



دانشگاه تربیت مدرس
دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی نور

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد
رشته مهندسی منابع طبیعی گرایش محیط زیست

جذب زیستی مخلوط فلزات سنگین در محلول‌های آبی با استفاده از بیومس قارچ
Aspergillus niger

نگارنده

زهرا حاج احمدی

استاد راهنما

دکتر حبیب‌الله یونسی

بهمن 1387



تأییدیه اعضای هیأت داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

اعضای هیأت داوران نسخه نهایی پایان نامه خانم زهرا حاج احمدی تحت عنوان:
جذب زیستی مخلوط فلزات سنگین در محلول های آبی با استفاده از بیومس قارچ *Aspergillus niger*
را از نظر شکل (فرم) و محتوی بررسی نموده و پذیرش آن را برای دریافت درجه کارشناسی ارشد پیشنهاد
می کنند.

ردیف	اعضای هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضا
1	استاد راهنما	دکتر حبیب الله یونسی	استادیار	
2	استاد مشاور	دکتر نادر بهرامی فر	استادیار	
3	نماینده تحصیلات تکمیلی	دکتر سید غلامعلی جلالی	دانشیار	
4	استاد ناظر	دکتر عباس اسماعیلی ساری	استاد	
5	استاد ناظر	دکتر فاطمه تاینده	استادیار	

دستورالعمل حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهشهای علمی دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه: با عنایت به سیاست‌های پژوهشی دانشگاه در راستای تحقق عدالت و کرامت انسانها که لازمه شکوفایی علمی و فنی است و رعایت حقوق مادی و معنوی دانشگاه و پژوهشگران، لازم است اعضای هیات علمی، دانشجویان، دانش آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهشهای علمی که تحت عناوین پایان‌نامه، رساله و طرحهای تحقیقاتی که با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد ذیل را رعایت نمایند:

ماده 1- حقوق مادی و معنوی پایان‌نامه‌ها / رساله‌های مصوب دانشگاه متعلق به دانشگاه است و هرگونه بهره‌برداری از آن باید با ذکر نام دانشگاه و رعایت آیین‌نامه‌ها و دستورالعمل‌های مصوب دانشگاه باشد.

ماده 2- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان‌نامه / رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید به نام دانشگاه بوده و استاد راهنما مسئول مکاتبات مقاله باشند.
تبصره: در مقالاتی که پس از دانش آموختگی بصورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان‌نامه / رساله نیز منتشر می‌شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

ماده 3- انتشار کتاب حاصل از نتایج پایان‌نامه / رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی دانشگاه باید با مجوز کتبی صادره از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه و بر اساس آیین‌نامه‌های مصوب انجام می‌شود.

ماده 4- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه در جشنواره‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان‌نامه / رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده 5- این دستورالعمل در 5 ماده و یک تبصره در تاریخ 1384/4/25 در شورای پژوهشی دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب لازم‌الاجرا است و هرگونه تخلف از مفاد این دستورالعمل، از طریق مراجع قانونی قابل پیگیری خواهد بود.

زهرا حاج احمدی

تاریخ و امضا



دانشگاه تربیت مدرس
دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی نور

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد
رشته مهندسی منابع طبیعی گرایش محیط زیست

جذب زیستی مخلوط فلزات سنگین در محلول‌های آبی با استفاده از بیومس قارچ
Aspergillus niger

نگارنده

زهرا حاج احمدی

استاد راهنما

دکتر حبیب‌الله یونسی

استاد مشاور

دکتر نادر بهرامی‌فر

بهمن 1387

تقدیم

به مادرم:

فرشته مهربان کودکی هایم!

به پدرم:

تکیه گاه صبور نغمه هایم!

و همسرم:

شریک بی همتای لحظه هایم...

