دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی کاربرد شیمی در محیط زیست

سال پانزدهم، شماره‌ی ۵۸
تابستان ۱۴۰۳، صفحات ۱۲-۱

"مقاله پژوهشی"

بررسی سیستماتیک اثرات زیست محیطی انتشار گاز متان در معادن زغال سنگ

آینور ناصری *

استادیار، گروه مهندسی معدن، واحد اهر، دانشگاه آزاد اسلامی، اهر، ایران

* نویسنده مسئول مکاتبات: E-mail: aynur.nasseri@gmail.com, Ay.Nasseri@iau.ac.ir

(دریافت مقاله: ۱۴۰۲/۱۱/۰۷ پذیرش نهایی: ۱۴۰۲/۱۲/۲۶)

چکیده

گاز متان یکی از اصلی‌ترین گازهای گلخانه‌ای است که در فرآیند استخراج و تولید زغال از معادن زغال سنگ انتشار می‌یابد. در دهه‌های اخیر، مسئله انتشار گاز متان از معادن زغال سنگ به عنوان یکی از چالش‌های مهم محیط‌زیستی مطرح شده است. این گاز به عنوان یک گاز گلخانه‌ای قوی، نقش مهمی در افزایش گرمایش زمین ایفا می‌کند و عدم کنترل انتشار آن به مشکلات جدی محیط‌زیستی و اقتصادی منجر می‌شود. همچنین، پتانسیل خودسوزی گاز متان در معادن زغال سنگ، به عنوان یک پدیده خطرناک، نیازمند بررسی و مطالعه عمیق‌تر زیست محیطی است. با توجه به اهمیت حفظ محیط زیست و کاهش گازهای گلخانه‌ای، شناخت دقیق این اثرات و اتخاذ تدابیر مناسب جهت کاهش آن‌ها ضروری است. این مقاله به بررسی اثرات زیست محیطی انتشار گاز متان در معادن زغال سنگ پرداخته و راهکارهای کاهش این اثرات را مورد بررسی قرار داد. نتایج نشان داد ارتقاء فرآیندها و استفاده از تکنولوژی‌های پاک و پایدار، می‌تواند در کاهش انتشار گاز متان از معادن زغال سنگ مؤثر باشد. بطوری که استفاده از فناوری‌های تجدیدپذیر مانند انرژی خورشیدی و باد، به جای سوخت‌های فسیلی، و تشویق به استفاده از فناوری‌های پاک و کم‌اثر بر محیط‌زیست در فرآیندهای استخراج و تولید زغال سنگ بسیار مؤثر خواهد بود.

کلمات کلیدی: گاز متان، معادن زغال سنگ، گازهای گلخانه‌ای، اثرات زیست محیطی.

.

مقدمه

معادن زغال سنگ به عنوان یک منبع اساسی انرژی در بسیاری از کشورها مورد بهره‌برداری واقع می‌شوند. با این حال، یکی از مسائل مهم زیست محیطی مرتبط با این صنعت، انتشار گاز متان به‌عنوان یک فرآیند فراصنعتی غیرقابل اجتناب از معادن زغال سنگ است. گاز متان، که در فرآیند پایدار استخراج زغال سنگ از زمین آزاد می‌شود، تاثیرات منفی زیادی بر تغییرات اقلیم و افزایش گرمایش زمین دارد. گاز متان همراه با فرآیندهای تشکیل ذخایر زغال سنگ، طی مراحل متوالی تبدیل بی‌هوازی مواد گیاهی به زغال سنگ در دماها و فشارهای بالا در طول فرآیند کربونیزه شدن (زغال شدگی) بدون حضور اکسیژن شکل می‌گیرد. در طول فرآیند متامورفیسم، مقادیر C، H و O تغییر می‌کند بطوری که با افزایش محتوای کربن، کاهش هیدروژن و اکسیژن و ثابت ماندن محتوای نیتروژن و سولفور همراه است. طی این فرآیند متامورفیسم، آب و دی‌اکسید کربن تولید می‌شوند. در فرآیند اکسیداسیون کند، تشکیل محصولات گازی به ویژه متان و دی‌اکسید کربن طی فرمانتاسیون تحریک شده توسط باکتری‌های متانوژنیک به دلیل استفاده از محتوای اکسیژن موجود در گیاهان، در شرایط بی‌هوازی در لایه‌های زیرزمینی اتفاق می‌افتد. گاز متان از این فرآیند به صورت طبیعی آزاد می‌شود. نمونه‌ای از واکنش شیمیایی این فرآیند به شکل زیر است:

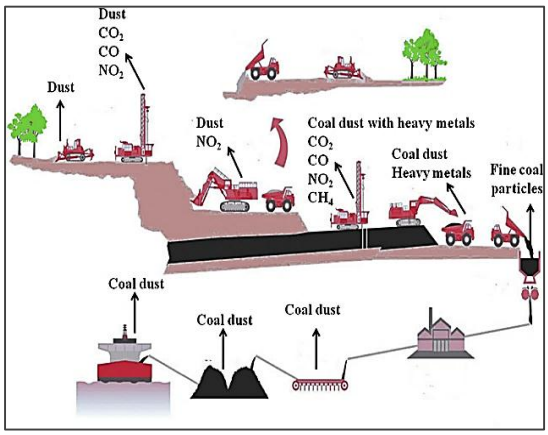
$$\text{منبع کربنی آلی} + H_2O \rightarrow CO_2 + CH_4 \qquad (۱)$$

