بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه صنعتی اصفهان
دانشکده مهندسی عمران

جذب بیولوژیکی فلز کروم با استفاده از لجن دفعی فاضلاب شهری از محلول‌های آبی

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی عمران- مهندسی محیط زیست

فرزانه محمدی

استاد راهنما
دکتر امیر تائبی

زمستان ۱۳۸۹

دانشگاه صنعتی اصفهان
دانشکده مهندسی عمران

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی عمران-مهندسی محیط زیست خانم فرزانه محمدی

تحت عنوان

جذب بیولوژیکی فلز کروم با استفاده از لجن دفعی فاضلاب شهری از محلول‌های آبی

در تاریخ ۱۳۸۹/۱۲/۲۲ توسط کمیته تخصصی ذیل مورد بررسی و تصویب نهائی قرار گرفت.

۱. استاد راهنمای پایان نامه	دکتر امیر تائبی
۲. استاد مشاور پایان نامه	دکتر هستی هاشمی نژاد
۳. استاد داور	دکتر ارجمند مهربانی
۴. استاد داور	دکتر میر غفاری
سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده	دکتر کبیری

تشکر و قدردانی

با حمد و سپاس به درگاه حق تعالی و امید به رحمت بی منتهایش، تحقیق حاضر را بهانه‌ای می‌دانم تا از تمامی اساتید و بزرگوارانی که در طول دوران تحصیل بنده را از حمایت‌های خود بهره‌مند نمودند سپاسگزاری نمایم.

در ابتدا بر خود لازم می‌دانم از استاد محترم راهنما جناب آقای دکترامیر تائبی و استاد محترم مشاور سرکار خانم دکتر هستی هاشمی نژاد که برای اینجانب همواره الگوی علم، اخلاق و نظم بوده‌اند، به خاطر راهنماییها و پیشنهادات گرانبهایشان در طول مراحل اجرای پایان‌نامه تشکر نمایم.

از جناب آقای دکتر مهربانی و دکتر میر غفاری به خاطر قبول زحمت داوری، مطالعه پایان‌نامه و ارائه پیشنهادات ارزنده‌شان بسیار سپاسگزارم.

از استاد دلسوز و مهربان جناب آقای دکترکبیری، سرپرست تحصیلات تکمیلی، بسیار سپاسگزارم.

از کارشناس آزمایشگاه محیط زیست دانشکده عمران دانشگاه صنعتی اصفهان سرکار خانم هرندی به خاطر کمک-های خوبشان تشکر می‌نمایم.

در پایان از حمایت‌های بی‌دریغ خانواده عزیزم که همواره در این مدت از هیچ کوششی جهت انجام هرچه بهتر این اثر فروگذار ننمودند سپاسگزاری می‌نمایم و برای همه این عزیزان توفیقات الهی و طول عمر با عزّت را بیش از پیش از درگاه خدای متعال خواستارم.

والسّلام علی من التبع الهدی

فرزانه محمدی

فروردین‌ماه ۱۳۹۰

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج
مطالعات، ابتکارات و نوآوریهای ناشی از
تحقیق موضوع این پایان نامه(رساله) متعلق
به دانشگاه صنعتی اصفهان است

