

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده کشاورزی

گروه مهندسی علوم خاک

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد مهندسی علوم خاک

گرایش شیمی و حاصلخیزی خاک

موضوع:

بررسی کارایی برخی از جاذب های آلی در حذف کادمیوم از محلول های آبی

استاد راهنما:

دکتر ابراهیم سپهر

پژوهش و نگارش:

امیر توسن

بهمن ماه ۱۳۹۲

حق چاپ و نشر مطالب این پایان نامه برای دانشگاه ارومیه محفوظ است

تقدیم بہ پدر و مادر عزیز و مہربانم

کہ در این راہ سحتی ما را بر من

آسان نمودند

پروردگار اساس که توفیق رسیدن به این راه را عطا می نمودی

از استاد لرامی جناب آقای دلشیر ابراهیم سپهر که بارها بنامهای ارزتمند و ارزنده خویش مراد انجام این پایان

نامه یاری نمودند کمال سطر و قدر دانی می نمایم.

سکرو سپاس از زحمات اساتید لرامی آقای دلشیر عباس صدیقی و دلشیر حمید خداوردیلو که دایره این پایان

نامه را قبول زحمت فرمودند.

چکیده

استفاده از جاذب های آلی برای حذف فلزات سنگین از آبهای آلوده به جای جاذب های گرانقیمت بخصوص در کشورهای در حال توسعه بسیار مناسب می باشد. در این مطالعه همدماهای جذب کادمیوم و کاربرد برخی از جاذب های آلی (ساقه آفتابگردان، بقایای هرس سیب و انگور) در حذف کادمیوم از سیستم محلول با غلظت اولیه کادمیوم (۰ تا ۲۰۰ میلی گرم در لیتر) در سه سطح pH (۴، ۶، ۸) و دو قدرت یونی (۰/۳ و ۰/۱ مولار) بررسی گردید. با افزایش غلظت اولیه کادمیوم و pH، جذب کادمیوم توسط هر سه جاذب آلی افزایش یافت، ولی کارایی حذف با افزایش غلظت اولیه کادمیوم کاهش پیدا کرد. داده های آزمایشی با معادلات لانگمویر و فروندلیچ و تمکین برازش یافتند و بین مدل های جذب، مدل لانگمویر برای هر سه جاذب برازش بهتری نشان داد ($R^2=0/99$). نتایج نشان داد که pH و قدرت یونی اثر قابل توجهی بر پارامترهای جذب کادمیوم دارند و حداکثر جذب تک لایه ای (q_{max}) و انرژی جذب (K_L) در هرسه جاذب با افزایش pH به طور معنی داری افزایش پیدا کرد. بطوریکه با افزایش pH از ۴ به ۸ q_{max} در ساقه آفتابگردان از ۸۱۰۶ به ۸۹۰۵ میلی گرم در کیلوگرم، در بقایای هرس سیب از ۷۰۰۰ به ۷۸۹۵ میلی گرم در کیلوگرم و در بقایای هرس انگور از ۷۵۰۰ به ۸۲۵۵ میلی گرم در کیلوگرم رسید و ضرایب جذب فروندلیچ (K_F و n) و تمکین (K_T و A) نیز روند مشابهی با افزایش pH نشان دادند. اما با افزایش قدرت یونی پارامترهای جذب کاهش یافتند به گونه ای که در مورد ساقه آفتابگردان q_{max} بطور میانگین از ۸۷۰۲ به ۷۹۵۳ میلی گرم بر کیلوگرم و K_L از ۰/۱۶ به ۰/۰۶ لیتر بر میلی گرم کاهش یافتند. در نهایت میتوان نتیجه گرفت که هر سه جاذب آلی کارایی بالایی در جذب کادمیوم از سیستم محلول را دارند و ساقه آفتابگردان بطور نسبی ظرفیت جذب بیشتری در مقایسه با بقایای هرس سیب و انگور را داشت.