این واکنش نشان‌دهنده تجزیه مواد کربنی آلی (مانند رسته‌های گیاهی) به دو گاز دی‌اکسید کربن و متان است و در این فرآیند باکتری‌ها از منابع زغالی و آلی موجود در لایه‌های زمین به عنوان منابع اصلی کربن خود استفاده می‌کنند. این واکنش نشان دهنده تجزیه یا تخریب مواد آلی طی دو مرحله مهم است. در ابتدا، گاز دی‌اکسید کربن تولید می‌شود که یکی از مراحل تخلیه انرژی از مواد آلی است. در مرحله بعد، گاز متان تولید می‌شود که به عنوان یک منبع انرژی قابل استفاده محسوب می‌شود. سپس این گاز متان از لایه‌های زغالی به سطح زمین حرکت می‌کند. این تخلیه ممکن است به صورت طبیعی از طریق کانال‌ها و فضاهای خالی در لایه‌های زغالی صورت گیرد و یا از لایه‌های زغالی به سمت سطح زمین نفوذ کند و در مواردی به صورت حباب‌های گاز در آب‌های زیرزمینی یا آب‌های سطحی آزاد شود. در برخی موارد در صورتی که میزان گاز متان تولیدی از لایه‌های زغالی به میزان قابل توجهی باشد، به عنوان یک منبع انرژی، استخراج و به منظور استفاده تجاری از این گاز، عملیات حفاری چاه‌ها و استخراج گاز متان آغاز می شود. لازم به ذکر است که در برخی مناطق و مواقع، این گاز متان به طور غیرمنتظره و ناگهانی از لایه‌های زغالی آزاد شده و ممکن است منجر به مشکلات ایمنی و زیست‌محیطی شود. بطوریکه انفجارهای متان در معادن زغال‌سنگ ممکن است منجر به آسیب‌ها و تلفات جانی معدنچیان شود. این حوادث ممکن است به دلیل عوامل مختلفی مانند تهویه نامناسب، اشتعال متان و نقص در تدابیر ایمنی ایجاد شود. لذا مدیریت مناسب و کنترل این فرآیندها حائز اهمیت است.

متانی که پس از استخراج زغال سنگ در جو انتشار می‌یابد، تأثیر اکولوژیک دوگانه دارد بطوری که در تخریب لایه اوزون و تقویت اثر گلخانه‌ای تأثیر قابل توجهی دارد [۱]. بر اساس تحقیقات K. Patteisky

[۲]، هنگام تشکیل یک متر مکعب زغال سنگ ممکن است تا ۳۵۰ متر مکعب گاز متان و تا ۲۰۰ متر مکعب دی‌اکسید کربن تشکیل شود. پیچیدگی تشکیل بسیاری از منابع مختلف و تبدیلات شیمیایی متان موجب دشواری در درک و ارزیابی سهم این گاز در گرم شدن جهانی شده است. اگرچه، به دلیل ارزش بالای پتانسیل گرمایش جهانی متان، تأثیر آن در گرمایش جهانی دارای اهمیت معنی دار است [۲]. متان، این گاز حاصل از استخراج زغال سنگ، به مرور زمان بعنوان اصلی‌ترین منبع خطر و موضوع نگرانی‌های اصلی در تحقیقات و در راستای حصول شرایط ایمنی بالا در معادن است. متان یک گاز گلخانه‌ای قوی، با ظرفیت گرمایش جهانی بیست و پنج برابر دی‌اکسید کربن است [۳]. آزاد شدن متان در حین فعالیت‌های معدن‌کاری زغال‌سنگ می‌تواند منجر به آلودگی هوا و خطرات انفجار گاز می‌شود. با این حال، فرصت‌هایی برای کاهش این تأثیرات محیطی وجود دارد. می‌توان متان را زهکشی و به عنوان یک منبع انرژی نوین مورد بهره برداری قرار داد و از انتشار فراری آن کاست و منافع اقتصادی فراهم کرد [٤]. علاوه بر این، روش‌های مؤثر بازیابی متان و تکنیک‌های کاهش سرعت انتشار متان می‌تواند به کاهش آلودگی هوا و بهبود وضعیت محیطی کمک کند [٦-٥]. فرآیند بسته شدن معادن زیرزمینی زغال‌سنگ نیز نیازمند ملاحظه‌ی دقیق به خطرات متان است تا از مسمومیت، خفقان و انفجارها جلوگیری شود. نمونه ای از تحقیقات انجام شده برای کاهش تأثیر متان از معادن زغال سنگ در دره جیو [٤]، در ارتباط با تأمین ایمنی و سلامت کارگران و کاهش اثرات گازهای گلخانه‌ای بر محیط زیست بود. که دو جهت اصلی تأثیر متان بر محیط زیرزمینی، بر ایمنی و سلامت کارگران از یک سو و تأثیر متان حاصل از معادن زغال سنگ برگرم شدن جهانی اتمسفر را از سوی دیگر بررسی نموده است. در این معدن متان زهکشی شده در برنامه‌های تأمین انرژی جهت پوشش دادن جزئی از نیاز انرژی حرارتی اپراتورهای معدن در نظر گرفته شده است. تجزیه و تحلیل تقریباً کاملی از امکان‌سنجی فناوری‌های مدرن برای بازیابی متان از معادن زغال سنگ در سراسر جهان انجام شده است [۷]. بر این اساس، امکانات کاهش تأثیر متان بر محیط زیست از طریق بهره‌برداری از گاز متان در معادن دره جیو میسر گردیده است. از سوی دیگر، طبق گزارش جهانی درباره تغییرات آب و هوا ، حدود ۱۷٪ از تأثیر کلی گرم شدن جهانی مربوط به متان است. منشأ متان اتمسفری، منابع غیر بیوژنیک و بیوژنیک می‌باشد. بیش از ۷۰٪ از کل انتشار جوی متان از منابع بیوژنیک مانند زمین های مرطوب، شالیزارها، دامداری، دفن پسماندها، جنگل‌ها، اقیانوس‌ها و حشرات حاصل می‌گردد. متان غیر بیوژنیک شامل انتشار از معادن سوخت‌های فسیلی، سوزاندن biomass، تجزیه پسماندها و منابع زمین‌شناسی است. از دیدگاه دیگر، منابع انتشار گاز متان همچنین میتواند به منابع آنتروپوژنیک و طبیعی تقسیم شوند که منابع آنتروپوژنیک شامل شالیزارها، دامداری، تجزیه و دفن پسماندها ، سوزاندن بیومس و سوخت فسیلی است. متان طبیعی از منابعی مانند زمین ها ی مرطوب، اقیانوس‌ها، جنگل‌ها، آتش، حشرات و منابع زمین‌شناسی[۸-۳] منتشر می‌شود. هر دو نوع منبع به افزایش غلظت جوی متان کمک می‌کنند، اما بیشترین مشارکت مربوط به منابع طبیعی است. داده‌های مجمع بین‌المللی تغییرات اقلیم نشان می‌دهد

