بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه آزاد اسلامی
واحد شاهرود
دانشکده فنی مهندسی، گروه مهندسی شیمی

پایان‌نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد «M.Sc.»
گرایش: محیط زیست

عنوان:
حذف فلز نیکل با جاذب جلبک سبز کلادوفورا و نانوذرات اکسید آهن

استاد راهنما:
دکتر صاحبعلی منافی

استاد مشاور:
دکتر علی اصغر روحانی

نگارش:
علی اکبر جمشیدی

زمستان ۱۳۹۳

Islamic Azad University

Shahrood Branch

Faculty of Engineering, Department of Chemical Engineering

Thesis for a master's degree «M.Sc.»

Course: Environment

Title:

Removal of nickel metal with absorbent green algae Kladofora and iron oxide nanoparticles

Supervisor:

Sahebali Manafi Ph.D

Advisor:

Ali Asghar Rohani Ph.D

By:

Ali Akbar Jamshidi

Winter 1393

سپاسگزاری

در اینجا بر خود لازم می بینم که از زحمات بی دریغ استاد عزیزم جناب آقای دکتر صاحبعلی منافی و جناب آقای دکتر علی اصغر روحانی که مرا در انجام این پایان نامه یاری نمودند صمیمانه تقدیر و تشکر نمایم. همچنین جا دارد که از معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه آزاد اسلامی واحد شاهرود قدردانی نمایم.

تقدیم به

زیباترین واژه های هستی
پدر
و
مادر

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
چکیده	۱
مقدمه	۲
فصل اول: مطالعه و مروری بر منابع موجود	
۱-۱- آب و ضرورت توجه به آن	۵
۱-۲- حذف مواد آلاینده با جاذب‌های زیستی و مزایای آن	۵
۱-۳- مهمترین پارامترهای تاثیر گذار بر فرآیند استفاده از جاذب¬های زیستی برای تصفیه آب	۶
۱-۴- نحوه اثر گذاری سه فاکتور مهم بر توان جاذب برای حذف فلزات سنگین از آب	۷
۱-۴-۱- دمای محلول مورد استفاده	۷
۱-۴-۲- pH محلول	۷
۱-۴-۳- غلظت جاذب در محلول	۷
۱-۵- روند و تاریخچه جذب زیستی	۸
۱-۶- انواع روش های جذب زیستی	۸
۱-۶-۱- جذب سطحی فیزیکی	۸
۱-۶-۲- جذب با استفاده از خاصیت تبادل یونی	۸
۱-۶-۳- جذب با تشکیل کمپلکس	۹
۱-۷- دو جاذب¬های زیستی پر استفاده از میان میکروارگانیسم‌ها	۹
۱-۷-۱- مخمرها	۹
۱-۷-۲- باکتری‌ها	۱۰
۱-۸- کاربرد انواع میکروارگانیسم‌ها در صنعت تصفیه فاضلاب	۱۰
۱-۸-۱- نقش مهم باکتری‌ها در تصفیه آب و فاضلاب	۱۰

۱-۸-۲- نقش تاثیر گذار قارچها در تصفیه آب و فاضلاب ۱۰
۱-۸-۳- نقش تاثیر گذار جلبکها در فاضلاب ۱۱
۱-۹- بررسی تصفیه آب با جاذب‌های زیستی میکروارگانیسمی ۱۱
۱-۱۰- مراحل کار در تصفیه آب با استفاده از جاذب‌های زیستی مختلف ۱۱
۱-۱۰-۱- انتخاب زیست توده برای حذف ۱۱
۱-۱۰-۲- آماده سازی جاذب با استفاده از روش¬های مختلف پیش پالایش ۱۲
۱-۱۰-۳- تثبیت جاذب با استفاده از روش¬های مختلف ۱۲
۱-۱۰-۴- گرانول بندی جاذب ۱۳
۱-۱۰-۵- قرار دادن گرانول¬ها در محلول برای حذف ۱۴
۱-۱۱- بهبود عملکرد فرآیند از طریق کار آزمایشگاهی برروی عوامل موثر بر درصد حذف فلز از آب ۱۴
۱-۱۲- فلزات سنگین ۱۶
۱-۱۲-۱- تقسیم¬بندی فلزات سنگین ۱۶
۱-۱۲-۲- کاربرد فلزات سنگین درصنایع ۱۷
۱-۱۳- نیکل(Ni) ۱۷
۱-۱۳-۱- ویژگیهای عمومی نیکل ۱۷
۱-۱۳-۲- مصارف عمده نیکل ۱۸
۱-۱۳-۳- منابع ورود نیکل به محیط ۱۸
۱-۱۳-۴- سرنوشت زیست محیطی نیکل ۱۸
۱-۱۳-۵- سطوح زیست محیطی و تماس انسان از راه آب، هوا و غذا ۱۸
۱-۱۳-۶- متابولیسم نیکل ۱۹
۱-۱۳-۷- اثرات نیکل بر سلامت انسان و سایر موجودات ۱۹
۱-۱۴- بررسی روش¬های حذف فلزات سنگین ۲۰