تقدیم به

پدر و مادر عزیزتر از جانم

فصل اول: مقدمه ۲

۱-۱ کلیات ۲

۱-۲ اهداف تحقیق ٤

۱-۳ کاربرد نتایج ٤

۱-٤ ساماندهی پایان نامه ٥

فصل دوم: کلیاتی در مورد فاضلاب‌ها و فلزات سنگین به خصوص فلز کروم ٦

۲-۱ مقدمه ٦

۲-۲ هدف از تصفیه فاضلاب ٦

۲-۳ مشخصات کیفی فاضلاب ۷

۲-۳-۱ مشخصات فیزیکی ۷

۲-۳-۲ مشخصات شیمیایی ۷

۲-۳-۳ مشخصات بیولوژیکی ۸

۲-٤ انواع فاضلاب ۹

۲-٤-۱ فاضلابهای خانگی ۹

۲-٤-۲ فاضلابهای صنعتی ۹

۲-٤-۳ فاضلابهای سطحی (روانابهای سطحی) ۱۰

۲-٥ انواع آلایندههای فاضلابهای صنعتی و اثرات آنها ۱۰

۲-٦ آلودگی فاضلابها ۱۱

۲-۷ فلزات سنگین ۱۲

۲-۷-۱ کلیاتی در مورد فلزات سنگین ۱۲

۲-۷-۲ سمیت فلزات ۱٤

۲-۷-۳ منابع آلودگی ۱٥

۲-۷-٤ اثر بر سلامتی..... ۱٦
۲-۷-٥ استانداردها و قوانین مرتبط..... ۱٦
۲-۸ فلزکروم..... ۲۰
۲-۸-۱ خصوصیات..... ۲۱
۲-۸-۲ تولید کروم خالص..... ۲۱
۲-۸-۳ تاثیر بر سلامتی..... ۲۲
۲-۸-٤ کاربردها..... ۲۳
۲-۸-٥ دغدغه های زیست محیطی..... ۲٤
فصل سوم: روش‌های تصفیه‌ی فاضلاب‌های آلوده به فلزات سنگین..... ۲٦
۳-۱ روش‌های تصفیه فاضلاب‌های آلوده به فلزات سنگین..... ۲٦
۳-۱-۱ ترسیب شیمیایی..... ۲۷
۳-۱-۲ انعقاد و لخته سازی..... ۲۹
۳-۱-۳ شناورسازی..... ۳۰
۳-۱-٤ فیلتراسیون غشایی..... ۳۱
۳-۱-٥ تبادل یونی..... ۳۳
۳-۱-٦ روشهای تصفیهی الکتروشیمیایی..... ۳٤
۳-۱-۷ جذب..... ۳٥
۳-۱-۸ مقایسهٔ اجمالی روش‌های تصفیهٔ فاضلاب‌های آلوده به فلزات سنگین..... ٤۲
فصل چهارم: جذب بیولوژیکی..... ٤٤
٤-۱ تاریخچه..... ٤٤
٤-۲ فرآیند جذب..... ٤٥
٤-۳ کاربردهای زیست‌محیطی جذب..... ٤۸

٤-٤ جذب بیولوژیکی ٤٩
٤-٤-١ مقدمهای بر جذب بیولوژیکی ٤٩
٤-٤-٢ جاذب بیولوژیکی ٥٠
٤-٤-٣ تاریخچهی جذب بیولوژیکی ٥٢
٤-٤-٤ ساختار باکتریایی ٥٩
٤-٤-٥ مکانیزم جذب بیولوژیکی ٦٠
٤-٤-٦ خصوصیات سطح باکتریایی ٦١
٤-٥ ایزوترمهای جذب ٦٢
٤-٥-١ ایزوترمهای جذب در راکتور ناپیوسته ٦٣
٤-٥-٢ مدلهای سینتیک جذب در راکتور ناپیوسته ٦٧
فصل پنجم: مواد و روشها ٦٩
٥-١ مقدمه ٦٩
٥-٢ وسایل و مواد استفاده شده ٦٩
٥-٣ آمادهسازی و تهیه جاذب ٧١
٥-٣-١ تهیه لجن دفعی ٧١
٥-٣-٢ زیست جرم خشک شده حاصل از لجن دفعی ٧١
٥-٤ آمادهسازی و تهیه محلولها ٧٢
٥-٤-١ تهیه محلول استاندارد و مرجع کروم ٧٢
٥-٤-٢ اسید هیدروکلریک و سود ٠/١ مولار ٧٢
٥-٥ آماده سازی ظروف ٧٢
٥-٦ اندازه گیری غلظت کروم ٧٢
٥-٧ اندازه گیری و تنظیم pH نمونه ها ٧٣

