مطالعه آلودگی زیست محیطی معادن و بررسی اثر وضعیت پوششی منطقه بر آن

سعیده سنماری 1، سید ناصر موسوی 2

1دانشیار، دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)؛ Senemari2004@yahoo.com

2 دکتری ، سازمان صنعت، معدن و تجارت قزوین؛ Snb1348@yahoo.com

چكيده: نگاه یک بعدی به معدن بدون در نظر گرفتن مسائل زیست محیطی آسیب‌های جبران ناپذیری را به محیط زیست وارد خواهد کرد. روش‌های معدنکاری و شناخت مسائل زیست محیطی در هر معدن به عنوان راه حل‌هایی در رفع آلودگیهای محیطی معادن محسوب می‌شوند. حفاظت از محیط زیست قبل از رها‌سازی معادن و از طریق کاشت گیاهان منتخب میتواند در کاهش آلودگیهای محیطی موثر باشد. در انتقال مواد معدنی نیز هر گونه عملیات نادرست سبب بر هم زدن تعادل محیطی و مواد موجود در طبیعت خواهد شد. از اینرو چنانچه سایتهای معدنی مورد بهسازی و بازسازی زیستی قرار نگیرند مسلما به زمینهای آلوده تبدیل شده که این آلودگی سبب تغییرات فراوان در خواص فیزیکوشیمیایی خاک می‌شود. بنابراین با استفاده از پوشش گیاهی مناسب با هر کانسار میتوان از جابجایی عناصر مضر در منطقه جلوگیری و از آنها به عنوان جاذب عناصر آلوده از خاک استفاده نمود. چنین گیاهانی در هنگام رشد با جذب انتخابی عناصر، دارای مقدار بیشتری از عناصر شیمیایی خاص خواهند شد و بعبارتی دیگر در گونه‌های گیاهی خاص، انباشتگی از عناصر شیمیایی ویژه‌ صورت می‌پذیرد. در واقع با کاشت گیاهان در مناطق معدنی میتوان عناصر هدفی را که آلاینده محسوب می‌شوند جذب و از چرخه محیطی خارج نمود.

***واژه‌هاي کليدي:*** آلودگی، معدن، محیط زیست، اکوسیستم

# مقدمه

مواد معدنی به عنوان ماده اولیه صنایع هر کشور حائز اهمیت بوده و ضرورت استفاده از این ثروت‌ خدادادی، امری بدیهی است. این مواد به کمک روش‌های مختلف به سطح زمین انتقال می‌یابند. در انتقال این مواد معدنی هر گونه عملیات نادرست سبب بر هم زدن تعادل عناصر موجود در طبیعت خواهد شد [15]. در این راستا در اثر فعالیت‌های معدنی مقدار زیادی از عناصر نیز به اتمسفر وارد می‌شود که در نهایت این عناصر به صورت فرونشست خشک و یا تر برروی سطح خاک و گیاهان قرار می‌گیرند [12]. از اینرو آلودگی‌های محیط‌زیستی بتدریج در اثر فرونشست این عناصر در محیط ایجاد می‌شود که برای کاهش این اثرات زیانبار زیستی استفاده از روش گیاه پالایی پیشنهاد می‌شود. امروزه با استفاده از علوم میان رشته ای در کنار روش‌های اکتشافی میتوان با کاهش اثرات زیانبار محیطی در بازسازی و مرمت محیط زیست پیشگام شد. تکنیک‌های دورسنجی، ژئوبوتانی و بیوژئوشیمیایی از جمله علوم اکتشافی پیشگام است. آثار تخریبی ایجاد شده توسط معادن قدیمی و اکتشافات گذشته حاکی از آن است که سابقه آثار تخریبی بجا مانده به بیش از چند قرن می رسد [8]. از جمله آن میتوان به بازسازی و احیا معادن در سال 1868 اشاره نمود که در حومه پاریس، در مورد پروژه بازسازی معدن سنگ انجام شد و در طی آن پارک شرمن طراحی شد. علاوه بر این ، دهها مورد در دنیا وجود دارد که با اجرای طرح های کاهش آلودگی و بازسازی در معادن، کاربری تغییر کرده که علاوه بر زیبایی منظر، سبب سودآوری نیز شده‌اند [13]. لذا با بررسی پتانسیل¬های مستعد معدنی، شناسایی عناصر آلاینده و کاشت گونه های گیاهی مقاوم و سازگار با محیط میتوان به اهداف محیط زیستی نائل شد.

