

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست

گروه آموزشی محیط زیست

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

مهندسی محیط زیست

گرایش آلودگی محیط زیست

عنوان:

بررسی حذف کروم شش ظرفیتی از محلول های آبی به وسیله

جاذب های زیستی

استاد راهنما:

دکتر محمدرضا رضایی

استاد مشاور:

مهندس مسلم جهانی

نگارش:

پریسا قنبرزاده

مهر ۱۳۹۲

اظهارنامه

اینجانب پریسا قنبرزاده دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته آلودگی‌های محیط زیست دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست دانشگاه بیرجند، نویسنده رساله / پایان نامه بررسی حذف کروم شش ظرفیتی از محلول‌های آبی به وسیله جاذب‌های زیستی تحت راهنمایی دکتر محمدرضا رضایی متعهد می‌شوم:

- تحقیقات در این رساله/پایان‌نامه توسط اینجانب انجام شده‌است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهش‌های محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده‌است.
- مطالب مندرج در این رساله /پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده‌است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه بیرجند می‌باشد و مقالات مستخرج از آن با نام «دانشگاه بیرجند» و یا « University of Birjand » به چاپ خواهد رسید .
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی رساله / پایان نامه اثرگذار بوده‌اند در مقالات مستخرج از رساله /پایان نامه رعایت و از افزودن نام افراد غیر مرتبط پرهیز خواهد شد.
- در کلیه مراحل انجام این رساله /پایان نامه، در مواردی که از موجود زنده (یا بافت‌های آن) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده‌است.
- در کلیه مراحل انجام این رساله /پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است، اصل رازداری، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده‌است.
- عدم رعایت موارد فوق توسط اینجانب تخلف محسوب شده و دانشگاه بیرجند حق پیگیری موضوع را از طریق مجاری قانونی خواهد داشت.

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

• کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه‌های رایانه‌ای، نرم افزارها و تجهیزات ساخته شده) متعلق به دانشگاه بیرجند می‌باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.

• استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در رساله /پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نیست.

این مجموعه را به مهربان فرشتگانی تقدیم می‌نمایم که

لحظات ناب باور بودن، لذت و غرور دانستن، جسارت خواستن، عظمت رسیدن و تمام تجربه‌های یکتا و زیبای زندگی،
مدیون حضور سبز آنهاست.

روح پاک پدر بزرگوارم

بزرگمردی که در محضرش درس محبت، صبوری، اراده و ایستادگی را آموختم، هزاران افسوس که خیلی زود پرکشید.

مادر عزیزم

سنگ صبور و امید بخش جانم، نازنین بانویی که وجود پر مهرش مایه‌ی آرامش من است.

خواهران و برادران عزیزم

به پاس عاطفه سرشار و گرمای امید بخش وجودشان که در این سردترین روزگار ان بهترین پشتیبان است و به پاس محبت‌های
بی دریغشان که هرگز فروکش نمی‌کند.

باشد که حاصل تلاشم، نسیم کوند، غبار خشکیتان را بزداید

تقدیر و شکر

پاس خدای را که سخوران، دستودن او بماند و شمارندگان، شمردن نعمت های او ندانند و کوشندگان، حق او را گزاردن نتوانند.

از استاد بزرگوار، جناب آقای دکتر محمد رضا رضایی که در کمال سعه صدر، با حسن خلق و فروتنی، از بیچ گلی در این عرصه بر من دریغ نمودند و زحمت راهمبانی این رساله را بر عهده گرفتند؛

از استاد مشاور دلسوز و عالیقدرم، جناب آقای مهندس مسلم جهانی، که با همراهی باور، نمودهای خود من را در هر چه بهتر انجام دادن این پایان نامه یاری رسانند؛

و از اساتید گرامی، جناب آقای دکتر محمد حسین صیادی و جناب آقای دکتر سید رضا هاشمی که زحمت داوری این رساله را متقبل شدند؛ کمال شکر و قدردانی را دارم.

در پایان در نهایت ادب و احترام از خانواده عزیزم به خاطر همه ی تلاش های محبت آمیزی که در دوران مختلف زندگی من انجام داده اند سپاسگزارم. عزیزانی که همیشه همراه من بودند و هر آنچه، ستم و هر آنچه دارم از برکت و جودشان است. باشد که این خردترین، بخشی از زحمات آنان را پاس گوید.

پر سیا قمبرزاده

مهر ماه ۱۳۹۲

چکیده:

آلودگی محیط زیست به عنوان یکی از مباحث مهم دنیای مدرن مطرح است. دسته مهمی از آلوده کننده های زیست محیطی، یون های فلزات سنگین هستند که همراه با گسترش شهرها و نیز توسعه صنایع، میزان آلودگی ناشی از آنها نیز رو به افزایش است. کروم از جمله فلزات سنگینی است که با توجه به کاربرد وسیع در صنایع، نقش مهمی نیز در آلودگی منابع آب و خاک دارد. روش های مختلفی جهت حذف این آلاینده ها از آب های آلوده به کار رفته است. جذب سطحی با به کارگیری جاذب های طبیعی، یکی از پرکاربردترین روش ها است. هدف از انجام این تحقیق بررسی کارایی دورریز گیاهان دارویی خارشتر، کاسنی و کلپوره بعد از فرایند عصاره گیری در حذف کروم شش ظرفیتی از محلول های آبی و نیز ارزیابی پارامترهای موثر در فرآیند حذف کروم نظیر pH، مقدار جاذب، غلظت اولیه، زمان، بررسی حضور آنیون های مزاحم بر روند حذف کروم و بررسی کارایی جاذب ها در حذف کروم از نمونه های حقیقی در حالت ناپیوسته می باشد. پس از آماده سازی محلول ها با غلظت و pH مشخص، ۱۰۰ میلی لیتر از آن داخل ارلن ریخته شده پس از اضافه شدن مقدار مشخصی از جاذب مورد نظر به منظور شروع واکنش و اختلاط، ارلن ها برای زمان های مشخصی درون تکاننده برقی قرار گرفتند. پس از سپری شدن زمان مورد نظر محتویات ارلن فیلتر شدند و غلظت کروم شش ظرفیتی باقی مانده با استفاده از روش اسپکتروفتومتری در طول موج ۵۴۰ نانو متر اندازه گیری شد. با افزایش زمان تماس و افزایش مقدار جاذب به علت افزایش سایت های فعال سطح جاذب، درصد حذف افزایش یافت. نتایج نشان داد که جذب کروم در pH بهینه ۲ توسط ۰/۳ گرم دورریز خارشتر بعد از ۵ دقیقه، ۱ گرم دورریز کاسنی بعد از گذشت ۱۵ دقیقه و ۰/۵ گرم دورریز کلپوره بعد از ۶۰ دقیقه به تعادل رسید. ضمن اینکه با افزایش غلظت محلول کروم، راندمان حذف کاهش می یابد که ناشی از کاهش مکان های فعال موجود برای جذب بر روی سطح جاذب است. هم چنین نتایج نشان داد که سینتیک فرایند جذب از مدل سینتیک شبه مرتبه دوم، و داده های تعادلی از مدل ایزوترمی لانگمیر پیروی می کند. ظرفیت جاذب های خارشتر، کاسنی و کلپوره به ترتیب ۲۲/۵۷، ۴/۲۶ و ۹/۲۴ میلی گرم بر گرم در غلظت اولیه کروم ۱۰ میلی گرم بر لیتر بدست آمد. همچنین جاذب های مورد بررسی از کارایی بالایی جهت حذف کروم (VI) از نمونه آب حقیقی برخوردار هستند. در بررسی آنیون های مزاحم نیز نتایج نشان داد که آنیون های کلراید، نیترات و سولفات در حذف کروم شش ظرفیتی اختلالی ایجاد نمی کنند. یافته های این تحقیق نشان می دهد که این جاذب ها کارایی بالایی در حذف کروم شش ظرفیتی از محلول های آبی دارند.

کلمات کلیدی: حذف، کروم شش ظرفیتی، محلول های آبی، جاذب های زیستی

مقدمه

محیط زیست از ارکان توسعه پایدار در هر کشوری است. بدون توجه به مسئله محیط زیست، منابع طبیعی و انسانی دچار نقصان شده و پیامدهای ناگواری را بر کره خاکی و جوامع انسانی خواهد گذاشت. محیط زیست مجموعه‌ای بسیار عظیم و در هم پیچیده از عوامل گوناگون است که بر اثر تکامل تدریجی موجودات زنده و اجزای سازنده سطح زمین به وجود آمده است و بنابراین بر فعالیت‌های انسان تأثیر گذاشته و از آن متأثر می‌شود. آگاهی در زمینه پیامدهای زیست محیطی ناشی از فعالیت‌های بشر و از طرفی نیاز به توسعه پایدار باعث شده توجه افکار عمومی به مقوله آثار متقابل بین انسان و محیط فیزیکی معطوف گردد (رجب زاده، ۱۳۸۷).

وجود انسان در روی کره زمین به طور اساسی وابسته به منابعی نظیر آب و خاک، هوا، کانی‌ها، فلزات و حتی انرژی حاصل از زمین می‌باشد. آب یکی از عجیب‌ترین پدیده‌های آفرینش است که از دو عنصری که در دمای معمولی گاز هستند، تشکیل یافته است. هیدروژن عنصری است که می‌سوزد در حالیکه اکسیژن برای سوزانیدن لازم است. آب گوارا ترین نوشیدنی است اما آب سنگین D_2O که فقط به جای هیدروژن، دوتریم یعنی ایزوتوپ آن جایگزین شده است یک ماده سمی است (احمدیان، ۱۳۹۱).

آب از منابع تجدیدشدنی است، یعنی به طور مداوم در طبیعت در حال تولید است. اما آب شیرین، منبعی محدود است. به طوریکه از مجموع ۹۸ درصد آب‌هایی که کره زمین را فراگرفته، کمتر از یک درصد آن شیرین و برای موجودات خشکی قابل استفاده است. که به صورت آب‌های سطحی (جویبارها، رودخانه‌ها و دریاچه‌ها) و یا آب‌های زیرزمینی (چشمه و چاه) است که هر کدام ویژگی‌های خاص خود را دارند. این مقدار کم نقش مهمی در زندگی بشر داشته و به همین دلیل ضروری است تا در بهره‌برداری صحیح و پاکیزه نگه داشتن منابع آب همت گماشت (احمدیان، ۱۳۹۱).