۱-۱۴- ۱- ترسیب شیمیائی (chemical precipitation) ۲۰
۱-۱۴- ۲- تبادل یونی (Ion exchange) ۲۰
۱-۱۴- ۳- تصفیه الکترو شیمیائی (treatment Electrochemical) ۲۰
۱-۱۴- ۴- تکنولوژی غشائی (technologies Membrane) ۲۰
۱-۱۵- بررسی روش¬های فرآیندی مختلف تماس بین جاذب و یون¬های فلزی ۲۱
۱-۱۵-۱- روش غوطه¬وری ذرات جاذب ۲۱
۱-۱۵-۲- روش ساخت فیلتر از ذرات جاذب ۲۱
۱-۱۶- فناوری نانو ۲۲
۱-۱۶-۱- تاریخچه نانوفناوری ۲۲
۱-۱۶-۲- کاربرد نانوذرات برای حذف فلزات سنگین از آب ۲۲
۱-۱۷- استفاده از نانوذرات اکسید آهن برای تصفیه فاضلاب و برخی از دیگر موارد ۲۵

فصل دوم: مواد و روش‌ها

۲-۱- روش سنتز جاذب مورد استفاده برای آزمایش¬ها ۲۸
۲-۱-۱- جاذب زیستی (جلبک سبز رشته ای کلادوفورا) ۲۸
۲-۱-۲- نانوذرات مورد استفاده (نانوذرات مگ همایت) ۲۸
۲-۲- محلول سازی ۲۹
۲-۳- مراحل انجام آزمایش‌ها ۲۹
۲-۳-۱- مرحله بدست آوردن زمان بهینه ۲۹
۲-۳-۲- مرحله بدست آوردن غلظت فلز و غلظت جاذب بهینه ۳۰
۲-۳-۳- مرحله بررسی توان جاذب زیستی برای حذف فلز سنگین از آب ۳۰

۲-۳-۴- مرحله بررسی تاثیر افزودن جاذب زیستی به جاذب نانو ۳۱
۲-۳-۵- مرحله استفاده از انواع پیش پالایش برای آماده سازی جاذب ۳۱
۲-۳-۶- مرحله بدست آوردن دور همزن مناسب ۳۱

فصل سوم: نتایج و بحث

۳-۱- نتایج مرحله بهینه کردن زمان ۳۳
۳-۲- بررسی و بحث درمورد نتایج مرحله بهینه کردن زمان حذف نیکل ۳۳
۳-۳- نتایج مرحله بهینه کردن غلظت فلز سنگین و مقدار جاذب ۳۸
۳-۳-۱- غلظت فلز ۱۰ میلی گرم در لیتر ۳۸
۳-۳-۲- بحث و نتیجه گیری درمورد نتایج مرحله غلظت ۱۰ میلی گرم در لیتر نیکل ۳۸
۳-۳-۳- غلظت اولیه فلز ۲۰ میلی گرم در لیتر ۴۱
۳-۳-۴- بررسی نتایج مرحله غلظت اولیه فلز ۲۰ میلی گرم در لیتر ۴۲
۳-۳-۵- غلظت فلز ۳۰ میلی گرم در لیتر ۴۴
۳-۳-۶- بحث و نتیجه¬گیری در در مورد مرحله غلظت ۳۰ میلی گرم در لیتر ۴۵
۳-۳-۷- نتایج مرحله غلظت فلز ۴۰ میلی گرم در لیتر ۴۶
۳-۳-۸- . بحث و نتیجه گیری درمورد نتایج مرحله غلظت فلز ۴۰ میلی گرم در لیتر ۴۷
۳-۴- نتایج مرحله استفاده از جاذب زیستی ۴۸
۳-۵- بحث و نتیجه¬گیری درمورد نتایج مرحله استفاده از جاذب زیستی ۴۸
۳-۶- نتایج مرحله استفاده از جاذب ترکیبی ۵۱
۳-۷- بحث در مورد نتایج مرحله استفاده از جاذب ترکیبی ۵۲
۳-۸- نتایج مرحله استفاده از انواع پیش پالایش ۵۲
۳-۹- بحث و نتیجه گیری در مورد مرحله استفاده از انواع پیش پالایش ۵۳
۳-۱۰- نتایج مرحله استفاده از همزن ۵۵
۳-۱۱- . بحث در مورد نتایج مرحله بررسی تاثیر دور همزن بر درصد حذف نیکل ۵۶

