نیز در بر خواهد داشت که این باطله‌ها با توجه به نوع کانسنگ و روش فراوری می‌توانند شامل محلول آب‌های سیانید، فلزات سنگین (مانند آرسنیک، سرب و روی، کادمیوم، مس و منگنز)، دوغاب حاوی ذرات ریز آسیا شده و سایر افزودنی‌ها باشند. به طور مثال تخمین زده می‌شود که به‌ازای تولید یک تن مس، ۳۵۰ تن باطله ایجاد می‌شود که از آن ۱۴۷ تن وارد سد باطله می‌شود.

باطله فروشویی توده‌ای

این نوع باطله از فروشویی توده‌ای لایه‌های کانسنگی خرد شده تولید می‌شود. در روش فروشویی توده‌ای کانسنگ‌های ماده باارزش را در یک فضای باز و روی روکش‌های غیرقابل نفوذ قرار داده و سپس با تزریق محلول‌های شیمیایی شسته می‌شوند. پس از این مرحله مواد جامد (سنگی) باقی‌مانده به بخش سد باطله منتقل می‌شوند.

سرباره

بعد از تولید کنسانتره جهت تغلیظ بیشتر و دستیابی به خلوص بالای فلزات، فرایندهای پالایش (استفاده از کوره‌های ذوب) انجام می‌گیرد که این فرایندها خود سبب تولید باطله سرباره می‌شود.

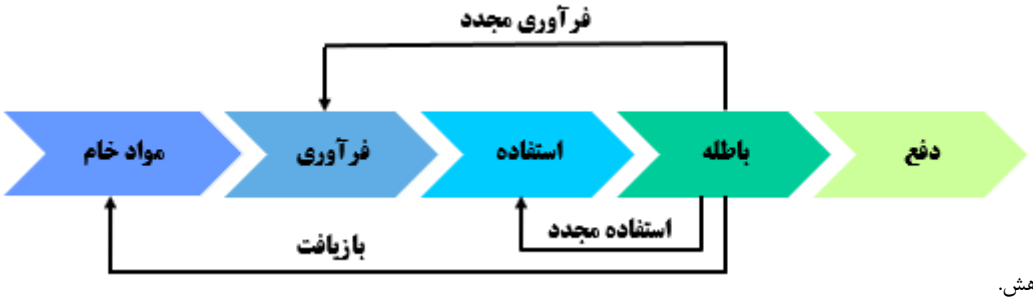
انتشار گاز

در فرایندهای استخراج فلزات، نظیر هیدرومتالورژی و پیرومتالورژی (به‌ویژه در کوره‌های ذوب)، گازهای مختلفی تولید و منتشر می‌شوند. در عملیات هیدرومتالورژی که شامل استفاده از محلول‌های شیمیایی برای انحلال فلزات از سنگ معدن یا باطله است، ممکن است بخارات و گازهای ناشی از اسیدها (مانند اسید سولفوریک یا کلریدریک) یا ترکیبات شیمیایی دیگر آزاد شوند.

۲ـ۲. بهره‌برداری از باطله‌های معدنی

از کارآمدترین راهکارها برای مدیریت پایدار باطله‌های معدنی، بهره‌برداری از باطله‌ها از طریق استفاده مجدد،[1] بازیافت[2] و فراوری مجدد[3] آنهاست [۷] (شکل ۱). استفاده مجدد از باطله‌های معدن به‌معنای استفاده از آنها بدون پردازش، در یک کاربرد جدید است. بازیافت به‌معنای استخراج اجزای باارزش از باطله یا استفاده از باطله به‌عنوان ماده اولیه برای تولید محصول باارزش از طریق فراوری است [۸]. منظور از فراوری مجدد، بازیابی مواد معدنی باارزشی است که طی فراوری اولیه به‌طور کامل استخراج نشده است. امروزه با پیشرفت فناوری‌ها، امکان استخراج موادی که قبلاً غیراقتصادی بودند، فراهم شده است. بنابراین بهره‌برداری از باطله‌های معدنی، به کاهش خطرهای زیست‌محیطی با کاهش حجم آنها، ایجاد اشتغال، تشویق به توسعه علمی و کاهش نیاز به استخراج مواد معدنی در معادن کمک می‌کند.

شکل ۱. طرح کلی سه روش بهره‌برداری از باطله‌های معدنی



مأخذ: یافته‌های پژوهش.

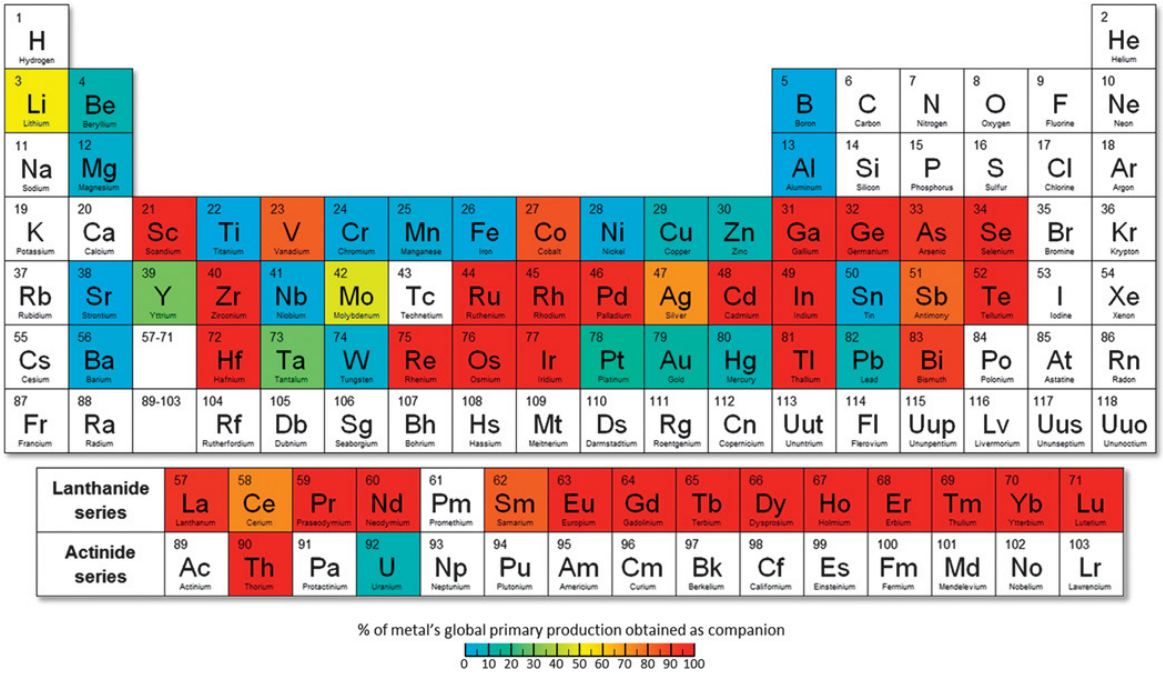
۳ـ۲. عناصر همراه (پاراژنز)[4]

در فعالیت معدن‌کاری، عناصر همراه به عناصری اطلاق می‌شود که معمولاً در یک سازند زمین‌شناسی یا کانسار معدنی با هم یافت می‌شوند [۳]. عناصر همراه، که به‌عنوان محصول جانبی[5] یا محصول مشترک[6] نیز شناخته می‌شوند، به فلزات یا سایر مواد ارزشمندی اطلاق می‌شود که در کنار عناصر اصلی یا میزبان[7] در یک کانسار معدنی یافت می‌شوند و از نظر عیار حد اقتصادی نسبت به عناصر اصلی برای استخراج و فراوری در اولویت بعدی قرار می‌گیرند [۳]. منظور از کانه(های) اصلی یا میزبان، ماده (مواد) معدنی است که به لحاظ اقتصادی تمرکز اصلی عملیات معدن‌کاری در یک کانسار خاص روی آن است. از اهمیت استخراج و فراوری عناصر همراه این است که بیش از نیمی از مواد معدنی حیاتی به‌عنوان محصولات جانبی تولید می‌شوند.

مقادیر هم‌نشینی[8] برای ۶۲ فلز و شبه‌فلز که بیشترین کاربرد را در فناوری‌های مدرن دارند، محاسبه شده است (شکل ۲). براساس این، مشخص شد که ۶۱ درصد از این عناصر، یعنی ۳۸ مورد از ۶۲ فلز بررسی شده، بخش عمده‌ای (بیش از ۵۰ درصد) از تولید جهانی‌شان به‌عنوان عنصر همراه از استخراج دیگر فلزات بدست می‌آید. این نتیجه نشان می‌دهد که مفهوم هم‌نشینی نقش مهمی در ارزیابی دسترسی و تأمین فلزات (و به‌تبع آن، موضوع‌هایی نظیر طراحی محصول) ایفا می‌کند. باید توجه داشت که اطلاعات مورد استفاده برای این محاسبات ممکن است مبتنی‌بر داده‌هایی پراکنده و با کیفیت‌های متفاوت و فاقد شفافیت بازار باشند، زیرا بیشتر معاملات به‌صورت خصوصی انجام می‌شود. بنابراین، مقادیر هم‌نشینی براساس گزارش‌های صنعتی و منابع علمی (نظیر انتشارات سازمان زمین‌شناسی آمریکا، مقالات علمی و دایره‌المعارف‌های علمی و مهندسی) به‌طور تقریبی برآورد می‌شوند، نه به‌صورت دقیق [۹]. در شکل ۲، فلزاتی که عمدتاً به‌عنوان عنصر میزبان تولید می‌شوند با رنگ آبی و فلزاتی که عمدتاً به‌عنوان عنصر همراه به دست می‌آیند، با رنگ قرمز مشخص شده‌اند.

1. Reuse
2. Recycling
3. Reprocessing
4. Paragenetic
5. By-Product
6. Co-Product
7. Host
8. Companionality

شکل ۲. جدول تناوبی هم‌نشینی عناصر در سطح جهان برای سال ۲۰۰۸ [۹]



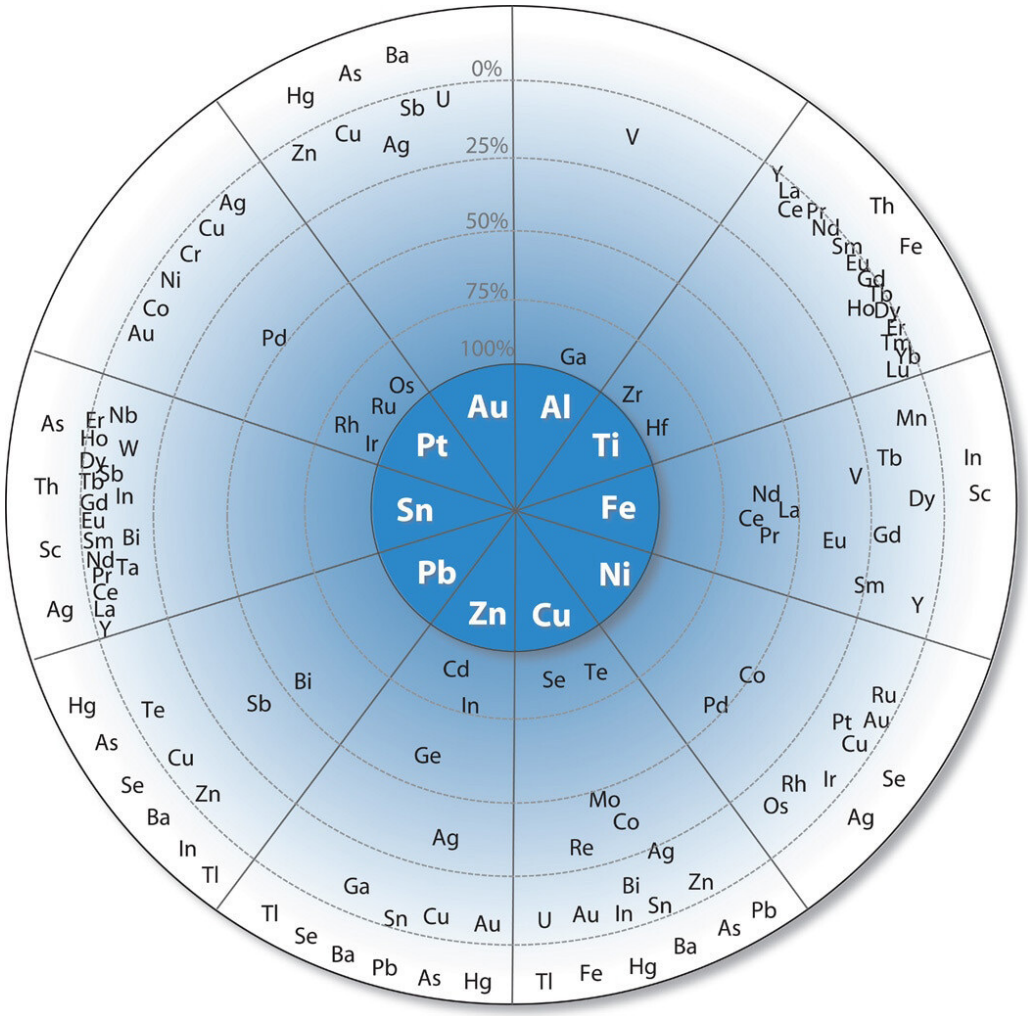
تولید اولیه یک فلز همراه ممکن است در درجه اول با یک میزبان واحد یا با چندین میزبان در درجه‌های مختلف مرتبط باشد. برای مثال، بیشتر (≤۹۰٪) ذخایر سلنیوم و تلوریم با مس همراه‌اند، درحالی‌که بخش‌های قابل توجهی از ذخایر نقره با روی، سرب، مس و طلا مرتبط‌اند [۹]. روابط میزبان-همراه برای چندین میزبان اصلی در چرخ هم‌نشینی فلز[1] در شکل ۳ نشان داده شده است[2] [۳، ۹-۱۰]. این تجزیه و تحلیل نشان می‌دهد که اگرچه تعداد کمی از عناصر همراه با میزبان‌های متعدد مرتبط‌اند، اما بسیاری در درجه اول (یعنی بیشتر تولید اولیه آنها) تنها با یک یا دو میزبان مرتبط است. به طور مشابه، اگرچه فلزات میزبان ممکن است، میزبان چندین همراه باشند، اغلب میزبان اصلی (یعنی تأمین‌کننده بیشتر تولید اولیه یک همراه) تنها برای تعداد کمی از همراهان می‌باشند. به‌عنوان مثال، مس را می‌توان میزبان حدود ۱۸ عنصر در نظر گرفت، اما فقط برای سلنیوم و تلوریم میزبان اصلی است.