۵-۸ آزمایش پراش اشعه X(XRD)..... ۷۳
۵-۹آزمایشهای بهینه سازی پارامترهای جذب..... ۷۳
۵-۱۰آزمایشهای بهینه سازی سرعت اختلاط..... ۷٤
۵-۱۱ آزمایشهای سینتیک جذب..... ۷٤
۵-۱۲ آزمایشهای ایزوترم جذب..... ۷۵
۵-۱۳طرح آزمایشها..... ۷۵
۵-۱۳-۱ طراحی آزمایش فاکتوریل کامل..... ۷٦
۵-۱۳-۲ تاریخچه..... ۷٦
۵-۱٤ آنالیز آماری آزمایشات..... ۷۷
۵-۱٤-۱آنالیز واریانس..... ۷۷
فصل ششم: نتایج و بحث..... ۸۱
٦-۱ مقدمه..... ۸۱
٦-۲ آنالیز جاذبها..... ۸۱
٦-۳ بهینه سازی پارامترهای موثر در جذب..... ۸۲
٦-۳-۱ عوامل موثر در آزمایش جذب..... ۸۲
٦-۳-۲ روند طراحی آزمایشها در این پژوهش..... ۸۲
٦-٤ نتایج حاصل از آزمایشها..... ۸۵
٦-٤-۱ نتایج آماری آزمایشهای سینتیک جذب..... ۸۵
٦-٤-۲ نتایج آماری آزمایشهای بهینه سازی سرعت اختلاط..... ۸٦
٦-٤-۳ نتایج آماری آزمایشات ایزوترم جذب..... ۸۷
٦-٤-٤ نتایج آماری آزمایشهای بهینه سازی پارامترهای مؤثر بر جذب..... ۸۸
٦-۵ مطالعات سینتیک جذب..... ۹۲

٦-٥-١ زمان تعادل ٩٣
٦-٥-٢ مدلهای سینتیک جذب ٩٤
٦-٦ مطالعات ایزوترم جذب ١٠٠
٦-٧ اثر سرعت اختلاط بر میزان حذف کروم ١٠٧
٦-٨ آنالیز واریانس (ANOVA) ١٠٨
٦-٩ بررسی اثر عوامل طرح فاکتوریل بر میزان حذف کروم ١١١
٦-٩-١ اثر غلظت اولیه بر میزان حذف کروم ١١١
٦-٩-٢ اثر pH بر میزان حذف کروم ١١١
٦-٩-٣ اثر دز جاذب بر میزان حذف کروم ١١٣
٦-٩-٤ بررسی اثرات متقابل عوامل طرح فاکتوریل بر میزان حذف کروم ١١٤
٦-٩-٥ جمع بندی نتایج ١١٦
فصل هفتم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات ١١٨
٧-١ نتیجه گیری کلی ١١٨
٧-٢ محدودیتهای تحقیق ١٢٠
٧-٣ پیشنهادات ١٢٠
مراجع ..... **Error! Bookmark not defined.**

فهرست شکل‌ها

شکل(٤-١)- طرح کلّی فصل مشترک جامد- محلول..... ٤٦

شکل(٤-٢): انرژی پتانسیل دربرابر فاصله [١٠٦]..... ٤٧

شکل(٤-٣): ساختار باکتریهای گرم مثبت و گرم منفی ٦٠

شکل(٣-٤)- انواع ویژگی‌های ایزوترم..... ٦٦

شکل(٦-١)- نمودار نتایج آنالیز XRD لجن دفعی فاضلابی ٨١

شکل(٦-٢)-هیستوگرام فراوانی درصد حذف در آزمایشهای سینتیک جذب..... ٨٦

شکل(٦-٣)-هیستوگرام فراوانی درصد حذف در آزمایشهای بهینه سازی سرعت اختلاط ٨٧

شکل(٦-٤)-هیستوگرام فراوانی درصد حذف آزمایشات ایزوترم جذب..... ٨٨

شکل(٦-٥)-هیستوگرام فراوانی درصدحذف در آزمایشهای بهینه سازی پارامترهای مؤثر بر جذب با غلظت اولیه ٥ میلی گرم بر لیتر ٨٩

شکل(٦-٦)-هیستوگرام فراوانی درصدحذف در آزمایشهای بهینه سازی پارامترهای مؤثر بر جذب با غلظت اولیه ٢٠ میلی گرم بر لیتر.. ٩٠

شکل(٦-٧)-هیستوگرام فراوانی درصدحذف در آزمایشهای بهینه سازی پارامترهای مؤثر بر جذب با غلظت اولیه ٥٠ میلی گرم بر لیتر.. ٩١

شکل(٦-٨)-هیستوگرام فراوانی درصدحذف در آزمایشهای بهینه سازی پارامترهای مؤثر بر جذب با غلظت اولیه ٩٠ میلی گرم بر لیتر.. ٩٢

شکل(٦-٩)-مقایسه درصد حذف کروم نسبت به زمان در غلظتهای اولیه مختلف ٥، ٢٠، ٥٠ و ٩٠ میلی گرم بر لیتر..... ٩٣

