بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده فنی مهندسی
بخش مهندسی شیمی

پژوهشکده علوم محیطی

پایان نامه تحصیلی برای دریافت درجه کارشناسی ارشد مهندسی شیمی گرایش محیط زیست

تاثیر روش الکتروکینتیک در فرآیند میکروبی حذف DSO از خاک‌های آلوده

استادان راهنما:
دکتر سید احمد عطائی
دکتر بابک مختارانی

استاد مشاور:
دکتر محمد حسن فضائلی پور

مشاور صنعتی:
دکتر قاسمعلی محبعلی

مولف:
محمد عسگری

شهریور ماه ۱۳۹۰

دانشگاه شهید باهنر کرمان

این پایان نامه به عنوان یکی از شرایط احراز درجه کارشناسی ارشد به

گروه : مهندسی شیمی

دانشکده : فنی و مهندسی

دانشگاه شهید باهنر کرمان

تسلیم شده است و هیچگونه مدرکی به عنوان فراغت از تحصیل دوره مزبور شناخته نمی شود.

دانشجو: آقای محمد عسگری

استادان راهنما: دکتر سید احمد عطایی

دکتر بابک مختارانی

استاد مشاور :دکتر محمد حسن فضائلی پور

داور۱ : دکتر امیر صرافی

داور۲: دکتر فرشته بختیاری

نماینده تحصیلات تکمیلی در جلسه دفاع: دکتر آزاده حجت

معاونت پژوهشی و تحصیلات تکمیلی دانشکده:دکتر حجت الله رنجبر

حق چاپ محفوظ ومخصوص به دانشگاه شهید باهنر کرمان و مرکز بین المللی علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی است

تقدیم به خانواده‌ی عزیزم، به ویژه

پدر و مادر عزیزم

تقدیر و تشکر از:

- اساتید بزرگوارم آقایان دکتر سید احمد عطائی و دکتر بابک مختارانی از پژوهشگاه شیمی و مهندسی شیمی ایران که امر سرپرستی این پایان‌نامه را بر عهده داشتند و همواره مرا از حمایت‌های ارزشمندشان بهره‌مند ساختند و راهنمایی‌های خالصانه‌شان چراغ راهم بود.
- مشاور ارجمندم جناب آقای دکتر محمد حسن فضائلی پور و مشاور صنعتی محترم جناب آقای دکتر قاسمعلی محبعلی که از هیچ کمکی فروگذار نکردند و همواره بنده را از تجربیاتشان بهره‌مند ساختند.
- تمامی اساتید بزرگواری که در این دوره در محضرشان کسب علم و معرفت نمودم. بزرگواران دکتر صرافی، دکتر محبی، دکتر سلطانی، دکتر هاشمی، دکتر افصحی، دکتر میرزایی.
- جناب آقای دکتر تبار حیدر و خانم سلطان نژاد و خانم حسینی و آقای صمدی از پژوهشگاه شیمی و مهندسی شیمی ایران که همواره از راهنمایی ها و کمک‌های ایشان در انجام پروژه بهره‌مند بودم.
- تمامی دوستان و همکارانی که در این دوره افتخار آشنایی‌شان را داشته‌ام.
- خانواده عزیز و گرامی‌ام که وجود پرمهرشان همیشه مایه دلگرمی بنده بوده و هست. امیدوارم که روزی بتوانم قطره‌ای از دریای بیکران محبتشان را جبران کنم.
- سرکار خانم دکتر محبوبه دشتی اردکانی کارشناس و مشاور رئیس امور پژوهش، توسعه و فناوری، شرکت ملی گاز ایران که از هیچ کمکی فروگذار نکردند.

چکیده

حذف آلودگی دی سولفید اویل از خاک آلوده به آن با استفاده از روش زیست سالم سازی مورد مطالعه قرار گرفت و تاثیر فرآیند الکتروکینتیک بر زیست سالم سازی پیشنهاد گردید. گونه *باسیلوس سوبتیلیس* به عنوان میکروارگانیسم استفاده شد. تاثیر رطوبت، زمان و غلظت دی سولفید اویل در خاک در روش زیست سالم سازی مطالعه گردید. نتایج آزمایشگاهی برای زیست سالم سازی در سولفید اویل نشان داد، درصد حذف آن در دمای ۳۰ درجه سانتیگراد و رطوبت ۲۶٪، بعد از گذشت ۶ روز، به ۶۷٪ رسید. با توجه به پیشنهاد تاثیر الکتروکینتیک بر زیست سالم سازی دی سولفید اویل، دانسیته جریان بهینه اندازه‌گیری شد. دانسیته جریان بهینه در حدود mA/cm^2 ۱/۸۲ تا ۲/۴۲ بود. آزمایش‌های تلفیق دو روش زیست سالم سازی و الکتروکینتیک در زمان‌های مختلف و دانسیته جریان بهینه صورت پذیرفت. غلظت دی سولفید اویل و رطوبت به ترتیب، ۲۰ µl /g. dry soil و ۲۶٪ بود. درصد حذف دی سولفید اویل طی ۲ روز به ۶۱٪ رسید.مقایسه تلفیق دو روش زیست سالم سازی و الکتروکینتیک با روش زیست سالم سازی نشان داد، تلفیق دو روش با هم درصد حذف دی سولفید اویل را افزایش می‌دهد.

