



مرکز پژوهش‌های مطالعات دریایی

سازمان بنادر و دریانوردی به عنوان تنها مرجع حاکمیتی کشور در امور بندری، دریایی و کشتی‌رانی بازرگانی به منظور ایفای نقش مرجعیت دانشی خود و در راستای تحقق راهبردهای کلان نقشه جامع علمی کشور مبنی بر "حمایت از توسعه شبکه‌های تحقیقاتی و تسهیل انتقال و انتشار دانش و سامان‌دهی علمی" از طریق "استانداردسازی و اصلاح فرایندهای تولید، ثبت، داوری و سنجش و ایجاد بانک‌های اطلاعاتی یکپارچه برای نشریات، اختراعات و اکتشافات پژوهشگران"، اقدام به ارایه این اثر در سایت SID می‌نماید.



سازمان بنادر و دریانوردی



بررسی روشهای پالایش زیستی پسابهای صنعتی در اکوسیستم های ساحلی و دریایی

دل آرام گل مروی¹، فرحناز لکزایی²

- 1- دانشجوی کارشناسی ارشد آلودگی و حفاظت محیط زیست دریا-دانشکده علوم و فنون دریایی - دانشگاه آزاد اسلامی تهران شمال و کارشناس محیط طبیعی و تنوع زیستی اداره کل حفاظت محیط زیست گیلان
- 2- دانشجوی کارشناسی ارشد آلودگی و حفاظت محیط زیست دریا-دانشکده علوم و فنون دریایی - دانشگاه آزاد اسلامی تهران شمال

E-mail: Bluenviropedia@yahoo.com

چکیده:

با استفاده از روشهای مختلف بیولوژیکی می توان انواع پساب های حاوی فلزات سنگین را پیش از آلودگی مناطق ساحلی و ورود به محیط های آبی بزرگ نظیر اکوسیستم های دریایی و اقیانوسی تصفیه نمود، در این خصوص روشهای مختلف پالایش پساب های سنگین جهت کاهش بار آلودگی مورد بررسی و مقایسه قرار می گیرند. روش های جذب، رسوب دهی و تغییر و تبدیل به طریق زیستی مهمترین ساز و کار مورد استفاده در تصفیه فلزات سنگین سمی می باشند. در روش جذب به طریق زیستی فلزاتی نظیر سرب، کادمیم، روی و اورانیوم به مکانهای خاصی از سلول و یا مواد پلیمری مترشحه از آنها متصل می شوند. در روش رسوب دهی به طریق زیستی، یونهای فلزات دو ظرفیتی مانند سرب، جیوه، کادمیم و روی با یونهای سولفید حاصل از فعالیت باکتریهای احیاء کننده سولفات، رسوبهای غیر محلولی تشکیل می دهند که تغییر شکل آنها به صورت احیای اورانیوم (VI) به اورانیوم (IV)، احیای کروم (VI) به کروم (III)، احیای جیوه (II) به جیوه و اکسیداسیون آرسنیک (III) به (V) می باشد.

کلمات کلیدی: فلزات سنگین، جذب، رسوب دهی، اکوسیستم های ساحلی و دریایی، پالایش زیستی

A Survey of Bio remediation of Industrial Wastes in Coastal and Marine Ecosystems

Delaram Golmarvi¹, Farahnaz Lagzaii²

1- Expert of Natural environment and Biodiversity, Gilan DoE and University student of Pollution and Marine Environment Conservation, Faculty of Marine Science and Technology, Islamic Azad University(MS)

2- University student of Pollution and Marine Environment Conservation, Faculty of Marine Science and Technology, Islamic Azad University (MS)

E-mail: Bluenviropedia@yahoo.com

Abstract:

By the usage of various biological methods different kinds of hazardous industrial waste which are contain of heavy metals can be purify before entering to the marine and oceanic ecosystems. Absorption, sedimentation and biological deformation are the most important mechanisms for control and decreasing poisonous heavy metals. In biological absorption method metals such as Pb, Hg , Cd and Zn by S^{-2} (sulfide) from reduction bacteria's activities, from non-dissolvable sediments which their deformation are reduction of U^{+6} to U^{+4} , Cr^{+6} to Cr^{+3} , Hg^{+2} to Hg^0 and oxidation of As^{+3} to As^{+5} .