فصل چهارم: نتیجه گیری و پیشنهادات

۴-۱- نتیجه‌گیری ۵۹

۴-۲- پیشنهادات ۶۰

۴-۳- منابع و مراجع ۶۲

۴-۴- چکیده انگلیسی ۶۶

فهرست شکل‌ها

عنوان شکل صفحه

شکل ۱-۱: تصویری از یک جاذب تثبیت و گرانول بندی شده ۱۳

شکل ۱-۲: جلبک سبز رشته‌ای کلادوفورا ۲۸

شکل ۲-۲: جلبک خشک و سپس خرد شده ۲۸

شکل ۳-۲: تصاویر نانوذرات مورد استفاده در پژوه ۲۸

شکل ۴-۲: تصویر TEM نانوذرات مگ‌همایت ۲۹

شکل ۵-۲: تصویر نمک مورد استفاده در پژوهش ۲۹

شکل ۶-۲ : تصویر دستگاه سانتریفیوژ مورد استفاده در این پژوهش ۳۰

شکل ۱-۳: نتایج مرحله بهینه کردن زمان حذف نیکل ۳۳

شکل ۲-۳: مرحله بهینه کردن زمان در پژوهش گلستانی و همکاران ۳۴

شکل ۳-۳: بررسی تاثیر زمان تماس در کار ناطقی و همکاران ۳۴

شکل ۴-۳: نتایج مرحله بهینه کردن زمان در پایان نامه گلستانی و همکاران ۳۵

شکل ۵-۳: نتایج بهینه کردن زمان حذف در پژوهش اسدی و همکاران ۳۵

شکل ۶-۳: نتایج پژوهش کریم سلمانی و همکارن در مرحله بهینه کردن زمان ۳۶

شکل ۷-۳: بررسی مقدار حذف فلز نیکل در غلظت ۱۰ppm و مقادیر متفاوت جاذب ۳۸

شکل ۸-۳: نتایج مرحله بهینه کردن مقدار جاذب در پژوهش اقبالپور و همکاران ۳۹

شکل ۹-۳: نتایج مرحله تغییر غلظت جاذب در پژوهش شکرائی و همکاران ۳۹

شکل ۱۰-۳: نتایج مرحله بهینه کردن مقدار جاذب در پژوهش ملکوتیان و همکاران ۴۱

شکل ۱۱-۳: نتایج مرحله غلظت نیکل ۲۰ ppm ۴۲

شکل ۱۲-۳: نتایج مرحله مرحله بهینه کردن غلظت اولیه فلز سنگین در پژوهش اقبالپور و همکاران ۴۳

شکل ۳-۱۳: مرحله تعیین غلظت فلز اولیه بهینه در کار علیائی و همکاران ۴۴

شکل ۳-۱۴: نتایج مرحله غلظت نیکل ۳۰ میلی گرم در لیتر ۴۵

شکل ۳-۱۵: تاثیر متفاوت تغییر مقدار جاذب بر درصد حذف فقط بر اثر تفاوت میان زمان تماس در پژوهش صمدی و همکاران
۴۶

شکل ۳-۱۶: نتایج مرحله غلظت نیکل ۴۰ میلی گرم در لیتر ۴۷

شکل ۳-۱۷: نتایج مرحله استفاده از جاذب زیستی برای حذف ۴۸

شکل ۳-۱۸: نتایج بررسی تاثیر تغییر مقدار جاذب پودر هسته انار بر درصد حذف فلز کروم در پژوهش قانعیان و همکاران
۵۰

شکل ۳-۱۹: نتایج مرحله تعیین مقدار جاذب بهینه در پژوهش اقبالپور و همکاران ۵۰

شکل ۳-۲۰: تاثیر تغییر مقدارجاذب بر حذف فلزات سنگین در پژوهش زوار موسوی و همکاران
۵۱

شکل ۳-۲۱: نتایج مرحله استفاده از انواع پیش پالایش ۵۲

شکل ۳-۲۲: مقدار جذب سرب روی گیاه OL قبل و بعد از استفاده از محلول ۵۳

شکل ۳-۲۳: مقدار جذب مس روی گیاه OL قبل و بعد از استفاده از محلول ۵۳

شکل ۳-۲۴: تصویر SEM از گیاه OL پیش پالایش شده با $H_2O_2/MgCl_2$ ۵۴

شکل ۳-۲۵: تصویر SEM از گیاه OL پیش پالایش شده با $H_2O_2/FeCl_3$ ۵۴

شکل ۳-۲۶: تصویر SEM از گیاه OL پیش پالایش شده با $H_2O_2/MgCl_2$: $FeCl_3$ ۵۵

نتایج ۳-۲۷: مرحله بررسی تاثیر دور همزن بر درصد حذف نیکل ۵۶

شکل ۳-۲۸: نتایج تاثیر دور همزن بر درصد حذف فلز در پژوهش اقبالپور و همکاران ۵۶

شکل ۳-۲۹: نتایج تغییر دور همزن بر درصد حذف در پژوهش بهزادنیا و همکاران ۵۷

فهرست جداول

عنوان جدول
صفحه

جدول ۱-۱: فرآیندهای که در آنها از میکروارگانیسم ها برای حذف مواد مختلف آلوده کننده آب استفاده می‌شود ۱۴