کلمات کلیدی: دی سولفید اویل، الکتروکینتیک، زیست سالم سازی، *باسیلوس سوبتیلیس*

فصل ۱. زیست سالم سازی ۱

۱-۱.آلودگی خاک ۲

۱-۲.زیست سالم سازی ۳

۱-۲-۱. فاکتورهای زیست سالم سازی ۵

۱-۲-۲. انواع جمعیت ارگانیسم برای فرآیند حذف میکروبی ۵

۱-۲-۲-۱. باکتری‌های هوازی ۶

۱-۲-۲-۲. باکتری‌های بیهوازی ۶

۱-۲-۲-۳. قارچ‌ها ۶

۱-۲-۳. فاکتورهای محیطی ۷

۱-۲-۳-۱. ماده غذایی ۷

۱-۲-۳-۲. الزام‌های محیطی ۸

۱-۲-۴. روشهای زیست سالم سازی ۹

۱-۲-۴-۱. روش زیست سالم سازی درجا ۹

۱-۲-۴-۲. روش زیست سالم سازی دگرجا ۱۱

۱-۲-۵. مقایسه دو روش درجا و دگرجا ۱۱

۱-۲-۶. مزایا و معایب روش زیست سالم سازی ۱۲

۱-۲-۶-۱. مزایای روش زیست سالم سازی ۱۲

۱-۲-۶-۲. معایب روش زیست سالم سازی ۱۲

۱-۳.الکتروکینتیک ۱۳

۱-۳-۱. مکانیزم فرآیند الکتروکینتیک ۱۳

۱-۳-۱-۱. الکترواسمز ۱۴

۲-۳-۱-۲. مهاجرت یونی ۱۴

۲-۱-۱-۳. الکتروفرز ۱۴

۱-۳-۲. فاکتورهای موثر در تکنولوژی الکتروکینتیک ۱۵

۱-۳-۳. فرآیند جداسازی الکتروکینتیک برای محصولات بیوشیمیایی ۱۶
۱-۳-۴. کاربردهای فرآیند الکتروکینتیک ۱۷
۱-۳-۵. مزایا و معایب فرآیند الکتروکینتیک ۱۷
۱-۳-۵-۱. مزایای فرآیند الکتروکینتیک ۱۷
۱-۳-۵-۲. معایب روش الکتروکینتیک ۱۷
۱-۴. تکنولوژی تلفیق دو روش زیست سالم سازی و الکتروکینتیک ۱۸
۱-۴-۱. قابلیت زیست سالم سازی ۱۸
۱-۴-۲. تاثیر جریان مستقیم الکتریکی بر فعل و انفعال متقابل خاک و آلاینده ۱۹
۱-۴-۳. تاثیر جریان مستقیم الکتریکی بر فعل و انفعال متقابل خاک و میکروارگانیسم ..۱۹
۱-۴-۴. تاثیر جریان مستقیم الکتریکی بر فعل و انفعال متقابل میکروارگانیسم و آلاینده ۲۰
۱-۵.دی سولفید اویل ۲۱
۱-۶. فرآیند مرکس ۲۱
۱-۶-۱. مراحل فرآیند مرکس ۲۲
۱-۷. خواص فیزیکی و شیمیایی ۲۳
۱-۷-۱. نقطه ذوب ۲۳
۱-۷-۲. نقطه جوش ۲۴
۱-۷-۳. فشار بخار ۲۴
۱-۸ اثرهای محیطی ۲۵
فصل۲. مروری بر پژوهش‌های انجام شده ۲۷
۲-۱. پیشینه تکنولوژی حذف زیست سالم سازی ۲۸
۲-۱-۱. پیشینه تکنولوژی حذف زیست سالم سازی هیدروکربنهای نفتی ۲۸
۲-۱-۲. پیشینه تکنولوژی حذف زیست سالم سازی دی سولفید اویل و اجزاء آن ۲۹
۲-۲. پیشینه فرآیند الکتروکینتیک ۳۱
۲-۳. پیشینه تکنولوژی تلفیق دو روش زیست سالم سازی و الکتروکینتیک ۳۲