تقدیر و تشکر

منت خدای را عزوجل که طاعتش موجب قربت است و به شکر اندرش مزید نعمت. بر خود لازم می‌دانم از استاد محترم راهنما جناب آقای دکتر حبیب‌الله یونسی که با صبوری فوق‌العاده خود زحمت راهنمایی پایان‌نامه اینجانب را بر عهده گرفتند و بیش از آنچه که بر عهده ایشان بود بنده را یاری فرمودند، نهایت تشکر و قدردانی را به عمل آورده و از خدای منان آرزوی توفیق روز افزون ایشان را مسئلت می‌نمایم. همچنین از استاد محترم مشاور جناب آقای دکتر نادر بهرامی‌فر که با راهنمایی‌های ارزنده‌شان در بهبودی هر چه بهتر پایان‌نامه بنده را یاری فرمودند، خالصانه تشکر می‌کنم. از ریاست محترم دانشکده جناب آقای دکتر عباس اسماعیلی ساری، استاد علم و اخلاق که در بهبود شرایط و امکانات آزمایشگاه مساعدت لازم را مبذول فرمودند، همچنین زحمت داوری پایان‌نامه بنده را تقبل کردند، کمال تشکر را دارم. از سرکار خانم دکتر فاطمه تابنده که با دقت و حوصله فراوان پایان‌نامه اینجانب را داوری نمودند، تشکر می‌کنم. از جناب آقای دکتر سید غلامعلی جلالی نماینده تحصیلات تکمیلی نیز نهایت قدردانی را به عمل می‌آورم. از سرکار خانم مهندس منظر حقدوست کارشناس محترم آزمایشگاه محیط زیست که خالصانه در پیشرفت علمی پایان‌نامه مرا یاری دادند، کمال امتنان را دارم. در پایان از تمامی دوستانم به خصوص جناب آقای مهندس علی دانشی و خانم مهندس نسرین حسن‌زاده که از تجربیات علمی خود بنده را بهره‌مند کردند و از هم‌تاقی‌های خوبم خانم‌ها: الهه نوروزی، سیما ببرگیر، سمیه سلطانی‌زاده، زهره صالحی و بهار صلواتی که در این مدت صبورانه با من مدارا کردند، سپاسگذارم.

چکیده

در مطالعه حاضر، جذب زیستی یون‌های فلزی روی (II)، کبالت (II) و کادمیم (II) توسط بیومس *Aspergillus niger* تیمار شده با هیدروکسید سدیم در مخلوط سه‌تایی مورد مطالعه قرار گرفت. بهینه‌سازی جذب زیستی با pH اولیه محلول از 2 تا 7، غلظت اولیه یون فلزی از 10 تا 300 mg I⁻¹ و مقدار بیومس از 0/5 تا 6 g I⁻¹ بررسی گردید. تحت این شرایط میزان بهینه pH اولیه محلول، غلظت یون‌های فلزی و مقدار دوز بیومس به ترتیب 7، 300 mg I⁻¹ و 2 g I⁻¹ به دست آمد. حداکثر حذف مؤثر 93/25%، 89/77% و 99% به ترتیب برای روی (II)، کبالت (II) و کادمیم (II) در غلظت 10 mg I⁻¹ حاصل شد. داده‌های جذب سطحی *A. niger* به خوبی با مدل‌های لانگمایر ($R^2 > 0/92$)، فرنلینخ ($R^2 > 0/97$)، تمکین ($R^2 > 0/96$) و سیپس ($R^2 > 0/97$) تطبیق داده شد. همچنین داده‌های آزمایشی با استفاده از مدل‌های سینتیک شبه درجه یک و شبه درجه دو مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان دادند که فرآیند جذب زیستی روی (II)، کبالت (II) و کادمیم (II) به خوبی با سینتیک شبه درجه دو با $R^2 > 0/99$ و SE و SSE پائین منطبق شد. ماکزیمم جذب سطحی بیومس بر اساس سینتیک شبه درجه دو برای روی (II)، کبالت (II) و کادمیم (II) به ترتیب 35/97، 31/95 و 44/25 mg g⁻¹ به دست آمد. به منظور اتخاذ تصمیم در رابطه با سازوکار جذب فلز به بیومس با دو مکانیسم اتصال سطح سلولی و تجمع درون سلولی، یک مدل جدید با ترکیب مدل سینتیک شبه درجه دو و مدل نفوذ درونی ذره نیز مورد بررسی قرار گرفت. این مدل شرح می‌دهد که جذب فلز توسط بیومس با توجه به اتصال سطح سلولی و تجمع درون سلولی صورت می‌گیرد. نتایج به دست آمده از داده‌ها نشان داد که مکانیسم جذب سطحی اصولاً به صورت اتصال سطح سلولی می‌باشد. بر اساس مشاهدات آزمایشی بیومس غیر زنده *A. niger* جاذبی مناسب برای بازیافت یون‌های فلزات سنگین روی (II)، کبالت (II) و کادمیم (II) از پساب صنایع می‌باشد.