که انتشار تخمینی متان ۵۸۲ Tg است [۸-۳]. ٤۸٪ از این مقدار به اندازه‌گیری منابع آنتروپوژنیک تعلق دارد. در این خصوص، استخراج زغال سنگ بخش کوچکی از انتشار متان حاصل را فعالیت‌های آنتروپوژنیک را به خود اختصاص می‌دهد. متان به طور معمول بخش اساسی از گازهای حاصل از استخراج زغال سنگ است. تخمین زده می‌شود که انتشار گاز متان حاصل از معدن زغال سنگ[1] (CMM) رو به افزایش است. تخمین‌های انتشار گاز متان نشان می‌دهد که میزان انتشار جهانی گاز CMM حدود ۱۲/۸-۸/۹ درصد از کل منابع آنتروپوژنیک را تشکیل می‌دهد [۸]. شایان ذکر است که منابع انتشار گاز متان مربوط به فرآیند استخراج زغال سنگ عبارتند از: سیستم‌های گاززدایی در معادن زیرزمینی زغال سنگ که به عنوان سیستم‌های زهکشی شناخته می‌شوند. هوای تهویه از معادن زیرزمینی که شامل غلظت‌های محلول متان است. معادن متروکه یا بسته که ممکن است گازخیزی داشته و متان از طریق حفریات و تونل‌های تهویه یا از طریق شکاف‌ها یا ترک‌ها و شکستگی‌ها در زمین نشت کند. معادن سطحی که متان در لایه‌های زغال سنگ به طور مستقیم به اتمسفر وارد می‌شود (شکل ۱). انتشار فرار از عملیات بعد استخراج، که در آن زغال سنگ همچنان متان را در مخازن نگهداری و حمل و نقل شده تولید و منتشر می‌کند. دو منبع اولیه زهکشی و تهویه، بیش‌ترین انتشار گازهای مخرب معدن زغال سنگ را تشکیل می‌دهند.



شکل (۱): آلودگی هوا طی فرآیندهای مختلف مربوط به معدن‌کاری سطحی زغال سنگ [۹]

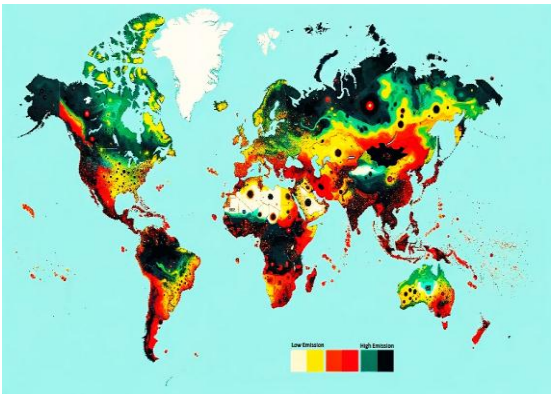
حدود ۸۵٪-۹۰ از کل انتشار گاز متان در چین از معادن زیرزمینی زغال سنگ صادر می‌شود و گاز متان موجود در هوای تهویه سهم قابل توجهی دارد. متان معادن زغال سنگ همزمان هم پتانسیل انرژی و هم منبع مهم جهت ایجاد خطر ایمنی در معادن است. گاز متان حدود ۳٦-۲۸ برابر قوی‌تر از دی‌اکسید کربن در طول ۱۰۰ سال است. تلاش‌ها برای کاهش انتشار آن میتواند شامل زهکشی متان از طریق سیستم‌های گاززدایی و استفاده از آن برای تولید برق، گرمایش منطقه‌ای یا به عنوان سوخت صنعتی باشد. در ایالات متحده، اکثراً متان معادن زغال سنگ بازیابی شده و به سیستم‌های لوله‌کشی گاز طبیعی فروخته می‌شود. همچنین سازمان حفاظت محیط زیست ایالات متحده چند هزار معدن زغال سنگ متروکه را شناسایی کرده است که برخی از آن‌ها به طور قابل توجهی پتانسل گازی خیزی دارند. بنابراین تلاش های جامع برای بهره‌برداری از انتشار متان از هر دو معادن فعال و متروکه برای کاهش تأثیرات زیست محیطی ضروری

[1] Coal Mine Methane

است و مدیریت انتشار این گاز از نظر محیط‌زیستی و بهره‌وری انرژی، حیاتی است.

