استفاده از ارگانیسم‌ها در حذف آلودگیها (بیوتکنولوژی)

علی قیصری

کارشناس ارشد مهندسین مشاور طرح و تحقیقات آب و فاضلاب

۱ـ مقدمه

پیشرفت صنعت و زندگی مدرن موجب انباشته شدن محیط زیست از انواع زباله‌ها و پس‌مانده‌های صنعتی می‌گردد که بسیاری از آنها خطرناک و سمی هستند. اگر برای پاک کردن محیط از این آلایشها چاره‌ای نیاندیشند روزی زندگی با خطرات عظیمی مواجه خواهد شد که طلایه آن از هم‌اکنون نمودار است. این روزها پیشرفت علم میکروبیولوژی و نقش میکربها در بهسازی محیط زیست، متخصصین امور بهداشتی را بر آن داشته هرچه بیشتر بتوانند با بکارگیری میکربها محیط زیست سالم‌تری به وجود آورند. باکتریها در پاک کردن محیط و تبدیل مواد بی‌فایده یا زیان‌آور به مواد مفیدنقش مهمی دارند. توسط همین اجرام و برخی دیگر از میکروارگانیسمهاست که همه ساله هزاران میلیون تن برگ و چوب درختان، پس‌مانده‌های صنعتی و غیره استحاله یافته، جزءپیکر آنها شده و سرانجام پس از مرگ به عنوان منبع ازت و کربن به طبیعت سپرده می‌شوند و یا قسمتی از آن به فرآورده‌های احتمالاً مفید تبدیل می‌گردند. هرچند امروزه از فرآیندهای بیولوژیکی به طور گسترده برای پالایش مواد زائد آلی خطرناک استفاده می‌شود اما اخیراً از فعالیتهای بیولوژیکی برای حذف آلاینده‌های معدنی سمی نظیر فلزات سنگین بعنوان جایگزین روشهای متداول تصفیه این گونه مواد استفاده می‌شود.

با این روش یونهای فاضلابهائی که حاوی مقادیر کمی از فلزات سنگین محلول می‌باشند را می‌توان حذف نمود. در این فرآیند نه تنها آب یا فاضلاب تصفیه می‌گردد بلکه فلزات سنگین بازیابی و مورد استفاده مجدد قرار می‌گیرد. تاکنون فلزات سنگین تبدیل به لجن می‌شد و سپس دفع می‌گردید که هزینه زیادی جهت دفع لجن لازم داشت، خود سیستم و رساندن کیفیت پساب بحد استاندارد مخارج سنگینی را طلب می‌کرد، مصرف آب زیاد و دفع لجن حاصله نیز خالی از مشکل نبود و بنابراین دلایل قرار است که دفن فلزات سنگین به زمین در آینده به طور کامل منتفی گردد. بنابراین چون استفاده از روش بیولوژیکی مجموعه معایب بالا را ندارد و ضمناً چیزی به محیط اضافه نمی‌کند و تعادل اکوسیستم را بهم نمی‌زند و از لجن حاصله نیز می‌توان بعنوان کود استفاده کرد، در بازیابی و استفاده مجدد از فلزات سنگین در آینده نقش مهمی

خواهد داشت.

در این مقاله سعی شده است مطالعات و تحقیقات انجام شده برای حذف فلزات سنگین از فاضلاب و خاک به روشهای مختلف بیولوژیکی، به طور خلاصه مورد تجزیه و تحلیل قرارگیرد.