دسترسی مداوم و آسان به آب شرب سالم از جمله شاخص‌های مهم توسعه یافتگی و رفاه در هر جامعه است. این امر در جوامع توسعه یافته بیشتر از ۹۹ درصد است. ولی متأسفانه در برخی کشورهای در حال توسعه به علت وجود منابع آلاینده، آمارهای داده شده حاکی از کمبود شدید دسترسی مداوم به منابع آب سالم و بهداشتی برای عموم مردم است. در این میان یکی از مشکلات در عرضه آب سالم ناشی از تأثیرات متقابل بین انسان و ضایعات صنعتی او با محیط زیست است. آلودگی و کاهش منابع آب،

حیات انسان، گیاهان و جانوران را با خطر جدی مواجه کرده است. به طوریکه برخی محققان و دانشمندان پیش بینی می کنند، کشورها در سال های نه چندان دور بر سر آب، وارد جنگ شوند. در واقع طرح این موضوع می تواند بیانگر اهمیت مایع حیات باشد که امروزه شاهد نابودی آن به دست انسان ها هستیم. این در حالی است که در همه ادیان مقدس، بر حفظ منابع آبی و پاکیزگی آن توصیه شده است. افزایش جمعیت، توسعه شهرنشینی و پیشرفت صنعت، موجب استفاده بی رویه از منابع آبی و سرازیر شدن مواد شیمیایی، میکروبی و رادیواکتیو به درون آب های کره زمین شده است که مشکلات زیست محیطی قابل ملاحظه ای را به همراه دارد و پیامدهای ناشی از آن در آلوده کردن منابع آب در کانون توجه می باشد. سالانه میلیون ها نفر در نتیجه استفاده از آب غیر بهداشتی و یا پیامدهای آن بیمار شده و یا از بین می روند. طبق آمار سازمان بهداشت جهانی¹ در کشورهای در حال توسعه، ۸۰ درصد بیماری ها در ارتباط با آب است (احمدیان، ۱۳۹۱؛ خزاعی، ۱۳۸۶).

یکی از عوامل آلوده کننده محیط زیست و منابع آبی، فلزات سنگین از جمله جیوه، کادمیوم، آرسنیک، کروم و غیره می باشند که همراه با پیشرفت صنعت و فناوری میزان ورود آن ها نیز به محیط زیست افزایش پیدا کرده است. این عناصر به دلیل تخلیه فاضلاب های صنعتی منجر به آلوده شدن آب، خاک و هوا می شوند.

بر خلاف ترکیبات آلی، فلزات سنگین ترکیباتی غیرقابل تجزیه بوده و نسبت به تجزیه بیولوژیکی بسیار مقاومند. از طرفی خاصیت تجمع پذیری فلزات سنگین در گیاهان و ورود آن ها به زنجیره غذایی خطرات ناشی از آن ها را دو برابر می کند. برخی فلزات حتی در غلظت های کم بسیار سمی بوده و توانایی همانندسازی، جذب و ذخیره شدن توسط اندام های بدن را دارند. اثرات فلزات سنگین بر روی انسان مختلف است که از آن جمله می توان به بروز اختلالات ژنتیکی، سرطان زایی و ناقص الخلقه زایی اشاره کرد. از این رو استانداردهای دقیقی برای تعیین حداکثر غلظت مجاز یون های فلزات سنگین در پساب های صنعتی و آب های سطحی وضع شده است.

باتوجه به پیامدهای آلاینده های فلزات سنگین، ضرورت مطالعات بیشتر حذف این ترکیبات از محیط های آبی به شدت احساس می شود. به منظور تصفیه پساب های صنعتی و محلول های آبی آلوده، از

¹ - World Health Organization

روش‌هایی چون انعقاد و تجمع، رسوبدهی شیمیایی، اسمز معکوس، الکترودیالیز، تثبیت و جامدسازی، تبادل یونی، دیالیز، اولترافیلتراسیون و هیپرفیلتراسیون، استخراج توسط حلال و جذب سطحی استفاده می‌شود. هرکدام از این روش‌ها برتری‌ها و کاستی‌هایی دارند که بر اساس سادگی، انعطاف‌پذیری، مؤثر بودن فرآیندها، هزینه، مشکلات فنی و نگهداری آنها می‌باشد. در بین این روش‌ها، جذب سطحی روشی آسان، مؤثر، کم هزینه و دوستدار محیط زیست می‌باشد. ارزانی، در دسترس بودن و ظرفیت بالای جذب از جمله فاکتورهای مهم در انتخاب مواد جاذب در روش جذب سطحی می‌باشد. در این بین مواد طبیعی و محصولات جانبی و زائد حاصل از فعالیت‌های کشاورزی و صنعتی بیشتر مورد توجه محققان قرار گرفته است.

در تحقیق حاضر با استفاده از دورریز گیاهان دارویی عصاره‌گیری شده (خارشتر - کاسنی - کلپوره) تأثیر تعدادی از عوامل اثر گذار بر فرایند جذب از جمله زمان تماس، pH محلول، غلظت اولیه یون فلزی و غلظت جاذب در محلول برای حذف یون‌های کروم از محلول آن به صورت ناپیوسته، اثر مزاحمت یون‌های دیگر مانند کلرید، نیترات و سولفات در حذف کروم و کارایی جاذب‌ها در حذف کروم از نمونه‌های حقیقی مورد بررسی قرار گرفت. ضمن یافتن مقادیر بهینه برای عوامل مذکور، میزان تطابق نتایج حاصل از آزمایشات با ایزوترم‌های جذب سطحی و مدل‌های سنتیکی موجود بررسی شد.