کلمات کلیدی: جذب زیستی، *Aspergillus niger* حذف فلزات سنگین، مخلوط سه‌تایی

فهرست

صفحه	عنوان
	1- مقدمه و کلیات
1	1-1- مقدمه
1	2-1- آلودگی زیستی فلزات سنگین و خطرات ناشی از آنها
3	3-1- آلودگی و سمیت روی و منابع رهاسازی
3	4-1- آلودگی و سمیت کبالت و منابع رهاسازی
4	5-1- آلودگی و سمیت کادمیم و منابع رهاسازی
5	6-1- بیان مسئله
6	7-1- اهداف تحقیق
7	8-1- فرضیه‌ها / پیش فرض‌ها
	2- مروری بر منابع تحقیق
8	1-2- مقدمه
9	2-2- حذف فلزات سنگین
10	3-2- حذف زیستی فلزات سنگین
13	4-2- توانایی جاذب‌های زیستی در حذف فلزات سنگین
15	5-2- جذب زیستی با استفاده از قارچ <i>Aspergillus niger</i>
18	6-2- اثر تیمارهای فیزیکی یا شیمیایی برای افزایش جذب بیومس
21	7-2- مدل‌های سینتیک
21	1-7-2- مدل شبه درجه یک
22	2-7-2- مدل شبه درجه دو
23	3-7-2- مدل نفوذ درونی ذره
23	8-2- مدل‌های هم‌دمای تعادلی
24	1-8-2- مدل هم‌دمای لانگمایر
25	2-8-2- مدل هم‌دمای فرن‌دلیخ
26	3-8-2- مدل هم‌دمای تمکین
26	4-8-2- مدل هم‌دمای سیپس
	3- مواد و روش‌های آزمایش
27	1-3- مقدمه
27	2-3- تهیه و آماده‌سازی بیومس قارچ <i>Aspergillus niger</i>

27	3-2-1- میکروارگانسیم و تهیه محیط کشت
29	3-2-2- انتقال قارچ به محیط کشت رشد
29	3-2-3- جداسازی قارچ از محیط کشت
30	3-2-4- تیمار بیومس <i>A. niger</i> با سود
31	3-3- تهیه محلول یون‌های فلزی
31	3-4- آزمایش‌های جذب زیستی
32	3-5- تعیین حداکثر غلظت مجاز یون‌های فلزی برای آزمایش‌های جذب
34	3-6- اندازه‌گیری یون‌های فلزی با دستگاه کروماتوگرافی مایع با فشار بالا
34	3-7- رسم منحنی کالیبراسیون
37	3-8- تعیین ظرفیت جذب و درصد حذف کاتیون‌های روی (II)، کبالت (II) و کادمیم (II)
37	3-9- روش‌های مدل‌سازی
38	3-10- آنالیز آماری داده‌ها
	4- نتایج
39	4-1- مقدمه
39	4-2- اثر pH بر روی میزان جذب فلزات
42	4-3- اثر غلظت بیومس بر روی میزان جذب فلزات
43	4-4- اثر غلظت اولیه یون فلزات بر روی میزان جذب فلزات
45	4-5- اثر زمان تماس بر روی میزان جذب فلزات
47	4-6- مطالعات سینتیک جذب زیستی
47	4-6-1- مدل خطی شبه درجه یک
49	4-6-2- مدل خطی شبه درجه دو
53	4-7- مطالعات تعادلی جذب زیستی
53	4-7-1- مدل هم‌دمای لانگمایر
55	4-7-2- مدل هم‌دمای فرن‌دلیخ
56	4-7-3- مدل هم‌دمای تمکین
56	4-7-4- مدل هم‌دمای سیپس
59	4-8- مدل ترکیبی نفوذ درونی ذره و شبه درجه دو
	5- بحث، نتیجه‌گیری و پیشنهاد
62	5-1- مقدمه
62	5-2- اثر pH محلول بر روی میزان جذب فلزات توسط قارچ