کلمات کلیدی: کادمیوم، جذب سطحی، جاذب های آلی، ایزوترم، pH، قدرت یونی، سیستم محلول

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
	فصل اول: مقدمه و هدف
۱	۱-۱-۱- مقدمه
۴	۱-۲- اهداف
۵	فصل دوم: کلیات و بررسی منابع
۵	۱-۲- آلودگی آب
۵	۲-۲- فلزات سنگین
۶	۳-۲- انسان در معرض آلودگی به فلزات سنگین
۷	۴-۲- کادمیوم
۸	۲-۴-۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی کادمیوم
۹	۲-۴-۲- کاربرد های کادمیوم
۱۰	۲-۴-۳- منابع آلاینده کادمیوم در محیط زیست
۱۱	۲-۴-۴- راه های ورود کادمیوم به محیط زیست
۱۲	۲-۵- اثرات نامطلوب کادمیوم
۱۲	۲-۵-۱- اثر نامطلوب بر سلامت انسان
۱۴	۲-۵-۲- اثر نامطلوب بر گیاهان
۱۶	۲-۵-۳- علائم سمیت کادمیوم در گیاه
۱۷	۲-۵-۴- اثر نامطلوب بر اکوسیستم های آبی
۱۹	۲-۵-۵- اثر نامطلوب بر سلامت حیوانات
۱۹	۲-۶- شکل های کادمیوم در فاز محلول

۲۰	۷-۲- راه های کنترل کادمیوم در محیط زیست
۲۰	۲-۷-۱- انواع جذب
۲۱	۲-۸- کاربرد بقایای محصولات کشاورزی در حذف فلزات سنگین از محلول های آبی
۲۱	۲-۸-۱- بیوجاذب ها
۲۳	۲-۹- کاربرد سایر جاذب ها
۲۳	۲-۹-۱- رس ها
۲۵	۲-۹-۲- کانی ها
۲۶	۲-۹-۳- کربن فعال
۲۷	۲-۱۰- مطالعات همدماهای جذب کادمیوم بر روی جاذب های آلی
۲۸	۲-۱۱- اثر عوامل مختلف بر جذب کادمیوم بر روی جاذب های آلی
۲۹	۲-۱۱-۱- اثر pH اولیه محلول بر روی جذب کادمیوم
۳۰	۲-۱۱-۲- اثر قدرت یونی محلول بر روی جذب کادمیوم
۳۱	۲-۱۱-۳- اثر غلظت اولیه یون های فلزی بر روی جذب
۳۲	۲-۱۱-۴- اثر غلظت ماده جاذب بر روی میزان جذب
۳۴	فصل سوم: مواد و روش ها
۳۴	۳-۱- خصوصیات جاذب های آلی مورد استفاده
۳۴	۳-۲- تهیه نمونه جاذب های آلی
۳۶	۳-۳- تهیه محلول مادر
۳۷	۳-۴- تهیه محلول با قدرت یونی مختلف
۳۷	۳-۵- تهیه غلظت های مختلف کادمیوم از محلول مادر

۳۷	۳-۶- آزمایشات همدمای جذب
۳۸	۳-۷- بررسی اثر قدرت یونی بر جذب کادمیوم
۳۹	۳-۸- تهیه محلول های استاندارد
۳۹	۳-۹- واسنجی دستگاه جذب اتمی
۳۹	۳-۱۰- اندازه گیری کادمیوم در نمونه های صاف شده
۳۹	۳-۱۱- کارایی حذف کادمیوم توسط جاذب های آلی
۴۰	۳-۱۲- مدل های همدمای جذب کادمیوم بر روی جاذب های آلی
۴۰	۳-۱۲-۱- معادله لانگمویر
۴۱	۳-۱۲-۲- معادله فروندلیچ
۴۱	۳-۱۲-۳- معادله تمکین
۴۲	۳-۱۳- تعیین ضریب رگرسیون
۴۲	۳-۱۴- تعیین ضریب NSE
۴۳	۳-۱۵- تعیین اشتباه استاندارد بر آورد
۴۳	۳-۱۶- تجزیه آماری داده ها
۴۴	فصل چهارم: نتایج و بحث
۴۴	۴-۱- اثر غلظت اولیه بر روی مقدار جذب کادمیوم و کارایی حذف جاذب ها
۴۴	۴-۱-۱- ساقه آفتابگردان
۴۸	۴-۱-۲- بقایای هرس سیب
۵۲	۴-۱-۳- بقایای هرس انگور
۶۰	۴-۲- اثر pH محلول بر روی جذب کادمیوم
۶۳	۴-۳- مطالعات هم دماهای جذب کادمیوم

۶۳	۴-۳-۱- مدل لانگمویر
۶۸	۴-۳-۲- مدل فروندلیچ
۷۲	۴-۳-۳- مدل تمکین
۷۶	۴-۴- اثر قدرت یونی بر جذب کادمیوم
۸۲	۴-۵- نتیجه گیری
۸۳	۴-۶- پیشنهادات
۸۴	فصل پنجم: منابع