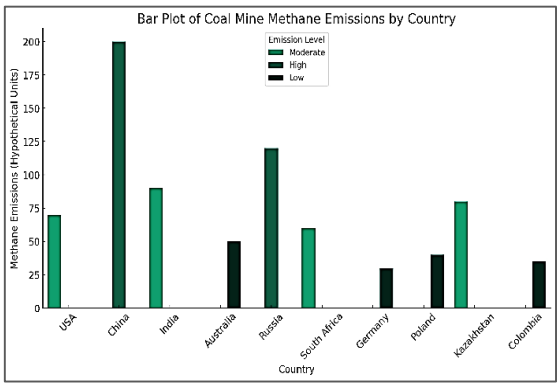
توزیع میزان انتشار گاز متان حاصل از معادن زغال سنگ

گاز متان، بعنوان یکی از اجزای اساسی در فرآیندهای استخراج معادن زغال سنگ، بخش مهمی از صنعت معدن است که اهمیت بالقوه و تأثیرات گسترده‌ای در توسعه جوامع دارد. با توجه به رشد روزافزون جمعیت و توسعه صنایع مختلف، استخراج و استفاده از زغال سنگ به عنوان یک منبع انرژی بسیار حیاتی است که همواره در تولید انرژی جهانی نقش مهمی داشته است. اما، همراه با این مزایا، در طول سالیان انتشار گاز متان به عنوان یک فرآیند ثانویه حاصل از استخراج زغال سنگ، باعث ایجاد مشکلات زیست محیطی و ایمنی جدی شده است. بنابراین با توجه به اهمیت اقتصادی و زیست محیطی این موضوع، آگاهی از الگوها و روندهای انتشار متان از معادن زغال سنگ، گام اساسی برای اتخاذ سیاست‌ها و راهکارهای مؤثر در جهت کاهش اثرات منفی آن می‌باشد. این مطالعه باتوجه به اطلاعات منابع معتبر جهانی، تحلیل موثری از وضعیت فعلی و چشم‌اندازهای آینده در خصوص انتشار متان ارائه می‌دهد. امید است که نتایج حاصله مسیری برای اقدامات عملی و سیاست‌گذاری‌های مؤثر در جهت مدیریت بهتر انتشار متان از معادن زغال سنگ به ارمغان آورد. شکل ۲ توزیع جهانی میزان انتشار گاز متان از معادن زغال سنگ را نشان می‌دهد.



شکل (۲): توزیع جهانی میزان انتشار گاز متان از معادن زغال سنگ

نقشه فوق، یک تصویر کامل از توزیع میزان انتشار گاز متان معادن زغال سنگ به صورت جهانی را ارائه می‌دهد. کشورهایی که صنایع معدن زغال سنگ مهمی دارند، به طور مشخص برجسته شده‌اند و سطوح تخمینی گاز متان برای مقایسه مشخص شده است. شدت انتشار و مناطق کلیدی معدن زغال سنگ در هر کشور مشخص شده‌اند. باتوجه به شدت انتشار، مناطق سبز رنگ نشان دهنده مناطقی با انتشار کم متان از معادن زغال سنگ هستند. مناطق زرد رنگ، مناطقی با انتشار متوسط متان هستند. مناطق با انتشار بالای متان با رنگ قرمز مشخص شده‌اند و هر نقطه سیاه یک منطقه مهم معدنی زغال سنگ در کشورهای مختلف است. این نقاط مکان‌های خاصی را نشان می‌دهند که استخراج زغال سنگ تمرکز دارد و بنابراین انتشار متان احتمالاً معنادار است. شکل ۳ کشورها را بر اساس شدت انتشار گاز متان حاصل از معادن زغال سنگ کلاس بندی می‌کند و امکان مقایسه آسان انتشار متان در آن‌ها را میسر می‌سازد.



شکل (۳): تفکیک کشورها بر اساس شدت انتشار گاز متان حاصل از معادن زغال سنگ

جدول ۱ مقایسه بزرگ‌ترین فاجعه‌های معدن‌کاری زغال سنگ در قرن بیستم را نشان می‌دهد که توزیع مکانی آن‌ها در شکل ٤ نشان داده شده است.