# مواد و روش مطالعه

از آنجائیکه تخریب در چهره زمین، آلودگی‌های محیط زیستی زیادی را بدنبال خواهد داشت، از همان ابتدا طراحی در امر استخراج مواد معدنی بسیار مهم و هر گونه برنامه‌ریزی بدون طراحی صحیح، مسلماً هزینه‌های بالایی در امر بهره برداری ایجاد خواهد کرد [9]. بنابر این هر چه طراحی کامل‌تر باشد گام‌های بعدی از درجه اطمینان بیشتری برخوردار خواهند شد [15]. در این راستا انباشت باطله‌ها و مواد معدنی سبب تمرکز عناصر خاص و بر هم خوردن تعادل فیزیکوشیمیایی در محیط می گردد [14]. همچنین سطح فرسایشی ایجاد شده در محیط زیست افزایش یافته و شیب‌های بوجود آمده در معدن بر حسب آب و هوا، سرعت وزش باد و تاثیرات جوی، آلودگی‌های فراوانی را در زمین‌های منطقه و سطوح پایین تر نظیر سفره های آب‌های زیر‌زمینی ایجاد می‌کند. در اکثر معادن استخراج مواد به نحوی است که عملیات معدنی در سطح زمین انجام شده و فرآوری ماده استخراج شده تاثیر زیست محیطی فراوانی را بر جا می‌گذارد (شکل 1). در این راستا برای به حداقل رساندن تاثیرات محیط زیستی مواد آلوده کننده، راه‌های گوناگونی پیشنهاد می‌شود. در مطالعه حاضر یکی از این اقدامات که منجر به حفظ و کنترل خاک میشود، کاشت گیاه است. بعبارت دیگر با گیاه پالایی، امنیت معدنکاری افزایش و از تاثیرات زیانبار زیست محیطی کاسته می شود [2].



شکل (11): نمایی از معدن استخراج روباز (دید به سمت شمال غرب)

# 3-بحث

# 3-1-اثرات زیست محیطی فعالیت‌های معدنی

هر چند که آلودگی‌های زیست محیطی تنها مختص به معدن نیست اما این بخش از صنعت، همواره مورد اعتراض طرفداران محیط زیست قرار دارد. همانطور که میدانیم فعالیت‌های معدنی، از عملیات پی‌جویی و اکتشاف تا بهره‌برداری منجر به باز کردن سطح خاک، ایجاد جبهه کار، ترانشه ها و تونل‌ها می شود. این عملیات ارتباطی بین سطح زیرین خاک با هوا ایجاد کرده که خود سبب آلودگی‌های معدنی در محیط زیست کانسار است. از اینرو چنانچه سایت معدنی مورد بازسازی قرار نگیرد، به زمین‌های آلوده تبدیل شده و این آلودگی در محیط اطراف سایت معدنی و نیز مناطق دور دست به جوامع زیستی آسیب می‌رساند. بنابر این در این رابطه شناسایی مواد آلاینده، نحوه عملیات و فرآوری ماده معدنی اهمیت فراوان دارد [7]. مواد معدنی استخراجی بر حسب میزان حضورشان در طبیعت می‌توانند مفید یا مضر باشند. از آنجا که عملیات معدنکاری سبب آزاد شدن این عناصر در طبیعت می‌شود، در صورتی که میزان آن بیش از حد مجاز باشد سبب آلودگی شده و اختلالاتی را در شبکه سلامت ایجاد می‌کند. بر این اساس، توجه به مسائل زیست محیطی در مورد دفع انواع مواد آلوده کننده خصوصاً پساب‌های معدنی بسیار مهم است. این مواد سبب تولید مقادیر زیاد از مواد مایع و حتی گازهای سمی در محیط می‌شود. در واقع موارد ذکر شده سبب آلودگی های آب‌های سطحی، زیرزمینی، خاک، هوا و در نهایت محیطهای رسوبی گشته و در خیلی از موارد سبب تخریب محیط زیست می‌گردد. از دیگر عوامل آلوده کننده محیط زیست در معدنکاری می‌توان به مواردی چون نشست زمین، صدا و ارتعاشات، اثرات فیزیکی ساختمان‌ها، شکست شیب‌ها و اثرات محیط زیستی سد‌های باطله اشاره نمود [6].

