

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری



دانشکده علوم پایه

گروه شیمی

تعادل و سینتیک جذب سرب روی سبوس برنج فعال شده

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

در رشته‌ی شیمی گرایش معدنی

عبدالباری عمری

استاد راهنما:

دکتر وحید محمدی

استاد مشاور:

دکتر مسعود رجبی

بهمن ۱۳۹۲

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

چکیده

در تحقیق حاضر جذب یون سرب (II) در محلول های آبی توسط سبوس برنج فعال شده استفاده شده است. اثر پارامترهای آزمایشگاهی مانند اثر pH، اثر زمان تماس، و غلظت اولیه سرب مورد بررسی قرار گرفته است. توانایی جذب سرب (II) توسط سبوس برنج فعال شده با افزایش pH افزایش می یابد، شرایط بهینه جذب Pb (II) از محلول های آبی در pH برابر ۵، زمان تماس ۱ ساعت و مقدار جذب ۰/۰۸ گرم سبوس برنج فعال شده به دست آمد که با سینتیک شبه مرتبه دوم مطابقت داشت نشان دهنده ی این است که واکنش جذب یون سرب به صورت شیمیایی انجام می شود. ایزوترم جذب تعادلی یون سرب با مدل نمودار لانگمیر، تطابق بهتری با داده های حاصل از آزمایش دارد هر دو سینتیک شبه مرتبه اول و سینتیک شبه مرتبه دوم قابلیت توضیح سینتیک جذب سرب (II) را دارند ولی سینتیک جذب شبه مرتبه اول با مقدار R^2 بالاتر، تطابق بهتری با داده های حاصل از آزمایش دارد.

کلمات ایزوترم جذب، سینتیک جذب سبوس برنج

فصل اول

مقدمه

فهرست مطالب

چکیده	أ.....
فصل اول مقدمه	ب.....
مقدمه	۱.....
۱-۱- روش تحقیق	۳.....
۱-۲- روش نیل به اهداف	۳.....
۱-۳- ساختار تحقیق	۴.....
فصل دوم : مروری بر ادبیات موضوع :	
۱-۱- سرب در محیط زیست، اثرات و روشهای حذف آن	۶.....
۲-۲- فلزات سنگین در محیط زیست و اثرات آنها	۶.....
۲-۲-۲- منابع آلودگی فلزات سنگین	۷.....
۲-۲-۳- عوارض جانبی فلزات سنگین	۹.....
۲-۳-۱- فلز سرب	۱۰.....
۲-۳-۲- ویژگیهای عمومی سرب	۱۱.....
۲-۳-۴- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی	۱۱.....
جدول (۱-۲) خواص اتمی، فیزیکی و شیمیایی سرب [۱۶].	۱۳.....
۲-۳-۵- منابع ترکیبات مهم سرب	۱۴.....
۲-۳-۶- واکنش های سرب	۱۵.....
۲-۳-۷- منابع سرب	۱۶.....
۲-۳-۸- کاربردهای سرب	۱۷.....
۲-۳-۹- اثرات سرب بر سلامتی انسان	۱۸.....