دانستن این‌که کدام با یک سنگ معدن ارزشمند همراهی می‌کنند، به زمین‌شناسان کمک می‌کند تا تلاش‌های اکتشافی را هدفمند کرده و ترکیب ذخایر بالقوه را پیش‌بینی کنند. همچنین درک هم‌نشینی عناصر برای طراحی فرایندهای استخراج و فراوری کارآمد بسیار مهم است. برخی از عناصر همراه می‌توانند مانند آرسنیک و جیوه مضر باشند. اطلاع از این هم‌نشینی آنها به توسعه راهکارهایی برای به حداقل رساندن آلودگی محیط‌زیست در طول فرایند معدن‌کاری کمک می‌کند. در اصل، درک هم‌نشینی یا همراهی بین عناصر در معدن‌کاری برای اکتشاف موفق، استخراج مسئولانه و مدیریت پایدار زیست‌محیطی بسیار مهم است.

1. The Wheel of Metal Companionality

۲. اطلاعات کامل‌تر در جدول S۱ ارائه شده است [۱۰].

شکل ۳. چرخ هم‌نشینی فلزات [۹]

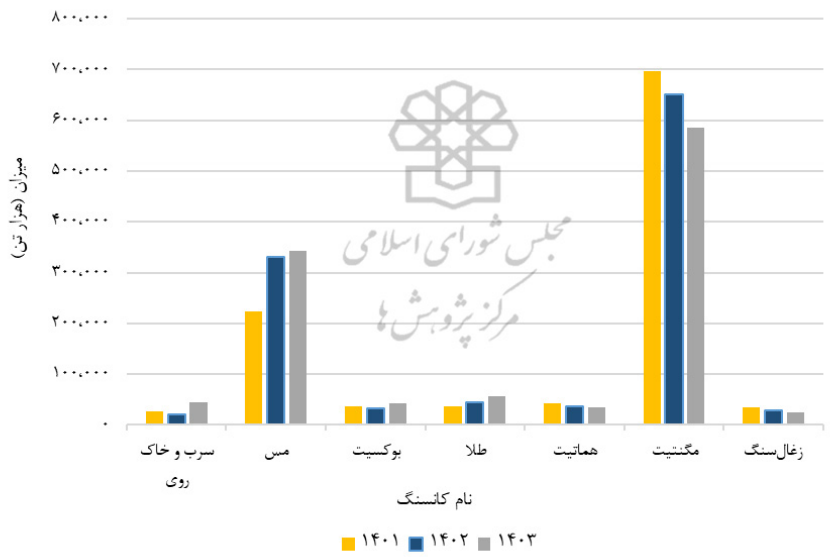


۳. نگاهی به آمار باطله‌های معدنی در کشور

۱ـ۳. آمار حجم باطله‌برداری در کشور

شکل ۴ میزان باطله‌برداری معادن کشور به تفکیک سال‌های ۱۴۰۱ تا ۱۴۰۳، برای مواد معدنی سرب و خاک روی، بوکسیت، طلا، هماتیت، زغال سنگ، مس و مگنتیت نشان می‌دهد.

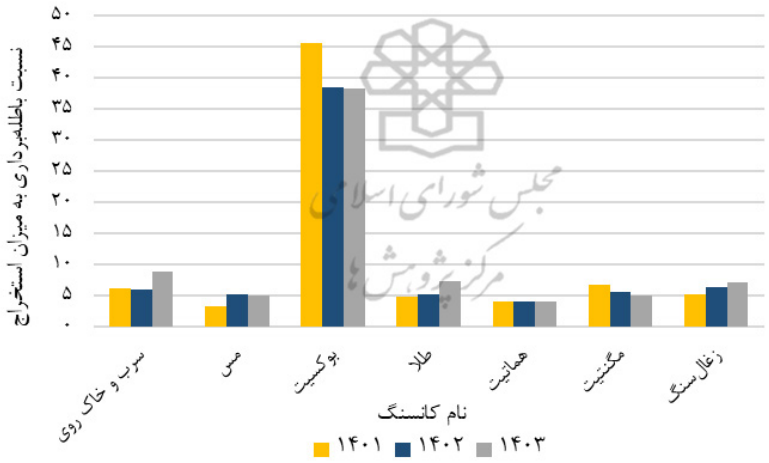
شکل ۴.نمودار میزان باطله‌برداری معادن کشور به تفکیک سال‌های ۱۴۰۱ تا ۱۴۰۳



مأخذ: اطلاعات دریافتی از وزارت صنعت، معدن و تجارت به تفکیک معادن.

مطابق داده‌های موجود، بیشترین میزان باطله‌برداری مربوط به کانسنگ مگنتیت و کمترین آن متعلق به زغال‌سنگ است. بررسی روند باطله‌برداری در معادن کشور نشان می‌دهد که در بازه زمانی سال‌های ۱۴۰۱ تا ۱۴۰۳، میزان باطله‌برداری در برخی معادن افزایش یافته است. این افزایش به‌ویژه در معادن استخراج کانسنگ‌هایی نظیر سرب و خاک روی، مس، بوکسیت و طلا قابل مشاهده است. در مقابل، در معادن مربوط به کانسنگ‌های هماتیت، مگنتیت و زغال‌سنگ، برخلاف روند افزایش حجم باطله در معادن جهان، کاهش میزان باطله‌برداری گزارش شده است (شکل ۴). شکل ۵ نیز نسبت باطله‌برداری به میزان استخراج معدن برای هر کانسنگ را در سال‌های ۱۴۰۱ تا ۱۴۰۳ نمایش می‌دهد که روند یادشده در آن نیز قابل مشاهده است.

شکل ۵.نمودار نسبت باطله‌برداری به استخراج برای کانسنگ‌های مختلف از سال ۱۴۰۱ تا ۱۴۰۳

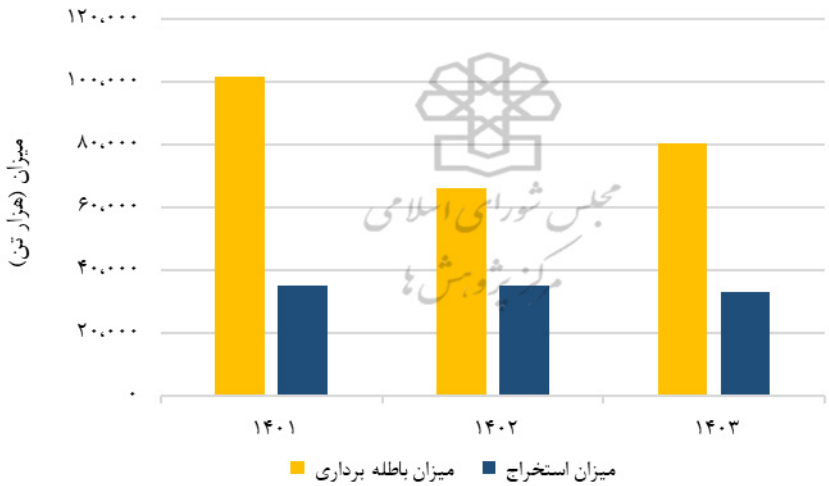


مأخذ: همان.

۲ـ۳. آمار میزان باطله‌برداری و میزان استخراج از معادن بزرگ کشور

در ادامه، روند تغییرهای میزان استخراج از معدن و باطله‌برداری از سال ۱۴۰۱ تا ۱۴۰۳ برای دو معدن بزرگ مجتمع مس سرچشمه و مجتمع صنعتی و معدنی گل گهر سیرجان در استان کرمان بررسی شد. شکل ۶ روند میزان استخراج از معدن و باطله‌برداری برای مجتمع مس سرچشمه در استان کرمان را در سال‌های ۱۴۰۱ تا ۱۴۰۳ نشان می‌دهد. با توجه به محدودیت در دسترسی به داده‌های تفکیک‌شده مربوط به هر معدن، در این گزارش اطلاعات سه سال اخیر (۱۴۰۱ تا ۱۴۰۳) مورد استفاده قرار گرفته است. بدیهی است در صورت فراهم شدن امکان دسترسی به داده‌هایی با سابقه زمانی بیشتر، امکان انجام تحلیل‌های دقیق‌تر، جامع‌تر و مبتنی‌بر روندهای بلندمدت نیز فراهم خواهد شد.

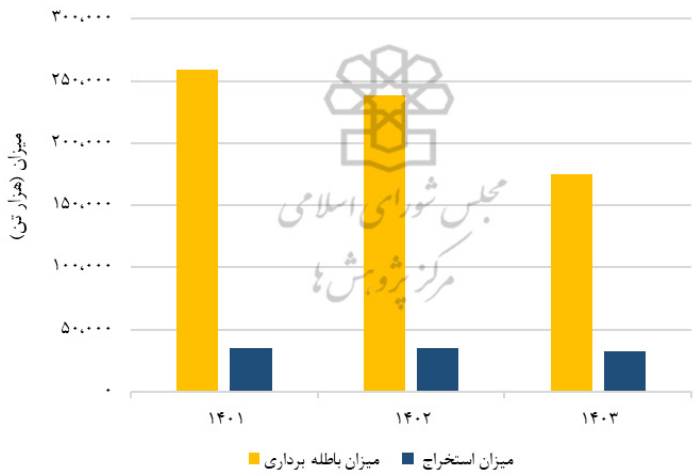
شکل ۶. نمودار میزان استخراج از معدن و باطله‌برداری برای مجتمع مس سرچشمه در استان کرمان (۱۴۰۱ تا ۱۴۰۳)



مأخذ: همان.

با توجه به شکل ۶، یکی از دلایل روند کاهشی میزان باطله‌برداری این مجتمع در سال‌های ۱۴۰۱ تا ۱۴۰۳، می‌تواند استخراج از ذخایر با عیار بالا در معدن مربوطه باشد، که در این صورت می‌تواند به بروز مشکلات در تأمین خوراک ورودی به کارخانه فراوری در سال‌های آینده منجر شود. این روند کاهش میزان باطله‌برداری در مجتمع صنعتی و معدنی گل گهر سیرجان در استان کرمان نیز مشاهده می‌شود (شکل ۷).

شکل ۷. نمودار میزان استخراج از معدن و باطله‌برداری مجتمع صنعتی و معدنی گل گهر سیرجان (۱۴۰۱ تا ۱۴۰۳)



مأخذ: همان.

۴. کاربرد باطله‌های معدنی

در این قسمت نمونه‌هایی از کاربرد باطله‌های معدنی در بخش‌های مختلف آورده شده است. مطابق با تعریف بهره‌برداری از باطله‌های معدنی که در بخش قبل ارائه شد، کاربرد باطله‌ها از سه جنبه استفاده مجدد، بازیافت و فراوری مجدد مورد بررسی قرار گرفته است [۸-۱۵].

۴ـ۱. استفاده مجدد

باطله‌های معدنی در کشاورزی برای اصلاح و بهبود ساختار خاک و کاهش فرسایش آن، درمان خاک‌های اسیدی یا غنی از فلز و یا افزایش میزان فسفر موجود در خاک استفاده می‌شوند. سنگ‌های باطله سولفیدی به‌عنوان افزودنی خاک برای خنثی‌سازی خاک‌های کشاورزی قلیایی و نابارور و سنگ‌های باطله فسفاته می‌توانند در محوطه‌سازی و در احیای پوشش گیاهی مخازن باطله به خوبی مورد استفاده قرار گیرند [۸].

۴ـ۲. بازیافت

تولید مصالح ساختمانی از باطله‌های معدنی یک رویکرد پایدار و کارآمد است که به کاهش پیامدهای زیست‌محیطی و مصرف منابع طبیعی کمک می‌کند. باطله‌های معدنی می‌توانند برای تولید مصالح ساختمانی مانند آجر، سیمان یا بتن مورد استفاده قرار گیرند. همچنین در پروژه‌های زیرساختی مانند جاده‌سازی، سدسازی و ... استفاده شوند [۱۱-۱۲]. برای مثال شرکت واله در برزیل، در حال تولید شن و ماسه از ضایعات فراوری سنگ‌آهن است که می‌تواند در ساخت‌وساز و سایر کاربردها مورد استفاده قرار گیرد و نیاز به استخراج شن و ماسه طبیعی و ضایعات معدنی را کاهش دهد[۱۲].

۴ـ۳. فراوری مجدد

با پیشرفت فناوری‌های معدن‌کاری، تأکید فزاینده‌ای بر بازیابی منابع معدنی از باطله‌ها وجود دارد. این فناوری‌ها، امکان استخراج مواد معدنی باارزش را از باطله‌های معدنی با عیار کم فراهم می‌کنند. به‌عنوان مثال، روش‌هایی مانند فلوتاسیون، لیچینگ و بیولیچینگ برای بازیابی فلزات ارزشمند مانند مس، طلا، آهن، عناصر نادر خاکی و ...، از باطله‌ها یا سنگ‌های معدنی کم‌عیار استفاده می‌شوند. این امر نه‌تنها میزان باطله تولید شده را کاهش می‌دهد، بلکه استفاده از منابع را به حداکثر می‌رساند و ردپای زیست‌محیطی عملیات معدن‌کاری را نیز کاهش می‌دهد [۱۳-۱۵]. تاکنون پروژه‌های زیادی در زمینه استخراج فلزات (طلا، نقره، آهن، مس و عناصر کمیاب و ...) از باطله‌ها در کشورهای مختلف صورت گرفته است. نمونه‌هایی از این پروژه‌ها عبارت‌اند از:

- بازیابی مس از باطلههای معدن در کنگو [۱۳]،
- بازیابی روی، کادمیوم و گالیوم از باطله‌های معدن Gornoدر ایتالیا [۱۴]،
- استخراج روی از باطله‌های معدن متروکه Balıkesir در ترکیه [۱۵].