# 3-2- تغییرات اکولوژیکی

با شروع فعالیت معدنکاری، وضعیت مورفولوژی مناطق معدنی تغییر می‌کند. این تغییرات از طرفی با تخریب سنگ‌های سخت و کنار ریختن باطله‌ها، سبب ایجاد فرسایش شده و از طرفی دیگر با از بین بردن پوشش گیاهی، منطقه را در معرض خطرات طبیعی قرار می‌دهد. همچنین آلودگی های صوتی ایجاد شده در منطقه نیز از جمله آثاری است که بر روی جامعه جانوری منطقه تاثیرگذار بوده و منجر به دور کردن آنها از محیط زندگی می شود. تمام این تخریبات و آثار ایجاد شده، اکوسیستم منطقه را طی سالیان متمادی دچار تغییر می‌نماید. از سویی دیگر از بین رفتن پوشش گیاهی در منطقه یکی دیگر از عوامل از بین رفتن جمعیت جانوری است. همچنین با پراکندگی عناصر سمی و نیمه سمی که از طریق آب‌های سطحی و زیر زمینی بر روی جمعیت گیاهی و جانوری منطقه تاثیر گذار خواهد بود این مسئله دارای اهمیتی دوچندان خواهد بود.

# 3-3-نقش گیاهان در عملیات بازسازی معادن

در گیاه پالایی، از گیاهان به جهت گستردگی ریشه و استحکام زیاد در عملیات بازسازی معادن استفاده می‌شود [20]. امروزه جهت حفاظت از محیط زیست معادن و استفاده بهینه از آن، طراحان از طریق کاشت گیاهان اقدام به انجام عملیات پیشگیرانه برای آلودگی‌های زیست محیطی نموده اند. در عملیات معدنکاری، با برداشت قشر بالایی خاک یا باطله برداری، بخش زیادی از خاک حاصلخیز از بین رفته و همچنین عناصر محیط کانسار، با تغییر فراوان در خواص فیزیکوشیمیایی خاک دچار تغییر می‌گردد. از اینرو بایستی با روش‌های مناسب نسبت به اصلاح خاک اقدام نمود. در این بین انتخاب گونه‌های خاص گیاهی با جلوگیری از فرسایش و آلودگی، نقش مهمی را ایفا نموده که همچنین در زیبا‌سازی بصری موثر خواهند بود. در این رابطه جهت حفظ خاک در سال‌های اول، از گیاهان یکساله با ریشه سطحی و در دراز مدت از گیاهان دائمی با ریشه عمیق جهت تثبیت خاک می‌توان استفاده نمود. گیاهان بومی به خاطر نیاز آبی کمتر، عدم نیاز به حاصلخیزی خاک، تامین پناهگاه و غذا برای حیات وحش و افزایش تنوع زیستی مورد توجه می‌باشند [3]. بعبارتی دیگر با استفاده از پوشش گیاهی مناسب می‌توان هم از تغییرات و جابجایی عناصر مضر و آلوده‌کننده در منطقه جلوگیری کرد و به نوعی گسترش آنها را مهار نمود و هم از گیاهان بومی به عنوان جاذب عناصر سمی و یا آلوده در خاک استفاده کرد [5]. حتی در افقی وسیعتر می توان از این پوشش گیاهی، بهره برداری اقتصادی نیز بعمل آورد. به همین لحاظ استفاده از گیاهان معرف، قدمی در پیشبرد این مقصود است. گیاهان معرف گیاهانی هستند که در نواحی که عناصر معدنی فراوان هستند رشد ترجیحی دارند (جدول 1). بعنوان مثال برای هر یک از عناصر سرب، جیوه، مولیبدن، نقره، طلا، روی، مس، سلنیوم، گوگرد و وانادیوم، گیاهان معرف خاصی شناخته شده‌ است [10]. این گیاهان در هنگام رشد با جذب عناصر انتخابی، دارای مقادیر بیشتری از عناصر شیمیایی خاص خواهند شد. در واقع در گونه‌های گیاهی معرف، انباشتگی عناصر شیمیایی ویژه ای صورت می‌پذیرد (جدول 1). با توجه به انتخاب گیاهان در شناسایی عناصر، می‌توان از علم گیاه پالایی در پاکسازی خاک‌های آلوده و آب‌های زیر سطحی بهره برد. بدین ترتیب که با استفاده از کاشت گیاهان خاص که در حد آستانه جذب عناصر هستند عناصر هدفی را که آلاینده محسوب می‌شوند جذب و از چرخه آلودگی محیطی خارج نمود [16]. در گیاه پالایی، گیاهانی که در خاک های سرشار از عناصر فلزی رشد می‌کنند به دلیل توانایی در نگهداری و ذخیره این عناصر می‌توانند به عنوان ابزاری پاک و بدون آلودگی جهت استخراج فلزات نیز مورد استفاده قرار گیرند [4، 17]. در این راستا در اجرای برنامه بازسازی معادن در فصل پاییز، می‌توان از غلات استفاده نمود تا در زمستان باطله های معدنی در مقابل وزش باد مصون بمانند. گیاهانی همچون جوی دوسر، گندم سیاه و ذرت خوشه ای از جمله مواردی هستند که جهت تقویت خاک در بازسازی معادن استفاده می‌شوند. برخی علف‌های دارای رشد سریع مثل علف سودانی و نیزار در باطله‌های معدنی سبب تقویت رشد سایر گیاهان اصلی شده و هزینه کود دهی را کاهش می‌دهند. درختانی مانند اقاقیا و توسکا بدلیل رشد سریع، توانایی جذب نیتروژن هوا را داشته که با تولید فراوان برگ، بهترین گونه تقویت کننده سایت معدنی هستند [18]. از طرفی این گیاهان در بازسازی زمین‌های تخریب شده با تقویت زمین و رشد درختان، بهترین نوع کاشت بوده و توانایی زیادی در جذب نیتروژن هوا و افزایش کیفیت خاک دارند [1]. در جداول زیر (2و 3) برخی گیاهان مورد استفاده در بازسازی معادن ارائه شده است [11، 19].