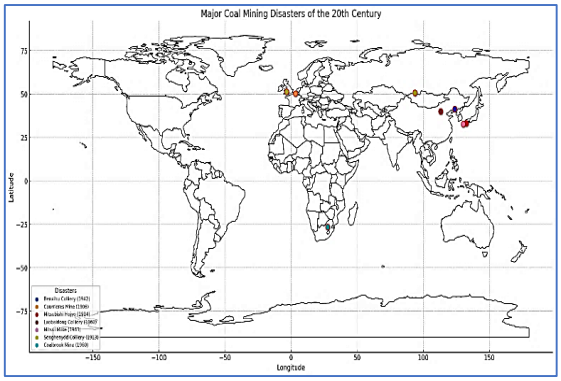
جدول (۱): مقایسه بزرگترین فاجعه‌های معدن‌کاری زغال سنگ در قرن بیستم

اثرات و توصیف حادثه	حادثه	تعداد تلفات	کشور	مکان حادثه
حوادث معدنی مرگ بار جهانی	انفجار گاز و گرد زغال	۱٥٤۹	چین	Benxihu Colliery (1942)
بدترین فاجعه معدنی در اروپا	انفجار گرد زغال	۱۰۹۹	فرانسه	Courrieres Mine (1906)
بدترین حادثه معدنکاری در ژاپن	انفجار گاز متان و گرد زغال	٦۸۷	ژاپن	Mitsubishi Hojyo (1914)
مرگ بارترین حادثه در جین	انفجار گاز متان	٦۸٤	چین	Laobaidong Colliery (1960)
آسیب شدید مغزی در بازماندگان حادثه	انفجار گاز متان در تونل	٤٥۸	ژاپن	Mitsui Miike (1963)
بدترین حادثه در انگلستان، نقض قانون ایمنی	انفجار گرد زغال	٤۳۹	انگلستان	Senghenydd Colliery (1913)
بدترین حادثه در تاریخ معدن آفریقای جنوبی	ریزش معدن	٤۳٥	آفریقای جنوبی	Coalbrook Mine (1960)

با توجه به جدول، حادثه معدن زغال سنگ بنخیوو (۱۹٤۲) در چین به عنوان بدترین حادثه معدنی در تاریخ شناخته می‌شود. در سال ۱۹٤۲ در استان لیائونینگ چین رخ داد و منجر به فوت ۱٥٤۹ نفر شد که ناشی از ترکیب انفجار گاز و زغال سنگ بود. حادثه معدن زغال سنگ کوریرز (۱۹۰٦) فرانسه که منجر به فوت ۱۰۹۹ نفر شد، ناشی از انفجار گرد و غبار زغال سنگ بود که احتمالاً به دلیل انفجار مواد منفجره در معدن یا اشتعال گاز متان توسط چراغ در معدن بود.

حادثه معدن زغال سنگ میتسوبی‌شی هوجیو در (۱۹۱٤) در جزیره کیوشو ژاپن رخ داد و منجر به فوت ٦۸۷ نفر شد. منشأ فاجعه ترکیبی از گرد و غبار زغال سنگ و گاز متان منجر به انفجار شد که منجر به خسارت و تلفات جانی شدیدی شد. همچنین حادثه معدن زغال سنگ لائوبایدونگ در سال ۱۹٦۰ در استان شان‌شی چین منجر به فوت ٦۸٤ نفر شد. این حادثه ناشی از انفجار گاز متان بود و بیش از سه دهه مجهول ماند. حادثه معدن زغال سنگ میتسوی میک در سال ۱۹٦۳ در اوموتا ژاپن، منجر به فوت ٤٥۸ نفر و زخمی شدن ۸۳۳ نفر شد. یک انفجار در تونل داخل معدن باعث ریزش در آن و گسترش منواکسید کربن شد که مرگ و میر بیش‌تری به همراه داشت منجر شد. حادثه معدن زغال سنگ منطقه سنگ هند در انگلستان بدترین فاجعه معدنی در سال ۱۹۱۳ در ولز رخ داد که به فوت ٤۳۹ معدنچی منجر شد. علت انفجار، گرد و غبار زغال

سنگ همراه با متان بود. حادثه معدن زغال سنگ کول بروک آفریقای جنوبی در سال ۱۹۶۰، در اثر ریزش معدن حدود ۴۳۵ تلفات جانی در برداشت.



شکل (٤): مقایسه بزرگترین فاجعه‌ها و تلفات معدن‌کاری زغال سنگ

با توجه به جدول ۱ و شکل ٤ مشاهده می‌شود که این فاجعه‌های بزرگ حاصل از انفجار متان در معادن در سراسر قاره‌های مختلف رخ داده‌اند که بیانگر این است که خطرات معدن‌کاری یک مسئله جهانی است.همچنین علل اصلی این فاجعه‌ها، از انفجار گاز و ذرات زغال سنگ تا ریزش معادن متغیر است. انفجارها (به دلیل گاز، ذرات زغال سنگ یا ترکیبی از آن دو) علت رایج‌تر بودند که حاکی از آن است که این خطرات بطور قابل توجهی در عملیات معدن‌کاری در طول این دوره رخ داده‌اند. تعداد تلفات با تفاوت‌های قابل توجهی بود که فاجعه معدن زغال سنگ بنخیوو در چین بیش‌ترین تعداد تلفات را داشت. این حوادث از اوایل قرن بیستم تا نیمه قرن بیستم را در بر می‌گیرند که نشان‌دهنده پیشرفت تاریخی استانداردهای ایمنی در معدن‌کاری می‌باشد. هر فاجعه تأثیر منحصر به فرد خود را ، نه تنها از نظر تلفات بلکه از نظر تأثیرات بر روی روش‌های معدن‌کاری و مقررات ایمنی داشت. به عنوان مثال، فاجعه معدن زغال سنگ، سنگ هند، در انگلستان منجر به شناخت نقض قوانین ایمنی شد، در حالی که فاجعه معدن زغال سنگ لائوبایدونگ در چین برای سال‌ها مجهول ماند، که نشان‌دهنده عملکردهای متفاوت به حوادث معدن است. همچنین این رویدادها اهمیت تاریخی قابل توجهی دارند و به عنوان عامل تحول در مقررات و روش‌های ایمنی معدن کاری عمل کرده‌اند. آن‌ها درس‌های حیاتی را برای عملیات کنونی و آینده معدن‌کاری ارائه می‌دهند و نیاز به پروتکل‌های ایمنی سخت و نظارت بر خطرات احتمالی را تأکید می‌کنند. بطور خلاصه، نتایج فوق، نه تنها دلایل تلخ فقدان زندگی را ثبت می‌کند، بلکه بینش‌هایی را نیز درباره طبیعت تکاملی ایمنی در صنعت معدنکاری، انواع خطرات مرتبط و اهمیت یادگیری از تجربیات گذشته جهت جلوگیری از فجایع را آینده ارائه می‌دهد. این داده‌ها نشان دهنده تلاش‌های مستمر برای بهبود ایمنی در صنعت استخراج زغال‌سنگ هستند و یک دیدگاه تاریخی از اثربخشی این تدابیر را ارائه می‌دهند.