۵. بررسی قوانین و مقررات کشورها در مورد بهره‌برداری از باطله‌های معدنی

در جهان رویکردی به نام اقتصاد چرخشی در مدیریت باطله‌های معدنی تعریف شده است. این رویکرد، با هدف کاهش پیامدهای زیست‌محیطی و افزایش بهره‌وری منابع، می‌تواند به توسعه پایدار صنعت و معدن کمک کند. اقتصاد چرخشی، با تأکید بر کاهش مصرف، استفاده مجدد، بازیافت و بازیابی مواد، به دنبال ایجاد یک سیستم بسته و پایدار است [۱۶]. این رویکرد، به جای اینکه مواد را پس از یک‌بار استفاده به باطله تبدیل کند، آنها را در چرخه تولید و مصرف نگه می‌دارد و از این طریق، به کاهش نیاز به استخراج مواد اولیه جدید، کاهش تولید باطله و اثرهای زیست‌محیطی کمک می‌کند.

کشورهای توسعه‌یافته در قوانین بالادستی خود اهتمام ویژه در به‌کارگیری اقتصاد چرخشی برای مدیریت بهره‌برداری از باطله‌های معدنی داشته‌اند که در ادامه قوانین چند کشور بررسی می‌شوند [۱۶-۱۷].

در آلمان، یکی از کشورهای پیش‌رو در پیاده‌سازی اقتصاد چرخشی در صنعت و معدن، قانون بازیافت فلزات با هدف استفاده معادن از باطله‌های فلزی و سایر عناصر موجود، تعریف شده است. این قانون همچنین بازیافت فلزات استراتژیک (لیتیوم، کبالت و نیکل) را در دستور کار قرار داده که به حفظ منابع طبیعی و کاهش نیاز به استخراج مواد اولیه جدید کمک کرده است [۱۶]. اصول اقتصاد چرخشی در بخش معدن آلمان به‌صورت زیر تعریف می‌شوند:

- بازیافت و استفاده مجدد از باطله‌های معدنی
  - بازیافت سنگ‌های باطله برای استفاده در صنعت ساخت‌وساز و زیرساخت‌ها،
  - استخراج فلزات باارزش مانند مس، نیکل، لیتیوم و عناصر نادر خاکی از باطله‌های معدنی.
- بازیابی فلزات از معادن متروکه

آلمان معادن قدیمی زیادی دارد که دوباره آنها را فعال کرده تا مواد معدنی باقی‌مانده را با روش‌های نوین استخراج کند. همچنین از فناوری‌های زیستی برای استخراج فلزات از باطله‌های معدنی استفاده می‌کنند.

- کاهش استخراج اولیه و جایگزینی با منابع ثانویه

رویکرد غالب برای تأمین فلزات مورد نیاز صنعت کشور تمرکز بر پسماندهای شهری (معادن شهری) برای بازیافت فلزات از ضایعات صنعتی، تجهیزات الکترونیکی و خودروهای فرسوده است؛ تا با استفاده بهینه، استخراج کمتری از منابع معدنی صورت گیرد.

- استخراج پایدار و فناوری‌های نوین

استفاده از فناوری‌های استخراج کم‌کربن مانند استخراج با حلال‌های سبز، فرایندهای بایوهیدرومتالورژی و فناوری‌های نوین مانند هوش مصنوعی و اینترنت اشیا. کاهش مصرف آب در تمام مراحل معدن‌کاری جز اصول اولیه و مهم است.

- مدیریت پایدار باطله‌های معدنی

کنترل دقیق دفع باطله‌های معدنی برای جلوگیری از آلودگی خاک و آب‌های زیرزمینی در اصول اقتصاد چرخشی در بخش معدن مورد تأکید است. بازیافت و استفاده مجدد از باطله‌های معدنی (در تولید سیمان، سرامیک و مواد ساختمانی) یک الزام است.

آلمان با اجرای این راهکارها، به یک کشور موفق در مدیریت پایدار معادن تبدیل شده است. قوانین سختگیرانه، شرکت‌های معدنی را به رعایت اصول اقتصاد چرخشی و بهره‌برداری پایدار از منابع ملزم می‌کند. قانون معادن آلمان جریمه‌های مالی، توقف فعالیت و حتی مجازات‌های کیفری را برای تخلفات معادن (شامل آسیب زدن به محیط‌زیست یا فقدان بازیابی باطله‌های معدنی) در نظر گرفته است.

سوئد به‌عنوان یکی از پیش‌گامان اقتصاد چرخشی، قوانین بازیافت و استفاده مجدد از باطله‌های معادن را در دستور کار قرار داده که این بخشی از دستورالعمل محیط‌زیستی است. سوئد با اجرای سیاست‌هایی مثل معافیت‌های مالیاتی و تشویقی برای شرکت‌هایی که در پروژه‌های بازیافت مشارکت دارند، باعث تشویق سرمایه‌گذاری در فناوری‌های بازیافت و استفاده مجدد از باطله‌های معدنی شده است [۱۷].

قانون اقتصاد چرخشی در جمهوری خلق چین[1] در سال ۲۰۰۸ به تصویب رسید. در این قانون ۵۷ ماده‌ای، هدف از ترویج اقتصاد چرخشی، افزایش نرخ بهره‌وری منابع، حفاظت از محیط‌زیست و دست‌یابی به توسعه پایدار بیان شده است. در این قانون به مجموعه‌ای از فعالیت‌ها شامل کاهش مصرف منابع، بازیافت و استفاده مجدد در تولید، توزیع و مصرف اطلاق شده است. شورای دولتی چین مسئول سازماندهی، هماهنگی و نظارت بر اجرای آن است. تمامی سیاست‌های صنعتی و اجتماعی چین باید مطابق با الزام‌های ترویج اقتصاد چرخشی باشد [۱۸]. ماده (۲۲) این قانون با تأکید بر بهره‌وری کامل از ذخایر معدنی، هرگونه اتلاف منابع را ممنوع می‌کند. براین‌اساس، کلیه معادن موظفند کانه‌های پاراژنز و همراه دارای ارزش صنعتی را به طور جامع استخراج و فراوری کنند و برای باطله‌های دارای اجزای باارزش، برنامه مدیریت و بازیافت تدوین کنند. همچنین در چین، دولت موظف به حمایت از تحقیق و توسعه در حوزه بازیافت بوده و به ایجاد بازار بازیافت و باطله‌ها توجه ویژه دارد [۱۸].

همچنین براساس ماده (۲۴) قانون منابع معدنی چین (مربوط به بخش اکتشاف در فصل سوم)، در بررسی‌های اکتشافی منابع معدنی، باید هم‌زمان با بررسی کانه‌های اصلی، ارزیابی اولیه جامعی از شرایط کانه‌زایی کلیه کانی‌های هم‌نشین یا پاراژنز و چشم‌انداز اقتصادی[2] این کانی‌ها در منطقه مورد بررسی، انجام شود. همچنین براساس ماده (۲۵) این قانون، در هر گزارشی که برای اکتشاف ذخایر معدنی تهیه می‌شود، لازم است ارزیابی جامعی از کلیه کانی‌های هم‌نشین یا پاراژنز و دارای ارزش تجاری در محدوده معدن ارائه و ذخایر این کانی‌ها به‌طور دقیق محاسبه و ثبت شود. در نهایت این قانون تأکید دارد گزارش‌های اکتشافی فاقد این ارزیابی جامع، قابل تأیید نخواهند بود.

در سال ۲۰۲۴، چارچوب اقتصاد چرخشی کشور استرالیا منتشر شد که هدف آن رسیدن به اقتصاد چرخشی تا سال ۲۰۳۰ است [۱۹]. در راستای دستیابی به توسعه پایدار در بخش معدن، دولت استرالیا یک نقشه راه با عنوان «استراتژی مواد معدنی حیاتی ۲۰۳۰–۲۰۲۳» را به تصویب رساند که هدف اصلی آن رسیدن به یک کشور پیشرو در تولید، فراوری و تأمین مواد معدنی حیاتی در جهان است. که از راهکارهای این استراتژی، ترویج فناوری به‌روز و نوآوری برای بهبود کارایی در استخراج و فراوری مواد معدنی و یافتن راه‌های جدید برای بازیافت و استفاده مجدد از مواد معدنی حیاتی است. همچنین به‌کارگیری اصول اقتصاد چرخشی برای اطمینان از اینکه مواد معدنی حیاتی در طول چرخه عمر خود به‌طور مسئولانه بازیافت، استفاده مجدد و تأمین می‌شوند. اقتصاد چرخشی به استرالیا کمک می‌کند تا به یک محیط‌زیست و اقتصاد پایدار دست یابد. در استرالیا، از قوانین و مشوق‌های مالی برای ارتقای فناوری‌های بازیافت و کاهش هدررفت منابع استفاده می‌شود. در این کشور «سیاست ملی مدیریت پسماند» با هدف ترویج بازیافت و استفاده مجدد از باطله‌های معدنی تعریف شده است. این سیاست به‌ویژه در بخش‌هایی که با باطله‌های فراوان مواجه‌اند، موجب تشویق به بازیافت فلزات و استفاده مجدد از مواد معدنی شده است.

بنابراین در حوزه معدن، اقتصاد چرخشی می‌تواند از طریق مدیریت بهینه باطله‌های معدنی، استخراج مجدد مواد باارزش از آنها و به‌کارگیری فناوری‌های نوین برای بازیافت و بازیابی، به توسعه پایدار این صنعت کمک کند. این رویکرد، نه‌تنها به حفظ محیط‌زیست و منابع طبیعی کمک می‌کند، بلکه می‌تواند به کاهش هزینه‌های تولید و افزایش سودآوری واحدهای معدنی نیز منجر شود.

1. Circular Economy Law of the People's Republic of China
2. The Economic Perspective

۶. بررسی وضعیت بهره‌برداری از باطله‌های معدنی در ایران

در ادامه گزارش، باتوجه به محدود بودن اطلاعات موجود درخصوص وضعیت باطله‌های معدنی در کشور، روش‌های مدیریت باطله‌های معدنی از منظر بهره‌برداری، تنها در تعدادی از کارخانه‌های بزرگ فراوری مواد معدنی بررسی و ارزیابی شدند. معادنی مانند مجتمع صنعتی و معدنی گل‌گهر سیرجان، مجتمع معدنی و صنعتی چادرملو و مجتمع مس سرچشمه رفسنجان از نظر وضعیت بهره‌برداری از باطله‌های معدنی بررسی شدند.

۶ـ۱. کارخانه بازیابی هماتیت شرکت معدنی و صنعتی گل‌گهر

یکی از مشکلات مدارهای فراوری سنگ آهن، اتلاف آهن به‌صورت کانه هماتیت و در ابعاد ریز، به بخش باطله است. کارخانه بازیابی هماتیت مجتمع معدنی و صنعتی گل‌گهر، دو خط برای فراوری باطله خشک و باطله تر جهت بازیابی باطله‌های کارخانه مگنتیت در اختیار دارد. تجهیزات اصلی استفاده شده در خط باطله خشک جهت جدایش هماتیت، اسپیرال و جداکننده شدت بالای جونز است. خط باطله تر کارخانه هماتیت برای بازیابی باطله‌های تر، شامل یک جداکننده مغناطیسی شدت متوسط و دو جداکننده مغناطیسی شدت پایین است. در حال حاضر با بازیافت هماتیت، ۷۵ تن بر ساعت باطله با عیار متوسط آهن ۳۸ درصد به سد باطله انتقال می‌یابد [۲۰].

در معادن سنگ آهن گل‌گهر، کانی تالک همراه با مگنتیت وجود دارد که پس از بازیابی مگنتیت به تیکنرهای باطله وارد می‌شود. با توجه به اینکه تالک، بیش از ۲۰ درصد باطله را تشکیل می‌دهد، در صورت بازیابی و تخلیص به‌عنوان یک محصول جانبی با ارزش‌افزوده بالا به فروش می‌رسد. شایان به ذکر است در پژوهشی، بازیابی کانی تالک از باطله کارخانه فراوری سنگ آهن مجتمع گل‌گهر بررسی شده است. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد با استفاده از فلوتاسیون می‌توان به محصول تالک با خلوص ۹۵/۸ درصد و بازیابی ۴۲/۵ درصد دست یافت [۲۱].

۶ـ۲. شرکت معدنی و صنعتی چادرملو

ازجمله بزرگ‌ترین ذخایر آهن و فسفات در ایران کانسار سنگ آهن چادرملو است که با تولید سالیانه ۱۰/۵ میلیون تن کنسانتره آهن، نقش مؤثری در صنعت فولاد کشور دارد. در این معدن سیلیس و فسفر ازجمله باطله‌های همراه کانسنگ محسوب می‌شوند. بخش غیرمغناطیسی جداکننده‌های مغناطیسی شدت بالا در کارخانه فراوری کانسنگ آهن به‌عنوان باطله، پس از پرعیارسازی به روش شناورسازی، به تولید آپاتیت منجر می‌شود که خوراک واحد تولید اسید فسفریک را تأمین می‌کند. تجزیه محلول به دست آمده از انحلال کنسانتره آپاتیت، نشانگر حضور مقدار قابل توجه آرسنیک و عناصر نادر خاکی در آن است. طیف‌سنجی ICP[1] نشان داده است که مقدار آرسنیک و عناصر نادر خاکی در کنسانتره آپاتیت به ترتیب حدود ۳۴۵ ppm و بیش از ۵۰۰۰ ppm است. در پژوهش‌های انجام شده، تقریباً همه انواع عناصر نادر خاکی در نمونه‌های مورد بررسی وجود داشته‌اند که مهم‌ترین آنها با مقدار قابل توجه سریم، لانتانیم، نئودیمیم و ایتریم است. آرسنیک در باطله باعث بروز مشکلات زیست‌محیطی شده و همچنین عناصر نادر خاکی به باطله منتقل می‌شود [۲۲].