- ۴-۲- تأثیر سرب بر روی دستگاههای مختلف بدن ۱۹
- ۴-۲-۱- آثار سرب بر روی خون ۱۹
- ۴-۲-۲- آثار سرب بردستگاه گوارش ۱۹
- ۴-۲-۳- آثار سرب بردستگاه عصبی ۲۰
- ۴-۲-۴- آثار سرب بر کلیه ۲۱
- ۴-۲-۵- آثار سرب بر سرطان زایی ۲۱
- ۴-۲-۶- آثار سرب بردستگاه تناسلی ۲۲
- ۴-۲-۷- آثار سرب بردستگاه قلبی عروقی ۲۲
- ۵-۲- اثرات زیست محیطی سرب ۲۳
- ۵-۲-۱- منابع آلودگی سرب موجود در آب ۲۴
- ۵-۲-۲- منابع آلودگی سرب موجود در هوا ۲۴
- ۵-۲-۲- استانداردهای آب آشامیدنی ۲۵
- ۸-۲- جذب سطحی ۲۸
- ۹-۲- تاریخچه فرایند جذب سطحی ۲۹
- ۱۰-۲- تئوری جذب سطحی ۳۰
- ۱۱-۲- انواع جذب سطحی ۳۰
- ۱۲-۲- جذب سطحی فیزیکی ۳۰
- ۱۳-۲- جذب شیمیایی ۳۱
- ۱۴-۲- جذب سطحی تبادل ۳۱
- ۱۵-۲- سرعت فرایند جذب سطحی و عوامل موثر بر آن ۳۲
- ۱۵-۲-۱-۱- میزان اغتشاش در فاز سیال ۳۳
- ۱۵-۲-۲- نوع و خصوصیات جسم جاذب ۳۳

- ۳۳ ۱۵-۲-۳- اندازه مولکول های جزء جذب شونده
- ۳۴ ۱۵-۲-۴- حلالیت ماده جذب شونده
- ۳۴ ۱۵-۲-۵- اثر وزن، شکل و ساختمان مولکولی جسم جذب شونده
- ۳۴ ۱۵-۲-۶- اندازه ی منافذ
- ۳۵ ۱۵-۲-۷- درجه حرارت
- ۳۵ ۱۵-۲-۸- pH محیط
- ۳۶ ۱۶-۲- انواع جاذب های سطحی
- ۳۶ ۱۷-۲- خواص اساسی جاذب های سطحی
- ۳۸ ۱۸-۲- ایزوترم های جذب
- ۳۹ ۱۸-۲-۱- به دست آوردن ایزوترم جذب از طریق آزمایش
- ۴۱ ۱۸-۲-۲- ایزوترم جذب لانگمیر
- ۴۲ ۱۸-۲-۳- ایزوترم جذب فرنللیچ
- ۴۳ ۱۸-۲-۴- ایزوترم جذب تمکین
- ۴۴ ۱۹-۲- سینتیک جذب سطحی
- ۴۵ ۱۹-۲-۱- معادله سرعت شبه مرتبه اول (معادله لاگرگرن)
- ۴۶ ۱۹-۲-۲- معادله سرعت شبه مرتبه دوم
- ۴۷ ۱۰-۲- سبوس برنج
- ۵۱ ۲۱-۲- خصوصیات و کاربرد سبوس برنج
- ۵۱ ۲۲-۲- کاربردهای دیگر

فصل سوم: روش مواد

- ۵۳ ۳-۱- مقدمه
- ۵۳ ۳-۲- روش آماده سازی جاذب

- ۳-۳- دستگاه ها و مواد لازم ۵۴
- ۳-۳-۱- دستگاه جذب اتمی ۵۴
- نمونه ها ۵۵
- ۳-۳-۲- موارد کاربرد ۵۵
- ۳-۴-۱- دستگاه FT-IR ۵۵
- ۳-۴-۳- کاربردها و موارد استفاده FT-IR ۵۶
- ۳-۴-۳- سرب (II) نیترات ۵۶
- جدول (۳-۳) خصوصیات فیزیکی و شیمیایی نیترات سرب [۶۸]. ۵۷
- ۳-۴- تهیه محلول های اولیه ۵۸
- ۳-۴-۱- محلول اولیه سرب ۵۸
- ۳-۴-۲- آزمایش های جذب ۵۸
- ۳-۴-۲- بررسی اثر pH بر میزان جذب سرب (II) ۵۹
- ۳-۴-۳- بررسی اثر مقدار جاذب بر میزان جذب سرب (II) ۶۰
- ۳-۴-۴- بررسی اثر غلظت اولیه ی یون فلزی بر میزان جذب سرب (II) ۶۰
- ۳-۴-۵- بررسی اثر زمان تماس بر میزان جذب سرب (II) ۶۱