۲ـ حذف و بازیابی فلزات سنگین از فاضلاب‌ها توسط جلبکها

حذف و بازیابی یونهای فلزات سنگین از فاضلاب‌های حاوی مواد آلی و معدنی با استفاده از جذب جلبکی روزبروز رونق بیشتری پیدا می‌کند. دو روش برای این منظور وجود دارد. یکی استفاده از موجودات زنده و دیگری استفاده از توده‌های بیولوژیکی غیرزنده حاصل از میکروارگانیسم‌ها. اگرچه استفاده از میکروارگانیسم‌ها موفقیت آمیز بوده ولی در مواردی این موجودات زنده برای حذف یونهای سنگین مفید نمی‌باشند چون یونهای فلزی غلظت زیاد داشته و متابولیسم دچار اختلال می‌گردد و ارگانیسم‌ها کشته می‌شود. این عیب و نقص با استفاده از ارگانیسم غیرزنده و یا مواد بیولوژیکی حاصل از میکروارگانیسم‌ها برطرف می‌گردد. توده بیولوژیکی همانند رزین تبادل یونی عمل می‌کند. پیوند یا جذب بیولوژیکی یون فلزی توسط توده بیولوژیکی بواسطه وجود گروههای مختلف درون یا برون سلولی می‌باشد. این گروههای اتصال به‌وسیله پلی‌مرهای بیولوژیکی سلول حاصل گشته که شامل کربوکسیل[۱]، ایمیدازول[۲]، سولفیدریل[۳]، تیواتر[۴]، سولفات[۵]، کربونیل[۶] و غیره می‌باشند.

گونه‌های مختلف جلبک‌ها و سلولها رفتار متفاوتی در برابر یونهای فلزی مختلف دارند. پیوندهای فلزی غیرمعمول و مختلف با گونه‌های مختلف جلبک‌ها باین دلیل است که جلبکها دارای ترکیبات دیواره سلولی متفاوت می‌باشند. بنابراین بسیاری از گونه‌های مختلف جلبکی ممکن است دارای نقش مؤثرتر و انتخابگرانه‌تر نسبت به بقیه گونه‌ها برای حذف یونهای فلز از محیط باشند.

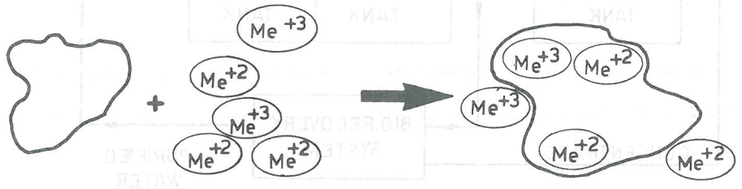
شکل (۱) واکنش یونهای فلزی با توده‌های بیولوژیکی غیرزنده را نشان می‌دهد. این واکنش نشان می‌دهد که یونهای فلزی ۲ و ۳ ظرفیتی با جلبک‌های زنده و یا توده‌های غیرزنده مجموعه‌ای از سلول و یون فلزی به وجود می‌آورند (تشکیل کمپلکس یون فلز بعلاوه جلبک).

سیستم‌های بازیابی حیاتی[۷] بخصوص جذب جلبکی را می‌توان در حذف و بازیابی فلزات سنگین منابع مشخص[۸] فاضلابهای صنعتی یا آبهای آلوده زیرزمینی مورد استفاده قرار داد. جذب جلبکی شباهت زیادی به رزین تبادل یونی دارد. آن را می‌توان در ستون جائیکه آب آلوده به فلزات سنگین از آن عبور می‌کنند قرار داد.

یون فلزات سنگین جذب جلبک شده و آب بدون فلز از ستون خارج می‌گردد. یکبار که جلبک توسط یونهای فلزی اشباع گردید، فلز را می‌توان از آن جدا نمود که مجدداً قابل استفاده می‌باشد. در مقایسه با رزین‌های تبادل یونی این روش چند مزیت دارد که آن را برای مقاصد خاصی توجیه می‌نماید. جذب جلبکی فلزات سنگین گاهی به ۱۰٪ وزنی سلولها می‌رسد. همانگونه که اشاره شد جذب جلبکی (رزین تعویض یونی بیولوژیکی) نظیر رزینهای تعویض یونی قابل استفاده مجدد می‌باشد. یونهای فلزی جذب سیکل‌های متعدد شده بدون آنکه در راندمانشان کاهشی پیدا شود. امتیاز مهم جذب حیاتی این است که آب سخت حاوی کاتیونهای دو ظرفیتی Mg^{+2}، Ca^{++}، یا یک ظرفیتی Na^{+}، K^{+} نمی‌توانند تأثیر مهمی در جذب فلزات سنگین موجود در همان آب داشته باشند. در حقیقت کلسیم یا منیزیم در غلظت زیاد نظیر ۱۰۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر تأثیر کم یا اصلاً بی تأثیر در جذب

---

۱ -carboxyl
۲ -imidazol
۳-sulfhydryle
۴-thioether
۵ -sulfate
۶-carbonyl
۷- bio-recovery
۸ - point-source



