2019, Vol.6, No.2, Pages 55 to 60
Journal of Water and Sustainable Development

سال ششم، شماره ۲، ۱۳۹۸، صفحات ۵۵ تا ۶۰
نشریه آب و توسعه پایدار

Article Type: Technical paper

نوع مقاله: فنی و ترویجی

Methods of Surface and Ground Waters Management in Mineral Activities

M. Mosaffa

Master of Mining Engineering, University of Kashan, Kashan, Iran.

E-Mail: m.mosaffa@hotmail.com

Received: 08-12-2018
Accepted: 08-10-2019

شیوه‌های مدیریت آب‌های سطحی و زیرزمینی در فعالیت‌های معدنی

مجتبی مصفا

کارشناسی‌ارشد مهندسی معدن، دانشگاه کاشان.

E-Mail: m.mosaffa@hotmail.com

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۹/۱۸
تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۷/۱۶

Abstract

Mining has been one of the long-standing activities required for human life. With increase in the share of various industries in human civilisation, the dependency on mineral resources has become more pronounced. Mining around the world affects surface and ground waters resources. Part of these risks is allocated to the workshop space inside the mine and the factory. Much of the other actions and reactions that occur outside the mineral environment in nature, become leading to contamination of water, soil, and air. These impacts could be due to inappropriate extraction, unstructured design, lack of control over water leakage in mines, non-standard waste deposit, wastewater emancipation of processing factory, and non-reclamation of the mine. Corrective actions can reduce the severity of these effects and significantly control them. The level of water usage can be minimised by changing the extraction method, proper reuse and water conservation practices. The negative impacts of mining on water quality can be reduced through runoff control, waste management, and monitoring of mine outputs. Injection into caverns, suitable design, and mine reclamation can prevent groundwater exposure. At all mine personnel levels, the role of education and the justification of the developed requirements should not be forgotten since, without it, laws and regulations will not be effective.

Keywords: Mining, Surface and ground waters, Exposing, Solution offering.

چکیده

از دیرباز معدن‌کاری یکی از فعالیت‌های مورد نیاز زندگی بشر بوده است که با افزایش روزافزون سهم صنایع مختلف در زندگی انسان، وابستگی به منابع معدنی بیش از پیش شده است. معدن‌کاری در سراسر جهان، منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی را متأثر می‌سازد. بخشی از این خطرات اختصاص به فضای کارگاهی درون معدن و کارخانه دارد. بخش عمدهٔ دیگر کنش‌ها و واکنش‌هایی است که در خارج از محیط معدنی در طبیعت اتفاق می‌افتد و منجر به آلودگی آب، خاک و هوا می‌گردد. این تأثیرات می‌تواند ناشی از روش استخراج نامناسب، طراحی غیراصولی، عدم کنترل نشت آب در معادن، دپوی غیراستاندارد باطله، رهاسازی پساب کارخانهٔ فرآوری و عدم بازسازی معدن باشد. با انجام اقدامات اصلاحی می‌توان از شدت این تأثیرات کاست و به میزان قابل توجهی آن‌ها را کنترل نمود. با تغییر روش استخراج، به کارگیری مناسب، بازیابی و شیوه‌های حفاظت آب، مقادیر آب مصرفی می‌تواند به حداقل برسد. با استفاده از کنترل رواناب، مدیریت باطله و نظارت بر خروجی‌های معدن می‌توان تأثیر منفی بر کیفیت آب‌های سطحی را کاهش داد. تزریق در حفرات، طراحی مناسب و بازسازی معدن می‌تواند از اثرات منفی بر آب‌های زیرزمینی جلوگیری کند. در تمام سطوح کارکنان معدن نباید نقش آموزش و توجیه‌پذیری الزامات تدوین شده را فراموش کرد که بدون آن قوانین و مقررات اثربخش نخواهد بود.

واژه‌های کلیدی: معدن‌کاری، آب‌های سطحی و زیرزمینی، تحت تأثیر قرار دادن، ارائه راهکار.