مجتمع بازیافت باطله کارخانه چادرملو یکی از اولین و بزرگ‌ترین مجتمع‌های متمرکز بر بازیافت باطله کنسانتره سنگ‌آهن در ایران است. اصلی‌ترین فعالیت این واحد صنعتی، بازیافت باطله‌های کارخانه‌های فراوری مجتمع چادرملو برای افزایش عیار آهن کنسانتره و کاهش فسفر است. در واحد فراوری مجدد با کمک فلوتاسیون، خوراک ورودی به سلول فلوتاسیون از عیار آهن ۵۷ و فسفر ۰/۷، به عیار آهن ۶۳ و فسفر کمتر از ۰/۲ می‌رسد [۲۳].

1. Inductively Coupled Plasma) ICP(

۳ـ۶. مجتمع مس سرچشمه رفسنجان

در مجتمع مس سرچشمه در مدت ۱۱ ماهه اول سال ۱۴۰۳، به‌میزان ۷۹ میلیون و ۹۷۵ هزار و ۶۰۰ تن باطله تولید و مجموع کل استخراج هم در این بازه زمانی، ۱۱۳ میلیون و ۸۰ هزار و ۴۱۳ تن ماده معدنی گزارش شده است. سالیانه حدود ۲۹ میلیون تن باطله در کارخانه‌های تغلیظ سرچشمه تولید می‌شود. طبق برنامه‌ریزی‌های شرکت صنایع ملی مس، در فاز نخست احداث کارخانه‌های فراوری مجدد باطله‌های کارخانه فراوری مس سرچشمه، فراوری مجدد فلزاتی با ارزش اقتصادی بالا از جمله مس و مولیبدن انجام خواهد شد. همچنین در سد باطله مس سرچشمه، حدود ۶۰۰ میلیون تن باطله انباشته شده است که برای تأمین خوراک کارخانه فراوری مجدد، می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. طبق اظهارات مدیر تحقیق، توسعه و نوآوری شرکت ملی صنایع مس ایران، با راه‌اندازی کارخانه‌های فراوری مجدد در سرچشمه طی سه سال، حدود ۴۰ هزار تن کنسانتره مس و مولیبدن با عیار ۲۰ درصد تولید خواهد شود؛ این میزان شامل ۱۰۰۰ تن کنسانتره مولیبدن با عیار ۵۴ درصد است که به ظرفیت تولید کنسانتره کشور افزوده خواهد شد [۲۴].

در مجموع می‌توان گفت با وجود آنکه کشور از لحاظ پتانسیل معادن از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است اما متناسب با این پتانسیل و آن‌چنان‌که باید، نتوانسته است از باطله‌های معدنی بهره ببرد. بررسی وضعیت معادن کشور از منظر بهره‌برداری از باطله‌های معدنی، نشان می‌دهد در بیشتر معادن (به‌جز معادن سنگ آهن در بهره‌برداری از باطله برای بازیابی هماتیت)، بیشتر اقدام‌های انجام شده، در حد مطالعات پژوهشی بوده و هنوز به مرحله بهره‌برداری صنعتی نرسیده است.

۷. بررسی قوانین و مقررات مرتبط با بهره‌برداری از باطله‌های معدنی در ایران

مسئله مدیریت پسماند به‌خصوص در مورد صنایع معدنی و فعالیت معدن‌کاری در کشور، نیازمند تدوین چارچوب‌های علمی-عملی و فنی دقیق و حساب‌شده‌ای است که ظرفیت‌های آن را در ایران، قانون مدیریت پسماند و آیین‌نامه‌های اجرایی مربوطه مشخص می‌کند [۲۶-۲۵]. در آیین‌نامه اجرایی قانون مدیریت پسماندها، ماده (۳)، در بخش وظایف کارگروه ملی، بند «۶» قسمت (الف)، ارائه ضوابط و دستورالعمل‌هایی در خصوص دفع، پردازش و بازیافت پسماند، از جمله وظایف این کارگروه برشمرده شده است. همچنین در همین بند قسمت (ب)، پیشنهاد ضوابط برای حدود تشخیص پسماندهای ویژه و در قسمت (پ)، شیوه‌های تولید و مصرف به‌نحوی که پسماند کمتری ایجاد شود، از وظایف کارگروه ملی آورده شده است [۲۵]. همین‌طور در قانون مدیریت پسماندها، ماده (۴)، به تولید پسماند کمتر و استفاده از مواد بازیافتی در تولید، اشاره شده است [۲۶].

همچنین در قانون معادن، در دو مورد به باطله‌های معدنی اشاره شده است، مورد اول بند «ژ» ماده (۱)، که در آن، مواد باطله تعریف شده‌اند، «موادی هستند که در نتیجه استخراج یا کانه‌آرایی از کانه (کانسنگ) جدا می‌شود» [۴]. افزون‌بر این، در ماده (۱۵) قانون معادن، آمده است «مواد باطله حاصل از عملیات استخراج و بهره‌برداری از معادن درصورت عدم استفاده بهره‌بردار از آن پس از انقضای مدت ذکر شده در پروانه یا اجازه برداشت، متعلق به دولت بوده و به طریقی که وزارت معادن و فلزات صلاح بداند، استفاده خواهد شد» [۴]. علاوه‌بر این، در راستای تهیه ضوابط فنی معدن، نشریه‌های تخصصی از جمله راهنمای انباشت مواد باطله در واحدهای کانه‌آرایی و فراوری (شماره ۵۵۹) و راهنمای ملاحظات زیست‌محیطی در فعالیت‌های کانه‌آرایی (شماره ۷۵۷) نیز تدوین شده‌اند.

درباره عناصر همراه نیز در ماده (۲۴) آیین‌نامه اجرایی قانون معادن، این‌گونه آمده است که «دارنده پروانه اکتشاف موظف است در گزارش جامع پایان عملیات اکتشاف، نوع، کمیت، کیفیت و عیار انواع مواد معدنی از جمله اصلی و همراه را با توجه به گروه‌بندی مواد معدنی این آیین‌نامه و رعایت ضوابط و معیارها و دستورالعمل‌های مربوط، برای درج در گواهی کشف ارائه کند». همچنین ماده (۳۹) و تبصره «۱» تا «۳» آن و ماده (۴۰) و تبصره آن، درباره وظایف بهره‌بردار نسبت به بهره‌برداری عناصر همراه اشاره دارد [۲۷].

همچنین در جدول ۱۱ ماده (۴۷) قانون برنامه پنج‌ساله هفتم پیشرفت جمهوری اسلامی ایران، قانونگذار با توجه به اهمیت موضوع بهره‌برداری از باطله‌های معدنی، استحصال ۱۰ درصد از محتوای آهن موجود در باطله معادن و کارخانه‌های فراوری را، در قالب یک سنجه عملکردی برای بخش صنعت فولاد، هدف‌گذاری کرده است. از دیگر سنجه‌های عملکردی مرتبط با مدیریت باطله‌های معدنی در برنامه هفتم توسعه کشور، می‌توان به هدف‌گذاری مشخص برای کاهش ۱۰ درصدی در میزان ضایعات تولید فولاد اشاره کرد. این ضایعات شامل انواع باطله‌ها است که در مراحل مختلف تولید فولاد مانند فرایند ذوب (نظیر سرباره‌های کوره‌ای)، ریخته‌گری، نورد گرم و سرد و... ایجاد می‌شوند. همچنین در تبصره دو این ماده از برنامه هفتم، وزارت صنعت، معدن و تجارت مکلف شده است به‌صورت دوره‌ای میزان کاهش تولید این ضایعات را تا رسیدن به هدف‌گذاری قانون (کاهش حداقل ۱۰ درصدی) گزارش کند.

براین‌اساس می‌توان گفت هرچند قوانین حاکم، همچون قانون معادن و قانون برنامه هفتم، تاحدی ظرفیت‌های مناسبی را برای بهره‌برداری از باطله‌های معدنی فراهم کرده‌اند، اما اجرای نشدن مؤثر آنها، موجب شده است بسیاری از ظرفیت‌ها بلااستفاده باقی بمانند. در ادامه با توجه به بررسی وضعیت موجود بهره‌برداری از باطله‌های معدنی در کشور و مرور قوانین مربوطه، چالش‌های موجود در این حوزه، مورد بررسی قرار گرفته است.

۸. چالش‌های توسعه بهره‌برداری از باطله‌های معدنی در ایران

با توجه به بررسی‌های انجام شده در این پژوهش، در ادامه چالش‌های توسعه بهره‌برداری از باطله‌های معدنی در کشور ذکر شده است.

۸ـ۱. تمرکز بهره‌برداران بر استخراج ذخیره اصلی معدن و در اولویت نبودن بهره‌برداری از باطله‌های معدنی برای آنان

یکی از عوامل اصلی توسعه‌نیافتگی بهره‌برداری از باطله‌های معدنی، اولویت نداشتن استخراج آنها برای بهره‌برداران تا زمان پایان یافتن ذخیره اصلی معدن است. از نظر اقتصادی، بهره‌بردار ترجیح می‌دهد ابتدا ماده معدنی اصلی را استخراج کند و تنها زمانی که ذخیره اصلی به پایان رسید، به سراغ باطله‌های معدنی برود. به همین دلایل، بهره‌برداران به‌طور طبیعی و با در نظر گرفتن اولویت‌های اقتصادی، دغدغه کمتری نسبت به باطله‌ها دارند و موضوع اصلی برای آنها، ماده معدنی اصلی است. این مسئله موجب می‌شود باطله‌های معدنی تا زمان اتمام ذخیره اصلی معدن بلاتکلیف بمانند و به تعبیری قفل‌شدگی باطله‌های معدنی نزد بهره‌برداران صورت گیرد.

یکی دیگر از دلایل، عدم شکل‌گیری بازار داخلی برای باطله‌های معدنی است. نبود تقاضای پایدار و تضمین‌شده، موجب کاهش جذابیت اقتصادی سرمایه‌گذاری در این حوزه شده است. در چنین شرایطی، حضور دولت و تعیین قوانین، سیاست‌ها و سازوکارهای مناسب، ضروری به‌نظر می‌رسد؛ تا ازیک‌سو بهره‌برداری از باطله‌ها برای بهره‌برداران توجیه اقتصادی پیدا کند و ازسوی دیگر، باطله‌ها حتی‌الامکان از حالت قفل‌شدگی و بلاتکلیفی در نزد بهره‌برداران خارج شوند. این مسئله می‌تواند زمینه‌ساز تغییر رویکرد نسبت به باطله‌ها و در نظر گرفتن تدریجی آنها به‌عنوان ذخایر معدنی جدید و دارای ارزش اقتصادی شود.

۸ـ۲. ثبت نشدن عناصر همراه (پاراژنز) در گواهی کشف معادن

در حال حاضر تمرکز عملیات اکتشاف معادن در کشور بیشتر معطوف به کانه(های) اصلی در محدوده‌های معدنی است و بالتبع گواهی‌های کشف صادر شده توسط وزارت صنعت، معدن و تجارت، با محوریت کانه(های) اصلی صورت می‌پذیرد و در بسیاری از گواهی‌های کشف معادن کشور، عناصر همراه (پاراژنز)، ثبت نمی‌شوند. این در حالی است که ماده (۲۴) آیین‌نامه اجرایی قانون معادن به‌صراحت دارنده پروانه اکتشاف را موظف کرده است که «نوع، کمیت، کیفیت و عیار ماده معدنی اصلی و همراه» را در گواهی کشف ارائه کند؛ بااین‌حال در عمل این الزام قانونی تاکنون به‌طور کامل محقق نشده است.

این مسئله سبب می‌شود از یک طرف وزارت صنعت، معدن و تجارت نسبت به عناصر موجود در باطله‌های حاصل از معدن‌کاری و کارخانه‌های فراوری، بی‌اطلاع باشد و نتواند به‌درستی درخصوص بهره‌برداری از عناصر همراه دارای ارزش اقتصادی در باطله‌های معدنی برنامه‌ریزی کند. از طرف دیگر، موجب می‌شود بهره‌بردار این فرصت را پیدا کند که بدون پرداخت حقوق دولتی کانه(های) همراه، نسبت به استحصال و فروش آنها اقدام کند. براین‌اساس باید توجه داشت تا زمانی که فرایند بررسی و تصویب طرح‌ها و گزارش‌های اکتشافی با هدف دستیابی به گواهی کشف محدوده معدنی، به‌نحوی اصلاح نشود که نوع و عیار هر یک از عناصر اصلی و همراه (پاراژنز) موجود در محدوده معدنی، با صحت بالایی شناسایی، ثبت و تأیید شود، وزارت صنعت، معدن و تجارت به آسانی نمی‌تواند در مراحل بعدی معدن‌کاری ازجمله بهره‌برداری و فراوری به وجود یا عدم وجود عناصر دارای اهمیت در محدوده معدنی پی ببرد. به‌عنوان مثال، در معدن مس سرچشمه، با توجه به اطلاعات بیان شده در سایت مجتمع، به همراه ماده معدنی اصلی مس، عناصری مانند مولیبدن، رنیوم، طلا، نقره، تلوریم و سلنیم وجود دارد [۲۸]. همچنین در معدن سنگ‌آهن چادرملو، عناصر همراهی مانند سریم، لانتانیم، نئودیمیم، ایتریم و وانادیوم وجود دارد [۲۲]. اما این عناصر در گواهی کشف این معادن ثبت نشده است.