فهرست جداول

صفحه	عنوان
	جدول ۴-۱- کارایی حذف و مقدار کادمیوم جذب شده در غلظت های مختلف کادمیوم توسط
۴۵	ساقه آفتابگردان در pH ۴
	جدول ۴-۲- کارایی حذف و مقدار کادمیوم جذب شده در غلظت های مختلف کادمیوم توسط
۴۶	ساقه آفتابگردان در pH ۶
	جدول ۴-۳- کارایی حذف و مقدار کادمیوم جذب شده در غلظت های مختلف کادمیوم توسط
۴۷	ساقه آفتابگردان در pH ۸
	جدول ۴-۴- کارایی حذف و مقدار کادمیوم جذب شده در غلظت های مختلف کادمیوم توسط
۴۹	بقایای هرس سیب در pH ۴
	جدول ۴-۵- کارایی حذف و مقدار کادمیوم جذب شده در غلظت های مختلف کادمیوم توسط
۵۰	بقایای هرس سیب در pH ۶
	جدول ۴-۶- کارایی حذف و مقدار کادمیوم جذب شده در غلظت های مختلف کادمیوم توسط
۵۱	بقایای هرس سیب در pH ۸
	جدول ۴-۷- کارایی حذف و مقدار کادمیوم جذب شده در غلظت های مختلف کادمیوم توسط
۵۳	بقایای هرس انگور در pH ۴
	جدول ۴-۸- کارایی حذف و مقدار کادمیوم جذب شده در غلظت های مختلف کادمیوم توسط
۵۴	بقایای هرس انگور در pH ۶
	جدول ۴-۹- کارایی حذف و مقدار کادمیوم جذب شده در غلظت های مختلف کادمیوم توسط
۵۵	بقایای هرس انگور در pH ۸

- جدول ۴-۱۰- برآزش داده های جذب کادمیوم توسط ساقه آفتابگردان با معادله لانگ مویر
و محاسبه ضرایب آن ۶۴
- جدول ۴-۱۱- برآزش داده های جذب کادمیوم توسط بقایای هرس سیب با معادله لانگ مویر
و محاسبه ضرایب آن ۶۵
- جدول ۴-۱۲- برآزش داده های جذب کادمیوم توسط بقایای هرس انگور با معادله لانگ مویر
و محاسبه ضرایب آن ۶۶
- جدول ۴-۱۳- برآزش داده های جذب کادمیوم توسط ساقه آفتابگردان با معادله فروندلیچ
و محاسبه ضرایب آن ۶۹
- جدول ۴-۱۴- برآزش داده های جذب کادمیوم توسط بقایای هرس سیب با معادله فروندلیچ
و محاسبه ضرایب آن ۷۰
- جدول ۴-۱۵- برآزش داده های جذب کادمیوم توسط بقایای هرس انگور با معادله فروندلیچ
و محاسبه ضرایب آن ۷۱
- جدول ۴-۱۶- برآزش داده های جذب کادمیوم توسط ساقه آفتابگردان با معادله تمکین
و محاسبه ضرایب آن ۷۳
- جدول ۴-۱۷- برآزش داده های جذب کادمیوم توسط بقایای هرس سیب با معادله تمکین
و محاسبه ضرایب آن ۷۴
- جدول ۴-۱۸- برآزش داده های جذب کادمیوم توسط بقایای هرس انگور با معادله تمکین
و محاسبه ضرایب آن ۷۵
- جدول ۴-۱۹- ثابت های ایزوترمی، ایزوترم لانگ مویر، فروندلیچ و تمکین (ساقه آفتابگردان) ۸۰
- جدول ۴-۲۰- ثابت های ایزوترمی، ایزوترم لانگ مویر، فروندلیچ و تمکین (بقایای هرس سیب) ۸۱