DOI: 10.22067/jwsd.v6i2.77060

مقدمه

توسعهٔ پایدار در قالب مفهوم رفع نیازهای نسل امروز بدون به خطر انداختن توانایی‌های نسل آینده برای رفع نیازهایش بیان می‌شود (WCED، ۱۹۸۷). هدف از توسعهٔ پایدار در معدن‌کاری، افزایش رفاه نسل فعلی است؛ به طوری که منافع و هزینه‌های آن، بدون کاهش ظرفیت آن برای نسل آینده، به طور یکسان توزیع گردد (IIED و WBCSD، ۲۰۰۲). در مطالعهٔ ایلخانی و همکاران (۱۳۹۵) توسعهٔ پایدار در معدن سنگ آهن سنگان خواف با استفاده از مدل ریاضی فیلیپس[1] با امتیازدهی عوامل مؤثر و وزن‌دهی آنها مورد ارزیابی واقع گردید. هر چند به دلیل مقادیر بیشتر مؤلفه‌های محیط‌زیستی نسبت به انسانی، پروژه پایدار ارزیابی شد، اما با توجه به تأثیر بالای آسیب‌های زیست‌محیطی در کیفیت هوا، سلامتی انسان و آب‌های زیرزمینی در محدودهٔ پایداری ضعیف قرار گرفت. فعالیت‌های آموزشی و توسعهٔ استانداردهای سنجش و ارزیابی می‌تواند در اجرای مفاهیم توسعهٔ پایدار مؤثر باشد (Basu و Kumar، ۲۰۰۴). در تحقیقی بر روی کارگران معدن زغال‌سنگ طبس، بررسی تأثیر مداخلهٔ آموزشی توسط الگوی رفتار سالم بر نگرش، اعتقادات، هنجارها، قصد رفتاری و آگاهی‌شان بیانگر این بود که آموزش می‌تواند در بهبود رفتارهای ایمنی مرتبط با سلامت کارگران مؤثر باشد (واحدیان و همکاران، ۱۳۹۵). راهکارهای آموزش کارگران، بالا بردن سطح آگاهی از سطح خطرات، نظارت بر کار و بهبود سامانهٔ مدیریت ایمنی و بهداشت شغلی جهت کنترل ریسک مخاطرات شغلی کارخانهٔ تغلیظ معدن گل‌گهر سیرجان، ارائه شده است (شهبا و همکاران، ۱۳۹۶).

ورود پساب‌های معدنی به طبیعت موجب افزایش غلظت فلزات سنگین در اثر اکسیداسیون کانی‌های سولفیدی به ویژه پیریت (FeS_2) می‌گردد. وجود فلزات سنگین در زنجیرهٔ غذایی موجودات زنده سبب بروز انواع بیماری‌ها و جهش کروموزوم‌ها در ساختمان ژنتیکی موجودات زنده شده که اثر جبران‌ناپذیر آن تا سالیان متمادی باقی می‌ماند و به نسل‌های دیگر منتقل می‌شود.

دهقانی و عباس‌نژاد (۱۳۸۹) در تحقیقی آلودگی سفرهٔ آب زیرزمینی دشت انار واقع در رفسنجان را به سرب، آرسنیک و کادمیوم با ترسیم نقشه‌های هم‌غلظت و نمودار متوسط غلظت‌ها بررسی نمودند. نتایج نشان‌دهندهٔ آلودگی آب‌های برخی از مناطق دشت به عناصر نام‌برده در اثر تماس با رگه‌های سولفیدی معادن مس است. این در حالی است که شرکت معدنی برای استخراج کانسارهای مس، روی و مقادیر جزئی فلزات گرانبها در شهر کرندن[2] ویسکانسین[3] آمریکا بایستی محدودیت‌های سخت زهاب‌های معدن برای محافظت از آب‌های سطحی ایالت ویسکانسین در مجاورت معدن را از سوی ادارهٔ منابع طبیعی ویسکانسین بپذیرد (Foth و Van Dyke، ۱۹۹۸a).

آب مورد نیاز مجتمع معدنی گل‌گهر از حوضه‌های آبی سطحی و زیرزمینی تأمین می‌گردد. با توجه به اینکه آب مصرفی کارخانهٔ فرآوری دارای شاخص‌های صنعتی است؛ کیفیت آب زیرزمینی مورد استفاده بررسی شده است (ناصری و جان‌جانه، ۱۳۹۲). معدنی زیرزمینی در آمریکا برای کاهش تأثیر بر سفره‌های آب‌های زیرزمینی ناشی از معدن‌کاری اقدام به ساخت روکش دوغابی ضخیمی در تکیه‌گاه پایهٔ معدن کرد. این شرکت همچنین باطله‌ها را به شکل ترکیب خمیری برای پر کردن بازکننده‌های زیرزمینی به‌کار برد تا علاوه بر پایداری معدن منجر به کنترل جریان آب ورودی به داخل معدن شود (Foth و Van Dyke، ۱۹۹۸b).