جدول (1): انباشتگی برخی از عناصر شیمیایی درگونه های گیاهی

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **عنصر** | **گونه گیاهی معرف** | **مقدار(ppm)** |
| CO | *Crotalaria cobalticola* | 9 |
| Cu | *Becium homblei* | 183 |
| Cu | *Gypsophila patrini* | 183 |
| Mn | *Fucus vetsiculosus* | 4815 |
| Ni | *Alyssum bertoloni* | 65 |
| Zn | *Thlaspi calaminare* | 1400 |

جدول (2): درختان و گیاهان مورد استفاده در بازسازی معادن ، عادت گونه:(D برگ ریز)، E (همیشه سبز) ، S (کوتاه بین نیم تا 5 متر)، M (متوسط بین6 تا 15 متر)، T (بزرگتر از 15متر)، NC(تاج باریک) DC(تاج گل گنبدی)، SP(تاج گسترده) - نرخ رشد: F (سریع) ، S (کند )- بافت: Lلومی(40%ماسه40%سیلت 20%رس)، S(ماسه ای)، C(رسی)، P( زغالسنگ نارس)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **گونه** |  **عادت گونه**  | **نرخ رشد**  |
| کاج سیاه | D,M,NC | F |
| کاج ژاپنی | D,M,NC | F |
| توت | E,T,DC | S |
| چنار | D,M,DC | F |
| آج صحرایی | D,M,DC | M |
| توسکا قشقایی | D,M,DC | F |
| غان | D,M,DC | F |
| راش | D,M,DC | S  |
| زبان گنجشک | D,M,DC | M |
| سپیدارپیوندی | D,M,DC | F |
| تبریزی | D,T,DC  | M |
| اقاقیا | D,T,DC  | F |
| سماق کوهی | D,M,DC  | F |
| بلوط | D,T,DC | S |
| آلوش | D,T,DC | M |
| نارون | D,T,DC | S |
| فندق | D,S,SP | M |
| طاویوس | E,S,SP | F |
| بید وحشی | D,S,M,SP | F |
| ترکه بید | D,S,M,SP | F |
| بید سبدی | D,S,M,SP | F |
| بید ارغوانی | D,T,DC | F |