فهرست شکل‌ها

صفحه	عنوان
۳۴	شکل ۳-۱- تصویر شاخه های حاصل از هرس درخت سیب
۳۵	شکل ۳-۲- تصویر شاخه های حاصل از هرس درخت انگور
۳۵	شکل ۳-۳- تصویر ساقه های خرد شده آفتابگردان
۳۶	شکل ۳-۴- تصویر جاذب های آلی (ساقه آفتابگردان، بقایای هرس انگور، بقایای هرس سیب) شکل ۴-۱- مقدار کادمیوم جذب شده توسط ساقه آفتابگردان، بقایای هرس سیب و
۵۶	انگور در ۴ pH
	شکل ۴-۲- مقدار کادمیوم جذب شده توسط ساقه آفتابگردان، بقایای هرس سیب و
۵۷	انگور در ۶ pH
	شکل ۴-۳- مقدار کادمیوم جذب شده توسط ساقه آفتابگردان، بقایای هرس سیب و
۵۷	انگور در ۸ pH
۵۸	شکل ۴-۴- مقایسه کارایی حذف ساقه آفتابگردان، بقایای هرس سیب و انگور در ۴ pH
۵۹	شکل ۴-۵- مقایسه کارایی حذف ساقه آفتابگردان، بقایای هرس سیب و انگور در ۶ pH
۵۹	شکل ۴-۶- مقایسه کارایی حذف ساقه آفتابگردان، بقایای هرس سیب و انگور در ۸ pH
	شکل ۴-۷- مقدار کادمیوم جذب شده توسط ساقه آفتابگردان در سطوح مختلف
۶۰	pH (۴، ۶ و ۸)
	شکل ۴-۸- مقدار کادمیوم جذب شده توسط بقایای هرس سیب در سطوح مختلف
۶۱	pH (۴، ۶ و ۸)

شکل ۴-۹- مقدار کادمیوم جذب شده توسط بقایای هرس انگور در سطوح مختلف

۶۲ pH (۸، ۶ و ۴)

شکل ۴-۱۰- مقدار کادمیوم جذب شده توسط ساقه آفتابگردان در pH ۴ با قدرت یونی

۷۶ (۰/۰۳ و ۰/۱ مولار)

شکل ۴-۱۱- مقدار کادمیوم جذب شده توسط ساقه آفتابگردان در pH ۸ با قدرت یونی

۷۷ (۰/۰۳ و ۰/۱ مولار)

شکل ۴-۱۲- مقدار کادمیوم جذب شده توسط بقایای هرس سیب در pH ۴ با قدرت یونی

۷۷ (۰/۰۳ و ۰/۱ مولار)

شکل ۴-۱۳- مقدار کادمیوم جذب شده توسط بقایای هرس سیب در pH ۸ با قدرت یونی

۷۸ (۰/۰۳ و ۰/۱ مولار)

۱-۱- مقدمه

آلودگی محیط زیست به فلزات سنگین در نتیجه ی توسعه سریع صنایع و تکنولوژی و سمیت حاصل از این مواد و تجمع زیستی آنها در زنجیره غذایی تبدیل به یک تهدید جدی برای محیط زیست و سلامتی انسان شده است. فلزات سنگین اغلب توسط فاضلاب های حاصل از صنایع فلز کاری، تولید مواد شیمیایی، کودهای فسفوره، تولید چرم، زهکشی معادن، ضایعات شهری، تولید باتری و احتراق سوخت های فسیلی وارد محیط زیست شده که منجر به آلودگی آب های شیرین می شوند (Riely و همکاران، ۱۹۹۲). در حال حاضر فلزات سنگین در بین آلاینده ها مهم ترین آلاینده در سطح آب و خاک می باشند (Brinza و همکاران، ۲۰۰۹). فلزات سنگین به مدت طولانی در محیط زیست باقی می مانند زیرا توسط میکروارگانیزم ها قابل تجزیه نیستند، همچنین تحرک فلزات در خاک در مقایسه با دیگر فلزات، بواسطه ظرفیت بالای ذرات خاک در جذب کم می باشد، فلزات سنگین مانند Cu, Hg, Pb, Cr, Cd, Zn, Ni جزو مرسوم ترین آلوده کننده های یافت شده در فعالیت های صنعتی بوده که حتی در غلظت های کم نیز سمی می باشند.

در سال های اخیر کادمیوم بعنوان یکی از سمی ترین فلزات سنگین مورد توجه زیادی قرار گرفته است، این فلز یکی از خطرناک ترین عناصر از نقطه نظر خطر بالقوه برای سلامتی انسان می باشد (Alvarez و همکاران، ۲۰۰۷). کادمیوم از مسیر های مختلف و عمدتاً تحت تاثیر فعالیت های انسان وارد محیط زیست شده و به دلیل تحرک کم در طول زمان در محیط انباشته می شود که در نهایت وارد چرخه غذایی گردیده و سلامت انسان و محیط زیست را به خطر می اندازد.