در انجام این تحقیق اهداف زیر دنبال شده است:

- ✓ تعیین مقادیر بهینه مهم‌ترین پارامترهای مؤثر بر میزان حذف یون‌های کروم شش‌ظرفیتی شامل: زمان تماس، pH محلول، غلظت اولیه یون فلزی و مقدار جاذب در محلول با استفاده از جاذب‌های تهیه شده.
- ✓ تعیین بیشترین درصد حذف فلز کروم توسط جاذب‌های مذکور در شرایط بهینه.
- ✓ بررسی میزان پیروی نتایج بدست آمده از آزمایشات با ایزوترم‌های جذب سطحی و مدل‌های سینتیک.
- ✓ بررسی کارایی جاذب‌های مذکور در حذف کروم (VI) از نمونه حقیقی (آب قنات روستای امیرآباد بیرجند).
- ✓ بررسی اثر مزاحمت یون‌های دیگر در حذف کروم.

فصل اول

کلمات

۱-۱- انواع آلاینده های آب

آلودگی آب‌ها، ناشی از فاضلاب‌های صنعتی، کشاورزی و خانگی می‌باشد که از طرق مختلف به منابع آبی راه یافته‌اند. این آلودگی‌ها ضمن ورود به آب‌های زیرزمینی و سطحی باعث تخریب محیط زیست و ایجاد بیماری در انسان و سایر موجودات زنده می‌شود. به طور کلی سه عامل باعث ایجاد آلودگی در آب می‌شود که عبارتند از: عوامل فیزیکی، عوامل شیمیایی و عوامل بیولوژیکی.

۱-۱-۱- آلاینده‌های فیزیکی آب

عوامل آلوده کننده فیزیکی معمولاً در آب نامحلول می‌باشند. مانند خرده‌های سنگ، باقی‌مانده گیاهان و درختان، علف‌ها و بوته‌ها. این عوامل معمولاً برای سلامتی انسان مضر و خطرناک نیستند، فقط ظاهر آب را نامطلوب کرده و بر روی طعم و مزه آب اثر منفی دارند.

عوامل فیزیکی مؤثر بر کیفیت آب درجه حرارت، کدورت و رنگ می‌باشد. گرم شدن آب و بالا رفتن درجه حرارت آب می‌تواند باعث آلودگی آب شود. با بالا رفتن دمای آب مقدار اکسیژن محلول کاهش پیدا می‌کند. این عامل می‌تواند بر زندگی ماهی‌ها و سایر آبزیان اثرات نامطلوبی بگذارد. گرم شدن آب می‌تواند به دلایل طبیعی مانند بالا رفتن دمای هوا در بهار و تابستان و یا به دلایل غیرطبیعی مانند فعالیت‌های صنعتی باشد. بسیاری از صنایع همانند نیروگاه‌های تولیدکننده انرژی الکتریکی، از آب به عنوان سرد کننده استفاده می‌نمایند، آب گرم شده به سیستم‌های آبی وارد و باعث گرم شدن آب‌های در مسیر خود می‌شود (تورکار^۱، ۲۰۱۱؛ مهمان‌روش^۲، ۲۰۱۱).

۱-۱-۲- آلاینده‌های شیمیایی آب

این آلاینده‌ها طیف وسیعی از ترکیبات را شامل می‌شود که مهم‌ترین آنها شامل موارد زیر می‌باشد.

۱-۱-۲-۱- ضایعات زیست تخریب پذیر

این ضایعات یکی از مهم‌ترین ضایعاتی هستند که انسان‌ها و حیوانات تولید می‌کنند. این مواد تأمین کننده انرژی (کربن آلی) برای باکتری‌ها هستند. کربن آلی تبدیل به کربن دی‌اکسید و آب می‌شود. دی‌اکسیدکربن تولید شده باعث آلوده شدن جو و تولید باران اسیدی می‌شود. باران اسیدی یکی از جدی‌ترین مشکلات زیست محیطی است که امروزه بسیاری از مناطق دنیا با آن روبرو هستند. این واژه

^۱- Turkar

^۲- Mehmanravesht

انواع پدیده‌ها از جمله مه اسیدی و برف اسیدی که نام آنها با نزول مقدار قابل ملاحظه ای اسید از آسمان مطابقت دارد را شامل می‌شود (فرجی، ۱۳۹۱).

۱-۲-۲-۱- کودهای شیمیایی

کودهای شیمیایی فسفات و نیترات که در پرورش محصولات کشاورزی استفاده می‌شوند می‌توانند به منابع آب سرایت کرده و آن را آلوده نمایند. این گونه مواد معمولاً در آب‌های زیرزمینی تجمع می‌یابند و چون آب‌های زیرزمینی به راه خود ادامه می‌دهند سرانجام به آب‌های سطحی می‌رسند و باعث آلوده شدن آب‌های سطحی نیز می‌شوند. مقادیر بالای فسفات و نیترات در آب باعث رشد جلبک‌ها می‌شود، رشد بیش از حد جلبک‌ها رنگ آب را سبز می‌کند و باعث کدر و لزج شدن آب می‌شود. همچنین رشد جلبک‌ها غلظت اکسیژن محلول در آب را کم کرده و مانع از رسیدن نور خورشید به اعماق آب می‌شود که در نتیجه مرگ ماهیان و آبریزان اتفاق می‌افتد (مهمان‌روش، ۲۰۱۱).