65	3-5- اثر غلظت بیومس بر روی میزان جذب فلزات توسط قارچ
67	4-5- اثر غلظت اولیه یون‌های فلزی بر روی میزان جذب فلزات توسط قارچ
68	5-5- اثر زمان تماس بر روی میزان جذب فلزات توسط قارچ
70	6-5- مدل‌های سینتیک و مدل‌های تعادلی
76	7-5- نتیجه‌گیری
78	8-5- پیشنهاد
80	منابع

علائم اختصاری

a_S	ثابت همدمای سیپس (1 mg^{-1})
b_{Te}	ثابت همدمای جذب سطحی تمکین (J mol^{-1})
C	ثابت نفوذ درونی ذره در لایه مرزی (mg g^{-1})
C_e	غلظت تعادلی یون فلزی در محلول (mg l^{-1})
C_i	غلظت اولیه یون فلزی در محلول (mg l^{-1})
H	سرعت اولیه جذب زیستی در مدل شبه درجه دو ($\text{mg g}^{-1} \text{ min}^{-1}$)
k_1	ثابت جذب سطحی در مدل شبه درجه یک (min^{-1})
k_2	ثابت جذب سطحی در مدل شبه درجه دو ($\text{g mg}^{-1} \text{ min}^{-1}$)
K_F	ثابت همدمای فرندلیخ (l g^{-1})
k_i	ثابت نفوذ درونی ذره ($\text{mg g}^{-1} \text{ min}^{-1}$)
K_L	ثابت اتصال تعادلی همدمای لانگمایر (1 mg^{-1})
K_S	ثابت همدمای سیپس (l g^{-1})
K_{sp}	حاصل ضرب حلالیت
K_T	ثابت همدمای تمکین (1 mg^{-1})
M	تعداد نقاط داده‌های آزمایشی
N	توان در همدمای فرندلیخ
P	تعداد پارامترها در همدمای جذب زیستی
q_e	مقدار جذب تعادلی فلز (mg g^{-1})
q_i	ظرفیت جذب سطحی مشاهده شده از آزمایش ناپیوسته i (mg g^{-1})
q_m	ماکزیمم ظرفیت جذب سطحی (mg g^{-1})
q_t	مقدار ماده جذب شده توسط جاذب در زمان t (mg g^{-1})
Q_i	ظرفیت جذب زیستی تخمینی از آزمایش ناپیوسته i
R	ثابت عمومی گاز ($8.314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$)
$R\%$	جذب فلز توسط بیومس (%)
R^2	ضریب رگرسیون
R_L	فاکتور جداسازی لانگمایر
SE	خطای استاندارد
SSE	باقیمانده یا مجموع مربع خطا
T	زمان (min)