غلظت معمول این عنصر در خاکها ۰/۰۱ تا ۲ میلی گرم در کیلوگرم است (Alloway, ۱۹۹۵). حداکثر مجاز کادمیوم در آب آشامیدنی، بر مبنای متوسط مصرف روزانه آب آشامیدنی معادل با ۲/۵ لیتر، برای انسانی به وزن ۷۰ کیلوگرم ۰/۰۰۵ میلی گرم بر لیتر است (احمدی، ۱۳۸۷). مقادیر بیش از حد در آب های آشامیدنی باعث بروز بیماری هایی از جمله تخریب کلیه، فشار خون، آسیب های کبدی و دردهای طاقت فرسای استخوان می گردد. راه های اصلی ورود کادمیوم به بدن انسان مصرف آب آلوده، مواد غذایی گیاهی و تنفس گرد و غبار حاوی کادمیوم می باشد. بدن انسان توانایی دفع فلزات را ندارد در نتیجه در اندام های مختلف بدن تجمع پیدا کرده و موجب آسیب های جدی به بدن می شوند. بنابراین حذف یون های فلزی سنگین از فاضلاب برای حفظ سلامت جامعه بسیار مهم می باشد.

روش های مختلفی برای حذف فلزات سنگین از آب های آلوده و فاضلاب ها وجود دارند که عبارتند از: رسوب شیمیایی، تبادل یونی، الکترودیالیز، اسمز معکوس، فیلتراسیون غشایی، و جذب (Gavrilescu و همکاران، ۲۰۰۹). در میان روش های ذکر شده در حال حاضر جذب به عنوان یک روش موثر و کار آمد و اقتصادی برای تصفیه فاضلاب ها در نظر گرفته شده است، جذب سطحی یکی از فرآیند های کارآمد برای حذف فلزات سنگین از محلول های آبی است، این فرآیند تحت تاثیر عواملی از جمله pH، قدرت یونی و ترکیب محلول قرار می گیرد (Jiang و همکاران، ۲۰۱۰).

در سال های اخیر برخی مطالعات با هدف توسعه ی مواد جدید و به خصوص ارزان و جاذب هایی پایدار برای حذف فلزات سنگین از فاضلاب ها انجام شده است (Brinza و همکاران، ۲۰۰۵). این مواد می بایستی میل ترکیبی، گزینش و ظرفیت جذب بالایی در برابر فلزات سنگین داشته باشند. در میان بسیاری از تکنولوژی های جدید، استفاده از بقایای گیاهی به عنوان جاذب برای حذف مواد شیمیایی سمی از فاضلاب ها یک تکنولوژی برجسته می باشد.

ظرفیت جذب اکثر مواد جاذب با تغییر pH محلول تغییرات قابل توجهی را نشان داده اند (Voleskey, ۱۹۹۵). این وابستگی جذب فلز به pH ممکن است در ارتباط با گروه‌های عاملی بیومس، و شیمی محلول باشد (Lee, ۱۹۹۸ و Annadurai, ۲۰۰۲).

قدرت یونی یکی دیگر از عوامل مهم و موثر در جذب می باشد. اثرات قدرت یونی روی جذب می تواند برای تشخیص نوع درون کره ای و برون کره ای جذب استفاده شود، بطوری که جذب برون کره ای (غیر اختصاصی) به دلیل رقابت بین یون های جذب شده با الکترولیت های موجود در محلول پس زمینه بر سر مکان های قابل دسترس برای جذب تحت تاثیر تغییرات قدرت یونی قرار می گیرد، اما در کمپلکس درون کره ای فاصله یون های جذب شده به سطح ماده جاذب نسبت به یون های موجود در محلول پس زمینه کمتر بوده و لذا تحت تاثیر تغییرات قدرت یونی محلول قرار نمی گیرد، بطور مثال Krishnan (۲۰۰۳) از کربن فعال بدست آمده از مغز نیشکر برای حذف کادمیوم از سیستم محلول استفاده نمودند که نتایج آن ها نشان داد کاهش قدرت یونی محلول موجب شد تا ظرفیت جذب جاذب نیز افزایش پیدا کند. اثر قدرت یونی بر روی جذب از طریق اثر آن روی پتانسیل الکترواستاتیکی بر روی مکان های جذبی است، به طوریکه با افزایش قدرت یونی پتانسیل زتا در pH های اسیدی کاهش یافته و موجب افزایش جذب فلزات سنگین می شود (Bowden, ۱۹۸۰).