شکل (٦-١٠) نقاط دادههای آزمایشگاهی در غلظت ٥ mg/l و منحنی مدل شبه مرتبه اول برازش شده..... ٩٥

شکل (٦-١١) نقاط دادههای آزمایشگاهی در غلظت ٢٠mg/l و منحنی مدل شبه مرتبه اول برازش شده..... ٩٥

شکل (٦-١٢) نقاط دادههای آزمایشگاهی در غلظت ٥٠mg/l و منحنی مدل شبه مرتبه اول برازش شده..... ٩٥

شکل (٦-١٣) نقاط دادههای آزمایشگاهی در غلظت ٩٠mg/l و منحنی مدل شبه مرتبه اول برازش شده..... ٩٦

شکل (٦-١٤) نقاط دادههای آزمایشگاهی در غلظت ٥mg/l و منحنی مدل شبه مرتبه دوم برازش شده ٩٦

شکل (٦-١٥) نقاط دادههای آزمایشگاهی در غلظت ٢٠mg/l و منحنی مدل شبه مرتبه دوم برازش شده ٩٧

شکل (٦-١٦) نقاط دادههای آزمایشگاهی در غلظت ٥٠mg/l و منحنی مدل شبه مرتبه دوم برازش شده ٩٧

شکل (٦-١٧) نقاط دادههای آزمایشگاهی در غلظت ٩٠mg/l و منحنی مدل شبه مرتبه دوم برازش شده ٩٧
شکل (٦-١٨) نقاط دادههای آزمایشگاهی در غلظت ٥mg/l و منحنی مدل Elovich برازش شده..... ٩٨
شکل (٦-١٩) نقاط دادههای آزمایشگاهی در غلظت ٢٠mg/l و منحنی مدل Elovich برازش شده..... ٩٨
شکل (٦-٢٠) نقاط دادههای آزمایشگاهی در غلظت ٥٠mg/l و منحنی مدل Elovich برازش شده..... ٩٩
شکل (٦-٢١) نقاط دادههای آزمایشگاهی در غلظت ٩٠mg/l و منحنی مدل Elovich برازش شده..... ٩٩
شکل (٦-٢٢) ایزوترم جذب کروم بر جاذب در غلظت اولیه ٩٠ میلی گرم بر لیتر..... ١٠٠
شکل (٦-٢٣) ایزوترم جذب کروم بر جاذب در غلظت اولیه ٥٠ میلی گرم بر لیتر..... ١٠٠
شکل (٦-٢٤) ایزوترم جذب کروم بر جاذب در غلظتهای اولیه ٢٠ میلی گرم بر لیتر ١٠١
شکل (٦-٢٥) ایزوترم جذب کروم بر جاذب در غلظتهای اولیه ٥ میلی گرم بر لیتر..... ١٠١
شکل (٦-٢٦) ایزوترملانگمایرجذب کروم بر جاذب در غلظت اولیه ٩٠ میلی گرم بر لیتر ١٠٢
شکل (٦-٢٧) ایزوترملانگمایرجذب کروم بر جاذب در غلظت اولیه ٥٠ میلی گرم بر لیتر ١٠٣
شکل (٦-٢٨) ایزوترملانگمایرجذب کروم بر جاذب در غلظت اولیه ٢٠ میلی گرم بر لیتر ١٠٣
شکل (٦-٢٩) ایزوترملانگمایرجذب کروم بر جاذب در غلظت اولیه ٥ میلی گرم بر لیتر ١٠٣
شکل (٦-٣٠) ایزوترم فرندلیچ جذب کروم بر جاذب در غلظت اولیه ٩٠ میلی گرم بر لیتر ١٠٤
شکل (٦-٣١) ایزوترم فرندلیچ جذب کروم بر جاذب در غلظت اولیه ٥٠ میلی گرم بر لیتر ١٠٤
شکل (٦-٣٢) ایزوترم فرندلیچ جذب کروم بر جاذب در غلظت اولیه ٢٠ میلی گرم بر لیتر ١٠٥
شکل (٦-٣٣) ایزوترم فرندلیچ جذب کروم بر جاذب در غلظت اولیه ٥ میلی گرم بر لیتر ١٠٥
شکل (٦-٣٤) ایزوترمBET جذب کروم بر جاذب در غلظت اولیه ٩٠ میلی گرم بر لیتر ١٠٦
شکل (٦-٣٥) ایزوترمBET جذب کروم بر جاذب در غلظت اولیه ٥٠ میلی گرم بر لیتر ١٠٦
شکل (٦-٣٦) ایزوترمBET جذب کروم بر جاذب در غلظت اولیه ٢٠ میلی گرم بر لیتر ١٠٦
شکل (٦-٣٧) ایزوترمBET جذب کروم بر جاذب در غلظت اولیه ٥ میلی گرم بر لیتر..... ١٠٧