فصل چهارم و نتایج و بحث

- مقدمه ۶۲
- ۴-۱- بررسی طیف های FT-IR ۶۲
- ۴-۳- بررسی دیاگرام های TG، DTA و DTG ۶۵
- ۴-۴- اثر pH بر میزان جذب سرب (II) ۶۷
- ۴-۵- اثر مقدار جاذب بر میزان جذب سرب (II) ۶۸
- ۴-۶- اثر غلظت اولیه ی سرب (II) بر میزان جذب ۷۰

۷۱ ۷-۴- اثر زمان تماس بر جذب یون سرب (II)

۷۳ ۸-۴- بررسی تأثیر اندازه ذرات جاذب

۷۴ ۹-۴- بررسی ایزوترم های جذب سرب (II)

۷۷ ۸-۴- بررسی سینتیک جذب سرب (II)

۷۸ ۹-۴- بررسی سینتیک جذب شبه مرتبه اول

۷۸ ۱۰-۴- بررسی سینتیک جذب شبه مرتبه دوم

۷۹ ۱۱-۴- مقایسه ی ظرفیت جذب جاذب های مختلف

۸۰ ۱۲-۴- بحث و نتیجه گیری

۸۲ ۱۳-۴- پیشنهادات

۸۳ منابع و مراجع

فهرست نمودارها و شکل ها

۴۸ شکل (۱-۳) نمایش بخش های سلولز همی سلولزولینگین در مواد لیگنوسلولزی

۴۸ شکل (۲-۳) نمایش ساختاری سلولزی

۴۹ شکل (۳-۳) نمایش ساختار همی سلولز که توسط ستون اصلی گزیلان شکل گرفته است.

۷۵ شکل (۴-۳) ساختار پیشنهاد شده برای لیگنین

۶۴ شکل (۱-۴) طیف FT- IR سبوس برنج اولیه قبل از جذب یون سرب

۶۴ شکل (۲-۴) طیف FT- IR سبوس برنج فعال شده پس از جذب یون سرب

۶۶ شکل (۳-۴) دیاگرام های DTG/DTA/TGA (الف) سبوس برنج فعال شده قبل از جذب یون (II)

- شکل (۴-۴) دیاگرام های DTG/DTA/TGA ب) سبوس برنج فعال شده بعد از جذب سرب (II) ۶۷
- شکل (۵-۴) اثر pH بر راندمان جذب یون سرب (II) ۶۸
- شکل (۶-۴) اثر مقدار جاذب بر راندمان جذب یون سرب (II) ۶۹
- شکل (۷-۴) اثر غلظت اولیه سرب بر راندمان جذب و ظرفیت جذب برای جذب یون سرب ۷۰
- شکل (۸-۴) اثر زمان تماس بر راندمان جذب سرب ۷۱
- شکل (۹-۴) اثر اندازه ذرات جاذب بر میزان جذب سرب (II) ۷۳
- شکل (۱۰-۴) ایزوترم جذب لانگمیر ۷۵
- شکل (۱۱-۴) ایزوترم جذب فرندلیچ ۷۴
- (شکل ۱۲-۴) ایزوترم تمکین ۷۵
- شکل (۱۴-۴) مدل شبه مرتبه دوم ۷۸

فهرست جداول

- جدول (۱-۲) خواص اتمی، فیزیکی و شیمیایی سرب ۱۳
- جدول (۲-۲) منابع سرب ۱۶
- جدول (۱-۳) خواص فیزیکی و شیمیایی سبوس برنج ۵۲
- جدول (۲-۳) اجزای اصلی در سبوس برنج ۵۲
- جدول (۳-۳) خصوصیات فیزیکی و شیمیایی نیترات سرب ۵۷
- جدول (۱-۴) پارامترهای ایزوترم های جذب ۷۴
- جدول (۲-۴) نتایج محاسبات سینتیک جذب ۷۹
- جدول (۳-۴) مقایسه ظرفیت جذب جاذب های متفاوت ۸۰