Key words: Heavy metals, Absorption, Sedimentation, Coastal and Marine Ecosystems, Bio remediation

مقدمه:

با پیشرفت صنعت و فن آوری ، آلودگی محیط زیست نیز رو به افزایش است. پساب های آلوده به مواد سمی و فلزات سنگین از قبیل جیوه، کادمیوم، اورانیوم، آرسنیک و سرب وقتی وارد محیط زیست شوند می توانند تحت تاثیر عوامل مختلف فیزیکی و شیمیایی و میکروبی تغلیظ شده و آبهای سطحی و زیر زمینی را آلوده و اثرات جبران ناپذیری بر محیط زیست وارد کنند. فرایندهای مهم حذف، تثبیت یا سم زدایی بیشتر فلزات سنگین و عناصر پرتوزایی حاصل از محیط های طبیعی به وسیله فعالیت میکروارگانیسم ها صورت می گیرد. از این موجودات می توان جهت پسابهای فلزات سنگین قبل از ورود به محیط زیست استفاده کرد. میکروارگانیسم ها از هر دو فرآیند فعال / غیر فعال یونهای فلزات را تثبیت می کنند. به عنوان مثال باکتری هایی که از سولفات به عنوان پذیرنده نهایی الکترون استفاده می کنند به طور فعال یونهای سولفید تولید و ترشح می کنند و این یونها باعث تشکیل کمپلکس های غیر محلول با یونهای فلز موجود در محلول می شود در مقابل جذب به طریق زیستی (Biosorption) اتصال محکم یونهای فلزی به سلولهای باکتری و مواد پلیمری مترشحه از این سلولها یک فرآیند غیر فعال است. به توده سلولهای مورد استفاده در جذب فلزات، مواد جاذب زیستی گفته می شود.



مواد و روش کار:

روشهای متداول جداسازی عناصر پرتوزا و فلزات سنگین در غلظت بیش از 100mg-e:

- 1- فرآیندهای رسوب دهی
- 2- واکنشهای اکسیداسیون و احیاء
- 3- تبادل یونی و تصفیه فیزیکی با استفاده از صافیها

مزایای استفاده از مواد جاذب زیستی:

حجم های یکسانی از مواد جاذب زیستی که از توده سلول میکروارگانیسم ها تشکیل یافته اند در مقایسه با رزین های مصنوعی تبادل یونی از ظرفیت جذب تقریبا مشابهی برخوردارند. مواد جاذب زیستی می توانند غلظت های زیاد فلزات قلیایی خ 9کی ($Mg^{+2}-Ca^{+2}$) و غلظت پایین کایتونهای فلزات سنگین ($cy^{+2}-Ni^{+2}-cd^{+2}$) را به طور کارآمدی جذب کنند. یکی دیگر از مزایای استفاده از میکروارگانیسم ها تولید ارزان قیمت آنها در مقایسه با رزین های تبادل یونی است. فلزات جذب شده بر روی میکروارگانیسم ها را می توان با استفاده از محلولهای شستشو دهنده مناسب بازیابی کرد. اتصال یونهای فلزی به مواد جاذب زیستی ناشی از وجود بارهای منفی (کربوکسیلات، منفعات) بر روی دیواره سلولی و پلیمرهای خارج سلولی میکروارگانیسم است. علاوه بر مکانیسم تبادل یونی، مواد جاذب زیستی از طریق تشکیل کمپلکس در مکان بدون بار باعث ایجاد رسوب فلز می گردد.