جدول ۱-۲: فرآیندهای که در آنها از جلبک ها برای حذف مواد مختلف آلوده کننده آب استفاده میشود ۱۵

جدول ۱-۳: مثال¬هائی از کاربرد فلزات سنگین در برخی صنایع مهم ۱۷

جدول ۱-۴: فرآیندهای که در آنها از نانومواد برای حذف مواد آلاینده مختلف استفاده می¬شود ۲۳

جدول ۱-۵: بررسی موارد کاربرد نانوتکنولوژی در صنایع بالادستی نفت ۲۴

جدول ۳-۱: نتایج مرحله بهینه کردن زمان حذف نیکل از آب ۳۳

جدول ۳-۲: مقایسه حداکثر درصد حذف در چند پژوهش مختلف ۳۷

جدول ۳-۳: بررسی مقدار حذف فلز نیکل در غلظت ۱۰ppm و مقادیر متفاوت جاذب ۳۸

جدول ۳-۴: درصد حذف مرحله غلظت فلر ۲۰ میلی گرم در لیتر ۴۱

جدول ۳-۵: نتایج مرحله غلظت نیکل ۳۰ میلی گرم در لیتر ۴۵

جدول ۳-۶: نتایج مرحله غلظت نیکل ۴۰ میلی گرم در لیتر ۴۶

جدول ۳-۷: نتایج مرحله استفاده از جاذب جلبکی برای حذف نیکل ۴۸

جدول ۸-۳: نمونه‌هائی از نتایج پژوهش¬هائی که از جاذب زیستی برای تصفیه آب استفاده کردند ۴۹
جدول ۹-۳: نتایج مرحله استفاده از انواع پیش پالایش و جاذب معمولی برای حذف نیکل ۵۲
جدول ۱۰-۳: بررسی درصد حذف فلز نیکل با تغییر دور همزن ۵۵

چکیده
هدف اصلی از این پژوهش، جداسازی فلز نیکل با روش جذب سطحی (غوطه‌وری ذرات جاذب) با استفاده از نانوذرات اکسید آهن و ترکیبی از جاذب زیستی یعنی جلبک سبز رشته‌ای کلادوفورا می-باشد. در مراحل مختلف این پژوهش با استفاده از نتایج بدست آمده در آزمایشاها اثر پارامترهای موثر بر فرآیند جذب مانند زمان تماس بین جاذب و فلز سنگین (۵، ۱۵، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ دقیقه)، مقدار دوز جاذب نانوی استفاده شده در هر مرحله برای حذف فلز سنگین از آب (۰/۱، ۰/۳، ۰/۵، ۰/۷ و ۱ گرم در لیتر) و غلظت اولیه نیکل محلول در آب (۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ میلی‌گرم در لیتر)، تاثیر استفاده از مقادیر مختلف جاذب زیستی (۱، ۲، ۳ و ۴ گرم در لیتر)، تاثیر استفاده از ترکیب نانوذرات اکسید آهن و جاذب زیستی با هم، تاثیر استفاده از انواع پیش‌پالایش جاذب زیستی (پیش پالایش الکلی، اسیدی و بازی) و سرعت همزن (۱۲۰، ۲۴۰ و ۳۶۰ دور در دقیقه)، بررسی شدند و با استفاده از نتایج بدست آمده شرایط عملیاتی بهینه تعیین شد. نتایج مرحله اول آزمایش‌ها یعنی مرحله بهینه کردن زمان تماس نشان دهنده بهتر بودن زمان ۹۰ دقیقه در مقایسه با دیگر زمان‌های مورد بررسی بود، و در مرحله دوم تاثیر تغییر مقدار جاذب نانوذرات اکسید آهن بر توان جاذب برای حذف نیکل از آب مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد که افزایش مقدار جاذب، موجب افزایش درصد حذف خواهد شد، همچنین با افزایش غلظت اولیه نیکل محلول در آب نتایج نشان دهنده کاهش میزان درصد حذف نیکل از ۹۱/۵ درصد به ۷۰ درصد کاهش بودند، در مرحله استفاده از مقادیر گوناگون جاذب زیستی نتایج نشان دهنده افزایش توان جاذب با افزایش مقدار جاذب بودند بطوری که توان جاذب در این مرحله از ۶۲ درصد حذف به ۹۴ درصد رسید، در گام بعدی از آزمایش‌ها که تاثیر انواع پیش‌پالایش جاذب زیستی(جلبک) با استفاده از سه روش پیش پالایش اسیدی، پیش‌پالایش بازی و پیش‌پالایش الکلی مورد بررسی قرار گرفت، نتایج این مرحله نشان دهنده ارجحیت پیش‌پالایش الکلی در مقایسه با دیگر روش‌های مورد بررسی بود البته در این مرحله نتایج مقدار حذف تمامی نمونه‌ها از مقدار حذف جاذب بدون پیش پالایش کمتر بود، و در آخرین مرحله یعنی بهینه کردن دور همزن، نتایج نشان دادند که با افزایش دور همزن مقدار توان جاذب برای حذف کاهش می‌یابد. در این پژوهش حداکثر ظرفیت جذب نیکل با جلبک در مقایسه با این مقدار در جذب با نانوذرات آهن بیشتر بوده، بطوری که این مقدار برای جلبک برابر ۹۴ درصد و برای نانوذره آهن برابر ۹۱/۵ درصد بود. در پایان، نتایج آزمایشات برای فرآیند جذب سطحی با استفاده نرم‌افزار اکسل حل شده است، همچنین شایان ذکر است که کلیه آزمایشات در شرایط محیطی دمایی ۲۵ الی ۳۰ درجه سانتیگراد صورت گرفت و برای اندازه‌گیری غلظت فلز نیکل موجود در محلول از دستگاه ICP ساخت کشور استرالیا انجام گردید.

