

مطالعه مروری بر زیست پالایی و نقش آن در رفع آلودگی زدائی حاصل از فعالیت معدنی

سوئل تقی پور^۱، ایلین رافتی راد^۲

- ۱- دانشجوی کارشناسی میکروبیولوژی، گروه علوم پایه زیست شناسی، موسسه آموزش عالی صبا، ارومیه، ایران
۲- دانشجوی کارشناسی میکروبیولوژی، گروه علوم پایه زیست شناسی، موسسه آموزش عالی صبا، ارومیه، ایران

چکیده:

زیست پالایی یا Bioremediation فرایندی است که طی آن آلاینده ها توسط موجودات زنده، عمدتاً میکروارگانیسم ها، در شرایط کنترل شده تجزیه شده و به حالت غیر زیان آور می رسد، یا اینکه غلظت آن ها به حد کمتر از مقدار مجاز سازمان های قانون گذار می رسد. پالایش زیستی پاسخی به همه دشواریهای آلودگی نیست و کارایی آن در هر مکان باید بر پایه اطلاعات مربوط به میکروبیولوژی، هیدرولوژی، زمین شناسی و شیمی آن محل تعیین شود. از این رو پژوهش ها در این زمینه در حال افزایش است.

کلمات کلیدی: زیست پالایی، آلودگی زدایی، معدن

مقدمه

زیست پالایی یا Bioremediation فرایندی است که طی آن آلاینده ها توسط موجودات زنده، عمدتاً میکروارگانیسم ها، در شرایط کنترل شده تجزیه شده و به حالت غیر زیان آور می رسد، یا اینکه غلظت آن ها به حد کمتر از مقدار مجاز سازمان های قانون گذار می رسد. (۱)

زیست پالایی یک گزینه خوب نسبت به فناوری های پاکسازی متداول است. از این رو پژوهش ها در این زمینه در حال افزایش است. پالایش زیستی پاسخی به همه دشواریهای آلودگی نیست و کارایی آن در هر مکان باید بر پایه اطلاعات مربوط به میکروبیولوژی، هیدرولوژی، زمین شناسی و شیمی آن محل تعیین شود. در جایی که یک جمعیت میکروبی بومی با تواناییهای تخریب زندگی می کنند بهتر است که فعالیت آنها در همان محل تحریک شود نسبت به ورود میکروارگانیسم های غیر بومی که ممکن است در اثر رقابت بمیرند. (۲) آلاینده های مصنوعی و شیمیایی معمولاً بسیار سمی هستند و به تعداد زیادی از میکروارگانیسم ها برای تجزیه احتیاج دارند و تنها هنگامی که میکروارگانیسم ها تشکیل جمعیتی بزرگ دادند می شود از آنها برای تجزیه مواد استفاده کرد. بعضی مواقع عاقلانه تر است که از روش های بیولوژیکی به عنوان مکمل روش های شیمیایی استفاده شود که در این صورت هزینه های عملیات به میزان قابل

توجهی کاهش می یابد. این تکنولوژی علاوه بر میکروارگانیسم های طبیعی می تواند بر پایه ارگانیسم هایی که دستکاری ژنتیکی شده اند نیز برای تغییر شکل مواد آلی و ترکیبات معدنی به کار رود. می توان از روش های مهندسی ژنتیک برای طراحی میکروارگانیسم های خاصی با پتانسیل بسیار برای bioremediation استفاده کرد. در کشور ما نیز تحقیقات پراکنده ای در این زمینه انجام شده است. دسترسی به غذای سالم و کافی، آب آشامیدنی و هوای پاک از بدیهی ترین حقوق همه انسانها و تولید و تأمین این نیازها برای شهروندان، وظیفه ذاتی همه دولت ها است. از طرفی حفظ محیط زیست در کنار فعالیت های تولیدی کشاورزی و صنعتی از اهمیت فراوانی برخوردار است. رفع آلودگی محیط زیست و ایجاد محیط زیست پایدار دغدغه اصلی کلیه انسانهای روی زمین است. همچنین فلزات سنگین مثل سرب، کادمیم و جیوه از طریق پسماندها و فاضلاب های حاوی آنها در صنایع، مراکز خدماتی بهداشتی و درمانی، نساجی ها، کارخانه های رنگسازی، صنایع فلزی آهن، فولاد، صنایع غیر آهنی، زباله ها، پسماندهای حاوی لامپ های سوخته و باتری های مستعمل و ... به محیط زیست راه پیدا میکنند. (۲۰۱) جیوه، سرب و کادمیم از طریق مصرف سوخته های فسیلی و یا استفاده از زباله سوزی های شهری برای دفع زباله ها نیز آلودگی ایجاد میکنند. آلودگی فلزات سنگین یکی از اساسی ترین مشکلات زیست محیطی است که جهان مدرن با آن روبرو است. خوشبختانه استفاده از فن آوری زیستی و توانایی های موجود در طبیعت میزان صدمه به محیط زیست را می توان به حداقل رساند. گیاه پالایی روش پالایشی است که شامل جذب، تغییر شکل، تجمع و یا تصعید آلاینده ها با کمک گیاهان برای زدودن آلودگی های آب، خاک و هوا می باشد. در روش زیست پالایی از باکتریها، قارچها و گیاهان در سم زدایی محیط زیست در جهت سلامت انسان ها و محیط زیست استفاده می شود. به عبارت دیگر زیست پالایی روشی است که احتمال از بین بردن یا بی خطر کردن آلودگی های مختلف را با استفاده از فعالیت های زیستی فراهم می آورد. (۳)