شکل (۱) واکنش یونهای فلزی با گروههای شیمیائی روی سلول جلبک و ایجاد کمپلکس

جلبکی مس با غلظت حدود ۶/۵ میلی‌گرم در لیتر دارند. گرفتن کلسیم و منیزیم با سیستم تعویض یونی محدودیت برای سودمندی سیستم داشته، کلیسم و منیزیم در غلظت زیاد و با فلزات سنگین از محلول آنها ضروری می‌باشد. همچنین این معنا را هم دارد که قسمت اعظم حجم سیستم صرف گرفتن یونهای کلسیم و منیزیم از آب می‌گردد. بنابراین، جذب جلبکی این پتانسیل را دارد که برای جداسازی یونهای فلزی از آب سخت مؤثر می‌باشد. جذب جلبکی همچنین برای جداسازی فلزات سنگین موجود در آبهای حاوی مواد آلی مؤثر است. مواد آلی برای رزینهای تعویض یونی سنتزی مضر می‌باشند. با تحقیقاتی که به عمل آمده مشخص شده جذب جلبکی در موارد زیر کاربرد دارد.

I – منابع مشخص صنعتی

II – آبهای سطحی و زیرزمینی

III ـ آب آشامیدنی

IV ـ بازیافت فلزات قیمتی

تکنولوژی جذب جلبکی تأثیر زیادی در بازیابی و تصفیه فاضلاب آبکاری، صنایع الکترونیک و غیره دارد. شکل (۲) شمای سیستم تصفیه را با بازیابی فلزات و استفاده مجدد نشان می‌دهد. در این سیستم آب حاصل از هر واحد آبکاری جداشده و از ستونهای حاوی جذب جلبکی یا رزینهای تبادل یونی مخصوص عبور می‌کند. یونهای فلزی از آب شستشوی جدا شده که می‌توان آن را مستقیماً تخلیه نمود یا برای استفاده مجدد به تانک شستشوی برگردانید. بعلت افزایش نمکها در آب شستشوی در صورتی که بخواهند آن را مجدداً مورد استفاده قرار می‌دهند ممکن است املاح زدائی پساب مورد نیاز باشد.

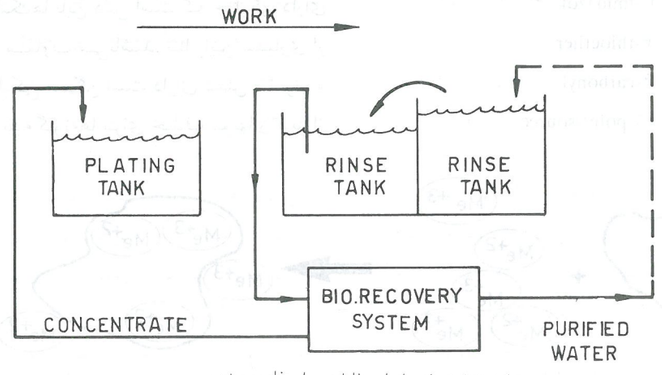
۳ـ تحقیقات انجام شده برای حذف فلزات مختلف

سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا در نیوجرسی تحقیقاتی برای حذف کادمیم آب یک چاه با غلظت ۰/۱۳ میلی‌گرم بعمل آورده و موفق شده به کمک جذب جلبکی غلظت یون فلز را که به کمک اتمیک ابزوربشن اندازه‌گیری شده به ۰/۰۰۱ میلی‌گرم در لیتر برساند. با اشباع شدن سیستم توانسته‌اند به کمک اسید سولفوریک ۰/۱۵ مولار کادمیم جدا نمایند.

در تحقیق دیگری که برای حذف مس از آبهای آلوده زیرزمینی حاوی هیدروکربن‌های هالوژنه حاصل فرآیند تولید مدارهای چاپی به عمل آمده مشخص شده با وجودیکه این‌گونه آبها حاوی جامدات محلول حدود ۲۰۰۰ وکلسیم و منیزیم ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر بوده جذب جلبکی با موفقیت عمل نموده بنحویکه غلظت مس در پساب به ۰/۰۱ میلی‌گرم در لیتر رسیده در این شرائط برای بازیابی می‌توان از اسید سولفوریم ۰/۵ مولار همانند آنچه برای کادمیم گفته شد مس را کاملاً از محیط خارج کرد.