مقدمه:
به دلیل عوامل طبیعی مثل پدیده گرمایش کره زمین در اثر افزایش گازهای گلخانه‌ای و در پی آن خشکسالی‌های وسیع و مداوم و همچنین عوامل غیره طبیعی مثل رشد سریع جمعیت جهان و آلوده کردن آب‌های سالم و قابل شرب توسط فعالیت‌های انسانی مثل ورود فاضلاب ناشی از کارخانه‌ها و شهرها به آب‌های سالم، مسئله تامین آب شیرین و سالم که قابل شرب و بهداشتی باشد به یکی از مهمترین دغدغه‌های جهان بشری تبدیل شده است. محدودیت منابع آبی و خطر بحران آب در کشور از یک سوء و افزایش آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی توسط یون‌ها و سایر آلاینده‌های حاصل از فاضلاب‌های صنعتی و شهری از سوی دیگر، یافتن راه حل‌های قابل قبول زیست‌محیطی را برای حذف این مواد از منابع آب و نیز بازیافت آب ضرروی می‌سازد. از این رو ضرورت برنامه‌ریزی دقیق و علمی درخصوص حفظ کیفیت منابع آب خصوصاً در مورد وضعیت منابع آب سطحی نسبت به نیکل به شدت احساس می‌گردد. یکی از این راهبردها حذف آلودگی نیکل است که به دو صورت بلند مدت و کوتاه مدت مطرح می‌شوند. راهکارهای بلند مدت شامل طراحی و اجرای سیستم‌های جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب مناطق شهری و شهرک‌های صنعتی است و راهکارهای کوتاه مدت تصفیه منابع آب شرب با استفاده از روش‌های مختلف حذف نیکل و ارایه مدل بهینه تصفیه از طریق ترکیب و یا تغییر در فرآیندهای موجود تصفیه است. و به همین دلیل باید از طریق روش‌های مختلف سعی شود تا آب‌های آلوده شده را به روش‌های مختلف تصفیه کرد و آنها را دوباره مورد استفاده قرار داد. اما برای تصفیه منابع آبی باید سعی شود تا از میان مواد و روش‌های مختلف بهترین ماده و روش که بیشترین مزایا و کمترین معایب را دارد انتخاب کرد زیرا هر ماده جاذب و روش حذف دارای مزایا و معایب خاص خود است که استفاده از آنها را دچار محدودیت‌ها و مزیت‌های مختص خود می‌کند. نانومواد دارای مزایای متعددی می‌باشند از جمله اینکه این مواد دارای سطح در دسترس زیادی در مقایسه با مواد معمولی هستند و به ازای اشغال یک حجم کم مقدار سطح در دسترس زیادی در اختیار مصرف کننده قرار می‌دهند. نانوذرات اکسید آهن علاوه بر این مزایا دارای مزیت‌های خاص دیگری می‌باشند از جمله مزایای این نانوذرات ارزان قیمت بودن آنها می‌باشد همچنین این مواد فاقد اثرات سوء بر سلامت انسان هستند و از سوی دیگر نانوذرات اکسید آهن دارای خاصیت مغناطیسی هستند که باعث سهولت استفاده از آنها در مرحله آماده‌سازی، استفاده و پس از استفاده می‌شود، این عوامل موجب ایجاد امکان بالقوه استفاده از این مواد برای حذف مواد آلوده کننده مختلف از آب می‌شود. روش‌های معمول مختلفی برای حذف یونهای فلزی از اکوسیستم های آبی توسط محققان زیادی مورد بررسی قرار گرفته اند. این روش‌ها شامل ته نشست شیمیایی، تبادل یونی، تصفیه الکتروشیمیای، فناوری هایی غشایی، جذب سطحی روی کربن فعال و غیره می باشد. روش‌های ته‌نشست شیمیایی و تصفیه الکتروشیمیای زمانی که غلظت فلز خیلی پایین و حدود ۱ تا ۱۰۰ میلی‌گرم برلیتر است، موثر نیستند. همچنین این روش موجب تولید مقادیر زیادی لجن می گردد که دفع آنها مشکلات زیادی را در پی دارد. روش‌های تبادل-یونی، فناوری غشایی و پروسه جذب سطحی روی کربن فعال، بسیار پرهزینه هستند، خصوصا زمانی که از این روش‌ها در تصفیه حجم زیادی از فاضلاب با غلظت‌های پایین فلزات سنگین استفاده شود. بنابراین روش‌های مذکور نمی‌توانند در مقیاس وسیع به کار روند. روش جدید پیشنهادی، جذب زیستی است که در آن مواد مختلف زیستی شامل باکتری، قارچ‌ها، مخمرها، جلبک‌ها و غیره مورد استفاده قرار می‌گیرند. این مواد زیستی می توانند غلظت فلزات سنگین در اکوسیستم‌های آبی را از گرم در لیتر به هزارم میلی گرم در لیتر کاهش دهند. بنابراین جذب زیستی، یک گزینه ایده‌آل برای تصفیه حجم زیاد فاضلاب همراه با غلظت کم یون‌های فلزی محسوب می‌شود. دلایل استفاده روز افزون از