باطلهٔ کارخانهٔ زغال‌شویی زیرآب مازندران در حریم رودخانهٔ چرات دپو شده است. این رودخانه با مساحت حوزهٔ آبریز ۵۶۶۴۷/۶ هکتار در سرشاخه‌های رودخانهٔ تالار در سوادکوه قرار دارد. بررسی‌های آب‌زمین‌شیمیایی نشان می‌دهد که میزان عناصر Sb، Ca، Sr، PO_4، SO_4 و Bi برطبق استانداردهای زیست‌محیطی ایران در آب‌های تراوش شده از سد باطله بیش از حد مجاز تخلیه در آب‌های سطحی است (قلی‌پور و همکاران، ۱۳۸۸). یک معدن بزرگ سرب و روی در هند پس از اثبات اینکه باطله‌های معدن، تالاب‌ها را تحت تأثیر قرار داده، از طریق نظارت بر چاه‌های با شیب مخالف کم، توسط دولت مجبور شد تا برای دفع باطله‌ها تالاب‌ها را بپوشاند (Rajaram، a ۲۰۰۵).

رهاسازی پساب کارخانهٔ فرآوری معدن مس قلعه‌زری در خراسان جنوبی، موجب آلودگی خاک و آب‌های زیرزمینی در اثر حرکت و نفوذ مایع در درون و بیرون خاک شده است. با استفاده از روش توموگرافی الکتریکی و نمونه‌برداری مشخص شد که آلودگی‌ها حداقل تا عمق ۳۰ متری گسترش یافته است. با توجه به ماهیت ژئوتکنیکی سنگ بستر از لحاظ میزان خردشدگی و نفوذپذیری، انتظار می‌رود تا پساب کارخانه به درون سفره‌های آب زیرزمینی نیز راه پیدا کرده باشد (آریافر و همکاران، ۱۳۹۳). نورمحمدی و کریمی (۱۳۹۵) حذف یون مس و کبالت در زهاب معدن مس سرچشمهٔ کرمان با استفاده از جاذب بنتونیت مگنتیت‌دار را بررسی کردند. با وجود عناصر مزاحم در زهاب معدن، میزان جذب قابل‌توجه، نشان‌دهندهٔ توانایی بالای نانوجاذب در حذف یون‌های مس و کبالت است.

در تحقیق احمدی و همکاران (۱۳۹۶) تغییر چشم‌انداز و تخریب سیمای طبیعی منطقه در اثر معدن‌کاری، انباشت باطله‌های معدنی در مجاورت منابع آب و آلودگی هوا در اثر پخش ذرات گرد و غبار معدنی بیشترین همبستگی را با تغییر معیشت مرتع‌داران دشت دهگلان کردستان داشته‌اند. از آنجایی که معادن بزرگ کشور به پایان مراحل عمر خود نرسیده‌اند و نمی‌توان محیط متأثر از فعالیت معدنی را تا پایان عمر معدن به حال خود رها کرد؛ احیای کلیهٔ معیارهای اکوسامانهٔ طبیعی

منطقه همزمان با عملیات معدن‌کاری به عنوان بهترین گزینهٔ بازسازی معادن گل‌گهر، سنگان و چادرملو پیشنهاد شده است (حاج‌کاظمیها و همکاران، ۱۳۹۳).

بخش معدن در سال‌های ۹۳-۱۳۸۷ صادر کنندهٔ خالص آب مجازی است؛ یعنی همواره آب مصرفی پایهٔ مثبتی داشته و معدن‌کاری با تقاضای آب همراه بوده است (تهامی‌پور و قربانی، ۱۳۹۵). مجموع مصرف آب برای استخراج در کل معادن در حال بهره‌برداری کشور در سال ۹۱ به ۳۲۴۸۱ هزار مترمکعب می‌رسد که بیشترین سهم بعد از شن و ماسه متعلق به سنگ آهن است (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۱).

در کارخانجات سنگ‌بری بجستان با ۴ دستگاه برش سنگ به طور متوسط در سال ۴۰۰۰ مترمکعب آب مصرف شده که با تعبیهٔ مدار بستهٔ مصرف می‌توان ۳۳۰۰ مترمکعب در مصرف آب صرفه‌جویی کرد (زارع‌مطلق و همکاران، ۱۳۸۹). مجتمع معادن سنگ گرانیت منطقهٔ اورهٔ نطنز مشتمل بر ۱۴ معدن فعال اقدام به مطالعه و اجرای کنترل آلودگی‌ها از طریق احداث جادهٔ کنارگذری برای تردد کامیون‌ها، تغییر سامانهٔ تولید از پارس و گوه به سیم‌برش، احداث سامانهٔ تصفیهٔ فاضلاب بهداشتی، ساماندهی باطله‌های معدنی، احداث استخرها و حوضچه‌های ته‌نشینی رواناب‌ها و جنگل‌کاری بادام کوهی کرده است (مولایی، ۱۳۹۶).