با توجه به فراوانی ساقه آفتابگردان، بقایای هرس سیب و انگور در استان آذربایجان غربی و اهمیت بقایای محصولات کشاورزی به عنوان جاذب های آلی و کم هزینه در جذب فلزات سنگین از محلول های آبی، از این سه جاذب در حذف کادمیوم از سیستم محلول با اهداف ذیل استفاده گردید.

۱-۲- اهداف:

- ۱- ارزیابی کارایی سه جاذب آلی (ساقه آفتابگردان، بقایای هرس سیب و انگور) در حذف کادمیوم
- ۲- بررسی تاثیر pH در جذب کادمیوم توسط جاذب های آلی مورد استفاده
- ۳- بررسی تاثیر غلظت اولیه کادمیوم در جذب کادمیوم توسط جاذب های آلی مورد استفاده
- ۴- بررسی قدرت یونی در جذب کادمیوم توسط جاذب های آلی مورد استفاده
- ۵- مقایسه مدل های لانگمویر، فروندلیچ و تمکین در توصیف داده های جذب کادمیوم
- ۶- بررسی تاثیر pH، قدرت یونی و غلظت اولیه کادمیوم بر روی پارامترهای جذب از جمله حداکثر جذب، شدت جذب و ظرفیت جذب

۲-۱- آلودگی آب

آلودگی آب های سطحی و زیر زمینی یک معضل بزرگ در تمام دنیاست. دو نوع اصلی آلودگی وجود دارد، متمرکز^۱ و غیر متمرکز^۲، آلودگی متمرکز آلودگی است که می توان آن را تا منشاء خاصی مانند یک مکان صنعتی، یک مخزن فاضلاب و یا یک تاسیسات تصفیه فاضلاب دنبال کرد. آلودگی غیر متمرکز از مناطق وسیعی سرچشمه می گیرند و لذا نمی توان آن را به یک منشاء واحدی نسبت داد، این نوع آلودگی در اثر فعالیت های طبیعی و انسانی ایجاد می شود. آلودگی های غیر متمرکز از فعالیت های کشاورزی، انسانی، جنگلی، شهری، ساختمانی و معدنی و فروگذاشت اتمسفری ناشی می شوند (Dragun, ۱۹۸۸). تقریباً تمام آب موجود بر روی کره ی زمین (۹۷/۲ درصد) در اقیانوس ها جای گرفته است اما غلظت زیاد نمک موجود در آب اقیانوس ها استفاده از این منابع عظیم آب را برای مقاصد کشاورزی، شهرنشینی و صنعتی تقریباً غیر ممکن ساخته است، افزایش جمعیت جهان و افزایش مصرف آب و کمبود حاصل از آن بر اثر آلودگی منابع آبی نیز تشدید شده و سبب گردیده تا تامین آب آشامیدنی به یکی از دغدغه های اساسی جامعه انسانی تبدیل گردد بطوری که بر اساس پیش بینی های سازمان ملل در سال ۲۰۲۵ حدود ۴۸ کشور در جهان دچار کمبود آب آشامیدنی خواهند شد.

۲-۲- فلزات سنگین

فلز سنگین به عنصری اطلاق می شود که جرم حجمی آنها از ۵ گرم بر سانتی متر مکعب زیادتر باشد، به دلیل تنوع بسیار زیاد در استفاده از فلزات سنگین آلودگی آب و خاک به وسیله این عناصر از راه های بسیار متنوعی صورت می پذیرد، در حال حاضر فلزات سنگین در بین آلاینده ها مهم ترین

^۱Point

^۲Nonpoint

آلاینده در سطح آب و خاک می باشند (Brinza همکاران، ۲۰۰۹). برخی از فلزات سنگین به مقدار کمبرای موجودات زنده ضروری می باشند اما افزایش بیش از حد فلزات سنگین ضروری نیز می تواند برای موجودات زنده مضر باشد. فلزات سنگین از طریق آبخویی فاضلاب ها خاک و آب آلوده می توانند وارد سیستم تغذیه ای انسان شوند. در حال حاضر تخلیه فاضلاب ها سبب افزایش غلظت فلزات سنگین در محیط زیست می شوند و این فلزات در محیط تجزیه نشده و زیست تجزیه ناپذیر می باشند. آلودگی محیط زیست یک پدیده انسانی و به عنوان یک مشکل بزرگ و عمده ای است که باید کنترل گردد (Ersoz و Unlu، ۲۰۰۶).