T	دمای مطلق (K)
V	حجم محلول فلزات (l)
W	وزن خشک بیومس (g)
g	ثابت هم‌دمای سیپس

فهرست جدول‌ها

شماره	عنوان	صفحه
جدول 2-	جذب تعدادی از فلزات سنگین توسط قارچ <i>Aspergillus niger</i> بر حسب pH، غلظت اولیه فلز سنگین، مقدار بیومس، ظرفیت جذب بیومس و درصد حذف فلزات	16
جدول 2-	مدل‌های جذب سطحی سینتیک	21
جدول 2-	مدل‌های هم‌دمای جذب سطحی دو و سه پارامتری	24
جدول 3-	مواد شیمیایی مورد استفاده در محیط کشت مایع	28
جدول 3-	حاصل‌ضرب حلالیت هیدروکسیدهای روی (II)، کبالت (II) و کادمیم (II) در دمای °C	33
جدول 4-	مقایسه جذب سطحی فلزات روی (II)، کبالت (II) و کادمیم (II) در مدل‌های شبه درجه یک و شبه درجه دو	52
جدول 4-	ثابت هم‌دمای مدل‌های دو پارامتری لانگمایر، فرن‌دلیخ و تمکین و سه پارامتری سیپس برای جذب زیستی فلزات روی (II)، کبالت (II) و کادمیم (II) بر روی بیومس <i>A. niger</i>	58
جدول 4-	مقایسه جذب سطحی فلزات روی (II)، کبالت (II) و کادمیم (II) توسط بیومس <i>A. niger</i> در مدل ترکیبی نفوذ درونی ذره و شبه درجه دو	61
جدول 5-	بیومس‌های مورد استفاده برای حذف فلزات روی (II)، کبالت (II) و کادمیم (II) از محلول‌های آبی	75

فهرست شکل‌ها

شماره	عنوان	صفحه
شکل 3-1	منحنی کالیبراسیون به دست آمده جهت اندازه‌گیری Zn(II) (الف)، Co(II) (ب) و Cd(II) (ج) با استفاده از دستگاه کروماتوگرافی یونی	36
شکل 4-1	اثر مقادیر اولیه متفاوت pH بر بازده جذب زیستی فلزات روی (II)، کبالت (II) و کادمیم (II) توسط بیومس <i>A. niger</i> در مقادیر ثابت غلظت اولیه 10 mg l^{-1} و دوز بیومس 1 g l^{-1}	40
شکل 4-2	اثر pH بر جذب زیستی فلزات روی (II)، کبالت (II) و کادمیم (II) توسط بیومس <i>A. niger</i> در مقادیر ثابت غلظت اولیه 10 mg l^{-1} و دوز بیومس 1 g l^{-1}	41
شکل 4-3	اثر مقادیر اولیه متفاوت بیومس بر بازده جذب زیستی فلزات روی (II)، کبالت (II) و کادمیم (II) توسط بیومس <i>A. niger</i> در مقادیر ثابت غلظت اولیه 10 mg l^{-1} و pH 7	42
شکل 4-4	اثر غلظت بیومس بر جذب زیستی فلزات روی (II)، کبالت (II) و کادمیم (II) توسط بیومس <i>A. niger</i> در مقادیر ثابت غلظت اولیه 10 mg l^{-1} و pH 7	43
شکل 4-5	اثر مقادیر اولیه متفاوت غلظت یون فلزی بر بازده جذب زیستی فلزات روی (II)، کبالت (II) و کادمیم (II) توسط بیومس <i>A. niger</i> در مقادیر ثابت pH 6 و دوز بیومس 2 g l^{-1}	44
شکل 4-6	اثر غلظت یون فلزی بر جذب زیستی فلزات روی (II)، کبالت (II) و کادمیم (II) توسط بیومس <i>A. niger</i> در مقادیر ثابت pH 6 و دوز بیومس 2 g l^{-1}	45
شکل 4-7	اثر زمان تماس بر بازده جذب زیستی فلزات روی (II)، کبالت (II) و کادمیم (II) توسط بیومس <i>A. niger</i> با مقادیر ثابت غلظت اولیه 10 mg l^{-1} ، pH 7 و دوز بیومس 2 g l^{-1}	46
شکل 4-8	اثر زمان بر جذب زیستی فلزات روی (II)، کبالت (II) و کادمیم (II) توسط بیومس <i>A. niger</i> در مقادیر ثابت غلظت اولیه 10 mg l^{-1} ، pH 7 و دوز بیومس 2 g l^{-1}	47
شکل 4-9	مدل خطی شبه درجه یک برای فلزات Zn(II) (الف)، Co(II) (ب) و Cd(II) (ج) در غلظت‌های 10 تا 300 mg l^{-1}	48
شکل 4-10	مدل خطی شبه درجه دو برای فلزات Zn(II) (الف)، Co(II) (ب) و Cd(II) (ج) در غلظت‌های 10 تا 300 mg l^{-1}	50
شکل 4-11	هم‌دمای جذب زیستی Zn(II)، Co(II) و Cd(II) توسط قارچ <i>A. niger</i> ، همانندسازی با مدل هم‌دمای لانگمایر	54
شکل 4-12	فاکتور جدا کننده برای جذب سطحی یون‌های فلزی روی (II)، کبالت (II) و کادمیم (II) با بیومس <i>A. niger</i>	54
شکل 4-13	هم‌دمای جذب زیستی Zn(II)، Co(II) و Cd(II) توسط قارچ <i>A. niger</i> ، همانندسازی با مدل هم‌دمای فرن‌دلیخ	55