میکروارگانیسم‌ها مواردی همچون ارزان قیمت بودن بیشتر آنها، بی‌خطر بودن بیشتر انواع آنها برای سلامت انسان، رشد سریع آنها در زمانی کوتاه، دارا بودن گروه‌های عاملی مختلف بطور همزمان که قادرند به شکل همزمان با انواع مختلفی از مواد آلوده کننده واکنش داده و آنها را حذف کنند و بعضی از دیگر مزایا است. در این پژوهش هدف اصلی و کاربردی ارائه راهکاری جهت تعیین و مقایسه استفاده از نانوذرات اکسید آهن و جاذب گیاهی و حالت ترکیبی آنها برای حذف فلز نیکل موجود در محیط آبی قرار گرفت. امید است نتایج این تحقیق بتواند راهگشای تحقیقات بیشتری در آینده در زمینه تصفیه آب بوده و باعث بالا رفتن سطح کیفی آب آشامیدنی گردد.

فصل اول
مطالعه و مروری بر منابع موجود

۱-۱) آب و ضرورت توجه به آن

تقریبا تمامی نیازهای غذائی انسان و دیگر موجودات زنده ارتباط بسیار تنگاتنگی با آب دارد و در واقع قسمت اعظم مواد مصرفی توسط موجودات را یا آب تشکیل داده است و یا برای تهیه آن به آب نیاز است برای مثال تمامی گیاهان و جانوران برای ادامه حیاط نیاز به آب دارند و بخش عمده‌ای از زیست‌توده‌های آنها را آب تشکیل داده و آب بعنوان محیط زیست برای انواع جانداران دریائی بحساب می‌آید. همانطور که می‌دانیم قسمت اعظم بدن انسان را نیز آب تشکیل داده است و انسان برای ادامه حیاط طبیعی نیاز دارد که بطور روزمره مقادیر فراوانی در حدود چند لیتر آب سالم و بهداشتی بنوشد، به دلیل آنکه امروزه تامین آب سالمی که از نظر فیزیکی و شیمیائی قابل شرب باشد به یکی از مهمترین مسائل کشورهای در حال توسعه تبدیل شده است، زیرا توزیع آب ناسالم و غیر منطبق با