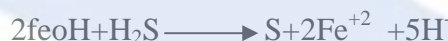
منشاء میکروارگانیسم های صنعتی:

نکته مهم در مورد مواد جاذب زیستی ویژگی سوپیه ای میکروارگانیسم ها است. برای مثال تاکنون گزارشهای متنوعی از جذب یونهای فلزی توسط مخمر ساکارو میس سرورز یا (*sccharomycescerevisia*) صورت گرفته است. محققین برای یافتن سوپیه های صنعتی میکروارگانیسم های جاذب فلزات سنگین، میکروارگانیسم های مقاوم به این فلزات را جستجو کردند و برای این کار از پساب کارخانه های صنعتی مانند باطری سازی، آب کاری و ... می توان استفاده کرد. با کشت نمونه های مختلف بر روی کشت آگاردار

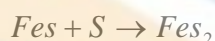
حاوی فلزات سنگین (مثل یک میلی مول Pb^{+2} یا cd^{+2}) می توان به راحتی این میکروارگانیسم ها را جداسازی کرد و در مورد هر میکروارگانیسم به طور مجزا توانایی جذب و تجمع بیولوژیکی فلزات را بررسی کرد. میکروارگانیسم ها صنعتی نباید از گروه میکروبه های بیماری زا یا فرصت طلب باشد در میان میکروارگانیسم مختلف صنعتی که از قدرت جذب خوبی برخوردار هستند می توان به این گونه ها اشاره کرد:

باکترها	با سیلوس و زئو کلارامیزا
مخمرها	ساکارومیس سروزیا
قارچهای رشته ای	رایزوبوس آریزوس و آسپرتریلویس نیگر
جلبک ها	کلر لار گولاریس

در محیط های احیاء کننده رسوبات دریا با یونهای فلزات واکنش داده و سولفیدهای نامحلول را تشکیل می دهند.



و یون آزاد فرو با H_2S واکنش می دهد



پیریت

در دریاچه های آب شیرین میزان سولفات بسیار کم است (در حدود $0/0001 M$) و از اینرو توانایی انجام متابولیسم وابسته به سولفات محدود می باشد. با این حال پساب های اسیدی معادن که به دریاچه های آب شیرین می ریزد حاوی غلظت های زیادی فلزات سنگین و سولفات می باشد. از اینرو غنی سازی این پساب ها با مواد آلی موجب رشد باکتریهای احیاء کننده سولفات (SRB) می شود و این باکتریها با متابولیسم خود و تولید سولفید باعث رسوب دهی سولفید فلزات سنگین می شوند و یونهای بیکربنات که فرآورده نهایی اکسیداسیون مواد آلی است موجب افزایش PH میشود. اساس این مطالعات زیست محیطی فکر ایجاد زمین های مرطوب برای تضمین ساده و ارزان پساب های معادن

را به وجود آورد در شکل پیشرفته صنعتی از باکتری احیاء کننده سولفات رسوب دهی سولفیدی فلزات سنگین با استفاده از بیوراکتورهای مملو از لجن برای تصفیه پساب کارخانه ذوب فلزات استفاده می شود. شرکت تحقیقاتی شل در انگلستان و بدلکو بی وی در هلند راکتوری را برای این منظور طراحی کردند که 9 متر مکعب گنجایش دارد و جنس فولاد ضد زنگ دارد و مملو از لجن برای پاکسازی فلزات است.

رسوب دهی فلزات با استفاده از فسفات:

گونه ای از باکتری سیتر و باکتر دارای آنزیم فسفات از متصل به غشای سلول است که می تواند از سیتراهی مختلف مانند گلیسرول 2- فسفات و تری بوتیل فسفات یونهای HPO_4^{2-} تولید نماید و کایتدنه‌های دو ظرفیتی را بر سطح سلول رسوب دهد. برای مثال هر گرم از این باکتری (بر حسب وزن خشک سلول) می تواند 9 گرم اورانیوم را به صورت HuO_2Po_4 رسوب دهد. برای انتخاب سوبه ای که بتواند اورانیوم را انباشته کند از محیط کشت GMS که توسط AnaM Marpue پیشنهاد شده بود استفاده می کنند که از بین 50 میکرو ارگانسیم تنها یکی قادر به رشد بود که به صورت گرم منفی بود و تحت نام MGF-48 معرفی شد. این باکتری دراست اورانیوم محلول را جذب کند وقتی سوسپانسیون سلولهای باکتری با محلول اورانیوم مجاور می شود، باکتریها به صورت توده هایی در کنار هم جمع می شوند و بلافاصله ته نشین می گردند. میزان انباشته شدن اورانیوم در میکرو اورگانسیم های مختلف