مقدمه

دسترسی مداوم و آسان به آب شرب سالم از جمله شاخص های توسعه یافته و رفاه در هر جامعه است. این امر در جوامع توسعه یافته بالای ۹۹٪ است. ولی متأسفانه در برخی کشورهای در حال توسعه به علت وجود منابع آلاینده آمار داده شده حاکی از کمبود شدید دسترسی مداوم به منابع آب سالم و بهداشتی برای عموم مردم است. آلاینده های شیمیایی که بطور طبیعی یا بواسطه فعالیت بشر وارد آب می شوند از جمله مهمترین آلاینده های منابع آب به شمار می آیند.

بارشد سریع و روبه پیشرفت فعالیت های صنعتی، آلودگی های ناشی از فلزات سنگین به یک پدیده مهم و جدی تبدیل شده است. آلودگی های مربوط به فلزات سنگین از طریق صنایع و فعالیت های صنعتی متعدد مانند صنایع آبکاری فلزات، نساجی، چرم، دباغی رنگ، ذوب و استخراج فلزات، ساخت استخراج الکتریکی، الیازها، سرامیک و شیشه در مقیاس کوچک و بزرگ ناشی می شوند. یونهای فلزی سنگین یکی از انواع مواد و ترکیبات خطرناک محسوب می شوند که به شکلهای مختلفی مثل جذب از طریق پوست، از راه دهان و از طریق تنفس وارد بدن انسان می شوند و موجب بیماریهای متعددی می گردند. امروزه تعداد افرادی که به دلیل تماس داشتن با فلزات سنگین دچار سرطان شده اند، افزایش چشم گیری داشته است [۲۳].

امروزه آلودگی منابع آب یکی از مشکلات اساسی به شمار می رود. از انواع آلاینده ها می توان به فلزات سنگین، ترکیبات رادیواکتیوی، ترکیبات آلی و غیر آلی اشاره کرد. فلزات سنگین به خاطر غیر قابل تجزیه بودن و آثار زیان بار فیزیولوژیک بر جانداران در غلظتهای کم، اهمیتی ویژه در آلودگی محیط زیست دارند. مقصد نهایی قسمت عمده ی آنها، به خصوص در کشورهای رو به توسعه، منابع آبهای سطحی و زیرزمینی، خاک و در نهایت انسان می باشد. منابع آب ممکن است در اثر پدیده های طبیعی مانند همسایگی با یک معدن و یا بستر آلوده و نیز در نتیجه ی فعالیت های صنعتی و یا کشاورزی با

غلظت‌های بالایی از مواد آلوده شده باشند. وجود فلزات سنگین در کودهای شیمیایی، آفت کشها، علف کشها و حشره کشها، پسابهای خانگی و صنعتی و لجن فاضلابها که برای افزایش تولید محصولات کشاورزی به خاک افزوده می شوند، باعث آلودگی منابع آب با فلزات سنگین می شود [۱]. یکی از فلزات سنگین که امروز مورد توجه زیادی در تصفیه آب و فاضلاب به آن معطوف شده است، سرب می باشد. این فلز سمی است، زیرا این فلز به شکل یون در سیستم آبی حضور دارد، و به آسانی می تواند جذب بدن انسان شوند. حتی مقدار کمی از آن می تواند باعث آسیب شدید فیزیولوژیکی و عصبی شود [۲۴]. روشهای متداول برای حذف $Pb(II)$ از محلول آبی وجود دارد. می توان به فرآیندهای تبادل یونی، ترسیب شیمیایی، غشایی (الکترودیالیز و اسمز معکوس)، اکسیداسیون و احیا، تصفیه الکتروشیمیایی، استخراج با حلال، و جذب سطحی اشاره نمود [۲۵]. با اینکه روشهای متعددی برای حذف فلزات وجود دارد، با این حال اکثر فرآیندهای فوق الذکر از معایب قابل توجهی مانند نیاز به انرژی بالا و در نتیجه پرمزینه بودن فرآیند، راندمان اندک، تولید مقادیر زیاد لجن، مشکلات دفع لجن حاوی مقادیر زیادی فلز سنگین، نیاز به مواد شیمیایی خاص و پرمزینه بودن فرآیند احیا برخوردار هستند [۲۶]. بنابراین به دلیل محدودیتهای فنی و اقتصادی روشهای فوق، جستجو برای روشهای جدید به شدت توصیه شده و در این راستا جذب سطحی به عنوان یک گزینه ی جدید مورد توجه خاص قرار گرفته است [۲۶].