۲-۴. هدف از انجام پایان نامه ۳٤

فصل۳. مواد و روش‌ها ۳۵

۳-۱. مواد شیمیایی ۳٦

۳-۲. دستگاه‌ها ۳٦

۳-۲-۱. شیکرانکوباتور ۳٦

۳-۲-۲. حمام التراسونیک ۳۷

۳-۲-۳. سانتریفیوژ ۳۷

۳-۲-۴. هود لامینار ۳۸

۳-۲-۵. همزن مکانیکی ۳۹

۳-۲-۶. تامین کننده جریان الکتریکی ۳۹

۳-۲-۷. سیرکولاتور ٤۰

۳-۲-۸. اسپکتروفتومتر ٤۱

۳-۲-۹.pH متر ٤۱

۳-۲-۱۰. کروماتوگرافی گازی ٤۱

۳-۳. آماده سازی خاک ٤۳

۳-۴. روش آماده سازی محیط کشت و تلقیح میکروب در آن ٤۳

۳-۵. روش آماده سازی الکترولیت ٤۳

۳-۶. آماده سازی نمونه ٤۳

۳-۶-۱. آماده سازی نمونه‌های تکنولوژی زیست سالم سازی ٤٤

۳-۶-۲. آماده سازی نمونه‌های تکنولوژی تلفیق دو روش زیست سالم سازی و الکتروکینتیک ٤٤