21/5% - 19/5%	اسپریلوس ینگر - رایزوبوس ارهیزوس	قارچهای رشته ای
10% تا 15%	ساکارومیس سروزی	مخمرها
15%	کلرلاز گولاریس	جلبک ها
44%	استریتومیس لانگ ودنس	اکتینو میسیت ها
38%	سیترو باکتر - زوگلیار رامینجر	باکتریها
17/4	MGF - 48	
15%	سود موناس ائورجینوس	

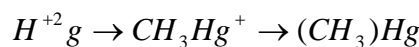
احیای میکروبی اورانیوم (VI) مزایای متعددی نسبت به روشهای دیگر تصفیه دارد که عبارتند از:

- 1- توانایی رسوب دهی اورانیوم از کمپلکس کربنات اورانیوم (VI)
- 2- بازیابی اورانیوم به شکل تغلیظ شده و خالص به صورت اورانیت (UO_2)
- 3- جداسازی مقادیر زیادی از اورانیوم بر حسب مقدار توده سلول
- 4- توانایی همزمان تصفیه مواد آلی و اورانیوم با استفاده از ماده آلی به عنوان دهنده الکترون
- 5- داشتن توانایی تصفیه آبهای سطحی و زیر زمینی به طریق زیستی در همان مکان آلوده

تغییر شکل فلزات به طریق زیستی:

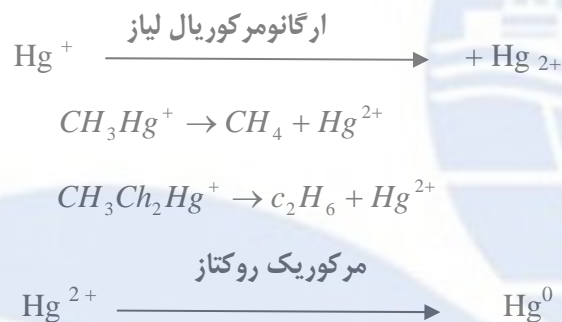
یکی از مثالهای تغییر شکل فلزات به طریق زیستی احیا کروم (VI) به کروم (III) توسط میکرو اورگانیزم های احیا کننده کرومات است و مکانیسم مقاومت میکرو اورگانیزم های احیا کننده کرومات و مکانیسم احیا کرومات دو سیستم مجزا از یکدیگرند. انتروباکتر کلوسه آبکی از باکتریهای مهم شناخته شده احیاء کرومات است که می تواند کرومات را در شرایط هوازی و از طریق تنفس بی هوازی احیا کرده و هیدروکسید کروم تولید نماید.

یک دیگر از تغییر شکل های فلز به طریق زیستی احیا و تبخیر جیوه است. میکرو اورگانیزم ها از طریق مکانیسم های مختلفی باعث حذف جیوه از پساب ها می شوند که می توان به شکل دی متیل مرکوری و تبخیر به شکل جیوه فلزی اشاره نمود. بسیاری از میکرو اورگانیزم ها از طریق متیله کردن جیوه خود را از اثرات سی جیوه حفظ می کنند. اما ترکیبات الکیل مرکوری برای موجودات بسیار سمی و خطرناک است و شیوع بیماری در ساکنان شهر میناماتا ژاپن در سال 1953 که با ضعف عضلانی، از بین رفتن بینائی، آسیب های مغزی، فلج احتمالی و حتی در برخی با اغواء و مرگ همراه بود. ناشی از مصرف ماهی حاوی مقادیر زیاد الکیل مرکوری بود که با ردیابی جیوه معلوم شد که منشأ آن پساب یک کارخانه می باشد. باکتری های بی هوازی موجود در رسوبات باعث تبدیل جیوه به مشتقات متیل و دی متیل مرکوری شده اند. سپس این مشتقات از طریق زنجیره غذایی در موجودات تجمع یافته اند.