۱-۲-۳-۱- مواد رادیواکتیو

بالاترین موارد آلودگی به مواد رادیواکتیو از جانب آزمایشات اتمی، کارخانجات تولید برق هسته‌ای، کارخانجات تهیه مواد اولیه اتمی، آزمایشگاه تحقیقاتی اتمی و بیمارستان‌هایی که از مواد رادیواکتیو بهره‌گیری می‌نمایند، متوجه محیط زیست و منابع آبی می‌باشد (مهمان‌روش، ۲۰۱۱).

۱-۲-۴-۱- مواد شیمیایی آلی

موادی هستند که در ساختار شیمیایی آن‌ها یک یا چند اتم کربن وجود دارد. این مواد شامل سموم گیاهی و حیوانی، شوینده‌ها، حلال‌ها و هیدروکربن‌ها می‌باشند. سموم گیاهی دسته‌ای از مواد آلی هستند که کشنده آفات گیاهی، جلبکی و جوندگان می‌باشند. شوینده‌ها از مهم‌ترین و شناخته شده‌ترین مواد شیمیایی می‌باشند که در ابعاد وسیعی مصرف عمومی دارند و باعث آلودگی آب می‌شوند. هیدروکربن‌ها به صورت گازوئیل، روغن موتور و نفت از طریق راه‌های حمل و نقل و پارکینگ‌ها پس از بارندگی وارد آب‌های سطحی شده یا از طریق چاه‌های فاضلاب (حوضه‌های جمع آوری آب‌های سطحی) به سوی لایه‌های آبدار وارد می‌شوند. ورود نفت به آب زیرزمینی می‌تواند این آب‌ها را برای همیشه غیرقابل استفاده نماید. همچنین نفت از طریق کشتی‌ها و لوله‌های نفتی وارد آب رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و

اقیانوس‌ها می‌شود. آلودگی نفتی علاوه بر مرگ ماهی‌ها بر زندگی پرندگان نیز اثرگذار است (سود^۱، ۲۰۰۸).

۱-۲-۵- مواد شیمیایی معدنی

آلاینده‌های معدنی بیشتر شامل ترکیبات فلزی و غیرفلزی می‌باشند. این ترکیبات از طریق فاضلاب صنایع و کارخانجات وارد آب‌ها می‌شوند و اثرات سوئی بر محیط زیست وارد می‌کنند.

۱-۱-۳- آلاینده‌های بیولوژیکی آب

آب می‌تواند از طریق مدفوع انسان یا حیوانات به انواع باکتری‌ها، انگل‌ها و سایر میکروارگانیسم‌ها آلوده شود. این میکروارگانیسم‌ها برای سلامتی انسان و حیوانات خطرناک است. بعضی از انواع باکتری‌ها مانند سالمونلا و کمپیلوباکتر ناراحتی‌های گوارشی ایجاد می‌کنند و بعضی از میکروارگانیسم‌ها مانند ویروس *Coxsackie B* می‌تواند خطرناک‌تر باشد و ایجاد حمله‌های قلبی نماید (مهمان‌روش، ۲۰۱۱).

۱-۲- چگونگی آلودگی محیط زیست توسط مواد زائد خطرناک

ضایعات سمی خطرناک که زاییده دست بشر و حاصل فعالیت در بخش‌های مختلف صنعت، کشاورزی، خدمات و تجارت بوده‌اند، باعث افزایش حجم زیادی از زباله‌های صنعتی و تولید پسماندهای جامد و نیمه جامد و مایع خطرناک گردیده است که از تنوع بالایی برخوردار هستند. اگر این ضایعات بدون توجه به اصول مهندسی و زیست‌محیطی در زمین یا آب‌های پذیرنده تخلیه شوند در اثر این عدم توجه و رعایت اصول علمی و زیست محیطی باعث آلودگی آب، خاک و هوا شده و سلامت انسان و دیگر موجودات زنده را به خطر می‌اندازد. در بین عوامل آلوده‌کننده منابع آبی که شامل پساب‌های صنعتی، کشاورزی و خانگی می‌باشند پساب‌ها و فاضلاب‌های صنعتی به عنوان نوعی از مواد زائد صنعتی سهم بیشتری را از لحاظ سمیت، ماندگاری بالا در محیط زیست و عواقب سوء بر انسان و محیط زیست به خود اختصاص می‌دهند. از آنجا که این پساب‌ها مملو از ترکیبات خطرناک هستند، می‌توان به آن‌ها لقب مواد زائد خطرناک را داد، چرا که مواد زائد خطرناک طیف وسیعی از ترکیبات جامد، نیمه جامد و مایع را در بر می‌گیرند و تنها مختص به مواد زائد جامد نیستند (منصوری، ۱۳۹۰).

^۱ - Sud

۱-۲-۱- تعریف مواد زاید خطرناک

تعاریف متعددی برای مواد زائد سمی و خطرناک توسط موسسات و ارگان‌های ذیربط به عمل آمده‌است.

۱-۱-۲-۱- تعاریف سازمان بهداشت جهانی از مواد زاید خطرناک

ضایعات زیان‌آور به مواد زائدی اطلاق می‌شود که به دلیل خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و یا بیولوژیک جمع‌آوری و دفع آن‌ها مستلزم تدابیر خاصی بوده تا از بروز هر گونه تأثیر سوء بر محیط زیست و سلامت انسان جلوگیری به عمل آورد. و در تعریفی دیگر:

۱- باعث ایجاد خطرات کوتاه مدت از قبیل سمیت حاد از طریق بلع، تنفس، جذب پوستی،

خورندگی و سایر مخاطرات، در اثر تماس با چشم و پوست و یا خطر آتش‌سوزی و انفجار شوند.