۳-۶-۲-۱. شرح اجزاء ۴۴

۳-۶-۲-۲. آماده سازی نمونه ۴۷

۳-۷. محلول سازی ٤٩

۳-۷-۱. محلول استاندارد ٤٩

۳-۷-۲. آماده سازی نمونه‌های شاهد ٤٩

۳-۷-۲-۱. نمونه شاهد ۱ ..... ۴۹

۳-۷-۲-۲. نمونه شاهد ۲ ..... ۴۹

۳-۷-۲-۳. نمونه شاهد ۳ ..... ۴۹

۳-۸. آزمایش‌ها ٤٩

۳-۸-۱. روش زیست سالم سازی ۵۰

۳-۸-۱-۱. زمان بهینه رشد میکروارگانیسم ۵۰

۳-۸-۱-۲. بدست آوردن رطوبت بهینه برای فعالیت میکروارگانیسم ۵۰

۳-۸-۱-۳. تعیین زمان بهینه التراسونیک ۵۱

۳-۸-۱-۴. تعیین حداکثر فعالیت رشد میکروب طی ۷ روز در غلظت ثابت دی سولفید اویل ۵۱

۳-۸-۱-۵. حداکثر غلظت DSO قابل حذف توسط میکروارگانیسم ۵۱

۳-۸-۲. آزمایشهای تکنولوژی تلفیق دو روش زیست سالم سازی و الکتروکینتیک ۵۲

۳-۸-۲-۱. بررسی بهترین محدوده جریان عملکرد میکروب ۵۲

۳-۸-۲-۲. حداکثر حذف میکروبی در روزهای مختلف، در بهترین محدوده جریان ۵۲

۳-۸-۲-۳. حذف میکروبی در غلظتهای مختلف، در بهترین محدوده جریان ۵۲

۳-۸-۲-۴. حذف میکروبی به مدت شش روز در غلظت ثابت DSO ۵۳

۳-۸-۲-۵. بررسی میزان تبخیر DSO ۵۳

۳-۸-۲-۶. شمارش میکروبی در بهترین محدوده جریان ۵۳

۳-۹. روش استخراج ۵۳

۳-۹-۱. استخراج نمونه‌های تکنولوژی زیست سالم سازی ٥٤

۳-۹-۲. استخراج نمونه‌های تکنولوژی تلفیق دو روش زیست سالم سازی و الکتروکینتیک ٥٤
۳-۱۰. روش شمارش میکروب ٥٤
۳-۱۰-۱. محلول استخراج ٥٥
۳-۱۰-۲. محلول رقت ٥٥
۳-۱۰-۳. محیط کشت جامد ٥٥
۳-۱۰-۴. تهیه رقت ٥٥
۳-۱۰-۵. مرحله کشت ٥٦
۶-۱۰-۵. شمارش میکروبی در یک گرم نمونه ٥٦
فصل۴. نتیجه و بحث ۵۷
٤-۱. نتایج آزمایشهای تزریق DSO به دستگاه GC ۵۸
۴-۱-۱. پیکهای حاصل از تزریق DSO و استاندارد داخلی ۵۸
۴-۱-۲. پاسخ آشکارساز هر جزء در DSO ۵۹
۴-۲. روش زیست سالم سازی ٦٠
۴-۲-۱. زمان بهینه رشد میکروارگانیسم ٦٠
۴-۲-۲. رطوبت بهینه برای فعالیت میکروارگانیسم ٦١
۴-۲-۳. زمان بهینه التراسونیک ٦٢
۴-۲-۴. حذف میکروب طی ۷ روز در غلظت ثابت DSO ٦٣
۴-۲-۵. حداکثر غلظت قابل حذف توسط میکروارگانیسم ٦٣
۴-۳. تکنولوژی تلفیق دو روش زیست سالم سازی و الکتروکینتیک ٦٤
۴-۳-۱. بررسی بهترین محدوده جریان عملکرد میکروب ٦٤
۴-۳-۲. حداکثر حذف میکروبی در روزهای مختلف در بهترین محدوده جریان ٦٦
۴-۳-۳. حذف میکروبی در غلظتهای مختلف DSO در بهترین محدوده جریان ٦٧
۴-۳-۴. حذف میکروبی به مدت شش روز ٦٨

۴-۳-۵. بررسی میزان تبخیر DSO ۶۸
۴-۳-۶. شمارش میکروبی در بهترین محدوده جریان ۶۸
۴-۴. نتایج کلی ۶۹
۴-۵. پیشنهادها ۷۰
مراجع ۷۲

شکل۱-۱. شمایی از جهت نیروهای الکتروکینتیک ۱۵
شکل۱-۲. تلفیق دو روش زیست سالم سازی و الکتروکینتیک ۱۹
شکل۳-۱. دستگاه شیکرانکوباتور ۳۶
شکل۳-۲. دستگاه التراسونیک ۳۷
شکل۳-۳. دستگاه سانتیریفیوژ ۳۸
شکل۳-٤. دستگاه هود لامینار ۳۹
شکل۳-۵. دستگاه همزن مکانیکی ٤۰
شکل۳-٦. دستگاه تامین کننده جریان الکتریکی ٤۰
شکل۳-۷. دستگاه سیرکولاتور ٤۱
شکل۳-۸. دستگاه کروماتوگرافی گازی ٤۲
شکل۳-۹. محفظه استفاده شده در تلفیق دو روش زیست سالم سازی و الکتروکینتیک ٤٤
شکل۳-۱۰. راکتور بیولوژیکی ٤۵
شکل۳-۱۱. الف)پمپ پریستالتیک محفظه الکترولیت کاتد ب)پمپ پریستالتیک محفظه الکترولیت آند ٤٦
شکل۳-۱۲. شمای کلی اجزاء تلفیق دو روش زیست سالم سازی و الکتروکینتیک ٤۷
شکل۳-۱۳. راکتور بیولوژیکی به همراه همزن استریل شده ٤۸
شکل۳-۱٤.شمای کلی سیستم دو روش زیست سالم سازی و الکتروکینتیک ٤۸
شکل٤-۱. . پیک‌های اجزاء DSO ۵۸
شکل٤-۲. پیک دودکان ۵۹
شکل٤-۳. درصد حذف میکروبی در طول خاک ٦۵
شکل٤-٤. تغییرات pH در جریان‌های مختلف ٦٦
شکل٤-۵. جمعیت میکروبی ٦۹