از آنجائیکه این فرآیند کم هزینه، دوستدار محیط زیست و واجد کارایی عالی در جذب است، به عنوان یک گزینه کارآمد در مقابل روشهای معمول حذف فلزات سنگین از محیط آبی در حال توسعه است [۲۷].

به همین دلیل در سالهای اخیر کاربرد محصولات جانبی و زایدات کشاورزی مانند پوست درختان، خاک اره، پسته کوهی، سبوس برنج و گندم، زایدات ذرت و غیره به علت دارا بودن ترکیبات سلولزی، کربن و سیلیس در ساختمان شیمیایی خود به منظور جذب فلزات سنگین از آب و پساب به دلیل کارآمدی بالا و صرفه اقتصادی بسیار توسعه یافته است. این مواد زاید بیولوژیکی از یک سو بسیار فراوان و در دسترس می باشند و از سوی دیگر استفاده خاصی از آنها نمی شود [۲۸].

۱-۱- روش تحقیق

هدف از تحقیقات توصیف و ویژگیهای جاذب، توانایی پیوند با یونهای فلزی و مکانیسم جذب سطحی می باشد. رفتار تقسیم فازی بین فازهای جامد و مایع با استفاده از مدل‌های تعادل جذب سطحی فرندلیچ، لانگمویر تمکین برای تخمین ظرفیت جذب جاذب، تعیین شد. پارامترهای سینتیکی و ترمودینامیکی برای سیستم جذب سطحی بکاررفته، مورد ارزیابی قرار گرفت.

همچنین مطالعه اثر پارامترهای محیطی و آزمایشگاهی مانند pH، زمان تماس، و غلظت اولیه سرب (II)، موجود بر میزان جذب و همچنین بررسی ایزوترم های جذب و محاسبه پارامترهای مربوط به آنها نیز از دیگر اهداف تحقیق می باشد. در ادامه سینتیک جذب نیز به منظور بررسی سرعت فرایند مطالعه شده است [۲۸، ۲۹].

۱-۲- روش نیل به اهداف

در این تحقیق از سبوس برنج فعال شده برای حذف سرب دو ظرفیتی از محلول آبی به این فلز استفاده شد. ابتدا محلولها با غلظت های مشخص از سرب (II) ساخته و پس در هر مرحله از این جاذب استفاده شد. اثر پارامترهای محیطی مانند pH، اثر زمان تماس اندازه منافذ الک، و غلظت اولیه سرب موجود در محلول بر میزان جذب سرب (II) بررسی شد و pH بهینه برای جذب سرب (II) با تمام جاذب ها مورد مطالعه مشخص گردید. پس از انجام آزمایش با استفاده از نتایج حاصله به بررسی ایزوترم ها و سینتیک جذب پرداخته شد. از دو مدل ایزوترم متداول در تحقیق استفاده گردید. و مدل های لانگمویر و فرندلیچ تمکین (شبه مرتبه اول) و (شبه مرتبه دوم) جهت بررسی سینتیک جذب بکار برده شد و نرخ سینتیک فرایند و پارامترهای سینتیکی نیز محاسبه گردید.

۱-۳- ساختار تحقیق

تحقیق حاضر شامل چهار فصل می باشد در این قسمت شرح مختصری در ارتباط به هر فصل ارائه می گردد.