مسئله فقدان ثبت اطلاعات مربوط به عناصر همراه از جنبه دیگری نیز اهمیت دارد. باید توجه داشت در فرایند اکتشافی مسئله اصلی صرفاً تولید و ثبت داده‌های اکتشافی در گواهی کشف نیست، بلکه کیفیت و فرایند تولید این داده‌ها نیز اهمیت بالایی دارد. ثبت عناصر همراه در گواهی کشف، بدون داشتن کیفیت و قابلیت اطمینان بالا، فاقد ارزش عملی و مؤثر در فرایند اکتشاف و ارزیابی ذخیره است.

می‌توان گفت کیفیت داده‌های اکتشافی، حداقل وابسته به دو رکن اصلی است، یکی به‌کارگیری سازوکار نظارتی دقیق بر فرایند اکتشاف در کنار استانداردهای معتبر اکتشافی و دیگری صحت و دقت نتایج آزمایشگاه‌ها در شناسایی عناصر اصلی و همراه است. برای ارتقای کیفیت داده‌های اکتشافی، علاوه‌بر داشتن استانداردهای اکتشافی، نیاز به تعریف سازوکار نظارتی دقیق بر فرایند اکتشافی است. در کشور، استانداردهایی مانند دستورالعمل تهیه طرح اکتشاف مواد معدنی، ضابطه شماره ۷۱۳، برای انجام فعالیت‌های اکتشافی و ثبت داده‌های آن وجود دارد. همچنین به‌کارگیری استانداردهای بین‌المللی معتبر در گزارش‌نویسی اکتشاف، نظیر استاندارد JORC[1] (استرالیا)، NI[2] ۴۳-۱۰۱ (کانادا) یا PERC[3] (اروپا)، می‌تواند به ارتقای شفافیت، دقت و قابلیت استناد گزارش‌های اکتشافی کمک شایانی کند. به‌طور مثال این سازوکار نظارتی تعریف شده در استاندارد JORC به داده‌های اکتشافی آن اعتبار می‌بخشد و باعث تولید داده‌های با کیفیت می‌شود که در دنیا دارای اعتبار است. بااین‌حال، باید توجه داشت که صرف وجود استاندارد و ثبت داده‌ها نمی‌تواند به ارتقای داده‌های اکتشافی تولیدی کمکی کند، بلکه آنچه به داده‌های اکتشافی اعتبار می‌بخشد، وجود یک نظام نظارتی شفاف و دقیق برای ثبت داده‌های اکتشافی با کیفیت است، که بتواند مبنای تصمیم‌گیری برای بهره‌برداری از مواد معدنی باشد.

مسئله مهم دیگر در بحث کیفیت داده‌های اکتشافی، دقت و صحت نتایج آزمایشگاهی در شناسایی مواد معدنی اصلی و همراه است. انجام آنالیزهای دقیق آزمایشگاهی، ازجمله آنالیزهای تمام عنصری (مثل ICP)، نقش کلیدی در شناسایی عناصر همراه در مراحل اولیه اکتشاف ایفا می‌کند. در این زمینه نیز باید توجه داشت صرف دسترسی به آزمایشگاه و امکان انجام آنالیز، کفایت لازم برای ارتقای داده‌های اکتشافی را ندارد؛ بلکه اطمینان از صحت و دقت نتایج حاصل نیازمند توجه به سه عامل زیر است:

- دقت کافی تجهیزات آزمایشگاهی و کالیبراسیون به موقع آنها؛
- دسترسی به نمونه‌های مرجع معتبر و استاندارد؛
- استفاده از اپراتورهای متخصص و با تجربه در آزمایشگاه.

بنابراین، استانداردهای معتبر اکتشافی، سازوکار نظارتی دقیق در فرایند اکتشاف و آزمایشگاه‌های مجهز و تأیید صلاحیت‌شده برای انجام آنالیزهای دقیق و جامع برای شناسایی دقیق عناصر همراه، موجب می‌شود بتوان فهرست کاملی از این عناصر را به‌درستی شناسایی و در

1. Joint Ore Reserves Committee (JORC)
2. National Instrument (NI)
3. The Pan European Reserves and Resources Reporting Committee (PERC)

گواهی کشف ثبت کرد تا از این طریق اطلاعات کامل، با کیفیت بالا و قابل اطمینان مبنای تصمیم‌گیری قرار گیرد.
بنابراین لازم است بیشترین هزینه و تمرکز برای شناسایی و ثبت باکیفیت داده‌های مربوط به عناصر موجود در محدوده‌های معدنی، اعم از عناصر اصلی و همراه، در ابتدای زنجیره معدن‌کاری و پیش از صدور گواهی کشف صورت پذیرد، تا هزینه‌های آتی لازم برای دستیابی به این هدف را به حداقل برساند. این مسئله می‌تواند از طریق تعریف فهرستی از عناصر هم‌نشین (پاراژنز) برای هر یک از عناصر موضوع پروانه اکتشاف، صورت پذیرد و مکتشف ملزم شود تا هنگام انجام عملیات اکتشاف و آنالیزهای مربوطه، وجود یا نبود وجود کانه‌های دارای احتمال بالای هم‌نشینی را در کنار کانه اصلی موضوع پروانه براساس فهرست هم‌نشینی عناصر، که باید به تصویب وزارت صنعت، معدن و تجارت برسد، بررسی کند. شایان ذکر است در تهیه این فهرست باید فهرست عناصر راهبردی کشور که توسط وزارت صنعت، معدن و تجارت تعیین می‌شود، مدنظر قرار گرفته شود. پس از آن باید از میان مواد معدنی ثبت شده در گواهی کشف، کانه(های) اصلی و عناصر همراه (پاراژنز) که دارای عیار حد اقتصادی‌اند، در پروانه بهره‌برداری ثبت شود.

۸ـ۳. فقدان دسته‌بندی دقیق برای باطله‌های معدنی

یکی از چالش‌های مهم در مدیریت باطله‌های معدنی کشور، نبود یک دسته‌بندی دقیق، جامع و مورد اجماع برای انواع باطله‌های معدنی است. این درحالی است که براساس شاخص‌های فنی و محیط‌زیستی، می‌توان باطله‌های معدنی را به گروه‌هایی مانند روباره، سنگ باطله، لجن آندی، گردوغبار، باطله کارخانه‌های فراوری، باطله‌های حاصل از فروشویی توده‌ای، سرباره و انتشار گاز تقسیم‌بندی کرد. هریک از این انواع، ویژگی‌ها، مخاطرات و قابلیت‌های بازیابی متفاوتی دارند و نیازمند شیوه‌های مدیریتی و نظارتی خاصی‌اند.
بااین‌حال، در ساختار اجرایی کشور، به‌نظر می‌رسد این تنوع نادیده گرفته شده و در قانون نیز صرفاً باطله‌های حاصل از استخراج و کانه‌آرایی (طبق تعریف باطله در ماده (۱) قانون معادن)، مدنظر قرار گرفته است. این ساده‌سازی، نه‌تنها موجب ناکارآمدی در مدیریت زیست‌محیطی باطله‌ها می‌شود، بلکه پیامدهای اقتصادی قابل‌توجهی نیز به‌همراه دارد. یکی از ملزومات سیاستگذاری و برنامه‌ریزی درخصوص باطله‌های معدنی، ارائه دسته‌بندی دقیق و تصویری جامع از آنهاست. بازنگری و اصلاح در نظام دسته‌بندی باطله‌ها و دستورالعمل‌های فنی و اقتصادی برای هر یک از انواع آنها، گامی مهم برای ارتقای حکمرانی منابع معدنی و تحقق بهره‌وری حداکثری از ذخایر ملی خواهد بود.
در حال حاضر دستورالعمل‌هایی همچون «راهنمای انباشت مواد باطله در واحدهای کانه‌آرایی و فراوری» و «راهنمای ملاحظات زیست‌محیطی در فعالیت‌های کانه‌آرایی» به جنبه‌هایی از مدیریت باطله‌های حاصل از کانه‌آرایی و فراوری می‌پردازند. در این دستورالعمل‌ها لازم است مسئله چگونگی انباشت و نگهداری صیانتی از انواع باطله‌های معدنی به‌صورت دقیق‌تر مورد توجه و بررسی قرار گیرد.

۸-۴. فقدان پایگاه اطلاعاتی درخصوص باطله‌های معدنی کشور

یکی از پیش‌نیازهای مهم در زمینه بهره‌برداری از باطله‌های معدنی، اطلاع از وضعیت ذخایر باطله‌های معدنی در کشور است، ازجمله مواردی همچون نتایج آزمایش‌های XRD[2]، XRF[1] و ICP که شامل ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی باطله‌ها (مانند توزیع اندازه ذرات و ...)، کانی‌شناسی آنها و توزیع و عیار هر یک از عناصر در باطله، موقعیت جغرافیایی دپوها و سدهای باطله موجود در کشور و مواردی از این دست است. جمع‌آوری این اطلاعات در پایگاه داده می‌تواند ازطریق ارائه تصویری کلان از وضعیت باطله‌ها در کشور و عناصر موجود در باطله‌ها، امکان برنامه‌ریزی بهتری را برای وزارت صنعت، معدن و تجارت فراهم آورد. در حال حاضر، چنین اطلاعاتی در کشور به‌صورت تجمیع‌شده و در قالب پایگاه اطلاعاتی وجود ندارد.
مسئله اصلی در این زمینه آن است که تولید اطلاعات صحیح، قابل اتکا و جامع از ملزومات کارکردی این پایگاه اطلاعاتی است، چرا که در غیر این‌صورت این پایگاه کارایی خود را از دست خواهد داد. تولید اطلاعات درخصوص باطله‌ها باید از دو منظر مورد توجه قرار گیرد. اول؛ استخراج

1. X-ray fluorescence (XRF)
2. X-Ray Diffraction (XRD)

اطلاعات مربوط به عناصر موجود در محل‌های ذخیره (دپوها و سدها) باطله‌های معادنی که بهره‌برداری از آنها تمام شده است. دراین‌خصوص لازم است وزارت صنعت، معدن و تجارت با تشکیل تیم‌های تخصصی برای انجام یک کار اکتشافی، معادن را از منظر عناصر دربردارنده، مورد ارزیابی قرار دهد. دوم؛ در رابطه با باطله‌های معادن در حال بهره‌برداری در کشور، لازم است شرکت‌های بهره‌بردار به نمونه‌گیری و ارزیابی کانه(های) اصلی و همراه موجود در جریان باطله، ملزم شده و به‌صورت دوره‌ای، اطلاعات مربوطه را به وزارت صنعت، معدن و تجارت ارسال کنند.

۵ـ۸. مشخص نبودن سازوکار دقیق اخذ حقوق دولتی از بهره‌برداری و فروش باطله‌های معدنی

در بسیاری از کشورها ازجمله کشور چین [۲۹]، خرید و فروش باطله‌های معدنی به‌دلیل وجود عناصر ارزشمند و راهبردی در این مواد، از اهمیت بالایی برخوردار بوده و تابع قوانین و مقررات خاصی در این‌خصوص است. این مسئله از دو جنبه برای کشورها حائز اهمیت است. اول؛ از خروج عناصر حیاتی و استراتژیکی (اعم از عناصر نادر خاکی و ...) که ممنوعیت صادرات داشته یا ذخایر راهبردی کشور تلقی می‌شوند، به‌صورت عنصر همراه با عناصر میزبان غیراستراتژیک، از کشور جلوگیری شود و دوم؛ حق دولت ناشی از استخراج و فروش این‌گونه عناصر به‌عنوان منابع طبیعی (انفال) از معدن‌دار مطالبه شود.

در ایران از آنجایی‌که تاکنون موضوع باطله‌های معدنی چندان در اولویت مسائل حوزه معدن نبوده است، مسائلی همچون نظارت، خرید و فروش باطله‌های معدنی و مطالبه حقوق دولتی مربوط به بهره‌برداری و فروش آنها، کمتر مورد توجه قرار گرفته است. در این‌خصوص باید توجه داشت همانند بسیاری از کشورهای دنیا، باید با موضوع باطله‌های معدنی همچون محدوده‌های معدنی برخورد شود، به‌نحوی‌که لازم است برای بهره‌برداری از آنها، فرایندهای معدنی از پروانه اکتشاف تا پروانه بهره‌برداری طی شود. براین‌اساس، هرگونه تمایل به خرید و فروش باطله‌های معدنی باید منوط به ارائه گزارش دقیق اکتشافی توسط بهره‌بردار معدن (شامل فهرستی از کانه(های) میزبان و همراه در مواد باطله) شود. این مسئله هم از تضییع حقوق دولتی از محل انفال معدنی و هم از خروج مواد معدنی باارزش از کشور، بدون اطلاع دقیق سیاستگذار، جلوگیری می‌کند.

درحال حاضر، براساس اطلاعات دریافتی از صورت‌های مالی برخی از شرکت‌های معدنی فعال در بورس، می‌توان دریافت که این شرکت‌ها در حال فروش ترکیبات حاوی کانه‌های همراه موجود در باطله معادن تحت بهره‌برداری خود در بورس کالا می‌باشند. نکته حائز اهمیت در این‌خصوص، همان‌گونه که پیش‌تر گفته شد، آن است که در پروانه بهره‌برداری این معادن، بهره‌برداری از کانه‌های همراه توسط بهره‌بردار ذکر نشده است و تنها بهره‌برداری از کانه میزبان به‌عنوان ماده موضوع بهره‌برداری از معدن ذکر شده است. براین‌اساس، از آنجایی‌که حقوق دولتی معادن برمبنای میزان استخراج و فروش کانه اصلی (میزبان) ثبت شده در پروانه بهره‌برداری از بهره‌بردار اخذ می‌شود، در بسیاری از موارد، به‌نظر می‌رسد حقوق دولتی مربوط به فروش یا بهره‌برداری از کانه(های) همراه، به دولت پرداخت نمی‌شود. در جدول ۲ مواردی در این‌خصوص به‌صورت نمونه آورده شده است.