جدول (3): گونه های علفی مناسب بازسازی معادن. نقش کمکی: F(سریع)، M( متوسط)، S(کند) - مورد استفاده :LF (زمین پست علوفه)، UF(زمین بلند علوفه دار)، M(علف چمن)، )Gزمین چمن با پوشش و جلوگیری از فرسایش)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **گونه** |  **نقش** | **استفاده** |
| بادام تلخ | F,N | LF,M,G |
| نی علفزار | M,N | LF,G |
| علف | F | LF,G |
| شبدر سفید | F | LF,M |
| شبدر قرمز | F | LF,G |
| یونجه | M | LF,G |
| شبدر پرنده | S | G |
| شبدر شیرین | F | G |
| ماش  | S | G |
| نخود | S | G |

# 4-نتیجه گیری

با توجه به بررسی‌های انجام شده، مطالعات نشان می‌دهد که:

- آلودگی‌های محیط زیستی ناشی از معادن جبران ناپذیر بوده و بیشترین مشکلات زیستی را ایجاد می‌نمایند. هنگامی که عملیات معدنی به درستی مدیریت نشوند این عمل سبب تخریب اکوسیستم، بهم خوردن تعادل فیزیکوشیمیایی منطقه و در نتیجه آلودگی‌های گوناگون می‌شوند. در واقع معدنکاري سبب تخريب سطح وسيعي از بستر زمين شده و خاک‌هاي موجود در محدوده معدنی را از حالت تعادل خارج می‌کند.

- وجود ذرات معلق فراوان در معادن، نخستين و سريع‌ترين جنبه آلوده کننده معادن است. اغلب منابع آلوده کننده، باطله‌هاي حاصل از کانه‌آرايي هستند که در بسياري مناطق، مستقيماً سبب آلودگي آب‌هاي سطحي مي‌شوند، در این رابطه برخي از مواد سمي مثل سرب و جيوه، بوسيله ذرات معلق انتقال مي‌يابند که مناطق پايين دست را آلوده مي‌کنند.

- ذرات معلق به سیستم آب‌هاي منطقه ای انتقال یافته و در مسير خود به پايين دست مناطق معدني رسیده و آلودگي‌هاي شيميايي ايجاد مي‌کنند. در خلال طوفان‌هاي شديد و يا دوره‌هاي ذوب برف، آلودگي‌هاي ناشي از ذرات معلق و رسوبگذاري به حداکثر مقدار خود می‌رسد.

- آلودگي‌هاي رسوبی، منبعي براي سایر آلودگي‌ها است که در این رابطه منابع ميکرو‌ارگانيزم موجود در آبها را به مدت طولاني تحت تأثير اثرات منفی خود قرار می‌دهد. برای یافتن راهکارهای مناسب جهت به حداقل رساندن خسارات ناشی از تخریب معدنکاری باید با معماری مناسب، سایت معدنی را به سایتی با حداکثر مزایا تبدیل نمود.

# مراجع

[1] اصانلو، م.، **بازسازی معادن**، مرکز نشر دانشگاه صنعتی امیرکبیر، 1380.

 [2] بصیر، س.‌ح.، **روش‌های استخراج معدن**، اصفهان، انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان، 1381.

[3] باقری، ر.، **منظر سازی طبیعی در پارک‌های کوهستانی توسط گیاهان بومی**، پایان نامه کارشناسی ارشد، چاپ نشده دانشگاه تهران، 1382.

[4] ربیعه، ع.، **گیاهان و کاربرد آنها در استخراج فلزات** . مجله علوم زمین و معدن، شماره 37، 1388.

[5] دبیری، م.، ، **آلودگی محیط زیست (هوا-آب-خاک-صوت)،** تهران، انتشارات اتحاد، 1386

 [6] دهقانی، ع.، **گاهی به پساب­های صنعت، معدن و نفت و چگونگی تصفیه آن**. فصلنامه اسوه، شماره 13، 1387.

[7] حسنی پاک، ع. ا.، **اصول اکتشافات ژئو شیمیایی**، تهران، انتشارات دانشگاه تهران، 1370.

[8] كريم پور، م. ح.، **كاني‌ها و سنگ­هاي صنعتي**، مشهد، انتشارات دانشگاه فردوسي مشهد، 1378.