همان‌طور که در مطالعات ملاحظه می‌گردد، اکثر فعالیت‌های معدنی با منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی ارتباط نزدیکی دارند؛ برخی از این منابع به طور مستقیم برای کنترل گرد و غبار، برش و ساب سنگ‌های تزئینی، تغلیظ و پرعیارسازی کانهٔ معدنی یا غیرمستقیم به شکل نشت از لایهٔ آبدار زیرزمینی در معادن روباز و زیرزمینی، تحت تأثیر معدن‌کاری آلوده شده‌اند. بنابراین توجه به آب مصرفی یا آب در معرض قرار گرفته در این حوزه حائز اهمیت است. از آنجایی که در کشور آیین‌نامهٔ مستقلی در ارتباط با مقررات آب‌های سطحی و زیرزمینی در فعالیت‌های معدنی وجود ندارد؛ این پژوهش، به معرفی و طرح این الزامات می‌پردازد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه با ذکر تحقیقات مختلفی در بخش مقدمه ضمن استناد به موارد گوناگون در معرض‌قرار گرفتن آب ناشی از معدن‌کاری، اقدامات متناسب انجام شده در این باره را مطرح می‌کند. هدف از این مقاله مواجهه صحیح با تأثیرگذاری آب در فعالیت‌های معدنی است تا راهکارهایی کاربردی در این باره پیشنهاد شود. این راهکارها در قالب دو بخش مدیریت آب‌های سطحی و زیرزمینی برگرفته از استانداردهای ایالت‌های آمریکا (EPA، ۱۹۹۷؛ Rajaram؛ ۲۰۰۵a، Rajaram، ۲۰۰۵b) گردآوری و تدوین شده است.

• مدیریت آب‌های سطحی

خروجی‌های معدن نباید استانداردهای کیفیت آب را بشکنند. به علاوه خروجی معدن نباید شامل مواد جامد قابل رسوب، بقایای شناور، مواد نفتی قابل رؤیت، گریس و مواد جامد لجن یا تفاله باشد. باید رنگ، بو و تیرگی تا زیر سطوح واضح کاسته شود. بنابراین پروانهٔ معدن صادر شده در مورد کیفیت آب می‌تواند تعیین کند که مجموع مواد جامد محلول، کلراید، سولفات، منگنز و آهن زیر حدود مشخص باشد.

کیفیت مطلوب آب در پروانهٔ بهره‌برداری معادن می‌تواند موارد زیر را شامل شود.

- اثبات عدم تأثیر زهاب معدن بر محیط‌زیست در داخل و اطراف مسیر جریان زهاب
- اثبات مقدار برابر یا کمتر از ۳۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر سولفات و ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر کلراید در زهاب معدن
- اثبات عدم تأثیر منفی زهاب معدن بر منابع آب شرب
- کاهش یا جلوگیری از جریان یافتن آب به طرف نواحی معدنی
- نگهداری و کنترل آب‌های آلوده به مواد معدنی در همان محل
- کنترل و تصفیه آب‌های خارج شده از معدن
- شیوه‌های غیرمتداول

مدیریت آب‌های سطحی شامل سه مرحلهٔ کاهش تماس آب با نواحی معدنی، نگهداری آب آلوده با مواد معدنی و کنترل زهاب معدن می‌شود.

• کاهش تماس آب با نواحی معدنی

در این مرحله با نظارت فعال از ارتباط آب با نواحی احتمالی آلوده مراقبت می‌گردد. در صورت موفقیت در این مرحله هزینه‌ها به میزان قابل توجهی کاهش می‌یابد.

- کنترل مسیر جریان آب از میان نواحی دست‌خورده با گذرگاه انحرافی در میان راه برای منحرف کردن آب از مسیر آلوده
- دستکاری در محل یا ایجاد موانع برای جلوگیری از ورود رواناب به نواحی دست‌خورده و انباشتگاه باطله
- به حداقل رساندن آشفتگی‌ها و آلودگی‌های ناحیهٔ معدن‌کاری در سطح
- حفظ شیب‌های تا حد امکان کوتاه به طرف پیت معدن برای به حداقل رساندن جریان مقادیر زهکشی
- کاهش پتانسیل در معرض‌گذاری مواد جامد مولد محلول با اقدامات تثبیت خاک مانند رویش گیاهان و دادن کود گیاهی
- انهدام مواد مولد آلایندهٔ بالقوه در مناطق در معرض تماس با آب سطحی
- کاهش اثرات مضر مواد مولد آلایندهٔ بالقوه با پوشش یا تصفیه.

• نگهداری و تصفیهٔ آب آلوده با مواد معدنی

در صورتی که نتوان از تماس آب با نواحی دست‌خورده جلوگیری کرد، بایستی آب در همان محل نواحی دست‌خورده نگهداری شود و جریان پیدا نکند.