۲- باعث ایجاد خطرات درازمدت زیست محیطی شامل سمیت مزمن در اثر تماس مکرر و

سرطانزایی (که در برخی موارد از تماس‌های حاد اما با دوره تاخیر طولانی نیز ناشی می‌گردد)

شوند و یا نسبت به فرایندهای سمیت‌زدایی نظیر تجزیه پذیری زیستی پایدار باشند و دارای

پتانسیل آلوده‌سازی آب‌های زیرزمینی و آب‌های سطحی بوده و باعث ایجاد شرایط مورد اعتراض

از دیدگاه زیبایی شناسی مثل به وجود آمدن بوهای زننده و نامطبوع گردند (منصوری، ۱۳۹۰).

۱-۲-۱-۲- تعریف سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا^۱ از مواد زاید خطرناک

این سازمان ماده زایدی را خطرناک می‌داند که یک یا چند شرط زیر را داشته باشد (عبدلی، ۱۳۸۹).

از خود ویژگی‌های قابلیت اشتعال، خورندگی، میل ترکیبی شدید یا سمیت را نشان دهد.

ماده زاید حاصل از منابع نامشخص باشد (مواد حاصل از فرایندهای صنعتی).

ماده زاید از منابع مشخص باشد.

مخلوطی که حاوی فهرستی از مواد زاید خطرناک باشد.

ماده‌ای که از مقررات قانون حفاظت و بازیافت منابع معاف نباشد.

ماده زاید حاصل از فرایندهای شیمیایی، تجاری، مواد واسط و مواد باقی‌مانده باشد (پساب).

^۱ - Environmental Protection Agency

در طبیعت غیر قابل تجزیه و پایدار باشد.

برای موجودات زنده کشنده باشد.

دارای اثرات تجمعی و یا تأثیر مخرب باشد (فلزات سنگین).

از نظر بیولوژیک قابل ازدیاد باشد (تجمع زیستی فلزات سنگین)^۱.

۱-۲-۱-۳- تعریف پسماند خطرناک تحت قانون مدیریت پسماندها در ایران

طبق تعریف قانون مدیریت پسماندها در ایران، پسماندهای ویژه یا خطرناک به کلیه پسماندهایی گفته می‌شود که به دلیل بالا بودن حداقل یکی از خواص خطرناک از قبیل سمیت، بیماری‌زایی (سرطان، جهش ژنتیکی و ...)، قابلیت انفجار یا اشتعال، خوردگی و مشابه آن به مراقبت ویژه نیاز داشته باشد و آن دسته از پسماندهای عادی، صنعتی و کشاورزی که نیاز به مدیریت خاص دارند، جزء پسماندهای ویژه یا خطرناک محسوب می‌شوند (عبدلی، ۱۳۸۹).

۱-۲-۲- طبقه بندی مواد زائد خطرناک

تاکنون معیارهای زیادی درباره تعیین مواد زائد خطرناک در نظر گرفته شده است و بر اساس آن‌ها، طبقه‌بندی مواد زائد زیان‌آور انجام شده است. به عنوان مثال به پاره‌ای از این طبقه‌بندی‌ها اشاره می‌شود: (منصوری، ۱۳۹۰).

۱-۲-۲-۱- طبقه بندی بر اساس نحوه تولید

۱-۲-۲-۱-۱- مواد زائد بیولوژیکی

منشا تولید این ضایعات بیمارستان‌ها، درمانگاه‌ها، مراکز تحقیقات پزشکی و درمانی و بیولوژیک بوده و توانایی آلوده ساختن موجودات زنده یا تولید سم از خواص بارز این ضایعات می‌باشد.

۱-۲-۲-۱-۲- مواد زائد شیمیایی

این مواد عمدتاً در اثر فعالیت صنایع و کارخانجات تولید می‌شود. پساب‌های سمی ناشی از فرایند تولید، نمونه‌ای از این مواد می‌باشد.

^۱-Biological Magnification

۱-۲-۲-۱-۳- مواد زاید رادیواکتیو

این مواد حاصل فعالیت نیروگاه‌های هسته‌ای، مراکز تحقیقات هسته‌ای، کاربرد مواد رادیواکتیو جهت مقاصد مختلف پزشکی، کشاورزی و حتی تولید تسلیحات می‌باشد.

۱-۲-۲-۱-۲- طبقه بندی بر اساس نحوه تأثیر ماده زاید زیان آور

بر این اساس این مواد را به مواد قابل انفجار، مواد اکسید کننده، مواد اشتعال زا، مواد محرک و سوزش آور، مواد سرطان‌زا، مواد بیماری‌زا، مواد مسمومیت‌زای محیط و مواد جهش‌زا تقسیم می‌کنند.

۱-۲-۲-۱-۳- طبقه بندی بر اساس میزان خطرات

در این رابطه مواد زائد خطرناک به دو گروه تقسیم می‌شوند. در گروه اول موادی قرار می‌گیرند که برای سلامتی انسان و محیط زیست بسیار مخاطره‌آمیز هستند و در گروه دوم مواد زائدی گنجانده می‌شوند که خطرات بهداشتی ناشی از آن‌ها کمتر بوده ولی در مقیاس وسیع‌تری از نظر کمی تولید می‌گردند.