جدول ۲. فروش باطله در برخی شرکت‌های معدنی

نماد بورسی	نام شرکت	محصولات تولیدی	میزان (تن)	قیمت (میلیون ریال)
فملی	شرکت ملی صنایع مس ایران	کنسانتره مولیبدن	۴,۳۲۱	۳۴,۶۲۷,۴۹۰
		اسید سولفوریک	۳۵۰,۶۰۷	۱,۴۰۲,۹۵۲
		کنسانتره طلا و نقره	۳۱۶	۲۷,۱۸۹,۸۸۵
		اکسید مولیبدن	۹۸۷	۱۳,۳۹۴,۸۳۸
کچاد	شرکت معدنی و صنعتی چادرملو	آپاتیت	۵,۶۶۰	۲۰۸,۰۳۱

مأخذ: اطلاعات و صورت مالی سال ۱۴۰۳ گرفته از سامانه کدال.

همچنین درخصوص دریافت حقوق دولتی از باطله‌های معدنی باید به دو نکته توجه داشت، اول؛ از آنجایی که حقوق دولتی سر معدن از میزان ماده معدنی دارای ارزش اقتصادی استخراج شده یا فروش رفته از معدن اخذ می‌شود و از باطله‌برداری صورت گرفته در معدن حقوق دولتی گرفته نمی‌شود، لذا درصورتی که در آینده با تغییر عیار حد معدن، بهره‌برداری از عنصر اصلی (میزبان) موجود در باطله‌های معدنی اقتصادی شود، لازم است حقوق دولتی مربوط به آن اخذ شود. دوم؛ درصورتی که در هر مرحله از فراوری و متالورژی استخراجی سنگ معدن استخراج شده، برای استحصال کانه اصلی موجود در معدن، ماده یا مواد همراهی از این فرایند به‌دست آیند که دارای عیار حد اقتصادی بوده و قابلیت فروش دارند، لازم است حقوق دولتی مربوط به آن کانه‌ها به‌صورت جداگانه به دولت پرداخت شود.

در این‌خصوص معادنی وجود دارند که در زمان دریافت گواهی کشف یا پروانه بهره‌برداری، کانه‌های همراه (پاراژنز) یا در نمونه‌های اکتشافی شناسایی نشده بودند، یا به دلایل مختلف در اسناد مربوطه (گواهی کشف) اظهار نشده‌اند (ازجمله اینکه بهره‌بردار وجود این عناصر را اعلام نکرده، یا به تشخیص کمیسیون گواهی کشف وزارت صنعت، معدن و تجارت، این عناصر در زمان صدور گواهی کشف، پایین‌تر از عیار حد اقتصادی تلقی شده‌اند) اما درحال حاضر، بهره‌برداران این معادن اقدام به استخراج و فروش این عناصر همراه به اشکال مختلفی نظیر خاک، اکسید تجمعی، سرباره یا سایر مشتقات می‌کنند. در این موارد، برای حفظ منافع عمومی و تنظیم دقیق محاسبه حقوق دولتی، لازم است وزارت صنعت، معدن و تجارت سازوکاری برای اصلاح و به‌روزرسانی پروانه بهره‌برداری این معادن با تمرکز بر معادن بزرگ کشور، طراحی و اجرا کند. این فرایند می‌تواند شامل الزام به ارائه مستندات فنی و اقتصادی مرتبط با عناصر همراه (پاراژنز)، ارزیابی مجدد ارزش ذخایر همراه و در نهایت، تعیین حقوق دولتی متناسب با کانه(های) همراه بهره‌برداری‌شده باشد. براین‌اساس، در چنین مواردی، هرگونه اقدام به فروش ماده معدنی حاوی عناصری غیر از کانه(های) مندرج در پروانه بهره‌برداری، مستلزم اصلاح پروانه و تعیین تکلیف حقوق دولتی مربوطه خواهد بود. در این صورت باید دارنده پروانه بهره‌برداری مکلف شود تا حداکثر ظرف مدتی مشخص (برای مثال یک‌سال) نسبت به اصلاح پروانه بهره‌برداری خود اقدام کند. در صورت قصور در انجام این اصلاحات در مهلت مقرر و خودداری از اعلام موضوع به وزارت صنعت، معدن و تجارت، لازم است بهره‌بردار علاوه‌بر پرداخت حقوق دولتی معوق، مشمول جریمه شود.

۶ـ۸. وجود ابهام درخصوص مالکیت باطله‌های معدنی برخی از معادن مربوط به ایمیدرو

مالکیت باطله‌های معادن یکی از چالش‌های مهم در موضوع بهره‌برداری از باطله‌های معدنی است. در ایران براساس ماده (۱۵) قانون معادن، صاحب پروانه بهره‌برداری، مالک باطله‌های معدنی تا پایان مدت پروانه بهره‌برداری است [۴]. به‌عبارت دیگر، استفاده یا خودداری از استفاده از باطله‌ها تا پایان مدت پروانه، در اختیار بهره‌بردار است. مطابق تعریف در قانون معادن، بهره‌بردار شخص حقیقی یا حقوقی اعم از دولتی، تعاونی و خصوصی است که دارای پروانه بهره‌برداری از وزارت صنعت، معدن و تجارت باشد.

این مسئله درخصوص برخی از معادنی که پروانه بهره‌برداری آنها به نام ایمیدرو است، ولی عملیات بهره‌برداری از معدن توسط ایمیدرو به شرکت دیگری واگذار شده، ابهام‌هایی را ایجاد کرده است، به‌نحوی که شرکت بهره‌بردار (تحت‌عنوان شرکت پیمانکار یا راهبر) مدعی آن است که باطله‌های معدنی حاصل از عملیات معدنی باید تحت مالکیت این شرکت باقی بماند و ایمیدرو حقی در قبال مالکیت این مواد ندارد. این مسئله سبب شده است باطله بسیاری از معادنی که طبق قانون باید در اختیار ایمیدرو باشند، از دسترس او خارج شده و ایمیدرو نتواند به‌عنوان یک سازمان توسعه‌ای با هدف سرمایه‌گذاری روی باطله‌های تحت مالکیت خود و در حوزه‌های اولویت‌داری همچون استحصال عناصر نادر خاکی، برنامه‌ریزی کند. براین‌اساس به‌نظر می‌رسد از یک طرف با از بین رفتن امکان ایمیدرو برای اعمال حق مالکیت خود بر باطله‌های معدنی و از طرف دیگر، نبود برنامه مشخص از سوی شرکت پیمانکار در زمینه استفاده از باطله‌ها، موجب ایجاد نوعی انحصار در مالکیت برای شرکت پیمانکار ایجاد شده و بهره‌برداری از باطله‌ها را متوقف می‌کند.

براین‌اساس، ضروری است که ایمیدرو با هدف شفاف شدن مالکیت باطله‌های معدنی و تلاش برای توسعه بهره‌برداری از این مواد، به‌صورت مشخص در قراردادهای خود با شرکت‌های پیمانکار (یا راهبر)، وضعیت مالکیت باطله‌ها را تعیین تکلیف کرده و وارد تعامل با این شرکت‌ها با هدف برنامه‌ریزی در خصوص استفاده از این مواد شود.

۷ـ۸. نبود فناوری‌های نوین در زمینه بهره‌برداری از باطله‌های معدنی در کشور

برای بازیافت و فراوری مجدد باطله‌های معدنی برای آزادسازی کامل پتانسیل باطله‌ها (به‌خصوص با هدف استحصال برخی عناصر خاص) به‌عنوان یک منبع معدنی، به توسعه فناوری‌های نوین و منحصربه‌فرد، نیاز است. در بسیاری از معادن (به‌خصوص معادن فلزی)، بازیافت باطله سدها به‌دلیل تنوع و پیچیدگی ترکیب باطله‌ها، نیازمند دانش فنی خاص و سطح بالاست. در این راستا، استفاده از دانش و تجربه شرکت‌های بزرگ بین‌المللی معدنی، باتوجه‌به شرایط خاص سیاسی، به‌سادگی امکان‌پذیر نیست. از سوی دیگر تاکنون الگوی مناسبی از مشارکت میان شرکت‌های دانش‌بنیان (به‌عنوان صاحبان فناوری) و شرکت‌های معدنی بزرگ (به‌عنوان صاحبان پروانه بهره‌برداری)، تنظیم نشده است. باتوجه‌به اینکه ایجاد زیرساخت برای بازیافت باطله‌ها و یا استفاده مجدد از آنها، نیازمند صرف هزینه‌های قابل توجه است (به‌خصوص در خصوص معادن بزرگ و فلزی)، در نگاه اول راه‌اندازی واحدهای فراوری باطله‌ها، برای معادن و یا بخش خصوصی داخل کشور از جذابیت لازم برخوردار نیست و این موضوع به‌عنوان یک عامل بازدارنده عمل می‌کند.

۹. جمع‌بندی و پیشنهادها

امروزه فعالیت معدن‌کاری با کاهش عیار ذخایر و افزایش عمق منابع معدنی روبه‌روست؛ که به تولید حجم بیشتری از باطله به ازای هر واحد ماده معدنی باارزش منجر شده است. هم‌زمان، رشد فزاینده تقاضای جهانی برای مواد معدنی و کاهش عیار اقتصادی آنها، لزوم بهره‌برداری مجدد از باطله‌ها را به‌عنوان منابعی بالقوه برای بازیابی عناصر ارزشمند، بیش از پیش نمایان ساخته است. افزون‌بر این، وجود عناصر راهبردی برای کشور همچون عناصر نادر خاکی در باطله‌ها که به‌دلیل نبود فناوری‌های استخراج، نادیده گرفته می‌شوند، اهمیت اقتصادی و ژئوپلیتیکی مدیریت این مواد را دوچندان کرده است.

در کنار فرصت‌های اقتصادی، باطله‌های معدنی تهدیدی جدی برای محیط‌زیست نیز به شمار می‌آیند. باتوجه‌به استفاده زیاد از آب در کارخانه فراوری مواد معدنی و از طرفی بحران کم آبی در کشور، نیاز به بازیابی آن احساس می‌شود. تولید زهاب اسیدی، انتشار مواد خطرناک در آب‌های سطحی و زیرزمینی و تخریب اراضی و مناظر طبیعی، ازجمله پیامدهای منفی زیست‌محیطی ناشی از رهاسازی نامناسب این باطله‌ها است. بنابراین، مدیریت اصولی باطله‌های معدنی باید به‌صورت دووجهی و جامع؛ هم از منظر بازیابی اقتصادی (بهره‌برداری از باطله‌های معدنی) و هم در راستای کاهش پیامدهای منفی زیست‌محیطی (بازیابی آب از باطله‌های معدنی) مورد توجه قرار گیرد.

براساس داده‌های رسمی وزارت صنعت، معدن و تجارت از سال‌های ۱۴۰۱ تا ۱۴۰۳، بیشترین میزان باطله‌برداری در کشور مربوط به کانسنگ مگنتیت و کمترین آن مربوط به زغال‌سنگ بوده است. همچنین در این بازه زمانی، افزایش باطله‌برداری در معادنی مانند مس، طلا، سرب، خاک روی و بوکسیت مشاهده شده است؛ در حالی که معادن هماتیت، مگنتیت و زغال‌سنگ با روند کاهشی مواجه بوده‌اند. این الگو، در تضاد با روند جهانی افزایش تولید باطله در معادن مشابه قرار دارد.

در سطح جهانی، بهره‌برداری از باطله‌ها عمدتاً تحت راهبرد اقتصاد چرخشی دنبال می‌شود. این رویکرد با هدف کاهش فشار بر منابع اولیه، ارتقای بهره‌وری مواد و کاهش پیامدهای مخرب زیست‌محیطی، در کشورهای پیشرو همچون آلمان، چین، سوئد و استرالیا به اجرا درآمده است. بازیافت، استفاده مجدد و فراوری مجدد باطله‌ها، عناصر کلیدی این رویکرد محسوب می‌شوند که ضمن کاهش هزینه‌های تولید، بهره‌برداری پایدار از منابع معدنی را نیز تضمین می‌کنند.

در ایران، به‌رغم وجود ظرفیت بالا در معادن بزرگی مانند مجتمع صنعتی و معدنی گل‌گهر، مجتمع معدنی و صنعتی چادرملو و مجتمع مس سرچشمه، اغلب اقدام‌ها در حوزه بهره‌برداری از باطله‌ها، به پروژه‌های آزمایشی یا مطالعاتی محدود شده و تنها در موارد معدودی به مرحله بهره‌برداری صنعتی رسیده‌اند. نمونه‌هایی مانند بازیابی هماتیت در گل‌گهر یا فراوری مجدد کنسانتره در چادرملو، ازجمله تجربه‌های عملی

معدود کشور در این زمینه به شمار می‌روند.

موضوع مدیریت باطله‌های معدنی، در برخی از مواد قانون معادن (مصوب سال ۱۳۷۷)، قانون برنامه پنج‌ساله هفتم پیشرفت جمهوری اسلامی ایران و همچنین قانون مدیریت پسماندها، مورد توجه قرار گرفته است. براین‌اساس در جدول ۱۱ ماده (۴۷) قانون برنامه پنج‌ساله هفتم پیشرفت جمهوری اسلامی ایران، قانونگذار باتوجه‌به اهمیت موضوع بهره‌برداری از باطله‌های معدنی، استحصال ۱۰ درصد از محتوای آهن موجود در باطله معادن و کارخانه‌های فراوری را، در قالب یک سنجه عملکردی برای بخش صنعت فولاد، هدف‌گذاری کرده است. از دیگر سنجه‌های عملکردی مرتبط با مدیریت باطله‌های معدنی در برنامه هفتم توسعه کشور، می‌توان به هدف‌گذاری مشخص برای کاهش ۱۰ درصدی در میزان ضایعات تولید فولاد اشاره کرد. این ضایعات شامل انواع باطله‌هایی است که در مراحل مختلف تولید فولاد مانند فرایند ذوب (نظیر سرباره‌های کوره‌ای)، ریخته‌گری، نورد گرم و سرد و... ایجاد می‌شوند. همچنین در تبصره «۲» و این ماده از برنامه هفتم، وزارت صنعت، معدن و تجارت مکلف شده است به‌صورت دوره‌ای میزان کاهش تولید این ضایعات را تا رسیدن به هدف‌گذاری قانون (کاهش حداقل ۱۰ درصدی) گزارش کند. براین‌اساس هرچند قوانین حاکم، همچون قانون معادن و قانون برنامه هفتم، تاحدی ظرفیت‌های مناسبی را برای بهره‌برداری از باطله‌های معدنی فراهم کرده‌اند، اما عدم اجرای مؤثر آنها، موجب شده است بسیاری از ظرفیت‌ها بلااستفاده باقی بمانند.