- تقلیل تأثیر کیفیت جریان آلوده با کنترل رسوب‌گذاری، مسیریابی و تفکیک یا ترکیب پساب و زهاب معدن
- احداث سلسله حوضچه‌های ته‌نشینی و تأسیسات رسوب‌گیر
- استفادهٔ مجدد از تخلیه‌های حاوی غلظت بالای مواد جامد محلول برای تهیهٔ آب به منظور کنترل گرد و غبار معدن، آبیاری زمین آماده شدهٔ معدن برای کشاورزی یا زمین زراعی همجوار از طریق حوضچه‌های با چرخهٔ مجدد یا حوضچه‌های نگهداری
- پیشگیری از انباشته شدن آب در پیت‌های فعال، جاده‌ها، فضاهای تولید، فرورفتگی‌های سطحی و کارگاه‌های استخراج معادن زیرزمینی که در آن واکنش و تجزیهٔ آلوده‌کننده‌ها می‌تواند صورت گیرد.
- کاهش پخش مواد جامد محلول با برداشت آب در اسرع وقت جهت آبگیری‌های مناسب

• کنترل زهاب معدن

معمولاً مرحلهٔ کنترل تخلیهٔ زهاب زمانی به اجرا در می‌آید که دیگر اقدامات کنترلی نام‌برده کافی نباشد و تصفیهٔ شیمیایی نیز غیراقتصادی است.

- قرارگیری خروجی معدن در قالب استانداردهای مقرر کیفیت آب از طریق نظارت مداوم
- تغییر مسیر روی فواصل امکان‌پذیر از لحاظ اقتصادی با جمع‌آوری تخلیه‌ها و انتقال‌شان به نقاط تخلیهٔ مناسب با کیفیت بهتر آب
- مدیریت آب‌های زیرزمینی

در سال‌های اخیر به دلیل عدم اطلاع و مطالعهٔ ناکافی در مشخصات زمین‌شناسی، سفره‌های آب زیرزمینی بسیار تحت تأثیر قرار گرفته و ضمن کاهش منابع آب، منجر به پدیدهٔ نشست زمین شده است. بنابراین همواره مراقبت از منابع آب زیرزمینی بایستی مورد توجه فعالین معدنی قرار گیرد. مدیریت آب‌های زیرزمینی شامل کاهش تماس آب با نواحی معدنی، تصفیهٔ آب آلوده شده با مواد معدنی و شیوه‌های غیرمتداول است.

• کاهش تماس آب با نواحی معدنی

در این مرحله اقدامات پیشگیرانه‌ای که از در معرض قرارگیری آب‌های زیرزمینی می‌کاهد، به اجرا در می‌آید.

- کنترل و بررسی شکستگی‌ها و گسل‌ها
- آب‌بندی گمانه‌ها یا نواحی خرد شدهٔ آبدار با احتمال ورود جریان کنترل نشده به معادن زیرزمینی یا مناطق فعال معادن سطحی
- جلوگیری از نشت و نفوذ آب غیرقابل کنترل با استفاده از پرکننده‌ها و موانع کافی در معدن زیرزمینی متروک
- انهدام مواد مولد آلایندهٔ بالقوه در مناطق در معرض تماس با آب زیرزمینی

• تصفیهٔ آب آلوده با مواد معدنی

این مرحله کمک می‌کند تا نرخ برداشت از لایه‌های آبدار برای مصارف معدنی کاسته و بخشی از آب در معرض قرار گرفته به سفره‌ها برگردانده شود.

- استفاده و بازیابی آب نفوذ کرده به داخل پیت و کارگاه استخراج برای مصارف داخل معدن
- تغذیهٔ لایه‌های آبدار از طریق سامانهٔ جذب خاک برای بالا بردن ظرفیت سفره‌های آب زیرزمینی و جبران اثرات وارده به پیکره‌های آب سطحی

در این شیوهٔ منحصربه‌فرد ابتدا کیفیت و سطح پیزومتری آب‌های زیرزمینی منطقه مطالعه می‌شود. همچنین توصیف و نقشه‌برداری تالاب‌ها، توصیف مشخصات زیرسطحی خاک، پیمایش مکان‌نگاری، باستان‌شناسی[۴] و نمونه‌گیری شیمیایی آب‌های زیرزمینی در نواحی با پتانسیل که نمی‌تواند برای تغذیهٔ لایهٔ آبدار استفاده شود، انجام می‌گردد. پارامتر مهم در کارایی سامانهٔ جذب خاک، نرخ نفوذ و قابلیت هدایت هیدرولیکی خاک‌های سطحی است. پساب تصفیه شده قبل از پمپ شدن به محل، در حوضچهٔ نگهداری ذخیره می‌شود. سامانهٔ جذب خاک با شش سلول انفرادی برای سر و کار داشتن با نرخ تخلیهٔ ۳۸۶-۲۰۵ گالن در هر دقیقه (gpm) طراحی شده است. هر سلول، به طور مستقل از دیگران عمل می‌کند و این کار توسط اتاق توزیع مرکزی انجام می‌شود. سلول‌ها طوری طراحی شده‌اند تا پساب تصفیه شده را با استفاده از لوله‌های جانبی توزیع که در ارتفاع یکسانی روی تمام سلول‌ها هستند، درون خاک پخش کنند. معمولاً در زیر لوله‌های جانبی که روزنه‌هایی با فواصل ۱۰ فوتی دارند، مقداری شن برای توزیع یکنواخت آب قرار داده می‌شود. سپس لوله‌ها با ماسه، زمین‌بافت[۵] ساده، خاک و پوشش گیاهی پوشیده می‌شوند. پوشش گیاهی، سلول‌های جذب خاک را عایق خواهند کرد؛ به طوری که آنها بتوانند حتی در هوای سرد بدون انجماد کار کنند.