۱-۲-۲-۱-۴- طبقه بندی بر اساس حالت فیزیکی

براین اساس می‌توان مواد زائد خطرناک را به حالت‌های مختلف جامد، مایع و نیمه جامد (لجن) تقسیم‌بندی کرد.

۱-۳- فلزات سنگین

فلزات سنگین به دلیل دارا بودن ویژگی‌های خاص خود، به عنوان یکی از مواد زائد خطرناک محسوب می‌شوند. وجود فلزات سنگین در پساب صنایع مختلف، نگرانی‌های زیادی ایجاد نموده و خطرناک بودن آن‌ها از جهات گوناگون محرز شده‌است. آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی از مثال‌های بارز اثرات ناشی از این مواد هستند. این ترکیبات جزء آلاینده‌های پایدار بوده و خاصیت خودپالایی محیط و اکوسیستم را سلب می‌نمایند. موضوع آلودگی آب و محصولات کشاورزی به فلزات سنگین با عنایت به اثرات تجمعی فلزات سنگین و عوارض سوء ناشی از آن بر جوامع انسانی و نیز تهدید امنیت غذایی قابل توجه است.

۱-۳-۱- تعریف فلز سنگین

در برخی منابع علمی فلز را بر مبنای خصوصیات فیزیکی‌اش تعریف می‌کنند. فلزات دارای خواصی از قبیل هدایت الکتریکی و گرمایی بالا، قابلیت بازتاب و درخشندگی و دارای قابلیت لوله شدن هستند. در

واژه‌نامه شیمیایی به فلزاتی با جرم اتمی بیشتر از جرم اتمی آهن ($55/8 \text{ gr/mol}$) و جرم مخصوص بیشتر از $5 \text{ گرم بر سانتی‌متر مکعب}$ فلز سنگین اطلاق می‌شود. لیکن از نظر بیولوژیکی این واژه به عناصری که دارای خاصیت سمی هستند اطلاق می‌گردد. قابل ذکر است که عناصر کم مصرف و عناصر کمیاب که گاهی تحت عنوان فلزات سنگین نام برده می‌شوند معانی متفاوتی دارند (افیونی، ۱۳۸۵).

عناصر کمیاب به عناصری اطلاق می‌شود که از غلظت کمی در خاک و گیاه برخوردار باشند. این عناصر ممکن است برای رشد و نمو گیاه، انسان و حیوان ضروری باشند یا نباشند. عناصر کم مصرف نیز عناصری هستند که برای رشد و نمو موجودات زنده ضروری‌اند. بنابراین عناصر کمیاب و کم مصرف در صورت دارا بودن جرم مخصوص بیشتر از $5 \text{ گرم بر سانتی‌متر مکعب}$ جزء فلزات سنگین محسوب می‌شوند. بر این اساس فلزات سنگینی که در فهرست مواد سمی قرار می‌گیرند عبارتند از: آلومینیوم، آرسنیک، برلیوم، بیسموت، کادمیوم، کروم، کبالت، مس، آهن، سرب، منگنز، جیوه، نیکل، سلنیوم، تالیوم، قلع، تیتانیوم و روی. برخی از این فلزات نظیر آهن، کروم و مس جزو عناصر ضروری در برنامه غذایی روزانه انسان و دام هستند اما دوزهای بالای این عناصر بسیار سمی است. مقدار فلزات سنگین در لیتوسفر و خاک به طور قابل توجهی تغییر می‌کند. در این میان بیشترین مقدار مربوط به سیلیکون و کم‌ترین مقدار مربوط به پلاتین است.

فلزات سنگینی که در بهداشت آب دارای اهمیت می‌باشند و در غلظت‌های بیش از حد آستانه، برای ارگانسیم‌ها، سمی هستند عبارتند از: جیوه، کادمیوم، کروم، سرب، روی، نیکل و مس (هویدی، ۱۳۹۱).

۱-۳-۲- ویژگی‌ها و اثرات فلزات سنگین

تجمع فلزات سنگین در آب، هوا و خاک، یک مشکل زیست محیطی مهم است. در ستون آب، فلزات سنگین ابتدا توسط فیتوپلانکتون، باکتری‌ها، قارچ‌ها و ارگانسیم‌های کوچک دیگر جذب می‌شوند. سپس به ترتیب، آن‌ها توسط موجودات بزرگتر خورده شده و عاقبت وارد بدن انسان می‌شوند. ضمن اینکه گیاهان نیز با جذب فلزات سنگین، باعث ورود آن‌ها به زنجیره غذایی می‌شوند.

یکی از اساسی‌ترین مسائل و مشکلات در ارتباط با فلزات سنگین عدم متابولیزه شدن آن‌ها در بدن موجودات زنده می‌باشد. در واقع فلزات سنگین پس از ورود به بدن دیگر از بدن دفع نشده بلکه در بافت‌هایی مانند چربی، عضلات، استخوان‌ها و مفاصل رسوب کرده و انباشته می‌گردند. این امر موجب