تأثیر متان بر تغییر اقلیم

شناخت عمیق‌تر نقش متان در تغییرات اقلیمی، کمک می‌کند که منابع طبیعی را به طور مؤثرتر مدیریت شود، سیاست‌های زیست محیطی مناسب‌تری تدوین گردد و اثرات اقتصادی و اجتماعی این تغییرات، بهتر درک شود. از این رو، تحقیقات در این زمینه می‌توانند در طراحی و اجرای برنامه‌ها و سیاست‌هایی برای مقابله با چالش‌های زیست محیطی و اقتصادی که از انتشار متان ناشی می‌شوند، مؤثر واقع گردند. تأثیرات زیست محیطی گاز متانی که از معادن زغال سنگ آزاد

می‌شود، یکی از موارد مهم نگرانی است زیرا متان نقش گاز گلخانه‌ای قوی دارد. اثر گلخانه‌ای یک ویژگی طبیعی سیستم زمین است که در طول دوران های مختلف زمین‌شناسی در تاریخ زمین تاثیر گذار بوده و به وجود گازهایی مانند دی‌اکسید کربن (CO_2)، اکسید نیتروژن (N_2O)، متان (CH_4)، اوزون (O_3) و بخار آب در اتمسفر مربوط می‌شود. اثر گلخانه‌ای به طور کلی تعیین‌کننده حفظ دمای نسبتاً ثابت سطح زمین و توسعه حیات است که مهم‌ترین عامل آن، نیروی تابشی است. در این اثر، گازهای گلخانه‌ای مذکور جزئی از انرژی تابشی خورشید با امواج کوتاه را جذب و به سطح زمین منتقل می‌کنند و در نتیجه، سطح زمین آن را به صورت تابش گرمایی با امواج بلند منعکس می‌کند. به این ترتیب هوا و سطح زمین گرم‌تر از حالتی هستند که غلظت گازهای گلخانه‌ای مانند بخار آب و دی‌اکسید کربن وجود نداشت. در صورت عدم وجود گازهای گلخانه‌ای (بخصوص بخار آب و دی‌اکسید کربن)، جو زمین ۳۳ درجه سانتی‌گراد سردتر خواهد بود. بنابراین در این فرآیند، گازهای گلخانه‌ای انرژی را یک‌سو به فضا و از سوی دیگر به سمت زمین انتشار می‌دهند. با اینکه افزایش دما در طول بیش از ۱۰۰ سال مشاهده شده است، اما در ۳۰ سال گذشته، افزایش میانگین دمای جهانی بر روی یک منحنی صعودی شدید قرار گرفته است. از سال ۱۹۷٦ به بعد، میانگین دمای جهانی به اندازه ۰/۱۸ درجه سلسیوس در هر دهه افزایش یافته است. دی اکسید کربن از مهم‌ترین گازهای گلخانه‌ای است (حدود ۵۰٪ از تأثیر گلخانه‌ای انسانی را تشکیل می‌دهد). طبق تحقیقات، برای تغییرات اقلیم در سال ۲۰۰۱، از سال ۱۷۵۰ به بعد، غلظت دی اکسید کربن در جو از ۳۱٪ افزایش یافته است و در ۲۰ سال گذشته حدود ۷۵٪ از اانتشارگاز دی اکسید کربن در اتمسفر ناشی از سوخت‌های فسیلی است. متان بعنوان یک گاز گلخانه‌ای قوی، دارای ظرفیت گرمایش جهانی بسیار بالاتری نسبت به دی‌اکسید کربن است و معادن زغال سنگ منبع قابل توجهی از انتشار متان بوده و بالطبع تأثیر متان متشکل از معادن زغال سنگ بر تغییرات آب و هوا قابل توجه می‌باشد. بطوری که متان با حبس گرما در اتمسفر، منجر به گرمایش جهانی و تغییرات آب و هوا می‌شود. انتشار متان از معادن زغال سنگ به بار کلی گازهای گلخانه‌ای در اتمسفر افزوده شده و مشکلات تغییر آب و هوا را تشدید می‌کند. غلظت گاز متان در اتمسفر از سال ۱۷۵۰ به اندازه ۱۵۱٪ افزایش یافته و همچنان در حال افزایش است [۱]. با توجه به اینکه مولکول‌های گاز متان دارای ظرفیت جذب حرارت بالایی هستند، بنابراین غلظت‌های پایین آن نیز نقش قابل توجهی در تولید اثر گلخانه‌ای ایفا می‌کنند. منشأ دیگر آزاد شدن متان در جو، گرم شدن سیاره زمین می‌باشد که می‌تواند منجر به افزایش انتشار این گاز از رسوبات اقیانوس‌ها، مرداب‌ها، تالاب‌ها و یخچال‌های دائمی شود. در این مناطق، مقدار قابل توجهی از متان محبوس بین مولکول‌های آب می‌تواند در اثر افزایش دما آزاد شود. میانگین عمر متان در جو (۱۲ سال) نسبت به دی اکسید کربن (۵۰-۲۰۰ سال) و دیگر گازهای گلخانه‌ای کوتاه است. بنابراین با توجه به موارد ذکر شده و اینکه گرمایش جهانی زمین در طول زمان ممکن است توجیهی برای همه پدیده‌های طبیعی حاد همچون حرکت استوایی، گسترش بیابان‌ها، موج سرمایی و به تازگی تشدید شدت توفان‌ها باشد