[9] كريم پور، م. ح.، سعادت، س.، **زمین شناسی اقتصادی کاربردی**، مشهد، انتشارات ارسلان، 1384.

 [10]Panah, A., Karamshahi, A., Mirzaei, J. and Darabi, M., “*Phytoremediation of Cd, Zn, Pb and Mn in leaf of nine trees species around the cement factory (phytoremediation of heavy metals in trees species*).” Iranian Journal of Research in Environmental Health. Vol. 2, No. 3, PP. 212-220, 2016.

[11] Coppin, N.J. and Bradshaw, A.D., “*Quarry Reclamation. Minning Journal books*.” London, 1982.

[12] Deboudt, K., Flement, P. and Bertho, M., “*Cd, Cu, Pb and Zn concentration in atmospheric wet deposition at a coastal station in western Euroup*.” Water, Air and Soil pollution, Vol. 151, No. 1-4, PP. 335-359. 2004*.*

[13] Hamin, E. M. and Marcucci, D. J., “*Ad Hoc* *Rural Regionalism*.” Journal of Rural Studies, Vol. 24, No. 4, PP. 467-477, 2008.

[14] Karaca, A., “*Effect of organic wastes on the extractability of cadmium, copper, nickel, and zinc in soil*.” Geoderma, Vol. 122, No. 2-4, PP. 297-303,

2004

 [15] Marcucci, D.J., “*Landscape history as a planning tool*.” Landscape and Urban Planning, Vol. 49, PP. 67-81, 2000.

[16] Rossini Oliva, S. and Mingorance, M.D., “*Assessment of air born heavy metal pollution by aboveground plant parts*.” Chemosphere, Vol. 65, No. 2, PP. 177-182, 2006

 [17] Dominguez, M.T., Madrid, F., Maranon, T. and Murillo, J.M., “*Cadmium availability in soil and retention in oak roots: Potential for phytostabilization*.” Chemosphere, Vol.76, No.4, PP. 480–486, 2009

[18] Rubio, C., Lucas, J.R.D., Gutierrez, A.J., Glez-Weller, D., Perez, B., Caballero, J.M., Revert, C. and Hardisson, A., “*Evaluation of metal concentrations in mentha herbal teas (Mentha piperita L. Mentha pulegium L and Mentha species) by inductively coupled plasma spectrometry*.” Journal of pharmaceutical and biomedical analysis, Vol. 71, No. 4, PP. 11-17, 2012

[19] Lei, Y., Korpelainen, H. and Li, C.H., “*Physiological and biochemical responses to high Mn concentrations in two contrasting Populus cathayana populations*.” Chemosphere, Vol. 68, No. 4, PP. 686-694, 2007.

[20] Neisi, A., Vosoughi, M., Mohammadi, M.J., Mohammadi, M.,and Naeimabadi, M., “*Phytoremediation of by Helianthus plant*.” Journal of Torbat Heydariyeh University of Medical Sciences, Vol. 2, No. 2, PP. 55-65, 2014.

**Assessment of environmental pollution of mines and assessment of the region's coverage**

\*1 Saeedeh Senemari, 2 Seyed Naser Mousavi

\*1Associate Professor, Faculty of Engineering, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran, senemari2004@yahoo.com*,* 09127852086

 2 (Ph.D), Industry, Mining and Trade Organization, Qazvin, Iran

**Abstract**

The one-dimensional look at the mine, regardless of environmental issues, will cause irreparable damage to the environment. Mining techniques and environmental problems in each mine are considered as solutions to the environmental pollution of mines. Environmental protection before the release of mines and by planting selected plants can be effective in reducing environmental pollution. In the transfer of these materials, any incomplete or additional operations will disturb the balance of the materials in the nature. Therefore, if the mineral site is not rehabilitated, it becomes contaminated land and this contamination causes a lot of changes in the physicochemical properties of the soil. By using appropriate vegetation, the removal of harmful elements in the area can be avoided and as a pollutant for contaminated soil. These plants, with their selective absorption, will have a higher content of certain chemical elements when grown. In fact, in certain plant species, the accumulation of special chemical elements occurs. In fact, by planting plants in contaminated areas, the target elements that are considered pollutants can be absorbed and removed from the environmental cycle.

**Keywords**: Contamination, Mine, Environment, Ecosystem.