چالش‌های پیش‌روی توسعه بهره‌برداری از باطله‌های معدنی در ایران را می‌توان شامل نبود راهبرد مشخص ازسوی نهادهای سیاستگذار، ثبت نشدن عناصر همراه (پاراژنز) در گواهی کشف معادن، ابهام در مالکیت باطله‌ها به‌ویژه در معادن دولتی، فقدان نظام حقوقی شفاف برای اخذ حقوق دولتی از کانه‌های همراه، نبود پایگاه اطلاعاتی از داده‌های جامع از باطله‌های معدنی و همچنین ضعف در فناوری و هزینه بالا برای ایجاد واحدهای فراوری دانست. این عوامل، موانعی جدی در مسیر ورود بخش خصوصی و شرکت‌های دانش‌بنیان به این حوزه ایجاد کرده‌اند.

در نتیجه، ضروری است که نهادهای تقنینی و اجرایی کشور با بازنگری در سیاستگذاری‌ها، ایجاد زیرساخت‌های قانونی و حمایت از سرمایه‌گذاری در فناوری‌های نوین، همکاری میان بخش‌های دولتی، خصوصی و دانشگاهی را تقویت کرده و زمینه تدوین و اجرای مؤثر الزام‌های توسعه پایدار در مدیریت باطله‌های معدنی را فراهم کنند. این مسیر می‌تواند ضمن کاهش آثار زیست‌محیطی معدن‌کاری، گامی مؤثر در ارتقای بهره‌وری منابع و تحقق اهداف بلندمدت توسعه پایدار در کشور باشد. باتوجه به نکات مطرح شده در این گزارش، پیشنهادهای زیر برای بهبود وضعیت بهره‌برداری از باطله‌های معدنی ارائه می‌شود:

۱ افزودن تعاریف کانه‌های اصلی و همراه به قانون معادن (مصوب سال ۱۳۷۷)

در بندهای «الف و ب» ماده (۱) قانون معادن، ماده معدنی (کانی) و کانه تعریف شده است. براساس این تعاریف، کلیه مواد معدنی موجود در کانسار که دارای ارزش اقتصادی‌اند، ذیل یک مفهوم واحد، یعنی کانه، در نظر گرفته شده‌اند و تفکیکی بین کانه‌های اصلی و همراه صورت نگرفته است. می‌توان گفت سیاستگذاری در زمینه استحصال عناصر همراه راهبردی و همچنین برنامه‌ریزی با هدف بهره‌برداری از باطله‌های معدنی، نیازمند تفکیک این دو مفهوم در سطح قانونگذاری و از ابتدای شروع فعالیت معدن‌کاری است.

بنابراین پیشنهاد می‌شود با توجه به ضرورت تفکیک دقیق و قانونی بین کانه‌های اصلی و همراه، تعاریف به شرح ذیل به ماده (۱) قانون معادن اضافه شود:

- کانه(های) اصلی: ماده (مواد) معدنی که به لحاظ اقتصادی و یا راهبردی در میان کانه‌های موجود در کانسار، به‌عنوان کانه هدف، استخراج و استحصال می‌شود.
- کانه(های) همراه: ماده (مواد) معدنی که به‌صورت همراه با کانه(های) اصلی در کانسار وجود دارند و به لحاظ اقتصادی و یا راهبردی نسبت به سایر کانه‌های موجود در کانسار، برای استخراج و استحصال در اولویت بعدی قرار می‌گیرد. معیار راهبردی بودن، قرارگیری در فهرست مواد معدنی راهبردی کشور است.

همچنین ضروری است جهت تعیین اولویت‌های معدنی، تعریف عناصر دارای اهمیت راهبردی برای کشور، در قانون معادن تصریح شود:

- مواد معدنی راهبردی: آن دسته از مواد معدنی که یا در تولید محصولات با ارزش‌افزوده بالا در صنایع اولویت‌دار کشور نقش کلیدی دارند،

یا تأمین آنها برای صنایع داخلی با وابستگی بالای وارداتی همراه است. فهرست این مواد سالیانه به پیشنهاد وزارت صنعت، معدن و تجارت و تصویب شورای‌عالی معادن ابلاغ می‌شود.

۲ لزوم اصلاح فرایندهای نظارت بر فعالیت‌های اکتشافی با هدف بهبود کیفیت و قابلیت اطمینان داده‌های موجود در گواهی کشف معادن در فرایند صدور گواهی کشف معادن جدید، لازم است عناصر همراه (پاراژنز) موجود در کانسار، اعم از کانه‌های اصلی و همراه، پس از انجام مطالعات اکتشافی دقیق و تحلیل نتایج آنالیز، برمبنای فهرست هم‌نشینی عناصر (پاراژنز)، شناسایی و اظهار شده و بر مبنای آن، حقوق دولتی متناسب اخذ شود. فهرستی از مهم‌ترین فلزات میزبان و همراه (پاراژنز) آنها در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۳. نمونه‌ای از فهرست هم‌نشینی عناصر فلزی (مهم‌ترین فلزهای میزبان و فلزهای همراه آن) [۳]

شماره	عنصر میزبان اصلی	فلزات همنشین	شماره	عنصر میزبان اصلی	فلزات همنشین
۱	Cu	Co, As, Se, Mo, Ag, Te, Re, Au	۶	Al	V, Ga
۲	Ni	Sc, Co, Ru, Rh, Pd, Os, Ir	۷	Ti	Zr, Hf
۳	Fe	V, Sc, La, Ce, Pr, Nd	۸	Rare Earth Elements	Y, Th
۴	Zn(Pb-Zn)*	Ge, Ag, Cd, In, Tl	۹	Mo	Re
۵	Pb	Ag, Sb, Tl, Bi	۱۰	Au	Ag

* برخی از کانسنگ‌های فلزات میزبان، بیش از یک فلز اصلی (میزبان) را در خود دارند که معمولاً به آنها محصول مشترک گفته می‌شود؛ مانند کانسنگ‌های مس-طلا (Cu-Au)، سرب-روی (Pb-Zn)، نیکل-مس (Ni-Cu).

براین‌اساس، لازم است وزارت صنعت، معدن و تجارت در چارچوب قانون معادن فهرست هم‌نشینی عناصر (پاراژنز) برای مواد معدنی طبقه دوم را مشخص و ابلاغ کند و بهره‌بردار را ملزم سازد که عناصر موجود در کانسار، اعم از مواد معدنی اصلی و همراه (پاراژنز) را مطابق این فهرست در گواهی کشف اعلام کند. شایان به ذکر است در تهیه این فهرست باید فهرست عناصر راهبردی کشور که توسط وزارت صنعت، معدن و تجارت تعیین می‌شود، مدنظر قرار گرفته شود. همچنین لازم است از مواد معدنی اعلام شده در گواهی کشف، کانه‌های اصلی و عناصر همراه دارای عیار حد اقتصادی در پروانه بهره‌برداری ثبت شود. عیار حد اقتصادی عناصر همراه (پاراژنز) باید هر ساله توسط وزارت صنعت، معدن و تجارت اعلام شده و همچنین ضروری است سازوکارهای نظارتی بر اکتشافات معدنی در کشور به گونه‌ای اصلاح شود که صحت و دقت داده‌های مندرج در گواهی کشف به حد مطلوب و قابل‌قبولی ارتقا یابد. در این راستا پیشنهاد می‌شود وزارت صنعت، معدن و تجارت با تدوین استانداردهای اکتشافی الزام‌آور، طراحی سازوکار یکپارچه نظارت بر عملکرد آزمایشگاه‌ها (شامل استفاده از تجهیزات آزمایشگاهی دارای دقت لازم و کالیبراسیون به موقع آنها، استفاده از نمونه‌های مرجع معتبر و استاندارد و به‌کارگیری اپراتورهای متخصص و با تجربه در آزمایشگاه) و اعتبارسنجی گزارش‌های اکتشافی، زمینه لازم جهت ارتقای اعتبار و قابلیت اطمینان اسناد گواهی کشف را فراهم آورد.

۳ ایجاد پایگاه اطلاعاتی باطله‌های معدنی کشور

با هدف جمع‌آوری و انتشار اطلاعات مربوط به ذخایر باطله‌های معدنی کشور، باید سازوکاری جهت تولید این اطلاعات توسط وزارت صنعت، معدن و تجارت طراحی شود و این اطلاعات ضمن ذخیره‌سازی در یک بانک اطلاعاتی، در دسترس عموم قرار گیرد. درخصوص محل‌های ذخیره باطله معادنی که بهره‌برداری از آنها به اتمام رسیده است، وزارت صنعت، معدن و تجارت لازم است با استفاده از ظرفیت‌های قانونی و از طریق اجرای پروژه‌های اکتشافی، اقدام به نمونه‌برداری نظام‌مند، حفاری و ارزیابی فنی (شامل برآورد کمی، آنالیز کیفی و مطالعات پایداری) کند. این ارزیابی فنی باید به‌صورت متمرکز و یکپارچه توسط وزارتخانه مدیریت و نتایج آن در پایگاه اطلاعاتی ثبت شود. این داده‌ها شامل

داده‌های کانی‌شناسی (ساختار و بافت سنگ، ترکیب کانی‌شناسی، توزیع اندازه ذرات و خواص فیزیکی)، شیمیایی (آنالیز عنصری کامل و عناصر همراه و عیار آنها) و مشخصات کمی و مکانی محل‌های ذخیره باطله (حجم و موقعیت جغرافیایی) است. پیشنهاد می‌شود مدت زمان به‌روزرسانی داده‌های مربوط به باطله معادن در حال بهره‌برداری به‌صورت سالیانه انجام گیرد. همچنین درخصوص تأمین هزینه‌های مربوطه، پیشنهاد می‌شود از ظرفیت‌های قانونی موجود (مانند تبصره «۵» ماده (۱۴) قانون معادن) و مشارکت بخش خصوصی استفاده شود.

۴ تدوین برنامه جامع مدیریت باطله‌های معدنی ذیل برنامه کلان بخش معدن

بهره‌برداری از باطله‌های معدنی، به‌دلیل وجود عناصر حیاتی و استراتژیک در آنها، برای کشورهای مختلف اهمیت بالایی دارد، اما پایین بودن عیار و هزینه بالای فناوری‌های استحصال این عناصر، سبب می‌شود تا بهره‌برداری از باطله‌ها به سرمایه‌گذاری‌های قابل توجهی نیاز داشته باشد. به همین دلیل، دولت‌ها با هدف جذابیت‌بخشی به این حوزه و ترغیب بخش خصوصی جهت سرمایه‌گذاری، اقدام به برنامه‌ریزی و سیاستگذاری در حوزه بهره‌برداری از باطله‌های معدنی می‌کنند. برهمین اساس وزارت صنعت، معدن و تجارت به‌عنوان سیاستگذار بخش معدن کشور، باید ذیل برنامه کلان خود برای بخش معدن، نسبت به تدوین و ارائه برنامه‌ای جامع و مدون در زمینه مدیریت باطله‌های معدنی اقدام کند. این برنامه باید به‌عنوان نقشه راه این حوزه، چارچوب‌ها و دستورالعمل‌های مورد نیاز جهت بهره‌برداری اصولی، ایمن و اقتصادی از باطله‌های معدنی را برای فعالان معدنی فراهم آورد. البته باید توجه داشت اثربخشی این برنامه در گروی اجرای درست راهکارهای پیشنهادی قبل، یعنی تعریف و تبیین دقیق کانه(های) اصلی و همراه در قانون معادن، اصلاح فرایندهای نظارت بر فعالیت‌های اکتشافی با هدف ثبت و بهبود کیفیت داده‌های ثبت‌شده در گواهی کشف معادن و ایجاد پایگاه اطلاعاتی باطله‌های معدنی کشور برای پایش و مدیریت این داده‌هاست.

۵ تشکیل کارگروه توسعه بهره‌برداری از عناصر همراه موجود در باطله‌های معدنی کشور

در این‌خصوص با هدف نظارت بر نگهداری صیانتی و سیاستگذاری در زمینه توسعه بهره‌برداری از عناصر همراه موجود در باطله‌های معدنی کشور، لازم است کارگروهی متشکل از وزارت صنعت، معدن و تجارت، سازمان برنامه و بودجه کشور و معاونت علمی، فناوری و اقتصاد دانش‌بنیان ریاست جمهوری تشکیل شود. کارگروه مذکور باید با بهره‌گیری از داده‌های پایگاه اطلاعاتی باطله‌های معدنی و سایر اطلاعات در دسترس از معادن کشور، معادن دارای اولویت بهره‌برداری از باطله را از منظر پتانسیل بهره‌برداری از باطله و براساس شاخص‌هایی همچون حجم سالیانه تولید باطله، نوع عناصر موجود در باطله و عیار هر یک از آنها، تعیین کند. براین‌اساس بهره‌برداران معادن اولویت‌دار، موظف‌اند ظرف مدت دو سال برنامه عملیاتی بهره‌برداری از باطله‌های معدنی خود را ارائه کرده و به تصویب کارگروه برسانند، در غیر این‌صورت با تصویب کارگروه، حق مالکیت آنها بر باطله‌های معدنی سلب شده و به دولت واگذار می‌شود و باطله‌ها به طریقی که کارگروه تشخیص دهد، استفاده خواهند شد. این برنامه باید شامل انتخاب و به‌کارگیری حداقل یکی از راهکارهای ذیل باشد:

۱ احداث کارخانه فراوری باطله توسط خود بهره‌بردار؛

۲ سرمایه‌گذاری مشترک با شرکای فنی و مالی برای احداث و بهره‌برداری از واحدهای فراوری باطله‌های معدنی؛

۳ عرضه تدریجی و مداوم باطله‌های معدنی در بورس کالای ایران؛

۴ دپوی اصولی و برنامه‌ریزی‌شده با ارائه برنامه عملیاتی و زمان‌بندی مشخص برای بهره‌برداری در آینده.