لذا مدیریت بهینه محیط زیستی در این مورد بسیار حائز اهمیت است.

بنابراین تأثیر متان حاصل از معادن زغال سنگ بر تغییرات آب و هوا مهم است و کاهش انتشار آن برای کاهش تأثیرات تغییرات آب و هوا اساسی است. در این راستا ترکیبی از عوامل از جمله روش‌های استخراج، ویژگی‌های لایه‌های زغال سنگ، سیستم‌های تهویه و زهکشی گاز، پیشرفت‌های فناورانه، عوامل اقتصادی و آگاهی عمومی، همه در مقدارگاز متان آزاد شده و کاهش پتانسیل انتشار آن بصورت زیر می‌توانند مؤثر واقع گردند.

- روش‌های استخراج: روش استفاده شده برای استخراج زغال سنگ از زمین می‌تواند بر مقدار متان منتشر شده تأثیر بگذارد. به عنوان مثال، استخراج زیرزمینی ممکن است به دلیل فشار و دمای بالاتر زیرزمینی نسبت به معدنکاری سطحی متان بیش‌تری آزاد کند.

- ویژگی لایه‌های زغال سنگ: ترکیب و خصوصیات تراکمی زغال سنگ می‌تواند بر مقدار متان آزاد شده تأثیر بگذارد. برخی زغال سنگ های متراکم حاوی متان بیش‌تری هستند و حضور شکستگی های طبیعی نیز می‌تواند بر انتشار متان تأثیر بگذارد.

- تهویه و گاززدایی: سامانه‌های مناسب تهویه و گاززدایی در معادن زغال سنگ می‌توانند به کاهش انتشار متان کمک کنند. این سامانه‌ها، متان را از معدن جمع‌آوری و حذف می‌کنند و مقداری از آن را که وارد اتمسفر می‌شود کاهش می‌دهند.

- ذخیره و استفاده از متان: برخی معادن زغال سنگ فناوری‌های ذخیره و استفاده از متان را اجرا کرده‌اند که می‌تواند با جمع‌آوری متان و استفاده از آن به عنوان منبع سوخت، به کاهش انتشار کمک کند.

- تدابیر نظارتی و سیاستی: مقررات و سیاست‌های دولت هم می‌توانند بر میزان گاز متانی که از معادن زغال سنگ آزاد می‌شود، تأثیر بگذارند. مقررات تدوین شده ممکن است نیاز به اجرای فناوری‌های خاص کاهش متان داشته باشد یا سیاست‌هایی که ایجاد انگیزه برای کاهش انتشارات متان دارند، مانند قیمت‌گذاری کربن یا طرح‌های معاملات انتشار متان، می‌توانند معادن زغال سنگ را تشویق کنند تا در فناوری‌های کاهش متان سرمایه‌گذاری کنند.

- پیشرفت‌های فناورانه: پیشرفت‌های فناورانه نیز می‌توانند نقش مهمی در کاهش انتشارات متان از معادن زغال سنگ ایفا کنند. به عنوان مثال، توسعه سیستم‌های موثر تخلیه گاز، فناوری‌های بهینه برای زهکشی متان و استفاده از منابع انرژی جایگزین برای عملیات معدن‌کاری، همه می‌توانند به کاهش انتشارات متان کمک کنند.

- عوامل اقتصادی: قابلیت اقتصادی اقدامات کاهش متان می‌تواند بر اجرای آن‌ها تأثیر بگذارد. به عنوان مثال، هزینه اجرای فناوری‌های زهکشی و استفاده از متان می‌تواند بر تمایل معادن زغال سنگ به سرمایه‌گذاری در این اقدامات تأثیر بگذارد. انگیزه‌های اقتصادی، مانند یارانه‌ها یا اعتبارات مالیاتی برای پروژه‌های کاهش متان، می‌تواند به کاهش هزینه‌ها کمک کرده و به اجرای این فناوری‌ها تشویق کند.