• شیوه‌های غیرمتداول

شیوه‌های غیرمتداول معمولاً زمانی که تصفیه غیراقتصادی باشد، مورد توجه قرار می‌گیرند. این شیوه‌ها به طور کلی شامل روش‌هایی می‌باشد که نشان دهد عامل مؤثری در میزان کاهش مواد جامد نامحلول، کلرید، سولفات، آهن و منگنز در تخلیه‌ها است.

- انحراف مسیر آب‌های زیرزمینی با قطع مسیر جریان پیش از ورود به معدن روباز یا زیرزمینی
- انتقال آب‌های زیرزمینی تمیز با روش‌های آبکشی قبل از تماس با مواد جامد مولد محلول

نتایج و بحث

شیوه‌های نظارتی، بازرسی‌های دوره‌ای و بطلان پروانهٔ بهره‌برداری معدن برای بهره‌بردار علاوه بر صدور مجوزها و ارائهٔ اظهارنامه‌های محیط‌زیستی می‌تواند برای کنترل آلودگی‌های آب، خاک و هوا ناشی از فعالیت معدن‌کاری عملیاتی گردد. در صورت مشاهدهٔ مخاطرات شدید زیست‌محیطی جریمه‌های مالی به علت ارزش‌افزوده قابل توجه در بخش معدن نمی‌تواند به هیچ وجه بازدارنده باشد، بلکه نیاز به صدور احکام قضایی و کیفری است. علاوه بر وضع قوانین، نظارت و برخورد حقوقی، مطالعات مختلف نشان داده که آموزش و فرهنگ‌سازی نیز نقش بازدارنده‌ای در اصلاح رفتارها و فعالیت‌ها در طولانی‌مدت داشته است.

کنترل استخراج از معادن مطابق با ظرفیت سالانهٔ تعیین شده در پروانهٔ بهره‌برداری کمک می‌کند تا نتایج نظارت‌های دوره‌ای قابل اطمینان باشد و اقدامات کنترلی متناسب با آن انجام گیرد.

در بسیاری از مناطق معدن‌کاری، به واسطهٔ درک نادرست از اثرات دفع باطله در مجاورت تالاب‌های محافظت نشده و توصیف ناکافی مشخصات آب‌زمین‌شناسی منطقه، آب‌های زیرزمینی تحت تأثیر قرار گرفته‌اند.

با تقسیم‌بندی پیکره‌های آب سطحی در مجاورت معدن به چند دسته از لحاظ در معرض‌قرارگیری‌شان به صورت دوره‌ای با توجه به شواهد و آزمایش‌های شیمیایی، می‌توان در مجتمع معدنی طرح کاهش خطرات را برای آب‌های سطحی متناسب با هر یک از مراحل معدن‌کاری به اجرا گذاشت.

هر چند در بیشتر کشورها مرحلهٔ بازسازی جزو یکی از مراحل معدن‌کاری محسوب می‌شود، اما احیا و بازسازی با وجود درج در آیین‌نامه‌ها در اکثر معادن ایران جدی گرفته نمی‌شود. در صورت اجرایی کردن مرحلهٔ بازسازی معدن همزمان با فعالیت معدنی علاوه بر کنترل جنبه‌های زیست‌محیطی و معیشتی مردم، با برنامه‌ریزی و همکاری سازمان میراث فرهنگی و گردشگری می‌توان از منطقهٔ معدنی به عنوان مقصد و جاذبهٔ گردشگری نیز بهره برد.

سطوح آب در نهرها و دریاچه‌ها می‌تواند به دلیل نشت آب و آبکشی در معادن تحت تأثیر قرار گیرد؛ از این رو بایستی ادارهٔ منابع طبیعی یا وزارت نیرو، فروکش سطح آب در لایهٔ آبدار را از طریق چاه‌های مشاهده‌ای میان پیکره‌های آب سطحی و معدن به صورت منظم کنترل نمایند.