استانداردها در کوتاه مدت و به خصوص در بلندمدت اثرات جبران‌ناپذیری به سلامت مصرف کنندگان خواهد گذاشت [۱]، و همچنین با توجه به اینکه در سال‌های اخیر فشارهای ناشی از افزایش جمعیت، تحول جوامع صنعتی- شیمیایی و پیشرفت‌های فراوان در علم مسائل زیادی را در مورد سالم بودن آب آشامیدنی مطرح ساخته است و بطور مشابه در سایر جهات زندگی نیز سلامت و بهداشت انسان‌ها مورد توجه قرار گرفته است [۲] پس بنابر این تامین آب آشامیدنی با کیفیت مناسب در جهان امروز دارای اهمیت بسیار زیادی می‌باشد. بر اساس آخرین استانداردهای منتشر شده توسط سازمان بهداشت جهانی آب سالم آبی است که آلوده نباشد به عبارت دیگر مصرف کننده را به بیماری‌هایی که از طریق آب منتقل می‌شوند مبتلا نکند و همچنین عاری از هر نوع مواد سمی بوده و مواد معدنی و آلی در آن بیش از حد استاندارد نباشد،بر اساس آمار منتشره از طرف این سازمان ،۸۰% کل بیماری‌ها در دنیا مربوط به آلودگی آب است و شیوع این بیماری‌ها نیز در کشورهای در حال توسعه اتفاق می‌افتد. درتعریف دیگر، آب آشامیدنی آبی است که پس از رسیدن به دست مصرف کننده بتواند آنرا بدون ایجاد آثار سوء مورد استفاده برای آشامیدن، پخت و پز و شست و شو قرار دهد. پس برای دست یابی به آب سالم قابل شرب لازم است که آب از هر نوع ارگانیسم دارای قابلیت ایجاد بیماری و هر نوع ماده دیگر که دارای امکان ایجاد آثار سوء در مصرف کنندگان آب است اعم از مواد آلی و غیره آلی عاری باشد [۳]. برای آب آشامیدنی استانداردهای مختلفی از زمان‌های گذشته وجود داشته که خواص و ویژگی-های مختلف آب شرب سالم را تشریح می‌کنند این استانداردها شامل مواردی از قبیل حد استاندارد برای رنگ، بو، طعم، دما، ذرات موجود در آب از جمله مواد رادیواکتیو، میکروارگانیسم‌ها و دیگر خواص آب سالم برای آشامیدن می‌باشند.

۱-۲) حذف مواد آلاینده با جاذب‌های زیستی و مزایای آن

جذب زیستی توانایی توده‌های زیستی در جمع آوری یا حذف فلزات سنگین از پساب‌ها از طریق فعالیت‌های متابولیکی غیر مستقیم با راه‌های فیزیکی و شیمیایی جذب است. جاذب زیستی هر نوع ماده تولید شده از بقایای یک موجود زنده است که از آن برای جذب مواد آلاینده استفاده می‌شود، این نوع از جاذب‌ها مجموعه بسیار بزرگی از جاذب‌ها را از قبیل جاذب‌های تولید شده از بقایای گیاهی مثل پوست و برگ درختان و انواع علف‌ها، جاذب‌های تولید شده از بقایای جانوری مثل استخوان و پشم و هر قسمت دیگر یک جانور، انواع میکروارگانیسم‌ها از قبیل جلبک‌ها، کپک‌ها، مخمرها، باکتری‌ها و قارچ‌ها را شامل می‌شود، از این دسته از جاذب‌ها تا کنون در موارد بسیار زیادی بدلیل مزایای آنها برای حذف انواع مواد آلوده کننده استفاده شده است و در موارد متعددی نتایج بسیار خوبی نیز توسط محققین گزارش شده است [٤]. این روش دارای مزایایی از قبیل، هزینه پایین به دلیل امکان تامین از منابع طبیعی رایگان، کارایی بالا به دلیل حضور مواد شیمیائی مخلف در ساختار این جانداران، عدم نیاز به مواد مغذی فراوان و پرهزینه برای اکثر موجودات تولید کننده جاذب زیستی، امکان احیای جاذب و استفاده از آن و امکان بازیافت فلز سنگین حذف شده، می‌باشد.

از جمله مزایای دیگر این دست از جاذب ها می‌توان به این مورد اشاره داشت که برخی از این جذب کننده‌های زیستی قادرند طیف وسیعی از فلزات سنگین را حذف کنند، البته این در حالی است که برخی نیز تنها انواع خاصی از فلزات را جذب می‌کنند، این ویژگی جاذب‌های طبیعی نیز بخاطر نوع مواد موجود در ساختار هر کدام از آنها یا در واقع بدلیل تفاوت جنس هر کدام می‌باشد. ساختار پیچیده میکروارگانیسم‌ها آنها را توانمند می‌کند تا به طرق مختلف فلزات را جذب کنند. این فرآیندها را می‌توان از دو جنبه طبقه‌بندی کرد: بر اساس وابستگی به متابولیسم سلولی به دو دسته وابسته به متابولیسم و مستقل از متابولیسم طبقه‌بندی می‌شوند. بر اساس محل جذب فلز دو دسته اصلی تقسیم می‌شوند دسته اول تجمع مواد جذب شده در داخل سلول، دسته دوم جذب سطحی و جمع‌آوری فلز در خارج از سلول