شکل(٦-٣٨)- نمودار سرعت اختلاط در مقابل درصد حذف کروم در غلظتهای اولیه ٥، ٢٠، ٥٠ و ٩٠ میلی گرم بر لیتر.....١٠٨

شکل(٦-٣٩)- میزان مشارکت در پاسخ کلیه پارامترهای در نظر گرفته شده در آزمایشات.....١١٠

شکل(٦-٤٠)-نمودار غلظت اولیه در مقابل درصد حذف کروم پس از گذشتن زمان ٥ ،١٢٠ و ٤٨٠ دقیقه از زمان اختلاط ١١١

شکل(٦-٤١)-نمودار pH در مقابل درصد حذف کروم در غلظتهای اولیه ٥، ٢٠، ٥٠ و ٩٠ میلی گرم بر لیتر.....١١٢

شکل(٦-٤٢)- نمودار دز جاذب در مقابل درصد حذف کروم در غلظت اولیه ٥ میلی گرم بر لیتر ١١٣

شکل(٦-٤٣)- نمودار درصد حذف کروم برای درک بهتر اثرات متقابل متغیرها.....١١٦

فهرست جداول

جدول(۲-۱) مشخصات معمول فاضلاب محلی تصفیه نشده ۸

جدول(۲-۲) رده بندی آبها بر حسب درجه ی آلودگی آنها ۱۲

جدول(۲-۳) توزیع فلزات سنگین در پساب صنایع ۱۳

جدول(۲-٤) فراوانی فلزات کمیاب در پوسته زمین ۱۵

جدول(۲-۵) فلزات اساسی و ضروری زندگی ۱۵

جدول(۲-٦) فلزات قابل ذخیره در بدن انسان ۱۷

جدول(۲-۷) حدود استاندارد فاضلاب خروجی از کارخانجات در یک کشور در حال توسعه(هند) ۱۸

جدول(۲-۸) حدود استاندارد فاضلاب خروجی از کارخانجات در یک کشور توسعه یافته(سوئیس) ۱۹

جدول(۲-۹) حدود مجاز برخی فلزات سنگین فاضلاب ها در ایران ۲۰

جدول(۳-۱) حذف فلزات سنگین با استفاده از کربن فعال ۳۷

جدول(۳-۲) ظرفیت های جذب گزارش شده توسط کیتوسان (mg/g) ۳۹

جدول(۳-۳) ظرفیت های جذب گزارش شده توسط رس (mg/g) ٤۰

جدول(۳-٤) ظرفیت های جذب گزارش شده توسط کودگیاهی (mg/g) ٤۰

جدول(۳-۵) ظرفیت های جذب گزارش شده توسط زائدات صنایع (mg/g) ٤۱

جدول(۳-٦) خلاصه‌ای از قابلیت تصفیه‌پذیری روش‌های فیزیکی- شیمیایی برای فاضلاب‌های معدنی ٤۳

جدول(٤-۱)- طبقه‌بندی منافذ برحسب اندازه آنها ٤۷

جدول(٤-۲)مقایسه خصوصیات زیست جذب و زیست انباشتگی ۵۱

جدول(٤-۳) مهمترین نتایج جذب بیولوژیکی فلزات با زیست جرم های مرده یا غیر فعال ۵٤

ادامه جدول(٤-۳) مهمترین نتایج جذب بیولوژیکی فلزات با زیست جرم های مرده یا غیر فعال ۵۵

ادامه جدول(٤-۳) مهمترین نتایج جذب بیولوژیکی فلزات با زیست جرم های مرده یا غیر فعال ۵٦

ادامه جدول(٤-۳) مهمترین نتایج جذب بیولوژیکی فلزات با زیست جرم های مرده یا غیر فعال ۵۷

ادامه جدول(٤-٣) مهمترین نتایج جذب بیولوژیکی فلزات با زیست جرم های مرده یا غیر فعال ٥٨