جدول۱-۱. برخی از آلودگی‌های قابل حذف توسط میکروب ۷

جدول۱-۲. ترکیب سلول میکروبی..... ۸

جدول۱-۳. شرایط محیطی لازم برای زیست سالم سازی..... ۸

جدول۱-٤. انواع دی سولفیدهای موجود در DSO و غلظت آنها..... ۲۳

جدول۱-۵. خواص فیزیکی و شیمیایی تخمین زده شده در برنامه EPA..... ۲٤

جدول۱-٦. تخمین اثرات محیطی از برنامه EPI..... ۲٦

جدول۲-۱. نتایج آزمایش کیم و همکارانش..... ۳۳

جدول۳-۱. شرایط کروماتوگراف..... ٤۲

جدول٤-۱. زمان ظاهر شدن پیک‌ها ۵۹

جدول٤-۲. ضرایب پاسخ آشکارساز ٦۰

جدول٤-۳. درصد غلظت اجزاء DSO..... ٦۰

جدول٤-٤. روند رشد میکروب *باسیلوس سوبتیلیس* ٦۱

جدول٤-۵. عملکرد میکروب در رطوبت‌های متفاوت ٦۱

جدول٤-٦. درصد نسبت پیک‌های DSO به استاندارد داخلی در نمونه‌ها..... ٦۲

جدول٤-۷. درصد کلی استخراج..... ٦۲

جدول٤-۸. درصد حذف میکروبی در روزهای مختلف ٦۳

جدول٤-۹. درصد حذف میکروبی در غلظت‌های متفاوت..... ٦۳

جدول٤-۱۰. نتایج درصد حذف در جریان‌های متفاوت..... ٦٤

جدول٤-۱۱. حداکثر حذف میکروبی در روزهای مختلف ٦۷

جدول٤-۱۲. حذف میکروبی در غلظت‌های مختلف..... ٦۷

فصل ۱

مقدمه

۱-۱. آلودگی خاک

خاک از دو بخش تشکیل شده است. یکی بخش زنده خاک و دیگری بخش مرده خاک می‌باشد. بخش مرده خاک شامل سنگ‌های هوازده ومواد معدنی حاصل ازپوسیدگی گیاهان وجانوران می‌باشد و هوا و آب نیز در این بخش قرار می‌گیرند. اما خاک زنده خاکی است که دارای جانوران کوچک همچون حشرات و کرم‌ها است و در آن گیاهان، قارچ‌ها، باکتری‌ها و سایرمیکروب‌ها قرار دارند. نمونه بارز خاک، ۵۰٪ مواد معدنی و آلی و ۵۰٪ هوا و آب دارد که فضاهای خالی موجود درخاک را پر می‌کند و ارگانیسم‌های زنده خاک را نگه می‌دارد. آلودگی خاک باعث از بین رفتن بخش زنده خاک می‌گردد. به طور کلی هر گونه تغییر در ویژگی های اجزای تشکیل دهنده خاک بطوری که استفاده از آن ناممکن گردد، آلودگی خاک نامیده می‌شود. در حال حاضر مشکلات مرتبط با مناطق آلوده در بسیاری از کشورها افزایش یافته است. آلودگی خاک بر خلاف آلودگی آب و هوا از نظر ترکیبات شیمیایی به آسانی قابل اندازه‌گیری نیست و خاک پاک یا خالص تعریف پذیر نمی‌باشد[۱].

به طور کلی عوامل کلی آلودگی خاک را می‌توان به چهار دسته، آلودگی کشاورزی، فعالیت‌های صنعتی، زباله‌ها و آلودگی‌های نفتی تقسیم نمود. آلودگی نفتی یک پی‌آمد اجتناب ناپذیر از افزایش سریع جمعیت و فرآیند صنعتی شدن می‌باشد. آلودگی خاک توسط مواد هیدروکربنه نفتی به شکل وسیع در اطراف تاسیسات اکتشاف و پالایش و به شکل موضعی در مسیرهای انتقال این مواد به خوبی قابل مشاهده است. هر قدر مواد نفتی به عمق بیشتری از خاک نفوذ کنند، رفع آن آلودگی مشکل‌تر خواهد بود. علاوه بر انتشار مستقیم این آلاینده‌ها، غبارهای حاصل از سوخت گازهای همراه نفت طی سالیان متمادی، مواد سمی و مضری را به خاک‌های منطقه اضافه می‌کند. این آلاینده‌ها در محیط زیست علاوه بر تاثیر گسترده بر اکوسیستم منطقه با گذشت زمان و ورود به چرخه غذایی، به جوامع انسانی نیز راه می‌یابند و به این ترتیب سلامت انسانها را تهدید می‌کنند[۲].

آلودگی‌های شیمیایی نظیر نفت، کودهای شیمیایی و فلزات سنگین در خاک نفوذ کرده و طراوت و شادابی خاک را از بین می‌برند. در نتیجه گل‌ها و گیاهان نمی‌توانند رشد کنند و جذب دی اکسید کربن و تولید اکسیژن را انجام دهند. از سوی دیگر در خاک هزاران موجود زنده وجود دارد که به زنده بودن خاک کمک می‌کنند. به عنوان مثال در سال ۱۹۹۱ در حمله عراق به کویت، نفت‌کش‌ها و سکوهای اکتشافات نفت‌های کویت بمباران شد و چیزی در حدود ۹۱۰ میلیون لیتر نفت وارد آب‌های خلیج فارس شد و باعث آلودگی آب‌ها و خاک‌های سواحل خلیج

فارس گردید[۳].