دسته بندی می‌شوند. گروه‌های شیمیای موجود در توده‌زیستی نیز در حذف فلزات نقش مهمی دارند برای مثال گروه‌های استامید، پلی‌ساکاریدهای مهمترین مواد موجود در ساختار قارچ‌ها هستند، آمینو فسفات در اسیدهای نوکلئیک، گروه‌های آمین، آمید و کربوکسیل در پروتئین ها، هیدروکسیل در پلی-ساکارید و نیز کربوکسیل و سولفات در پلی‌ساکاریدهای جلبک‌های دریایی متعلق به گونه‌های کلروفیتا، ردوفیتا، فائوفیتا مهمترین مواد موجود در این موجودات هستند که با فلزات مختلف واکنش می‌دهند. همانطور که می‌دانیم انتقال فلز از میان دیواره سلولی سبب تجمع آن در ساختار میکروارگانیسم می‌شود پس برای این نوع از حذف فلزات سنگین نیاز است کع دیواره سلولی خاصیت نفوذپذیری در مقابل فلز سنگین از خود نشان دهد. در این نوع جذب سیستم دفاعی فعال موجود زنده در حضور فلزات سنگین واکنش داده و تغیر می‌کند. فلزات سنگین از طریق انتقال دهنده‌های یون‌های مهم متابولیکی مانند پتاسیم، منیزیم و سدیم از میان غشاءهای سلول میکروبی انتقال می‌یابند، تعادل این سیستم در حضور فلزاتی با بار و شعاع یونی مشابه با یون‌های ضروری بر هم می‌خورد. در صورت واکنش بین فلز و گروه‌های ساختاری موجود بر روی سطح سلول میکروبی فرآیند جذب، مستقل از متابولیسم انجام می-شود که نسبتاً سریع و برگشت‌پذیر است پس فرآیند حذف نوع اول یا همان حذف فلز سنگین توسط جذب سطحی روی دیواره خارجی میکروارگانیسم دارای سرعت بسیار بیشتری در مقایسه با فرآیند حذف بوسیله تجمع فلزات سنگین در قسمت‌های درونی میکروارگانیسم می‌باشد.

۱-۳) مهمترین پارامترهای تاثیر گذار بر فرآیند استفاده از جاذب‌های زیستی برای تصفیه آب

در استفاده از هر فرآیندی یک عامل بسیار تعیین کننده در نتایج آن فرآیند شناخت مهمترین عوامل اثر گذار بر روند تغییرات در آن فرآیند می‌باشد چراکه با شناخت و کنترل این عوامل می‌توان روند تغییرات را تحت کنترل در آورد، در فرآیند حذف فلزات سنگین بوسیله جاذب‌های زیستی موارد بسیار زیادی تاثیر گذار هستند اما می‌توان گفت مهمترین فاکتورهای موثر بر جذب زیستی شامل مواردی از قبیل pH محلول مورد استفاده، دمای محیط مورد آزمایش، غلظت زیست توده یا همان جاذب زیستی مورد کاربرد برای حذف فلز سنگین، دور همزن مورد استفاده برای محلول، زمان تماس میان جاذب زیستی و محلول آلوده شده بوسیله فلز سنگین و نوع و غلظت فلز می باشد. در میان این موارد سه پارامتر اول یعنی دمای محیط، pH محلول و غلظت جاذب زیستی تاثیر بیشتری در مقایسه با دیگر موارد برروی درصد حذف فلز دارند، در قسمت بعد نحوه و دلیل اثر گذاری این پارامترها به طور مختصر شرح داده می‌شود.

۱-۴) نحوه اثر گذاری سه فاکتور مهم بر توان جاذب برای حذف فلزات سنگین از آب:

۱-۴-۱) دمای محلول مورد استفاده:

در صورتی که از جاذب زیستی زنده برای حذف استفاده می‌کنیم باید بدانیم که سلول‌های زنده در یک دمای خاص بهترین رشد خود را دارا هستند. بسیار واضح است که حذف بهینه فلزات نیز نیازمند رشد بهینه سلول زنده مورد نظر است و به همین دلیل عمل جذب فلز نیز در دمای خاصی به بهترین وجه صورت می‌گیرد. البته باید به این نکته هم توجه داشت که از نظر علمی در دمای بالاتر بی نظمی محیط بیشتر می‌شود یا به عبارت دیگر تحرک یون‌های مواد بیشتر می‌شود پس با افزایش دمای محیط امکان برخورد میان ذرات جاذب و فلز سنگین بسیار افزایش می‌یابد که این امر خود می‌تواند باعث افزایش درصد حذف فلز سنگین شود باید توجه داشت که در فرآیندهای واقعی محدودیت‌هائی مثل هزینه‌های انرژی مورد نیاز نیز می‌تواند نتایج کار را تحت تاثیر خود قرار دهند همچنین به اثرات دمای بالا و یا پائین بر تجهیزات نیز باید توجه شود.