جیوه هم در این مطالعه مورد آزمایش قرار گرفته و آبی با میزان جیوه آلی و معدنی ۲ تا ۳ میلی‌گرم و جامدات محلول ۷۲۰۰ و کلسیم و منیزیم ۹۰۰ میلی‌گرم در لیتر را توانسته‌اند مقدار جیوه را به کمتر از ۰/۰۰۱ میلی‌گرم در لیتر برسانند در صورتی‌که میزان ۰/۰۱ میلی‌گرم در لیتر کافیست.

برای تهیه مدارهای چاپی از آلیاژ قلع و مس استفاده می‌شود. فاضلاب حاصل از این‌گونه صنایع حاوی قلع و سرب بوده که مسئله مهم وجود سرب می‌باشد. میزان سرب این فاضلابها ۶۰-۱۰ میلی‌گرم دو لیتر در حدود دو برابر آن قلع دارند. ستون جذب جلبکی قادر است میزان سرب را به کمتر از ۰/۱ میلی‌گرم در لیتر برساند. بعد از عبور فاضلاب بمیزان ۳۲۵ برابر حجم



شکل (۲) شمای بازیابی فلزات و استفاده مجدد

ستون، سرب در پساب مشاهده گردید که در این صورت بایستی ستون به کمک اسید نیتریک ۰/۵ مولار تمیز گردد.

نتیجه‌گیری

تکنولوژی جذب جلبکی این روزها برای تصفیه انواع فاضلاب مورد استفاده قرار می‌گیرد. نه‌تنها آب تصفیه می‌شود بلکه فلزات سنگین بازیابی و مورد استفاده مجدد قرار می‌گیرند. جذب جلبکی یک روش تعویض یونی بیولوژیکی می‌باشد که مزایایی نسبت به رزینهای تبادل یونی برای بعضی از مقاصد خاص دارد. در حال حاضر فلزات سنگین تبدیل به لجن شده و سپس دفع می‌گردند. این روش اقتصادی نبوده و فکر بر این است که دفن فلزات سنگین در زمین در آینده به طور کامل منتفی گردد. بنابراین بازیابی و استفاده مجدد برای تصفیه فاضلابهای حاوی فلزات سنگین در آینده رشد سریعی خواهد داشت.

References

1)HARRY M.FREEMAN. P.R. SFERRA (1991)
BIOLOGICAL PROCESSES

2)HARRY M. FREEMAN (1989), Standard Handbook of Hazardous Waste Treatment and Disposal

۳) دکتر تاج‌بخش، حسن، باکتری شناسی عمومی، انتشارات دانشگاه تهران چاپ سوّم (۱۳۷۲)

اطلاعیه

پیرو اطلاعیه مهندسین مشاور طرح و تحقیقات آب و فاضلاب موضوع تشکیل دوره‌های آموزشی شبکه و تصفیه‌خانه فاضلاب باطلاع خوانندگان گرامی میرساند که اولین دورهٔ آموزشی از صبح روز یکشنبه مورخ ۱۳۷۳/۱۰/۴ آغاز میگردد. مدت دوره ۴ روز و هزینه‌های مربوطه بشرح زیر میباشد:

۱-کلیه هزینه‌ها شامل، هتل و غذا برای مدت ۴ روز اقامت همچنین هزینه‌های آموزشی شامل کلاسها، بازدیدهای فنی،پذیرایی بین کلاسها و سایر هزینه‌ها جمعاً ۲۸۰۰۰۰ ریال

۲- مانند ردیف اول ولی بدون هزینه هتل جمعاً ۲۳۰۰۰۰ ریال

۳- مانند ردیف اول ولی بدون هزینه هتل و غذا جمعاً ۱۸۰۰۰۰ ریال

از متقاضیان شرکت در دوره‌های بعد تقاضا میشود درخواست شرکت در این کلاسها را به آدرس نشریه و یا فاکس شماره ۶۸۶۱۴۶-۰۳۱ ارسال نمایند تا ترتیب شرکت آنها در کلاسها که بطور متناوب برگزار میگردد داده شود.