آلودگی مهم دیگری که امروزه مطرح شده است، آلودگی خاک توسط مواد و زباله‌های رادیواکتیو می‌باشد. نام رادیواکتیو اغلب با ترس و وحشت در اذهان عمومی همراه است، عمده-ترین نگرانی حاصل از تجربه‌های تلخ ناشی از بمباران اتمی در کشور ژاپن و فاجعه انفجار راکتور هسته‌ای چرنوبیل[۱] در روسیه است. مهمترین اثرهای زیست محیطی نیروگاه‌های هسته‌ای ناشی از انتشار زباله‌های رادیواکتیو و بازگشت مجدد آن توسط نزولات آسمانی در زمین است. به طور مثال در حادثه چرنوبیل در آوریل ۱۹۸۶ بر اثر عدم رعایت مسائل امنیتی در نیروگاه، انفجار سبب تخریب سپر محافظتی راکتور هسته‌ای گردید و محتویات راکتور را در محیط آزاد پخش نمود. یکی از ذرات رادیواکتیو که آزاد گردید استرانسیوم[۲] بود. استرانسیوم یک فلز قلیایی خاکی است، به همین جهت رفتار آن در بدن مشابه کلسیم است و عمدتا در استخوان ذخیره می‌شود. آلودگی خاک به استرانسیوم، باعث رشد گیاهانی می‌شود که درصد زیادی از این ماده را دارا می‌باشند. احشامی که از مراتع آلوده به استرانسیوم استفاده می‌کنند، شیر آنها آلوده به این ماده می‌گردد و به همین دلیل مصرف شیر گاو پس از فاجعه چرنوبیل به ویژه برای کودکان، به علت ابتلا به سرطان استخوان در مناطق آلوده ممنوع گردید[۴].

در حال حاضر آلودگی خاک یک تهدید بالقوه برای سلامتی انسان شناخته شده است و در طول سال‌های اخیر تلاشهای بسیاری در سطح بین المللی برای شناخت مناطق آلوده و حذف آلودگی آن‌ها صورت پذیرفته است.

۱-۲. زیست سالم سازی

روش‌های معمول برای دفع آلودگی به سه روش سوزاندن، دفن کردن و بازیافت آلودگی تقسیم می‌شوند.

در روش سوزاندن تمام آلودگی‌ها در محلی دور از محل سکونت جمع آوری می‌شوند و بعد از جمع آوری سوزانده می‌شوند. یکی از بدترین روش‌های دفع آلودگی روش سوزاندن است زیرا ایجاد گازهای سمی حاصل از سوزاندن، موجب آلودگی هوا می‌شود که جبران ناپذیر است و برگشت این آلودگی‌ها با نزولات آسمانی باعث آلودگی خاک می‌شود. همچنین خاکستری که از سوزاندن آلودگی باقی می‌ماند، نیز مشکل ساز است.

[۱] Chernobyl
[۲] Strantium

در روش دفن آلودگی، مناطقی به نام دفن‌گاه[۱] ایجاد می‌شود. در این روش آلودگی‌ها در زیر زمین مدفون می‌شوند تا از سطح زمین پاک شوند ولی مشکلات بعدی از قبیل آلودگی منابع آبی، تولید بوی بد و گاز سمی متان (که خطر آتش سوزی را فراهم می‌کند) و تجمع حشرات و موجودهای موذی و در نهایت آلودگی خاک می‌شود. امروزه با استفاده از گازهای تولیدی از لندفیلدها و ایجاد لایه‌های غیرقابل نفوذ در ساختمان آن‌ها و ایجاد سیستم زه‌کشی برای جمع آوری شیرابه‌ها، توانسته‌اند مشکلات حاصل از دفن آلودگی را بر طرف سازند.

بهترین روش دفع آلودگی‌ها، روش بازیافت آن‌ها می‌باشد. انسان می‌تواند با ذخیره برخی مواد زائد و استفاده مجدد از آن‌ها به کاهش مقدار ضایعات کمک کند. در این روش نه تنها از ایجاد آلودگی‌های بیشتری جلوگیری می‌شود بلکه در هزینه نیز بسیار صرفه جویی می‌گردد[۵].