جدول(٤-٤) روش های مختلف تعیین مکانیزم جذب ٦٢

جدول(٥-١)دستگاهها و وسایل مورد استفاده در این پروژه ٧٠

جدول(٥-٢)مواد مورد استفاده در این پروژه ٧٠

جدول(٦-١) عوامل و سطوح استفاده شده در این پژوهش ٨٢

جدول(٦-٢) شرایط و تعداد آزمایشات سینتیک جذب ٨٣

جدول(٦-٣)شرایط و تعداد آزمایشات بهینه سازی سرعت اختلاط ٨٣

جدول(٦-٤) شرایط و تعداد آزمایشات ایزوترم جذب ٨٤

جدول(٦-٥)شرایط و تعداد آزمایشات بهینه سازی پارامترهای جذب ٨٤

جدول(٦-٦)خلاصه آماری آزمایشهای سینتیک جذب ٨٥

جدول(٦-٧)خلاصه آماری آزمایشهای بهینه سازی سرعت اختلاط ٨٦

جدول(٦-٨)خلاصه آماری آزمایشات ایزوترم جذب ٨٧

جدول(٦-٩)خلاصه آماری آزمایشات بهینه سازی پارامترهای جذب با غلظت اولیه ٥ mg/l ٨٨

جدول(٦-١٠)خلاصه آماری آزمایشات بهینه سازی پارامترهای جذب با غلظت اولیه ٢٠ mg/l ٨٩

جدول(٦-١١)خلاصه آماری آزمایشات بهینه سازی پارامترهای جذب با غلظت اولیه ٥٠ mg/l ٩٠

جدول(٦-١٢)خلاصه آماری آزمایشات بهینه سازی پارامترهای جذب با غلظت اولیه ٩٠ mg/l ٩١

جدول(٦-١٣) معادلات برازش شده مدل شبه مرتبه اول ٩٤

جدول(٦-١٤) معادلات برازش شده مدل شبه مرتبه دوم ٩٦

جدول(٦-١٥) معادلات برازش شده مدل Elovich ٩٨

جدول (٦-١٦) مقادیر ضرایب محاسبه شده مدل های سینتیک جذب ٩٩

جدول (٦-١٧)ضرایب ایزوترم لانگمایر ١٠٢

جدول (٦-١٨)ضرایب ایزوترم فرندلیچ ١٠٤

جدول (٦-١٩)ضرایب ایزوترمBET ١٠٥

جدول(٦-٢٠) نتایج آنالیز واریانس یک طرفه ١٠٩

جدول(٦-٢١) نتای‌ج آنالی‌ز واری‌انس مرکب ١١٠

جدول(٦-٢٢) بررسی تاثیر همزمان غلظت اولی‌ه×pH ١١٤

جدول(٦-٢٣) بررسی تاثیر همزمان غلظت اولی‌ه×pH×دز جاذب ١١٤

جدول(٦-٢٤) بررسی تاثیر همزمان غلظت اولیه×دز جاذب ١١٥

جدول(٦-٢٥) بررسی تاثیر همزمان دز جاذب×pH ١١٥

جدول(٦-٢٦)شرایط بهینه جذب کروم توسط لجن دفعی ١١٧

چکیده

کاهش غلظت کروم شش ظرفیتی در منابع آب به دلیل غیر قابل تجزیه بودن و زیست تجمع پذیری آن امری ضروری است. روش‌های تصفیه‌ی متعددی مانند ترسیب شیمیایی، تبادل یونی، فیلتراسیون غشایی، الکترولیز، شناورسازی، اسمز معکوس و جذب برای تصفیه‌ی آب‌های آلوده به کروم مورد استفاده قرار می‌گیرد؛ که انتخاب بهترین گزینه به غلظت فلز در آب و هزینه‌های تصفیه بستگی دارد.استفاده از جاذب‌ها ، به دلایل اقتصادی و سهولت در بهره برداری، یکی از گزینه‌های مناسب برای کاهش فلزات سنگین آب است. در سال‌های اخیر توجه زیادی به روش‌های بیولوژیکی شده است. سه مزیت کلی برای روش‌های بیولوژیکی وجود دارد؛ اول، تصفیه‌ی بیولوژیکی می‌تواند در محل آلوده به صورت در جا انجام شود؛ دوم، روش-های بیولوژیکی برای محیط زیست بی خطر بوده و آلاینده‌های ثانویه ایجاد نمی‌کنند؛ سوم، از نظر اقتصادی به صرفه هستند. جذب بیولوژیکی یا زیست جذب یکی از روش‌های موثر و ارزان قیمت است که اخیراً برای حذف فلزات از فاضلاب‌ها مورد توجه قرار گرفته است.