منابع طبیعی به طور عام و مراتع و جنگل ها به طور خاص نقش مهمی در زندگی انسان دارند و برای رفاه اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی جهان ضروری هستند. بطور کلی انسان برای غذا، آب، سوخت و سایر مایحتاج خود به منابع طبیعی متکی است، اما منابع طبیعی فراتر از کاربرد روزانه خود، نقش بسزایی نیز در حفظ سلامت و پایداری محیط زیست دارد. که در این مقاله به برخی از اهمیت های منابع طبیعی و ارزش آنها در زندگی ما اشاره می گردد. در تعریف عام منابع طبیعی شامل اجزایی از کره زمین است که برای حفظ حیات و رفع نیازهای انسان استفاده می شوند. هر محصول طبیعی که مردم مصرف می کنند ممکن است به عنوان یک ماده آلی یا ارگانیک طبقه بندی شود. منابعی مانند سنگ، ماسه، فلزات، نفت، زغال سنگ و گاز طبیعی را می توان منابع طبیعی دانست. حتی نور خورشید، هوا، آب، خاک، گیاهان، حیوانات و پرندگان همگی نمونه هایی از منابع طبیعی هستند. (۴)

معادن می توانند مشکلات زیادی برای محیط زیست ایجاد کنند. از جمله مهم ترین این مشکلات می توان به موارد زیر اشاره کرد:

تخریب زیستگاه های طبیعی: استخراج مواد معدنی نیاز به تخریب زمین و جنگل ها دارد که می تواند زیستگاه های طبیعی گیاهان و حیوانات را از بین ببرد.

آلودگی آب و خاک: فرآوری مواد معدنی می تواند موجب آلودگی منابع آب و خاک شود. آلاینده هایی مانند فلزات سنگین، مواد شیمیایی و گرد و غبار می توانند به منابع آبی و خاکی نفوذ کرده و آنها را آلوده کنند.

آلودگی هوا: فرآیندهای استخراج و فرآوری مواد معدنی می‌تواند موجب انتشار ذرات معلق و گازهای آلاینده به هوا شود که تأثیرات منفی بر کیفیت هوا و سلامت انسان‌ها دارد. (۵)

تغییرات در توپوگرافی زمین: حفاری‌های معدنی می‌تواند توپوگرافی طبیعی زمین را تغییر داده و باعث ایجاد فرونشست‌ها و گودال‌های عمیق شود که خود می‌تواند موجب مشکلات زیربنایی و ژئوتکنیکی شود.

فعالیت‌های معدنی و منشأ آلودگی‌ها:

فرآیند استخراج مواد معدنی بسته به نوع ماده معدنی، عمق و موقعیت جغرافیایی معدن، و فناوری‌های موجود متفاوت است. این فرآیندها شامل مراحل مختلفی هستند:

- مطالعات زمین‌شناسی: ابتدا زمین‌شناسان ساختار زمین و ذخایر معدن را بررسی می‌کنند تا مقدار و کیفیت مواد معدنی را ارزیابی کنند. فناوری‌های پیشرفته نظیر تصاویر ماهواره‌ای و رادارهای زمین‌پژوهی این کار را دقیق‌تر ساخته‌اند.
- حفاری و انفجار: برای جدا کردن ماده معدنی از بستر زمین، معمولاً از روش‌های حفاری و انفجار استفاده می‌شود. این مراحل نیازمند برنامه‌ریزی دقیق و رعایت اصول فنی و ایمنی است.
- خردایش و آسیاب: بعد از استخراج، مواد معدنی باید به اندازه‌های قابل استفاده خرد شوند. این فرآیند شامل چندین مرحله است که در نهایت به جداسازی مواد با ارزش می‌انجامد.
- جداسازی و تصفیه: در این مرحله، مواد ناخالص از مواد معدنی ارزشمند جدا می‌شوند. روش‌های فیزیکی و شیمیایی مختلفی برای این کار استفاده می‌شود که بهره‌وری و کیفیت محصول نهایی را تعیین می‌کنند. (۶)