56	شکل 4- همدمای جذب زیستی Zn(II)، Co(II) و Cd(II) توسط قارچ <i>A. niger</i> ، همانندسازی با مدل همدمای تمکین	14
57	شکل 4- همدمای جذب زیستی Zn(II)، Co(II) و Cd(II) توسط قارچ <i>A. niger</i> ، همانندسازی با مدل همدمای سیپس	15
60	شکل 4- مدل ترکیبی نفوذ درونی ذره و مدل شبه درجه دو برای جذب زیستی فلزات Zn(II) (الف)، Co(II) (ب) و Cd(II) (ج) توسط قارچ <i>A. niger</i> در غلظت‌های 10 تا 1 mg l^{-1} 300	16
72	شکل 5- مقایسه مدل‌های همدمای لانگمایر، فرندلیخ، تمکین و سیپس برای جذب زیستی فلزات Zn(II) (الف)، Co(II) (ب) و Cd(II) (ج) بر روی قارچ <i>A. niger</i>	1

فصل 1

مقدمه و کلیات

1-1- مقدمه

تعاریف بسیاری برای فلزات سنگین (HMs)¹ به کار برده می‌شود. در برخی از این تعاریف، فلز سنگین به عنصری اطلاق می‌شود که جرم اتمی آن از جرم اتمی آهن ($55/8 \text{ g mol}^{-1}$) زیادتر باشد. اگر چه این تعریف به نوعی صحیح می‌باشد، اما به طور کلی فلزات سنگین عناصر کمیابی هستند که حداقل پنج برابر سنگین‌تر از آب می‌باشند، یعنی دانسیته‌ای حدود 5 g cm^{-3} دارند. فلزات با دانسیته کمتر از 5 به عنوان فلزات سبک طبقه‌بندی شده‌اند. یک اشتباه متداول در بحث آلودگی فلزات این است که تمام آلوده‌کننده‌های فلزی را بدون توجه به دانسیته آنها به عنوان فلزات سنگین طبقه‌بندی می‌کنند. فلزات سنگین عنصری با پایداری بالا (غیر قابل تجزیه در بدن) و دارای توانایی تجمع زیستی در زنجیره‌های غذایی بوده و قابلیت انتقال به انسان را دارند. بلع، استنشاق و جذب بر روی پوست راه‌های معمول ورود فلزات سنگین به بدن می‌باشند. آلودگی حاصل از این فلزات و تأثیر آن بر انسان از 50 سال پیش شروع شده است که نتیجه افزایش چشمگیر استفاده از این مواد در محصولات و فرآیندهای صنعتی می‌باشد.

1-2- آلودگی زیستی فلزات سنگین و خطرات ناشی از آنها

آلودگی محیط زیست آبی توسط فلزات سنگین یک مسأله زیست محیطی جهانی می‌باشد (Paul و همکاران، 2006) که به واسطهٔ فعالیت‌هایی مانند بهره‌برداری از معادن، صنعتی شدن و شهرنشینی، در زیست‌کره افزایش یافته است (Rostami و Joodaki، 2002). فاضلاب ناشی از صنایع باتری‌سازی، سرامیک‌سازی، چرم‌سازی، آب‌کاری، نساجی، دباغی، رنگ‌رزی، معدن‌کاوی، گالوانیزه کردن، عملیات پالایش، روکش فلزات، ذوب و استخراج فلزات و دیگر فرآیندهای فلزی در مقیاس کوچک و بزرگ حاوی