۲-۳- انسان در معرض آلودگی به فلزات سنگین

عمده آلودگی ها از طریق زنجیره غذایی، انسان را تحت تاثیر قرار می دهند، این مسئله شامل استفاده از آبهای سطحی و زیر زمینی نیز می گردد. در جریان انتقال مواد آلاینده از یک جزء زنجیره غذایی به جزء دیگر فرایندهای مختلف کمیت و کیفیت ماده آلاینده را تحت تاثیر قرار می دهند. بر همین اساس قوانینی که در مورد مواد آلاینده وضع می شود با توجه به نوع ماده تغییر می کند، برای مثال علی رغم سمی تر بودن سرب نسبت به کادمیوم قوانین مربوطه حداکثر غلظت مجاز سرب را بیشتر از حداکثر غلظت مجاز کادمیوم در خاک تعیین می کنند. دلیل این امر به رفتار این دو عنصر در خاک و گیاه بر می گردد. در غلظت های مساوی سرب و کادمیوم در خاک، غلظت کادمیوم در گیاه بسیار بیشتر از غلظت سرب خواهد بود به همین ترتیب کادمیوم قابلیت انتقال زیادتری نسبت به سرب در زنجیره غذایی برخوردار است (Crump، ۱۹۸۴). علاوه بر انتقال مواد در زنجیره غذایی، مسیرهای متعدد دیگری هستند که انسان را در معرض آلودگی قرار می دهند به طوری که برخی ترکیبات آلاینده پس از آنکه به آب های سطحی یا زیر زمینی راه یافتند در استفاده مجدد از آب، همراه آب آبیاری یا

آب شرب وارد بدن انسان یا دام می گردند. از طرف دیگر برخی مواقع مواد آلاینده مستقیماً به همراه خاک وارد بدن علفخواران و یاکودکانی که در پارک ها و چمنزارها بازی می کنند می شوند، بعلاوه گرد و غبار حاصل از توفان به هنگام تنفس مقادیر قابل توجهی از عناصر آلاینده را وارد دستگاه تنفسی انسان و دام می کند (Anderson و همکاران، ۱۹۸۳).

۲-۴- کادمیوم

کادمیوم در سال ۱۸۱۷ توسط استرومیر کشف شد و نام آن از کلمه ی یونانی کادمیا از سنگ معدنی به نام کالامین مشتق شده است (Merian، ۱۹۹۱). کادمیوم به طور وسیعی در پوسته زمین با متوسط حدود ۰/۱ میلی گرم بر کیلوگرم وجود دارد و معمولاً همراه با مواد معدنی محتوی فسفر و روی دیده می شود (Alloway، ۱۹۹۵). غلظت این عنصر در خاکهای غیر آلوده کمتر از ۵ میلی گرم بر کیلوگرم است اما ممکن است بسته به نوع مواد مادری به ۳ میلی گرم بر کیلوگرم هم برسد. در خاک های آلوده محتوای کادمیوم از ۱۶۰ میلی گرم بر کیلوگرم تجاوز کرده و در خاک های اطراف کارخانجات ذوب فلزات از این مقدار نیز فزون تر است (بای بوردی، ۱۳۸۴). کانی های اولیه دارای کادمیوم شامل کربنات کادمیوم^۳ (CdCO₃)، گرینوکیت^۴ (CdS)، اسفالریت^۵ (ZnS)، اسمیلت سونیت^۶ (ZnCO₃)، و همیمورفیت^۷ (Zn₄Si₂O₇(OH)₂.H₂O) می باشند. هوازدگی خاک موجب آزاد شدن یون های کادمیوم از این کانی ها می شود که معمولاً بصورت متحرک و محلول در آب است. ترکیبات شیمیایی کادمیوم بصورت مصنوعی نیز تولید می شوند و این ترکیبات معمولاً به فرم جامد و پودری شکل وجود دارند، برای مثال هیدروکسید کادمیوم پودر سفید رنگ و سولفید کادمیوم پودری به رنگ زرد روشن است، همچنین

^۳Otavite

^۴Greenockite

^۵Sphalerite

^۶Smithsonite

^۷Hemimorphite