❖ فصل اول شامل معرفی موضوع مورد مطالعه به صورت جامع و مختصر، اهداف تحقیق، روش نیل به این اهداف و ساختار گزارش تحقیق می باشد. به بیان دیگر، اطلاعات کلی در ارتباط با این تحقیق در اختیار مطالعه کننده قرار می دهد.

❖ فصل دوم در ارتباط با فلزات سنگین در محیط زیست و اثرات آنها، فلز سرب و اثرات زیست محیطی آن و همچنین اثرات این فلز بر سلامتی انسان مورد بررسی قرار گرفته است. علاوه بر آن به استانداردهای سرب در آب آشامیدنی و استانداردهای نشر مربوط به تخلیه فاضلابهای صنعتی به منابع آب و همچنین روش های مختلف حذف این فلز نیز پرداخته شده است. در این فصل اطلاعاتی در زمینه تاریخچه استفاده از تئوری فرآیند جذب، کاربردهای اصلی و متداول آن در فاز مایع و همچنین عوامل موثر بر سرعت فرآیند جذب سطحی ارائه گردیده است. به علاوه به انواع اجسام جاذب سطحی و خواص اساسی جاذب ها نیز پرداخته شده است. در ادامه ایزوترم های جذب و روش های بدست آوردن این ایزوترم ها به طریق آزمایشگاهی و همچنین سینتیک جذب مورد بررسی قرار گرفته است. در انتهای این فصل اطلاعات کلی در مورد جاذب استفاده شده و نیز مروری مختصر بر مطالعات انجام شده در زمینه جذب سرب که توسط جاذب های سطحی انجام شده است، در اختیار مطالعه کننده قرار می گیرد.

❖ در فصل سوم، روش تحقیق مورد مطالعه قرار می گیرد. در این بخش در ابتدا در مورد نحوه آماده سازی جاذب و تهیه محلول سرب جهت انجام آزمایش های جذب توضیحاتی ارائه می گردد. در ادامه به روش انجام آزمایش های جذب و معرفی دستگاه های مورد استفاده پرداخته می شود.

❖ فصل چهارم شامل ارائه نتایج حاصل از تحقیق می باشد. در این بخش نتایج حاصل از مطالعات اثرات پارامترهای محیطی و آزمایشگاهی مانند pH، زمان تماس، غلظت اولیه فلز موجود در محلول، مقدار

جاذب و اندازه ذرات جاذب بر میزان جذب و همچنین نتایج حاصل از بررسی ایزوترم ها و سینتیک جذب ارائه و مورد بحث قرار می گیرد.

فصل دوم

مروری بر ادبیات موضوع

۲-۱- سرب در محیط زیست، اثرات و روشهای حذف آن

در این فصل ابتدا به ذکر کلیاتی راجع به فلزات سنگین، حضور آنها در محیط زیست و اثرات زیست محیطی این مواد پرداخته می شود. سپس در مورد خصوصیات شیمیایی فلز سرب، منابع آن و همچنین اثرات آن بر سلامتی انسان ها و استانداردهای سرب در آب آشامیدنی توضیحاتی ارائه می گردد. در ادامه روش های متداول و رایج حذف فلزات سنگین به اختصار شرح داده می شود.

۲-۲- فلزات سنگین در محیط زیست و اثرات آنها

ماده در قرون ۱۴ تا ۱۹ میلادی به عنوان درمان بیماری سیفلیس مورد استفاده قرار می گرفت. اگرچه اثرات سوء فلزات سنگین بر سلامتی انسان شناسایی شده است، ولی هنوز هم در بعضی از نقاط جهان از آنها استفاده می گردد، مثلاً از آرسنیک به عنوان نگهدارنده و محافظ چوب و از تترا اتیل سرب در سوخت ماشینها و از جیوه در معادن طلا استفاده می شود [۲۶، ۲۸].