آلودگی خاک ناشی از معدن

دلیل اصلی آلودگی خاک، فعالیت‌های صنعتی، مواد شیمیایی کشاورزی و دفع پساب‌ها هستند. هیدروکربن‌های آروماتیک چندحلقه‌ای مانند نفتالین، هیدروکربن‌های نفتی، حلال‌ها، فلزهای سنگین مانند سرب و جیوه و مجموعه علف‌کش‌ها و آفت‌کش‌ها مهمترین مواد شیمیایی آلوده‌کننده خاک هستند. (۲)

بی‌توجهی به نقش تخریبی فعالیت‌های معدنی بر محیط زیست، موجب گسترش آلودگی فلزات سنگین در محیط‌های اطراف شده است و چرخه محیط زیست در این نواحی تحت تأثیر این آلودگی‌ها قرار می‌گیرد. در دهه‌های اخیر توجه به مسایل محیط زیستی افزایش یافته و این مسایل در طراحی و اجرای عملیات اکتشاف و استخراج مواد معدنی گنجانده شده است. فلزات سنگین به دلیل سمی بودن و پایداری آنها در طبیعت، از آلاینده‌های مهم و خطرناک محیط زیست به شمار می‌آیند که در این خصوص معادن فلزی و فعالیت‌های معدنی کاری یکی از منابع اصلی آلودگی فلزات سنگین در محیط‌های بومی هستند. (۳)

همچنین پساب خروجی کارخانه‌های فرآوری مواد معدنی که در رودها و رودخانه‌ها جریان می‌یابد می‌تواند فلزهای سنگین بالقوه سمی را حمل کند بر اساس فرآیندهای هیدرودینامیکی و زیست ژئوشیمیایی و شرایط زیست محیطی رودخانه‌ها (پتانسیل ردکس، pH، شوری و دما)، رسوبات رودخانه‌ای به عنوان مصرف‌گاه مهم فلزات سنگین در سامانه‌های آبی شناخته شده‌اند. این فلزات همچنین می‌توانند با تغییر در شیمی رسوبات، فلزات و آلاینده‌ها را به آب روی رسوب خود انتقال داده و با تحرک دوباره آلاینده‌ها در محیط، به عنوان منبع آلودگی عمل کنند از طرف دیگر فلزات سنگین باقی مانده در رسوبات آلوده در موجودات آبزی و گیاهان، تجمع یافته و در نتیجه به زنجیره غذایی راه پیدا میکند و در نهایت ممکن است حیات موجودات زنده و محیط‌های زیست جانوری و گیاهی را به خطر اندازد در این خصوص از شاخص‌های تعیین آلودگی برای ارزیابی تأثیر فعالیت‌های انسانی روی کیفیت رسوبات استفاده شده است. (۲)

چگونگی عملکرد زیست‌پالایی

آنزیم های رها شده توسط میکروب ها، ماده آلاینده را به قطعات قابل هضم تجزیه می کنند. این قطعات به عنوان غذا توسط میکروارگانیسم ها، مصرف می شوند. پسماندهای بیولوژیکی بی خطر، همه ی آن چیزی هستند که از ماده آلوده باقی می ماند. آنزیم های منتشر شده توسط میکروارگانیسم ها، فقط می توانند به یک سطح از ماده آلاینده حمله کنند و این منجر به کند شدن فرایند و تاثیر کمتر آن می شود. بیوسورفکتانت های تولید شده توسط میکروارگانیسم ها، به وسیله امولسیون کردن لایه آلوده، آن را به ذرات ریزی می شکنند که حلال در آب هستند. و سپس می توانند توسط آنزیم ها احاطه شده و به سرعت هضم شوند. (۶)

مواد و روش ها:

این پژوهش از نوع مطالعه مروری است که با هدف بررسی نقش زیست پالایی در رفع آلودگی های ناشی از فعالیت های معدنی انجام شده است. در این مطالعه، تلاش شد تا با جمع آوری و تحلیل منابع علمی معتبر، دید جامعی نسبت به فرآیندها، میکروارگانیسم ها و فناوری های زیست پالایی در حذف آلاینده های معدنی ارائه شود. اطلاعات ذکر شده از پایگاه های داده علمی بین المللی از جمله:

NCBI, Google, Pubmed گردآوری گردید. انتخاب منابع، مقالات منتشر شده در بازه زمانی ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۵ میلادی مورد بررسی قرار گرفتند.