نتیجه‌گیری

به طور کلی هر چه اقدامات کنترلی جهت برطرف نمودن آلودگی‌های زیست‌محیطی معادن نادیده گرفته شود؛ تبعات خسارات ناشی از آن، چه به لحاظ مالی و چه به لحاظ جانی برای انسان و سایر موجودات زنده، بیشتر خواهد بود.

هر چند متناظر برخی از موارد ذکر شده بیش از ۱۰ سال است که به عنوان ضوابط کلی زیست‌محیطی فعالیت‌های معدنی ایران تصویب شده است، اما به سبب عدم آموزش و توجیه‌پذیری ناکافی راجع به روش‌های معدن‌کاریِ ناسازگار با محیط‌زیست، این الزامات توسط بهره‌برداران و کارکنان معادن، جدی گرفته نمی‌شود.

علاوه بر کنترل رواناب و جریان آب‌های زیرزمینی برای ورود به معادن، آبکشی معادن به منظور خشک‌اندازی منطقهٔ آلودهٔ معدنی توصیه می‌گردد.

استفاده از داده‌های رقومی و نقشه‌برداری، سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی (GIS) و به‌کارگیری روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره و یا روش‌های تحلیلی برای مکان‌یابی یا جابجایی محل مناسب دپو و سد باطله ضروری است. علاوه بر این، طراحی بستر سد باطله از لحاظ نفوذناپذیری اهمیت دوچندانی دارد.

با حذف کانی‌های سولفیدی از باطله‌ها و افزودن خنثی‌سازها یا جاذب‌های شیمیایی به زهاب در مرحلهٔ استخراج و کنترل PH و تصفیهٔ پساب در مرحلهٔ فرآوری می‌توان از ورود مقادیر غیرمجاز فلزات سنگین به چرخهٔ زیستی موجودات زنده جلوگیری کرد.

از آنجایی که اصلاح آب‌های زیرزمینی در اثر فعالیت معدن‌کاری، چه به دلیل کاهش ظرفیت سفره‌ها و یا آلودگی آنها، بسیار مشکل و هزینه‌بر است؛ بایستی همواره راهکارهای پیشگیرانه با مطالعهٔ مشخصات زمین‌شناسی ساختاری و آب‌زمین‌شناسی منطقه در اولویت قرار گیرد.

با تغییر روش‌های استخراج ناسازگار به استخراج سازگار با در معرض‌قرارگیری آب در معادن، علاوه بر بهبود کاهش آلودگی و صرفه‌جویی در آب، می‌توان انتظار کاهش هزینه‌های عملیاتی در طولانی‌مدت و افزایش بهره‌وری در تولید را داشت.

پی‌نوشت

1- Phillips
2- Crandon
3- Wisconsin
4- Topographic and archaeological surveys
5- Geotextile

منابع

آریافر، ا.، محمدقاسمی، ط. و قربانی، ا. ۱۳۹۳. مطالعات ژئوفیزیک و ژئوشیمی زیست‌محیطی جهت بررسی اثرات آلایندگی پساب کارخانه فرآوری معدن مس قلعه‌زری خراسان جنوبی. مهندسی معدن، ۹(۲۳): ۸۱-۹۴.

احمدی، ف.، رستگار، ش. و احمدی، ر. ۱۳۹۶. بررسی پیامدهای ناشی از استخراج معادن و تحلیل میزان اثرگذاری آن بر تغییر معیشت مرتعداران (مطالعه موردی: مراتع شهرستان دهگلان-استان کردستان). مرتع، ۱۱(۳): ۳۶۵-۳۷۷.

تهامی‌پور زرندی، م. و قربانی، م. ۱۳۹۵. اندازه‌گیری و تحلیل جایگاه تجارت آب مجازی در بخش صنعت و معدن ایران. آب و توسعه پایدار، ۳(۱): ۵۹-۷۲.

حاج‌کاظمیها، ن.، شریعت، م.، منوری، م. و عطایی، م. ۱۳۹۳. اولویت‌دهی معیارهای بازسازی در خاتمهٔ فعالیت معادن (مطالعهٔ موردی: معادن سنگ آهن گل‌گهر، سنگان و چادرملو). محیط‌شناسی، ۴۰(۴): ۱۰۲۳-۱۰۳۳.

دهقانی، م. و عباس‌نژاد، ا. ۱۳۸۹. آلودگی سفرهٔ آب‌زیرزمینی دشت انار به نیترات، سرب، آرسنیک و کادمیوم. محیط‌شناسی، ۳۶(۵۶): ۸۷-۱۰۰.