رویکرد بهتر از این روش‌ها، از بین بردن کامل آلاینده در صورت امکان و یا حداقل تبدیل آن‌ها به مواد بی‌ضرر می‌باشد. زیست پالایی یکی از گزینه‌هایی است که برای تخریب آلودگی یا تبدیل آن به مواد بی‌ضرر به وسیله فرآیند بیولوژیکی می‌باشد. استفاده از فرآیند میکروبی جهت حذف آلودگی را زیست پالایی می‌نامند. این روش به طور معمول به وسیله باکتری‌ها، قارچ‌ها یا گیاهان صورت می‌پذیرد. زیست پالایی برای آلودگی‌هایی مناسب است که قابلیت زیست تخریب پذیری توسط میکروب را داشته باشند. در این روش آلودگی منطقه، با استفاده از میکروارگانیسم-های بومی همان محل تصفیه می‌شوند همچنین می‌توان برای بهبود فرآیند حذف، میکروب مناسب را پس از انتخاب و جداسازی به خاک منطقه آلوده تلقیح کرد. در این روش آلودگی‌های آلی و معدنی به صورت بیولوژیکی تحت شرایط کنترلی به مواد بی‌ضرر تبدیل می‌گردند و به غلظتی پایینتر از غلظت حد مجاز کاهش پیدا کنند[۶].

لوین[۲] و گیلت[۳][۷] هزینه مصرفی برای از بین بردن آلودگی‌های خاک در هر متر مکعب از حیاط را به وسیله روش زیست سالم سازی ۱۰۰-۴۰ دلار روش سوزاندن ۸۰۰-۲۵۰ دلار و روش دفن کردن ۲۵۰-۱۵۰ دلار تخمین زدند.

از آنجاییکه روش زیست پالایی یک روش ارزان می‌باشد و می‌تواند آلودگی را به مواد بی-ضرر تبدیل کند، به عنوان یک جایگزین مناسب برای فرآیند تصفیه آلودگی خاک می‌باشد. تحقیقات بسیاری در این زمینه در سال‌های گذشته صورت پذیرفته است[۶].

[۱] Landfilled
[۲] Levin
[۳] Gealt

امروزه از میکروارگانیسم موثر[1] در فرآیند زیست پالایی استفاده می‌شود. آلاینده‌های مصنوعی و شیمیایی معمولا بسیار سمی هستند و به جمعیت زیادی از میکروارگانیسم‌ها برای تجزیه احتیاج دارند.

میکروارگانیسم موثر (EM) به عنوان یک شبکه کامل از میکروارگانیسم‌های سودمند فعالیت می‌کنند.آلاینده‌ها را به کمک تخمیر به موادی تبدیل می‌کند که قابل استفاده برای جانداران و میکروارگانیسم‌های دیگر است. در حضور میکروارگانیسم‌های موثر است که میکروارگانیسم‌های بومی قادر به فعالیت و حذف آلودگی می‌باشند. به کار گرفتن روش EM در زیست پالایی مزایای زیر را دارد[۸].

- تجزیه آلاینده‌های نفتی
- کاهش نیمه عمر ترکیبات رادیواکتیو به نصف مقدار
- شکستن هیدروکربن‌ها
- حفاظت از آب‌های زیر زمینی
- شکستن دی اکسین‌ها[2] (ترکیبات آلی کلرینه)
- جلوگیری از فرار و خروج گازها و ترکیبات آلی فرار

۱-۲-۱. فاکتورهای زیست سالم سازی

کنترل شرایط بهینه فرآیند زیست سالم سازی، سیستم پیچیده‌ای از فاکتورهای بسیاری است. این فاکتورها عبارتند از: جمعیت میکروبی مفید برای حذف آلودگی، در دسترس بودن آلودگی برای جمعیت میکروبی و فاکتورهای محیطی (نوع خاک، دما، pH، حضور اکسیژن یا پذیرنده الکترونی دیگر و ماده غذایی)[۶].

۱-۲-۲. انواع جمعیت ارگانیسم برای فرآیند حذف میکروبی

میکروارگانیسمها می‌توانند در شرایط محیطی متفاوت وجود داشته باشند و خودشان را با شرایط موجود وفق دهند. به عنوان مثال در محدوده دمایی متفاوت و حتی دماهای زیر صفر درجه سانتیگراد، شرایط گرمایی شدید، شرایط بیابانی، شرایط رطوبتی مختلف، در شرایط هوازی و غیر هوازی، با حضور مواد سمی و خطرناک و شوک‌های غلظتی جریانهای مختلف فاضلاب می‌توانند رشد کنند. نیاز اصلی میکروبها یک منبع انرژی و یک منبع کربن می‌باشد.آلودگی‌های موجود در

[1] Effective Microorganism (EM)
[2] Dioxin

محیط رشد میکروب می‌توانند نیازهای غذایی و انرژی میکروب‌ها را تامین کنند. میکروارگانیسم-هایی که برای حذف آلودگی خاک مورد استفاده قرار می‌گیرند را می‌توان به گروههای باکتری-های هوازی، باکتری‌های بیهوازی و قارچها تقسیم بندی نمود[۶].