حفاظت از محیط زیست که نسل امروز و نسلهای آینده باید در آن حیات اجتماعی رو به رشد داشته باشند که وظیفه عمومی تلقی می گردد. امروزه به علت رشد صنعتی، اکثر کارخانه، نیروگاههای و پالایشگاهها با آب سروکار دارند و نتیجه آن آلودگی آب است. به همین خاطر باید نسبت به سیستم های آبی، انواع منابع آلوده کننده، اثرات آلودگی، روشهای دفع آلودگی و روشهای پیشگیری از آلودگی اطلاع کافی داشته باشیم [۳۱].

۲-۲-۲- منابع آلودگی فلزات سنگین

معمول ترین اجزای فلزی طبیعی در خاک عبارتند از Cd, Cr, Cu, Hg, Pb که به عنوان آلاینده های منابع آبی شناخته می شوند. آلودگی همچنین ممکن است نتیجه ی فعالیت های صنعتی مانند تولید آهن و فولاد، صنعت غیر-آهنی، استخراج معدن و فرایندهای معدنی، تولید رنگدانه ها، نقاشی، عکاسی و آبکاری، مصرف گاز، تولید انرژی و سوخت، کود شیمیایی، کاربرد آفت کش، و تولید زباله های شهری باشد. به هر حال، به غیر از فاضلاب، راه دیگر تخلیه کردن مقادیر زیاد فلزات سنگین در محیط زیست عبارت است از به کار بردن آنها در شکل فلزی، مثلاً سرب به عنوان ماده خام در تولید و ذخیره سازی باتریها، رنگدانه ها، شیشه های سربی شده، سوخت ها، مواد عکاسی، کبریتها و مواد انفجاری به طور گسترده مورد استفاده قرار می گیرد، مس در وسایل الکتریکی، لوله های آب، آلیاژها، به عنوان کاتالیزگر و در رنگهای ضد رسوب در تنه ی کشتی ها به کار می رود، در حالیکه کادمیم ممکن است در غلظتهای قابل توجه در فاضلابها، به ویژه از طریق پسماندهای صنعت آبکاری در محیط زیست آزاد شود [۳۰].

منابع اصلی آلودگی فلزات سنگین، شامل منابع انسان ساز و منابع طبیعی انتشار آنها از طریق آب، خاک و هوا می باشد که به برخی از آنها در ذیل اشاره می گردد.

- آلومینیوم: در ظروف و قوطیهای آلومینیومی، فویل، برخی داروها (مانند ضد اسید معده)، سرامیکها، فیلتر سیگار، مصالح ساختمانی، آمالگام دندان، دئودرنتها، آفت کشها، نمک خوراکی، دود سیگار، بکینگ پودر و خمیر دندان موجود می باشد
- آرسنیک: در غذاهای دریایی، گچهای رنگی، آفت کشها، شوینده های خانگی، حشره کشها، شیشه ها و آینه ها، نمک خوراکی، رنگها، آب چاه یا لوله کشی، دود ناشی از مواد سوختنی و سوختن چوب موجود است.

➤ سرب: در باطری خودرو، سرامیکها، آب میوه های داخل قوطی، خاکستر سیگار، دود آگزوز خودروها، بنزین سرب دار، رنگ موها، حشره کشها، لوازم آرایشی، برف، آلیاژ لحیم کاری، بتونه ها، رنگها، آب شهری یا چاه و لوله ها وجود دارد.

➤ جیوه: جیوه فلزی نقره ای رنگ، سنگین، سمی و مایع است. جیوه و ترکیبات آن توسط پوست، بلعیدن و تنفس جذب بدن می شوند. مهمترین راه جذب جیوه در بدن، از طریق تنفس است. جیوه در دمای معمولی اتاق به راحتی تبخیر میشود و همین امر اهمیت پیشگیری از خطرات تماس با جیوه را مؤکد می نماید. جیوه در صنایع الکترونیک، ساخت دماسنج ها و تجهیزات آزمایشگاهی، در ساخت رنگها، آفت کشها، در فرآیندهای پتروشیمی، در آزمایشگاه های نفت و ... کاربرد دارد [۲].