نتیجه تحقیق :

آلودگی های ناشی از فعالیت های معدنی یکی از بزرگ ترین چالش های زیست محیطی هستند. این نوع آلودگی به دلیل استفاده از مواد شیمیایی خطرناک، فلزات سنگین و سایر مواد سمی در فرآیندهای استخراج معادن، تأثیرات جدی بر اکوسیستم ها، خاک ها و منابع آبی می گذارد. (۱) در سال های اخیر، زیست پالایی به عنوان یک راه حل مؤثر و پایدار برای کاهش این آلودگی ها مطرح شده است. این روش از میکروارگانیسم ها، گیاهان و سایر عوامل زیستی برای تجزیه و کاهش آلاینده ها بهره می برد. (۲)

بحث و نتیجه گیری:

آلودگی های ناشی از فعالیت های معدنی یکی از بزرگ ترین چالش های زیست محیطی هستند. این نوع آلودگی به دلیل استفاده از مواد شیمیایی خطرناک، فلزات سنگین و سایر مواد سمی در فرآیندهای استخراج معادن، تأثیرات جدی بر اکوسیستم ها، خاک ها و منابع آبی می گذارد. در سال های اخیر، زیست پالایی به عنوان یک راه حل مؤثر و پایدار برای کاهش این آلودگی ها مطرح شده است. این روش از میکروارگانیسم ها، گیاهان و سایر عوامل زیستی برای تجزیه و کاهش آلاینده ها بهره می برد. تحقیقات متعددی در سال های اخیر نشان داده اند که این رویکرد می تواند به طور چشمگیری در کاهش آلودگی های ناشی از فعالیت های معدنی مؤثر باشد. یکی از مهم ترین پیشرفت ها در زمینه زیست پالایی، استفاده از میکروارگانیسم های خاص برای تجزیه آلاینده های معدنی است. میکروارگانیسم هایی مانند *Pseudomonas*، *Bacillus* و *Fusarium* شناخته شده اند که توانایی کاهش فلزات سنگین مثل سرب (Pb)، کادمیم (Cd) و جیوه (Hg) را در خاک های آلوده به مواد معدنی دارند. در یک تحقیق منتشر شده در سال ۲۰۲۱ در نشریه *Environmental Pollution*، محققان نشان دادند که استفاده از این میکروارگانیسم های خاص برای پالایش خاک های آلوده به فلزات سنگین در معادن مس، موفق شده است ۷۵٪ کاهش در غلظت کادمیم و ۸۰٪ کاهش سرب را در مدت زمان سه ماهه به دست آورد. این نتایج نشان دهنده این است که میکروارگانیسم ها می توانند به طور مؤثری فلزات سنگین را از محیط های آلوده حذف کرده و از آن جایی که هزینه های اقتصادی این روش نسبت به روش های

فیزیکی و شیمیایی کمتر است، گزینه مناسبی برای کاهش آلودگی‌ها به شمار می‌روند. یکی دیگر از روش‌های مؤثر در زیست پالایی فیتوری مدیشن (Phytoremediation) است که در آن از گیاهان برای جذب و تجزیه آلاینده‌ها استفاده می‌شود. گیاهانی مانند پیتا (Pityrosporum) و تسمینیا (Tasmannia) که قادر به تحمل فلزات سنگین هستند، در بسیاری از تحقیقات به عنوان گزینه‌های مناسب برای کاهش آلودگی‌های معدنی شناخته شده‌اند. در تحقیقی که در نشریه Science of the Total Environment در سال ۲۰۲۲ منتشر شد، مشخص گردید که گیاهان تسمینیا توانسته‌اند ۶۰٪ از آلودگی خاک‌های معدن طلا را جذب کرده و پس از گذشت ۶ ماه، میزان آلودگی خاک به طور قابل توجهی کاهش یافته است. این نتایج نشان می‌دهند که گیاهان می‌توانند به طور مؤثر به پاکسازی خاک‌های آلوده کمک کنند و در نتیجه در کاهش آلودگی‌های ناشی از فعالیت‌های معدنی نقش مهمی ایفا کنند.

Referemce

1. Hadi kohkan, Reduction of Crude Oil Pollution in Soil by Phytoremediation, Bioaugmentation and Bioaugmented Phytoremediation, Facts about Iran's water and soil, 50(10), 2019, 66-74
2. Sanaz sabeti, Bioremediation of soils contaminated with polycyclic aromatic hydrocarbons by some fungal species, Natural environment, natural resources of Iran, 73(1), 2019, 1-11
3. Saeideh Moradalizadeh, Types of Bioremediation Methods in Removing Petroleum Compounds from Water a systematic review, Rahavard Salamat Journal, 5(4), 2019, 53-64
4. Salehi B. Investigating the Removal of Xylene from Water by ZnO Nanoparticles as an Adsorbent for Petroleum. Journal of Environmental Science and Technology. 20(3), 218, 27-35
5. Mohajeri L, Unconventional Hydrocarbon Resources: Environmental Impact and Future Challenges. Sustainability, Development and Environment. 2(2), 2021, 1-19
6. Zahed MA, Biosurfactant, a Green and Effective Solution for Bioremediation of Petroleum Hydrocarbons in the Aquatic Environment. Discover Water, 2(1), 2022, 5-10