۱-۲-۲-۱. باکتری‌های هوازی

بیشتر میکروب‌ها در حضور اکسیژن فعالیت می‌کنند. برای مثال می‌توان به گونه‌های *سودوموناس‌ها*[۱]، *آلکالیجنیس‌ها*[۲]، *اسفینگوموناس‌ها*[۳]، *رودوکوکوس‌ها*[۴]، *مایکوباکتریوم*[۵] و *باسیلوس‌ها*[۶] اشاره کرد. از این میکروبها برای حذف حشره کشها و هیدروکربنها و مواد پلی آروماتیک استفاده می‌شود. این میکروبها ماده آلوده را به عنوان منبع انرژی و کربن استفاده می-کنند.

۱-۲-۲-۲. باکتری‌های بیهوازی

این میکروارگانیسم‌ها در شرایط بدون اکسیژن فعالیت می‌کنند. از این میکروارگانیسمها بیشتر برای زیست پالایی بی فنیلهای پلی کلرینه شده[۷] در ته‌نشینی رودخانه‌ها، کلر زدایی محلول تری کلرواتیلن[۸] و کلرفرم استفاده می‌کنند.

۱-۲-۲-۳. قارچ‌ها

قارچها مانند قارچ سفید فاسد، *فائروکات کریسوسپوریم*[۹]، توانایی حذف آلودگیهای مختلف محیطی مقاوم یا سمی را دارند.

برای حذف لازم است باکتری و آلودگی در تماس با هم باشند. این امر به راحتی بدست نمی-آید زیرا نه میکروب و نه آلودگی به طور یکسان در خاک پخش نشده‌اند، البته بعضی از باکتریها قابلیت حرکت در خاک و استفاده از ماده آلوده را دارند. برخی از آلودگیها که توسط میکروبها

---

[۱] *Pseudomonas*

[۲] *Alcaligenes*

[۳] *Sphingomonas*

[۴] *Rhodococcus*

[۵] *Mycobacterium*

[۶] *Bacillus*

[۷] Polychlorinated biphenyls(PCBs)

[۸] Trichloroethylene(TCE)

[۹] *Phanaerochaete chrysosporium*

قابل حذف‌اند در جدول ۱-۱ آورده شده اند.

جدول۱-۱. برخی از آلودگی‌های قابل حذف توسط میکروب[۶]

نوع آلودگی	مثالهای خاص
Chlorinated solvents	Trichloroethylene Perchloroethylene
Polychlorinated biphenyls	4-Chlorobiphenyl 4,4-Dichlorobiphenyl
Chlorinated phenol	Pentachlorophenol
BTEX	Benzene Toluene Ethyl benzene Xylene
Polyaromatic hydrocarbons(PAHs)	Naphthalene Antracene Fluorene Pyrene Benzo(a)pyrene
Pesticides	Atrazine Carbaryl Carbofuran Coumphos Diazinon Glycophosphate Parathion Propham

۱-۲-۳. فاکتورهای محیطی

فاکتورهای مورد نیاز برای رشد و فعالیت میکروارگانیسم بصورت زیر می‌باشد.

۱-۲-۳-۱. ماده غذایی

گرچه میکروارگانیسمها در خاکهای آلوده موجوداند اما لزوما نمی‌توانند رشد مناسب برای حذف آلودگی در محیط را داشته باشند. جهت رشد و فعالیت میکروب‌ها باید شرایط مناسب مهیا گردد. این شرایط معمولا با اضافه کردن ماده غذایی[۱] و اکسیژن تامین می‌گردد. ماده غذایی پایه زندگی میکروب هستند و به میکروب اجازه می‌دهند تا آنزیم‌های ضروری برای حذف درصد آلودگی را تولید نمایند. تمامی میکروب‌ها برای رشد به کربن، نیتروژن و فسفر را نیاز دارند. در جدول ۱-۲ ترکیب سلول میکروب نمایش داده شده است[۶].

[۱] Nutrient