نتیجه‌گیری

انتشار گاز متان حاصل از معادن زغال سنگ بدلیل تأثیرات اکولوژیکی قابل توجه از جمله تخریب لایه اوزون و و تقویت اثر گلخانه‌ای و همچنین حوادث و انفجارهای مختلف حاصل از تهویه نامناسب، اشتعال متان و نقص در اقدامات ایمنی می‌تواند پیامدهای محیطی قابل توجهی داشته باشد. بنابراین مسئله انتشار گاز متان از معادن زغال سنگ نیازمند توجه و مدیریت جدی است. با استفاده از روش‌های پیشرفته در فرآیند استخراج و بهره برداری مناسب، می‌توان این مسئله را به یک فرصت برای بهبود عملکرد محیط‌زیستی و کاهش اثرات منفی تبدیل کرد. برای بهبود مدیریت انتشار گاز متان و پیشگیری از پدیده خودسوزی در معادن زغال سنگ و کاهش اثرات گلخانه‌ای آن، مطالعات آینده می‌تواند به سمت مواردی همچون ارتقاء فرآیندهای استخراج زغال سنگ با هدف کاهش آزادسازی گاز متان و بهبود کارایی انرژی، ارزیابی تاثیر تکنولوژی‌های نوین در کاهش انتشار گاز متان و ایمن‌سازی در معادن زغال سنگ، بررسی هزینه‌ها و سودهای اقتصادی مرتبط با استفاده از تکنولوژی‌های جدید در کاهش انتشار گاز متان، ارزیابی اثرات زیست‌محیطی مختلف و تعیین تأثیر اقدامات اصلاحی بر اکوسیستم‌های محلی، ارتقاء سامانه‌های هوشمند و خودکار جهت مانیتورینگ و کنترل انتشار گاز متان، ترویج و پشتیبانی از استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر به‌عنوان جایگزینی برای زغال سنگ به منظور کاهش نیاز به استخراج زغال سنگ و انتشار گاز متان، تشویق به تبادل دانش و تجربیات مرتبط با مدیریت گاز متان در معادن زغال سنگ بین کشورها و همکاری در ترویج استانداردها و راهکارهای جهانی، تشویق دولت‌ها به ارائه تسهیلات و حمایت‌های مالی برای شرکت‌ها و محققان در زمینه تحقیقات مرتبط با کاهش انتشار گاز متان و پیشگیری از خودسوزی در معادن زغال سنگ هدایت شود.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله نویسنده مقاله تشکر و قدردانی خود را از ادیتور محترم مجله و داوران ارجمند اعلام می‌دارد.

منابع

[1] Ianc, N., Boantă, C., Gherghe, I., Tomescu C., 2020, Environmental impact of methane released from coal mines. MATEC Web of Conferences: EDP Sciences;
[2] Matei, I., Moraru, R., Samoilă, M., Băbuț G., 2000, Environmental engineering and underground ventilation. Technical Publishing House, Bucharest, Romania.
[3] Prather, M., Ehhalt, D., Dentener, F., Derwent, R., Dlugokencky, E., Holland, E., 2001, Atmospheric chemistry and greenhouse gases.
[4] Yuan, H., Richter, F., Rein, G., 2021, A multi-step reaction scheme to simulate self-heating ignition of coal: Effects of oxygen adsorption and smouldering combustion. Proceedings of the Combustion Institute; 38:4717-25.
[5] Spirjakin, D., Baranov, A., Ivanov, I., Karami, H., Gharehpetian, GB., 2022, Environment explosiveness level evaluation improvement using machine learning. 2022 11th Mediterranean Conference on Embedded Computing (MECO): IEEE; p. 1-6.
[6] Spirjakin, D., Baranov, A., Ivanov, I., Karami, H., Gharehpetian, GB., 2023, Gases and mixtures explosiveness estimation using a model trained by limited sets of gases. 2023 12th Mediterranean Conference on Embedded Computing (MECO): IEEE; p. 1-6.
[7] Mine, NS., 2013, Pre-feasibility Study for Coal Mine Methane Recovery and Utilization.
[8] Menon, S., Denman, KL., Brasseur, G., Chidthaisong, A., Ciais, P., Cox, PM., 2007, Couplings between changes in the climate system and biogeochemistry. Lawrence

Berkeley National Lab.(LBNL), Berkeley, CA (United States.
[9] Pandey, B., Gautam, M., Agrawal, M., 2018, Greenhouse gas emissions from coal mining activities and their possible mitigation strategies. Environmental carbon footprints: Elsevier; 2018. p. 259-94.

"Research article"

Systematic Review of Environmental Impacts of Methane Gas Emission in Coal Mines

Aynur Nasseri [1*]

[1] Assistant Professor, Department of Mining Engineering, Ahar Branch, Islamic Azad University, Ahar, Iran.
[*]Corresponding Author: Ay.Nasseri@iau.ac.ir, aynur.nasseri80@gmail.com

Abstract

Methane gas is one of the main greenhouse gases that is released during the exploitation and production of coal from coal mines. In recent decades, the issue of methane emissions from coal mines has emerged as a major environmental challenge. This gas plays an important role in increasing global warming as a potent greenhouse gas, and uncontrolled emissions lead to serious environmental and economic problems. Also, the potential for methane self-ignition in coal mines, as a dangerous phenomenon, requires further environmental investigation and study. Given the importance of environmental protection and reducing greenhouse gases, a precise understanding of these effects and taking appropriate measures to reduce them is essential. Therefore, this article examines the environmental effects of methane emissions in coal mines and discusses strategies to reduce these effects. The results indicate that upgrading processes and using clean and sustainable technologies can be effective in reducing methane emissions from coal mines. For instance, the use of renewable technologies such as solar and wind energy instead of fossil fuels, and the promotion of clean and environmentally friendly technologies in the processes of coal exploitation and production, will be highly effective.

Keywords: Methane gas, coal mines, greenhouse gases, environmental impact