زارع‌مطلق، س.، فاطمی، ا.ا. و مرجانی‌بجستانی، ا. ۱۳۸۹. مطالعات اقتصادی جهت ارائه راهکار عملی جهت کاهش هزینه‌های تولید در صنعت سنگ‌های ساختمانی شهرستان بجستان. بیست و نهمین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران.

شهبا، س.، نوری، ج.، بارانی، س.، شهبا، س. و نوربخش، ز. ۱۳۹۶. بررسی مخاطرات شغلی با رویکرد ایمنی در واحد تغلیظ معدن سنگ آهن گل‌گهر سیرجان با استفاده از روش آنالیز ایمنی شغلی، علوم و تکنولوژی محیط‌زیست، ۱۹(۵): ۱۰۳-۱۱۰.

قلی‌پور، م.، مظاهری، ا.، رقیمی، م. و شمعانیان، غ. ۱۳۸۸. بررسی اثرهای زیست‌محیطی زهاب اسیدی معدن در باطله‌های کارخانه زغالشویی زیرآب استان مازندران. بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، ۱۷(۲): ۱۷۳-۱۸۶.

مرکز آمار ایران. ۱۳۹۱. نتایج آمارگیری از معادن در حال بهره‌برداری کشور. معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری.

مولایی، ج. ۱۳۹۶. نمونه‌ای موفق از توسعهٔ پایدار معدنی با ملاحظات زیست‌محیطی. ویژه‌نامه نهمین نمایشگاه بین‌المللی سنگ‌های تزئینی، معدن، ماشین‌آلات و تجهیزات مربوطه، انجمن سنگ ایران، ۵۰-۵۳.

میرزایی، س. ۱۳۹۶. خلاقیتی نوین در مسیر رشد فرهنگی. ویژه‌نامه نهمین نمایشگاه بین‌المللی سنگ‌های تزئینی، معدن، ماشین‌آلات و تجهیزات مربوطه، انجمن سنگ ایران، ۶۰-۶۳.

ناصری، ح.ر. و جان‌جانه، ب. ۱۳۹۱. بررسی عوامل مؤثر بر کیفیت آب زیرزمینی منابع آب معدن گل‌گهر با استفاده از تحلیل عاملی. پژوهش‌های دانش زمین، ۳(۱۰): ۴۸-۶۲.

نورمحمدی، غ. و کریمی، غ.۱۳۹۵. بررسی حذف یون‌های فلزی مس و کبالت از پساب صنایع معدنی با استفاده از نانوجاذب بنتونیت مکنتیت سنتز شده. مهندسی منابع معدنی، ۱(۱): ۱۳-۱۸.

واحدیان شاهرودی، م.، قلیان‌اول، م.، اسماعیلی، ح.، طهرانی، ه.، شفیعی، م.ن. و محمدی، ف. ۱۳۹۵. مداخله آموزشی با استفاده از الگوی رفتار سالم در کارگران معدن زغال سنگ طبس. مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی بیرجند، ۲۳(۳): ۲۵۷-۲۶۷.

ایلخانی، ا.، عطایی، م. و خالوکاکایی، ر. ۱۳۹۵. ارزیابی اثرات زیست‌محیطی در معادن روباز سنگ آهن سنگان خواف. مهندسی معدن، ۱۱(۳۳): ۸۱-۹۳.

BASU A. and KUMAR U. 2004. Innovation and Technology Driven Sustainability Performance Management Framework (ITSPM) for the Mining and Minerals Sector. International Journal of Surface Mining Reclamation and Environment, 18(2): 135-149.

Foth and Van Dyke. 1998 a. Soil Absorption System, Envir onmental Impact Statement Report, Crandon Mine, Forest County, Wisconsin, Submitted to the Wisconsin Department of Natural Resources, Madison, Wisconsin, USA.

Foth and Van Dyke. 1998 b. Environmental Impact Statement for the Crandon Mine, Wisconsin, Submitted to the Wisconsin Department of Natural Resources, Madison, Wisconsin, USA.

IIED and WBCSD. 2002. Breaking New Ground: Mining, Minerals and Sustainable Development. Final Report on the Mining, Minerals and Sustainable Development Project (MMSD). Publ by Earthscan for the International Inst for Environment and Development (IIED) and World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), London.

Rajaram R. 2005 a. Minimizing surface water impacts, Complete Environmental Solutions, Oak Brook, IL, USA.

Rajaram R. 2005 b. Minimizing ground water impacts, Complete Environmental Solutions, Oak Brook, IL, USA.

U.S. Environmental Protection Agency (EPA). 1997. Effectiveness of Ground Water Pump and Treat Systems, Technology Innovation Office, Washington, DC.

WCED (World Commission on Environment and Development). 1987. Our Common Future (Brundlandt Report). World Commission on Environment and Development, Oxford, Oxford University Press.