بروز بیماری‌ها و عوارض متعددی در بدن می‌شود. فلزات سنگین همچنین جایگزین دیگر املاح و مواد معدنی مورد نیاز در بدن می‌گردند. مثلاً در صورت کمبود روی در مواد غذایی کادمیوم جایگزین آن می‌گردد (کرباسی و همکاران ۱۳۸۸). اینگونه فلزات با ترکیبات ضروری بدن از قبیل اکسیژن، گوگرد و ازت به صورت گروه‌هایی از قبیل S-S، SH، OH، COO و COOH پیوند برقرار می‌نماید. بیشتر ترکیبات ضروری بدن از جمله آنزیم‌ها و پروتئین‌ها دارای چنین گروه‌هایی می‌باشند در نتیجه فلزات سنگین موجب وقفه فعالیت آنزیم‌ها و اختلال در سنتز ترکیبات ضروری بدن می‌شوند (رکنی، ۱۳۷۸). به طور کلی اختلالات عصبی (پارکینسون، آلزایمر، افسردگی، اسکیزوفرنی)، اختلالات ژنتیکی، انواع سرطان، ناقص‌الخلقه‌زایی، فقر مواد مغذی، برهم خوردن تعادل هورمون‌ها، چاقی، سقط جنین، اختلالات تنفسی و قلبی عروقی، آسیب به کبد، کلیه‌ها و مغز، بی‌اشتهایی، التهاب مفاصل، ریزش مو، پوکی استخوان و در موارد حاد مرگ از نتایج اثرات ورود فلزات سنگین به بدن می‌باشد. مهم‌ترین اندام‌های هدف در تجمع و تأثیر فلزات سنگین، کلیه‌ها و کبد هستند (کرباسی و همکاران، ۱۳۸۸).

۱-۳-۳- فلزات موجود در پساب صنایع

فلزات سمی‌ای که در فاضلاب‌ها و پساب‌های کارخانجات و صنایع یافت می‌شوند بسیار متنوع هستند و معمولاً در پساب صنایعی از قبیل آبکاری فلزات، استخراج معادن، سرامیک سازی، باتری‌سازی، رنگ سازی، نساجی، کاغذ سازی، تولید آفت کش‌ها، تولید کودهای شیمیایی، تولید چرم و دباغی و غیره یافت می‌شوند. در ادامه اثرات برخی از مهم‌ترین آنها شرح داده می‌شوند.

۱-۳-۳-۱- روی

روی عنصری ضروری برای حفظ سلامتی انسان محسوب می‌شود. این فلز برای عملکرد فیزیولوژیکی اندام‌های زنده و فرایندهای بیوشیمیایی در بدن ضروری است. این فلز در صنایع زیادی مانند تولید آهن گالوانیزه و تولید وسایل برنجی کاربرد دارد. با این حال مقادیر بالای آن می‌تواند مشکلات زیادی همانند ناراحتی‌های گوارشی، مشکلات پوستی و کم خونی را برای انسان ایجاد نماید. همچنین روی می‌تواند باعث آسیب رساندن به پانکراس، اختلال در متابولیسم پروتئین و تصلب شرایین شود (فو^۱ و همکاران، ۲۰۱۱).

^۱ - Fu

۱-۳-۳-۲- مس

مس عنصری ضروری برای متابولیسم در بدن موجودات زنده می‌باشد. از مس در صنایعی مانند فلز کاری استفاده می‌شود. مقادیر زیاد آن مسمومیت ایجاد می‌کند. عوارض آن شامل استفراغ، ناراحتی‌های شدید گوارشی، آسیب رسیدن به کبد، کلیه و حتی ممکن است منجر به مرگ نیز شود (المحدون^۱ و همکاران، ۲۰۱۰).

۱-۳-۳-۳- جیوه

جیوه یک نوروٹوکسین می‌باشد، یعنی به سیستم اعصاب مرکزی بدن آسیب جدی وارد می‌کند. مقادیر بالای جیوه باعث اختلال در حس لامسه، بینایی، شنوایی، اختلال کروموزومی و ناقص الخلقه شدن جنین، آسیب‌های ریوی و ناراحتی‌های کلیوی می‌شود. مسمومیت با ترکیبات معدنی جیوه به صورت قابل ملاحظه‌ای با ترکیبات آلی آن تفاوت دارد. این ترکیبات در کبد، کلیه و به ویژه مجاری ادراری جمع و به این اعضا آسیب می‌رساند (فو و همکاران، ۲۰۱۱).

۱-۳-۳-۴- کادمیوم

کادمیوم عنصری غیر ضروری و غیرمفید برای گیاهان، حیوانات و انسان است و در مقادیر پایین بی‌نهایت سمی است. به دلیل کاربرد گسترده‌ای که در صنایع مختلف دارد استفاده از این فلز اجتناب ناپذیر است. کادمیوم از طریق فاضلاب‌های کارخانجات فلزکاری، تولید پلاستیک، رنگ‌سازی، تولید باتری‌های کادمیوم - نیکل، تولید کود و آفت کش‌ها، نساجی، ریخته‌گری و استخراج معدن وارد محیط زیست و منابع آبی می‌شود. این فلز یکی از مهم‌ترین عوامل ایجادکننده سرطان است و تماس طولانی مدت با آن منجر به مرگ می‌شود (رائو^۲ و همکاران، ۲۰۱۰).

۱-۳-۳-۵- آرسنیک

از جمله عناصر سمی و محلول در آب است که با آشامیدن وارد بدن شده و عوارض زیان‌بار بهداشتی ایجاد می‌کند. راهیابی آرسنیک به منابع آبی از طریق استخراج معادن و ذوب فلز از سنگ معدن، احتراق سوخت‌های فسیلی، کاربرد سموم دفع آفات نباتی آرسنیک‌دار و پساب کارخانجات می‌باشد که موجب

^۱- Al-Madhoun

^۲- Rao