¹ Heavy metals

مقادیر قابل توجهی از یون‌های فلزی سمی هستند (Ahluwalia و Goyal، 2007؛ Iqbal و Edyvean، 2004). در سال 1987 آژانس حفاظت محیط زیست ایالات متحده آمریکا (USEPA) لیستی از آلاینده‌های آلی و معدنی را که در فاضلاب یافت می‌شوند و به طور جدی سلامت انسان را تهدید می‌کنند آماده کرد که شامل 13 فلز؛ آنتیموان، آرسنیک، بریلیوم، کادمیم، کرومیم، مس، سرب، جیوه، نیکل، سلنیم، نقره، تالیم و روی می‌باشد (Ramos و همکاران، 2002).

مهمترین اندام جذب‌کننده فلزات سنگین، کلیه‌ها هستند. تعداد بیشماری از فلزات سنگین سمیت بالایی دارند، به عنوان مثال مس (II)، کرومیم (VI) و آرسنیک به سرطان‌زایی مشهورند (Wilde و Benemann، 1993). از نقطه نظر سم شناسی جیوه، سرب، کادمیم و کروم (VI) جزء خطرناکترین فلزات هستند (Ahluwalia و Goyal، 2007). در ژاپن مردمی که در اطراف خلیج می‌نی‌ماتا¹ زندگی می‌کردند، با خوردن ماهی و حلزون‌های آلوده به متیل جیوه به بیماری‌های عصبی دچار شدند. قبل از آن هم ساکنان اطراف رودخانه جینستسو² بیماری دردناک ایتای ایتای را بعد از خوردن برنج‌هایی که توسط رودخانه آلوده به کادمیم، سرب و روی آبیاری شده بود، متحمل گردیدند (Rostami و Joodaki، 2002). از نظر ژئوشیمیایی ارتباط تنگاتنگی بین روی و کادمیم وجود دارد به طوری که خاک‌های آلوده به روی عملاً به کادمیم نیز آلوده شده‌اند. یون‌های فلزی در محیط زیست قابلیت تجمع زیستی³ دارند و در طول زنجیره غذایی نیز بزرگنمایی زیستی⁴ دارند، بنابراین اثر سمیت آنها در جانوران سطوح بالاتر غذایی بیشتر نمود پیدا می‌کند (Ahluwalia و Goyal، 2007). بنابراین دفع فلزات سنگین به محیط زیست یک تهدید جدی بر سلامت انسان و نیز اکوسیستم تلقی می‌گردد (Azab و Peterson، 1989).

1-3- آلودگی و سمیت روی و منابع رهاسازی

روی از جمله فلزاتی است که اغلب در فاضلاب تخلیه شده از صنایعی که شامل زهکش اسیدی معادن، کارخانجات گالوانیزه، کانی‌های طبیعی و کارخانجات تصفیه فاضلاب شهری و غیر قابل تجزیه

¹ Minimata

² Jinstsu

³ Bioaccumulation

⁴ Biomagnification

زیستی یافت شده و از طریق تجمع زیستی به زنجیره‌های غذایی راه می‌یابد (Norton و همکاران، 2004). اما کاربرد عمده آن، گالوانیزه کردن و تولید آلیاژ است (Volesky و Schiewer، 2000). بنابراین اهمیت در خور توجهی در خصوص حذف روی از فاضلاب‌ها وجود دارد. سمیت روی برای انسان در رنج 100-500 میلی‌گرم در روز می‌باشد (Chong و Volesky، 1995). سازمان سلامت جهانی (WHO)¹ ماکزیمم غلظت قابل قبول روی را در آب آشامیدنی 5 میلی‌گرم بر لیتر معرفی کرده است (Mohan و Singh، 2002). روی یکی از عناصر ضروری می‌باشد و در چندین فرآیند متابولیکی شرکت می‌کند. با این وجود تجمع زیاد این فلز در بدن انسان توانایی مسمومیت روده‌ای و معدوی را دارا می‌باشد (Walsh و همکاران، 1994). بیشترین تراکم روی در بدن در اندام‌های تولید مثل است. جذب بسیار بالای روی (1 الی 2 گرم) در انسان با سردرد، تهوع، دردهای شکم و اسپاسم دستگاه گوارش همراه است (اسماعیلی، 1381).