کارگروه مذکور، مسئول سیاستگذاری و نظارت بر حسن اجرای برنامه بهره‌برداری از باطله‌های معدنی در معادن اولویت‌دار بوده و موظف است اولویت‌بندی این معادن را هر سه سال یک‌بار مورد بازنگری قرار دهد.

همچنین با هدف نظارت مستمر بر اجرای این برنامه برای معادن اولویت‌دار، لازم است کارگروه مذکور شاخص‌های ارزیابی عملکردی را تعیین و ابلاغ کند. پیشنهاد می‌شود این شاخص‌ها حداقل شامل موارد زیر باشد:

- نسبت باطله معدنی بازیابی‌شده به کل باطله تولیدی سالیانه (بر حسب تن)؛
- میزان عناصر همراه باارزش استحصال‌شده از باطله‌ها (بر حسب کیلوگرم یا گرم در تن)؛
- درصد کاهش حجم باطله‌های دفع‌شده نهایی؛

- ارزش اقتصادی ایجادشده حاصل از بهره‌برداری از باطله‌ها (براساس ریال).

براین‌اساس کارگروه مذکور لازم است نسبت به پایش و ارزیابی سالیانه شاخص‌های عملکردی معادن اولویت‌دار اقدام کرده و نتایج را در پایگاه اطلاعاتی باطله‌های معدنی کشور ثبت کند. ارزیابی عملکرد معادن براساس شاخص عملکردی مصوب، باید مبنای تصمیم‌گیری برای تمدید یا تعیین وضعیت مالکیت باطله‌های انباشته‌شده و همچنین اعطا یا لغو تسهیلات و مشوق‌های مالیاتی قرار گیرد. در مواردی که بهره‌بردار معدن اولویت‌دار، فاقد توجیه اقتصادی کافی برای اجرای راهکارهای بهره‌برداری از باطله‌های معدنی باشد، وزارت صمت لازم است این امکان را داشته باشد که با انجام بررسی‌های فنی، نسبت به انتقال مالکیت باطله‌ها به اشخاص ثالث دارای صلاحیت اقدام کند. همچنین صادرات انواع باطله‌های معدنی، می‌باید منوط به دریافت مجوز شود.

۶ اصلاح پروانه بهره‌برداری معادن دارای کانه‌های همراه اظهار نشده

ضروری است سازوکاری از سوی وزارت صنعت، معدن و تجارت طراحی و اجرا شود تا معادنی (به‌خصوص معادن بزرگ) که در پروانه بهره‌برداری فعلی خود، کانه‌های همراه را اظهار نکرده‌اند ولی در حال حاضر، اقدام به فروش این کانه‌ها (از طریق بورس کالا، صادرات و ...) می‌کنند، ملزم به اصلاح و به‌روزرسانی پروانه بهره‌برداری خود و پرداخت حقوق دولتی ناشی از فروش محصولات جانبی حاصل از کلیه فرایندهای استخراج، کانه‌آرایی، فراوری و یا متالورژی استخراجی مطابق مقررات شوند. همچنین جهت التزام‌بخشی به شرکت‌ها و جلوگیری از سهل‌انگاری در امر خوداظهاری استخراج محصولات جانبی، اصلاح پروانه بهره‌برداری و پرداخت به‌موقع حقوق دولتی، لازم است وزارت صنعت، معدن و تجارت در چارچوب مقررات مربوطه نسبت به پیش‌بینی و اعمال جرایم بازدارنده و متناسب با میزان تأخیر یا تخلف بهره‌برداران اقدام کند، به‌گونه‌ای که وصول به‌موقع حقوق دولت، تضمین و از ایجاد رویه‌های مغایر با قانون جلوگیری شود.

۷ تعیین ضوابط فروش خاک و باطله معدنی

دراین‌خصوص لازم است هرگونه فروش خاک و باطله معدنی که ممکن است حاوی عناصر همراه (پاراژنز) دارای عیار حد اقتصادی (اعم از عناصر حیاتی همچون عناصر نادر خاکی و ...) باشد، منوط به انجام آزمایش‌های ترکیب شیمیایی و معدنی و اخذ مجوز کتبی از وزارت صنعت، معدن و تجارت (یا اصلاح گواهی کشف و پروانه بهره‌برداری) شود. وزارت صنعت، معدن و تجارت باید منشأ ارزش اقتصادی ماده مورد نظر و عنصر مؤثر در ارزش تجاری آن را شناسایی و اعلام کند.

۸ شفاف‌سازی مالکیت باطله‌ها در قراردادهای دولتی

سازمان‌های تابعه وزارت صنعت، معدن و تجارت ازجمله ایمیدرو باید قراردادهای خود با پیمانکاران و راهبران (بهره‌برداران) معدنی را به‌گونه‌ای تنظیم کنند که مالکیت باطله‌های معدنی به‌صورت دقیق و شفاف در این قراردادها مشخص شود؛ به‌نحوی که از ایجاد هرگونه انحصار و قفل‌شدگی باطله‌ها جلوگیری شده و امکان برنامه‌ریزی این سازمان‌ها در خصوص بهره‌برداری از باطله‌ها و توسعه فعالیت‌های فناورانه، به‌ویژه در حوزه مواد معدنی راهبردی، فراهم شود.

۹ توسعه مدل‌های همکاری میان شرکت‌های معدنی و دانش‌بنیان در حوزه بهره‌برداری از باطله‌های معدنی

برای ارتقای فناوری‌های بهره‌برداری از باطله‌های معدنی، لازم است وزارت صنعت، معدن و تجارت با همکاری معاونت علمی و فناوری ریاست‌جمهوری، الگوی مشخصی برای مشارکت شرکت‌های بهره‌بردار معدنی با شرکت‌های خصوصی و دانش‌بنیان در چارچوب قانون جهش تولید دانش‌بنیان، قانون رفع موانع تولید رقابت‌پذیر و ارتقای نظام مالی کشور و قانون معادن، تدوین و اجرا کنند. این الگو باید همراه با مشوق‌های مالی برای حمایت از توسعه فناوری‌های نوین بهره‌برداری از باطله‌های معدنی باشد. در این‌خصوص ضروری است وزارت صنعت، معدن و تجارت از ظرفیت تبصره «۵» ماده (۱۴) قانون معادن برای تقویت و پشتیبانی از این اقدام‌ها استفاده کند. همچنین برای بهره‌برداری از ظرفیت شرکت‌های دانش‌بنیان در حوزه فراوری مواد معدنی، لازم است از ظرفیت اعطای معافیت مالیاتی به شرکت‌های بزرگ معدنی فعال در حوزه استحصال عناصر همراه موجود در باطله‌های معدنی، استفاده شود.

منابع و مآخذ

[1]. Owen, J.R., Kemp, D., Lechner, A.M., Li Ern, M.A., L`ebre, E., Mudd, G.M., Macklin, M.G., Saputra, M.R.U., Witra, T., Bebbington, A., (2024), "Increasing mine waste will induce land cover change that results in ecological degradation and human displacement", J. Environ. Manag. 351, 119691. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.119691.

[2]. Burgess, L., (2016), "Copper Investing 2016", https://www.energyandcapital.com/copper-investing-2016/.

[3]. Mudd, G. M., Yellishetty, M., Reck, B. K., Graedel, T. E., (2014), "Quantifying the recoverable resources of companion metals: a preliminary study of Australian mineral resources", Resources, Vol. 3, No. 4, pp. 657-671.

[۴]. قانون معادن. (۱۳۷۷).

[۵] سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، (۱۳۹۱)، «راهنمای انباشت مواد باطله در واحدهای کانه‌آرایی و فراوری»، شماره ۵۵۹.

[6]. Deva, N., Rizaj, M., Duman, I., Kongoli, F., (2019), "Anode slime gained during electrolysis process of secondary copper anodes", Iranian Journal of Chemistry and Chemical Engineering (IJCCE), Vol. 38, No. 2, pp. 121-126.

[7]. Yilmaz, E., (2011), "Advances in reducing large volumes of environmentally harmful mine waste rocks and tailings", Gospodarka Surowcami Mineralnymi-Mineral Resources Management, pp. 89-112.

[8]. Gorakhki, M.H., Bareither, C.A., (2017), "Sustainable reuse of mine tailings and waste rock as water-balance covers", Minerals, Vol. 7, No. 7, 128.

[9]. Nassar, N. T., Graedel, T. E., Harper, E. M., (2015), "By-product metals are technologically essential but have problematic supply". Science advances, Vol. 1, No. 3, e1400180.

[10]. Supplemental Table S1, (2007).

[11]. Kuranchie, F.A.; Shukla, S.; Habibi, D.; Mohyeddin, A., (2015), "Utilisation of iron ore tailings as aggregates in concrete", Cogent Eng., Vol. 2, pp. 1–11.

[12]. Vale-expands-production-of-sustainable-sand-in-Brazil., Https://vale.com/w/vale-expands-production-of-sustainable-sand-in-brazil.

[13]. Takahashi, T., Ikeda, Y., Nakamura, H., Nanzyo, M., (2006), "Efficiency of gypsum application to acid Andosols estimated using aluminum release rates and plant root growth", Soil Science Plant Nutrition, Vol. 52, pp. 584–592.

[14]. Adastra, (2004), "Kolwezi Tailings Project - A Case Study", UNESCO. Retrieved 2011-11-07, September 15.

[15]. Dino, G. A., Mehta, N., Rossetti, P., Ajmone-Marsan, F., De Luca, D. A., (2018), "Sustainable approach towards extractive waste management: Two case studies from Italy", Resources Policy, Vol. 59, pp. 33-43.

[16]. Sauvé, S., Bernard, S., Sloan, P., (2016), "Environmental sciences, sustainable development and circular economy: Alternative concepts for trans-disciplinary research", Environmental Development,

Vol. 17, pp. 48-56.
[17]. EPA, Swedish Environmental Protection Agency. (2016), "Sweden's Waste Policy".
[18]. CEPL (Circular Economy Promotion Law), (2008), www.chinaenvironmentallaw.com.
[19]. DCCEEW, (2024), "Australia's Circular Economy Framework", Department of Climate Change, Energy, the Environment and Water, Canberra, December. CC BY 4.0.
[۲۰]. حاجی‌زاده عمران، ا.، قربان‌نژاد، م. (۱۳۹۶)، «بازیابی هماتیت از باطله‌های ریز دانه معدن گل گهر با استفاده از جداکننده مغناطیسی slon»، نشریه علمی- پژوهشی مهندسی معدن، دوره ۱۲، شماره ۳۴، ص ۶۱ تا ۶۷.
[۲۱]. طاهری فرجام، م.، رئوف حسینی، س.م.، بیات؛ ا.، عظیمی، ا.، پناهی، ا.، قربان‌نژاد، م.، (۱۴۰۳)، «بازیابی کانی تالک از باطله کارخانه فراوری سنگ آهن مجتمع گل گهر». نشریه مهندسی منابع معدنی، دوره ۹، شماره ۳، صص ۹۵-۱۱۴.
[۲۲]. جوی پا، ا.، ایران نژاد، م.، مهدیلو، ا.، کوچک‌زاده، ر. و نظری، ش. (۱۴۰۳)، «کانی‌شناسی باطله‌های کارخانه فراوری سنگ آهن چادرملو از دیدگاه فراوری». مجله بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، دوره ۴، شماره ۳۲، ص ۶۸۲ تا ۶۸۹.
[23]. https://rfa-co.com, (1403).
[۲۴]. مس پرس، (۱۴۰۳)، «برنامه‌ریزی متنوع ملی مس برای بهره‌برداری صحیح از باطله‌های معدنی»، https://mespress.ir/news/10885.
[۲۵]. آیین‌نامه اجرایی قانون مدیریت پسماندها، (۱۳۸۴).
[۲۶]. قانون مدیریت پسماندها، (۱۳۸۳).
[۲۷]. آیین‌نامه اجرایی قانون معادن، (۱۳۷۷).
[۲۸]. مجتمع مس سرچشمه، https://sarcheshmeh.nicico.com
[29]. Rare Earth Management Regulations, (2024).

گزیده سیاستی

اطلاعات ذخایر باطله‌های معدنی در کشور، با اولویت معادن بزرگ در حال بهره‌برداری، باید در یک بانک اطلاعاتی ذخیره و در دسترس عموم قرار گیرد. این پایگاه باید براساس اطلاعات حاصل از کار اکتشافی از محل‌های ذخیره باطله معادنی که بهره‌برداری از آنها به اتمام رسیده و نیز داده‌های ارسالی از معادن در حال بهره‌برداری کشور (به‌صورت سالیانه) ایجاد شود.

مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی

تهران، خیابان پاســـداران، روبروی پـــارک نیاوران (ضلع جنوبی، پلاک ۸۰۲)

تلفن: ۷۵۱۸۳۰۰۰ صندوق پستی: ۱۵۸۷۵-۵۸۵۵ پست الکترونیک: mrc@majles.ir

وب‌سایت: rc@majles.ir