زیست جذب به معنای جذب مواد سمی با استفاده از مواد بیولوژیکی مرده یا غیر فعال می‌باشد که در این روش مواد سمی جذب دیواره‌ی سلولی می‌شوند. در فرآیند جذب بیولوژیکی یک اتصال فیزیکی-شیمیایی بین فلز و گروه‌های عاملی موجود در لجن دفعی ایجاد می‌شود که این اتصال بر پایه‌ی جذب سطحی (جذب فیزیکی و جذب شیمیایی) و تعویض یون می‌باشد. در این میان زیست جرم خشک شده حاصل از لجن دفعی یک جاذب بیولوژیکی بسیار موثر است که با ایجاد پیوندهای فیزیکی- شیمیایی بین گروه‌های عاملی موجود بر روی سطح آن با فلزات، می‌تواند توانایی بالایی در حذف فلزات داشته باشد. در این مطالعه، جذب فلز کروم شش ظرفیتی با استفاده از زیست جرم خشک شده حاصل از لجن دفعی مورد بررسی قرار گرفت. پیش تصفیه لجن دفعی شامل خشک سازی، خرد سازی و دانه بندی بوده است. همچنین تاثیر عوامل مختلف بر جذب، از جمله غلظت اولیه (در محدوده ۵ تا ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر)، دز جاذب (در محدوده ۲ تا ۱۰ گرم بر لیتر)، pH (در محدوده ۲ تا ۸)، زمان اختلاط (در محدوده ۵ تا ٤٨٠ دقیقه) و سرعت اختلاط (در محدوده ۵۰ تا ۲۰۰ دور بر دقیقه) مطالعه شد. بر اساس نتایج به دست آمده شرایط بهینه برای جذب کروم توسط جاذب مورد نظر، pH معادل ۲، زمان تماس ۱۲۰ دقیقه و میزان اختلاط ۲۰۰ دور بر دقیقه می‌باشد و کارایی حذف کروم برای این جاذب بیش از ۹۶٪ به دست آمد. ایزوترم جذب با مدل فرندلیچ و لانگمایر تطابق داشته و حداکثر ظرفیت جذب کروم توسط جاذب در شرایط بهینه تعیین شده در آزمایشگاه ٤١/٦٩ میلی گرم کروم بر گرم جاذب برآورد شد. با توجه به نتایج به دست آمده از آنالیز واریانس، تمام عوامل مورد مطالعه در کارایی حذف کروم معنا دار هستند. به عنوان نتیجه کلی تحقیق، می‌توان چنین اظهار داشت که زیست جرم خشک شده حاصل از لجن دفعی مورد استفاده در این تحقیق قادر به حذف کروم از محیط‌های آبی می‌باشد و می‌تواند به عنوان گزینه‌ای کارآمد و به صرفه، به جای جاذب‌های متداول مثل کربن فعال، در تصفیه‌ی فاضلاب‌های آلوده به کروم مورد استفاده قرار گیرد.

فصل اول

مقدمه

۱-۱ کلیات

تمام شکل‌های حیات در روی زمین به آب بستگی‌دارند. هر انسان در روز به چند لیتر آب شیرین نیاز دارد ولی متأسفانه در بسیاری از مناطق دنیا دسترسی به منابع آماده‌ای از آب با خلوص کافی مقدور نیست. طی قرن‌ها، آلودگی آب آشامیدنی از طریق منابع آلاینده مانند فاضلاب‌ها و فضولات علت بسیاری از مرگ و میر انسان‌ها با منشأ زیست محیطی در مقایسه با هر علت دیگر بوده است[۱]. از سوی دیگر به دلیل رشد جمعیت و توسعه صنایع علاوه بر افزایش مصرف آب، تولید فاضلاب‌ها نیز افزایش یافته است.