فرآیندی که در تصفیه جیوه از پساب های صنعتی بسیار اهمیت دارد احیا و تبخیر Hg^{2+} به Hg^0 است. نکته قابل توجه در این فرآیند آن است که مکانیسم مقاومت به جیوه در باکتری ها در واقع همان مکانیسم سم زدایی به طریق آنزیمی است. در این مکانیسم Hg^{2+} بسیار سمی به Hg^0 تبدیل شده و به صورت بخار از محیط آلوده و باکتری خارج می شود.

موا آلی حاوی جیوه نظیر فنیل مرکوری ، متیل مرکوری و اتیل مرکوری از طریق آنزیمهای مرکوریک ردکتاز و اروگتانو مرکوریال لیاز به Hg^{2+} و ترکیبات آلی نظیر بترن، متان ، اتان تبدیل می شوند و در یک بیوراکتور غلظت جیوه 75 mg/l به 0/12 mg/l به طریق بیولوژیکی تصفیه می شود و بدین ترتیب 99 درصد جیوه از پساب حذف می گردد که می توان آن را به وسیله ستونهای حاوی ذغال فعال بازیابی کرد.



سیستم مقاومت به جیوه مربوط به شش ژن است که محصول هر کدام از این ژنها در تنظیم جذب جیوه در سلول، اتصال و انتقال یون جیوه به آنزیم درون سلولی مرکوریزیک ردکتاز و احیا و تبخیر جیوه شرکت دارند. سازماندهی این سیستم ژنی در باکتری ها در شکل نشان داده شده است. برخی از جزئیات مکانیسم عمل این سازماندهی ژنی در باکتری های گرم منفی با باکتریهای گرم مثبت تفاوت دارد. اپرون mer از طریق ژن تنظیم کننده merR فعال می شود و قطعه اپرون پرموتور OP دارای 75 جفت باز نوکلئوتید است در غیاب یونهای جیوه پروتئین MerR سنتز ژنهای ساختمانی را مهار می کند. وقتی یونهای جیوه به پروتئین MerR اضافه می شود این پروتئین به صورت یک الگوی تنظیمی مثبت عمل کرده و باعث افزایش سنتز mRNA تا بیش از صد برابر می گردد و به این ترتیب سیستم مقاومت به جیوه فعال می گردد. در واقع اتصال Hg^+ به پروتئین MerR موجب تغییر آرایش فضائی DNA می گردد و در نتیجه سبب ایجاد بر هم کنش مناسب میان RNA پلیمراز و علائم آغاز ترجمه بر روی DNA می گردد. سپس ژن های بعدی نسخه برداری می شوند. محصول این ژنها در انتقال جیوه

و سم زدایی آن دخالت دارد. MerT محصول اولین ژن است که یک پروتئین درون غشایی بوده و به عنوان سیستم انتقال Hg^{2+} عمل می کند. MerP پروتئینی است که در فضای پری پلاسمی قرار دارد و عمل انتقال جیوه به سیستم انتقال دهنده MerT را بر عهده دارد جیوه از MerT مستقیماً به آنزیم مرکوریک ردکتاز (MerA) منتقل شده و یون جیوه به یک جفت سیستئین در انتهای گروه کربوکسیل آنزیم مرکوریک ردکتاز متصل می شود سپس Hg^{2+} توسط الکترونهایی که از NADPH به FAD متصل است احیا شده و Hg^0 از آنزیم های NADPH رها و سریعاً از سلول خارج می شود. در سیستمی که عمل اختلاط در آن سریع صورت می گیرد Hg^0 در اتمسفر سریعاً به بخار تبدیل و خارج می گردد و در شرایط فقدان هوادهی مناسب در یک اکوسیستم آرام Hg^0 به لیپیدها، کربوهیدراتها و مواد گوگرد دار متصل می گردد.

نتیجه گیری:

با توجه به بررسی ها و مطالعات انجام شده مناسب ترین روش پالایش زیستی روش جذب زیستی است زیرا کمترین میزان آلودگی را ایجاد نموده و به هزینه، نیروی متخصص و تجهیزات زیادی نیازمند نیست.

منابع:

- 1- شیمی و محیط زیست - احمد اعرابی
- 2- آلودگی محیط زیست - مینو دبیری
- 3- آلاینده های آلی - اکبر معتمدی
- 4- شیمی آب و پساب - اکبر معتمدی