1-4- آلودگی و سمیت کبالت و منابع رهاسازی

استخراج کبالت به منظور تولید آلیاژ، آبکاری الکتریکی، تولید گاز توربین‌ها و صنعت پتروشیمی، کبالت را در تمام بخش‌های بیوسفر منتشر کرده است (Kuyucak و Volesky، 1989). تخلیه زائدات کبالت در محیط زیست، به طور عمده اثرات گوناگونی بر روی همه موجودات زنده از جمله انسان، حیوانات، گیاهان و میکروارگانیسم‌ها دارد (Pal و همکاران، 2006). کبالت برای انسان به عنوان بخشی از ویتامین B₁₂ سودمند است که این برای سلامتی انسان بسیار لازم است. ترکیبات کبالت همچنین به عنوان دارو برای بیماری‌هایی که با کم خونی مواجه‌اند، استفاده می‌گردد. اما سطح بالاتر کبالت می‌تواند برای سلامتی انسان اثر معکوس داشته باشد. در واقع کبالت از طریق خاک و یا آب آلوده در گیاهان تجمع یافته و وارد زنجیره غذایی می‌شود. جذب بالاتر کبالت می‌تواند منجر به سردرد، حالت تهوع، مشکلات بینایی، ناراحتی‌های قلبی و آسیب به تیروئید گردد (Dahiya و همکاران، 2008). اختلالات عصبی

¹ World Health Organization

سمی¹ و سمیت ژنی² از دیگر آسیب‌های جدی کبالت بر روی انسان می‌باشد که در حالت مزمن می‌تواند منجر به سرطان گردد (Lison و همکاران، 2001).

1-5- آلودگی و سمیت کادمیم و منابع رهاسازی

کادمیم یکی از آلاینده‌های خطرناک می‌باشد که منشاء آن معمولاً از فرآیندهای صنعتی مثل آب‌کاری الکتریکی، کارخانجات پلاستیک‌سازی، باتری‌های نیکل کادمیمی، کودهای شیمیایی، رنگ‌سازی، معدن‌کاوی و فرآیندهای ذوب و استخراج فلزات ناشی می‌گردد (Sari و Tuzen، 2008). کادمیم یک نیمه عمر 10 تا 30 ساله دارد و تجمع آن در بدن انسان بر کلیه و استخوان تأثیر دارد و می‌تواند منجر به سرطان گردد؛ با این حال استفاده از آن در کاربردهای صنعتی مانند آب‌کاری، رنگ‌سازی و باتری‌سازی در حال افزایش است (Goyal و Ahluwalia، 2007). به علت یافته‌های اخیر درباره سمیت خیلی حاد کادمیم، این فلز به عنوان فلز استراتژیک می‌تواند در زمره سه فلز بزرگ³ شامل سرب، آلومینیوم و جیوه مطرح گردد (Dursun و همکاران، 2003a). سمیت کادمیم می‌تواند به صورت علائم گوناگونی مانند نارسائی کلیوی، افزایش فشار خون، آسیب کبدی، صدمه به ریه و نقص ژنتیکی ریختی⁴ مشاهده گردد (Hajjaligo و همکاران، 2006). قوانین زیست محیطی سخت و دستورالعمل‌های EEC⁵ در آلمان، تنها به صنایعی که حاوی $0/5 \text{ mg I}^{-1}$ کادمیم باشد، پروانه جواز می‌دهد (WHO، 1992). در آمریکا سطح قابل قبول کادمیم در آب آشامیدنی $0/01 \text{ mg I}^{-1}$ تعیین گردیده است (Volesky، 1990).

1-6- بیان مسئله

افزایش استفاده از فلزات و مواد شیمیایی در فرآیندهای صنعتی منجر به تولید مقدار زیادی فاضلاب گردیده که شامل سطح بالایی از فلزات سنگین سمی می‌باشد. بر طبق استانداردهای آب استفاده شده در

¹ Neurotoxicological disorders

² Genotoxicity

³ Big three

⁴ Tetragenic

⁵ European Economic Community