➤ مس: عنصر مس بیست و چهارمین عنصر فراوان پوسته زمین و فراوانی آن در پوسته زمین ۰/۰۱٪ می باشد. این عنصر از مهمترین عناصر فلزی غیرآهنی بوده و بعلاوه ویژگی های خاص از جمله هدایت الکتریکی و حرارتی بالا، شکل پذیری، چکش خواری و مقاومت در برابر خوردگی بعد از آهن و آلومینیوم سومین فلز پر مصرف در صنعت امروزی محسوب می گردد. در ظروف مسی، لوله های مسی، پروتزهای دندانی، آفت کشها، رنگ موها، پسماندهای صنعتی، حشره کشها، استخرها، سیگار، آب لوله کشی یا چاه و غذاهای دریایی موجود می باشد.

➤ کادمیوم: در آلیاژهای دندانی، باطریها، روغن موتور، غذاهای دریایی، سرامیکها، دود سیگار، چای و قهوه، کودها، آلیاژهای لحیم کاری، لوله های گالوانیزه، آب لوله کشی یا چاه، الکترودهای جوشکاری، دود ناشی از سوختن لاستیکها و پلاستیکها و حیوانات و غلات فاقد سبوس موجود می باشد [۳۲].

➤ نیکل: مطالعه روی کارگران پالایشگاهها حاکی از آن است که نیکل باعث سرطان حنجره و بینی، شش و ناهنجاری های مثل اگزوسفالی، پوکی استخوان، به هم خوردن ذایقه درجین

پستانداران، تاثیر بر سیستم عصبی، تاثیر بر عضلات دستگاه تنفسی و قلب، ایجاد سردرد، گیجی تشنج و نیز سرطان سینوسها می شود [۳].

۲-۲-۳- عوارض جانبی فلزات سنگین

مسمومیت، واکنش بدن و علامتی است که بعد از آلودگی با مواد مضر و سموم یا در اثر مواجهه با مقادیر بیش از حد مجاز یک ماده در بدن بروز می کند. فلزات سمی بر روی دستگاه عصبی، کبد، کلیه، پوست، استخوان و دندانها اثرات سوئی دارند. فلزات سنگین با تداخل در بعضی از پروسه های متابولیک و آنزیمی در بدن سبب بیماری می شوند. برخورد با مقادیر بالای آلودگی تنها راه مسمومیت نیست، بلکه تماس با مقادیر کم در مدت طولانی، از راه های بروز مسمومیت می باشد. علت این امر، عدم تخریب و متابولیزه شدن این مواد سمی در بدن است. به این خاصیت فلزات مذکور خاصیت تجمع می گویند. در واقع با انباشته شدن فلزاتی که به مرور زمان جذب بدن می شوند، پس از مدتی اثرات مقادیر بالای مواد سمی مشاهده می شود. سرب حتی در مقادیر ناچیز سبب اختلال در یادگیری، بیش فعالی و کم توجهی در کودکان و کاهش بهره هوشی می شود. از دست رفتن حافظه، تاخیر در زمان واکنش و کاهش سطح فراگیری، از عوارض مصرف طولانی مدت مواد غذایی حاوی سرب می باشد. بر اساس مدل های حیوانی ممکن است سرب توانایی ایجاد سرطان ریه و معده در انسان را داشته باشد. جیوه به علت تمایل خاص به بافت مغز عامل مهمی در بروز افسردگی، خستگی، سردرد، فراموشی بر اساس مدل های حیوانی ممکن است سرب توانایی ایجاد سرطان ریه و معده در انسان را داشته باشد. جیوه به علت تمایل خاص به بافت مغز عامل مهمی در بروز افسردگی، خستگی، سردرد، فراموشی و اختلال در تمرکز است. جیوه تسهیل کننده تولید پراکسیدهاست و سبب افزایش تولید رادیکال های آزاد و پراکسیدهای چربی می شود که برای سلامتی مضر هستند. کادمیوم سبب بروز اثرات سوء بر کلیه و ضایعات استخوانی مثل استئوپروز و