در سال‌های اخیر وضع قوانین سخت زیست محیطی توسط دولت‌ها و ملاحظات اقتصادی موجب معطوف شدن توجه زیادی به جداسازی عوامل آلودگی از جریان پساب‌های ورودی به محیط زیست گشته است، از طرف دیگر در دنیای پیشرفته امروزی، مسائل زیست محیطی مورد توجه مردم قرار گرفته و اهمیّت سیاسی نیز پیدا کرده است. امروزه با پیشرفت روش‌های تجزیه، هزاران ماده شیمیایی حاصل از فرآیندهای تصفیه و تصفیه نادرست آب و پساب، در آب‌های طبیعی یافت شده است. در بیشتر کشورهای پیشرفته یک اتفاق نظر در مورد ضرورت توجه به مشکلات پیچیده زیست محیطی وجود دارد، در حالیکه در کشورهای در حال توسعه، حل مشکلات مربوط به افزایش جمعیت و پایداری اقتصادی با اهمیّت‌تر به نظر می‌رسد. در همین راستا کمیسیون اروپایی، اهداف سیاست آب مناسب را به صورت زیر بیان کرده است:

- تأمین منبع سالم، مناسب و کافی آب آشامیدنی

- تأمین منابع آب کافی و با کیفیت جهت تأمین نیازهای اقتصادی
- حفظ و نگهداری مناسب محیط زیست و محیط آبزیان در صنایع و کشاورزی
- مدیریت منابع آب به منظور جلوگیری و کاهش اثرات بد طوفان‌ها و خشکسالی‌ها[۲]

امروزه میزان آب استفاده شده توسط صنایع مختلف رو به افزایش است و تقریباً در اکثر صنایع، فاضلاب تولید می‌شود. این فاضلاب‌ها نیاز به دفع شدن دارند و محل دفع انتخابی معمولاً فاضلاب عمومی و یا یک منبع آب می‌باشد که هر کدام از حالت‌ها وجود تعدادی مراحل تصفیه قبل از تخلیه ضروری است. وجود بعضی از آلودگی‌ها مثل فلزات سنگین و هیدروکربن‌های کلرینه شده حتی ممکن است بر فرآیند هضم لجن حاصل از تصفیه فاضلاب نیز اثر بگذارد. با توجه به حضور و یا عدم حضور این مواد در فاضلاب‌ها روش تصفیه انتخاب شده و گاهی به کار بردن یک سری مراحل اضافی نیز ضروری می‌شود[۳].

افزایش مصرف فلزات سنگین باعث افزایش مقدار آن‌ها در سیستم‌های آبی شده و به دلیل غیر قابل تجزیه بودن و داشتن خصوصیات زیست تجمع پذیری از آلاینده‌های اصلی محسوب شده، بنابراین اقدامات احتیاطی مؤثر در کاهش سطح غلظت آن در منابع آب امری ضروری است. کروم شش ظرفیتی به عنوان ماده‌ای خطرناک در فهرست مواد سمی U.S.EPA[۱] معرفی شده است. با انباشته شدن این عنصر در بدن، قسمت‌های مختلف مانند سیستم‌های گوارشی، کلیوی و عصبی تحت تأثیر قرار می‌گیرند[٤]. مقادیر زیاد فلزات سنگین در محیط زیست شامل آب‌های طبیعی ریسک زیادی برای موجودات زنده به همراه دارد. به دلیل حجم زیاد فاضلاب‌های صنعتی حاوی فلزات سنگین و غلظت نسبتاً پایین این فلزات در این فاضلاب‌ها، روش‌های تصفیه‌ی این فاضلاب‌ها معمولاً مشکل است.

روش‌های تصفیه‌ی متعددی مانند ترسیب شیمیایی، تبادل یونی، فیلتراسیون غشایی، تبخیر، اسمز معکوس، الکترولیز، شناورسازی و جذب برای فاضلاب‌های آلوده به فلزات سنگین مورد استفاده قرار می‌گیرد. که انتخاب روش بهینه بستگی به غلظت فلزات سنگین در فاضلاب و هزینه‌های تصفیه دارد. در این میان، اگرچه ترسیب یک فرآیند ساده است و کاربرد وسیعی دارد، معمولاً در کاهش غلظت فلزات سنگین برای رسیدن به استانداردکیفیت آب مؤثر نیست. در بین این روش‌ها، جذب به عنوان یک روش مقرون به صرفه تکنولوژیکی برای تصفیه فلزات پیشنهاد می‌گردد.

---

[۱] United States Environmental Protection Agancy