بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده کشاورزی

کاهش آلودگی فلزات سنگین از پساب‌های صنعتی با استفاده از کربن فعال و بقایای گیاهی خام و اصلاح شده با سورفکتنت

پایان نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی

سارا دهقانی

اساتید راهنما

دکتر سید فرهاد موسوی

دکتر بهروز مصطفی زاده فرد

۱۳۹۰

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده کشاورزی

پایان نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی

تحت عنوان

کاهش آلودگی فلزات سنگین از پساب‌های صنعتی با استفاده از کربن فعال و بقایای گیاهی خام و اصلاح شده با سورفکتنت

در تاریخ۱۳۹۰/۷/۱۸ توسط کمیته تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهایی قرار گرفت.

۱- استاد راهنمای پایان نامه	دکتر سید فرهاد موسوی
۲- استاد راهنمای پایان نامه	دکتر بهروز مصطفی زاده فرد
۳- استاد مشاور	دکتر جهانگیر عابدی کوپایی
۴- استاد مشاور	دکترمهران شیروانی
۵- استاد داور	دکتر سعید اسلامیان
۶- استاد داور	دکتر فرشید نوربخش
۷- سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده	دکتر احمد ریاسی

اگر شایسته باشد:

این پایان نامه را تقدیم می کنم

به پدر و مادر بزرگوارم

به پاس همه آنچه که زبانم قاصر است

به نهایت همه خوبی ها

همسر عزیزم

و به برادر و خواهر دوست داشتنی ام به قدردانی از یاری همیشگی شان

سپاس و قدردانی

حمد و سپاس مهر مطلق را که بی‌تحقق علم و اراده او حتی ذره‌ای از کائنات نعمت بودن و هست شدن را نمی‌یافتند.

بوسه میزنم بر دستان پدر و مادرم که دلسوزانه و همیشه در لحظات تلخ و شیرین همچون کوهی استوارپشتوانه‌ام بودند.

همچنین همسر مهربانم و خانواده محترمشان که با صبر و مهربانی‌های خویش تا انتهای راه همراهی-ام کرد و شانه به شانه سختی‌ها را به دوش کشید.

بهترین‌ها را برای برادر و خواهر عزیزم آرزو میکنم و همیشه قدردان مهربانی‌هایشان هستم.

برحسب وظیفه باید قدردان زحمات اساتید بزرگواری باشم که در تمام مدت تحصیل از وجودشان بهره‌مند شده‌ام و در این دوره خاصه از جناب آقایان دکتر سید فرهاد موسوی و دکتر بهروز مصطفی زاده فرد که در مراحل مختلف این مطالعه از راهنمایی‌های ایشان استفاده نمودم، از جناب آقایان دکتر جهانگیر عابدی و دکتر مهران شیروانی که زحمت مشاورت این پایان نامه را به عهده داشتند، از آقایان دکتر سعید اسلامیان و دکتر فرشید نوربخش که زحمت بازخوانی و داوری را متقبل گشتند، صمیمانه قدردانی می‌نمایم و سپاسگزارم. از مهندس عباس آقاخانی، مهندس جواد زارعیان، مهندس مللی و مهندس حمید محرابی و دکتر حاتمی به پاس همکاریشان تشکر می‌کنم. شاید این بهترین فرصتی است که به بهانه مقدمه این پایان نامه قدردان دوستان عزیزم خانم‌ها نسیم دهقانی، فرانک معماری، فهیمه نیک‌سرشت، مینا بگی، حوریه مقدم، مائده خادمی، فروغ عساکره، صبا قرائتی، مینا احمدی، حوریه برانگیزی و سایه آقایی باشم ، یاد و خاطرشان همواره در ذهنم جاودانه خواهد ماند و برای همه‌شان آرزوی موفقیت می‌کنم.

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

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست مطالب..... هشت
فهرست اشکال..... سیزده
فهرست جداول..... شانزده
چکیده ۱

فصل اول: مقدمه و بررسی منابع

۱-۱ اهمیت و کمبود منابع..... ۲
۱-۲ پساب..... ۳
۱-۲-۱ بررسی وضعیت پساب‌های صنعتی در وضع موجود..... ۳
۱-۳ انواع پساب..... ۴
۱-۳-۱ پساب شهری..... ۴
۱-۳-۲ پساب‌های صنعتی..... ۴
۱-۳-۳ پساب‌های سطحی..... ۵
۱-۴ تصفیه نامطلوب فاضلاب ۶
۱-۵ کنترل زائدات و مصرف مجدد آب در داخل کارخانه..... ۶
۱-۵-۱ حداقل کردن زائدات..... ۶
۱-۵-۲ ضرورت توجه و بهره‌برداری از پساب‌ها و آب‌های برگشتی..... ۷
۱-۵-۳ سوابق داخلی..... ۷
۱-۶ فلزات سنگین..... ۱۲
۱-۶-۱ انواع فلزات..... ۱۲
۱-۶-۲ صنایع تولید فلزات سنگین..... ۱۴
۱-۷ مکانیزم‌های حذف آلودگی ۱۵
۱-۷-۱ روش حذف فیزیکی ۱۵
۱-۷-۲ جذب سطحی ۱۵
۱-۸ استفاده از بقایای گیاهی برای حذف فلزات سنگین ۱۸
۱-۸-۱ جذب توسط بقایای گیاهی..... ۱۸

۱-۸-۲ تاریخچه استفاده از بقایای گیاهی به‌عنوان جاذب..... ۱۸
۱-۸-۳ کربن فعال..... ۱۹
۱-۸-۴ ترکیبات تشکیل دهنده بیومس‌ها..... ۲۰
۱-۸-۵ بیومس‌های حاوی لیگنوسلولز..... ۲۱
۱-۹ مروری بر تحقیقات انجام شده..... ۲۱
۱-۹-۱ تحقیقات صورت گرفته به منظور حذف کروم توسط جاذب‌های مختلف..... ۲۱
۱-۹-۲ حذف کادمیم توسط جاذب‌های مختلف..... ۲۲
۱-۹-۳ حذف نیکل از محلول‌های آبی..... ۲۳
۱-۹-۴ اصلاح بقایای گیاهی..... ۲۳
۱-۹-۵ سورفکتنت‌ها..... ۲۴
۱-۹-۶ اصلاح بقایای گیاهی توسط سورفکتنت‌ها..... ۲۵
۱-۹-۷ مطالعات انجام شده توسط کربن فعال..... ۲۵
۱-۹-۸ مطالعات انجام شده در مورد کربن فعال اصلاح شده..... ۲۵
۱-۱۰ عوامل مؤثر بر جذب..... ۲۶
۱-۱۰-۱ میزان جاذب ۲۶
۱-۱۱ استفاده از زائدات کشاورزی به منظور حذف فلزات سنگین..... ۲۶
۱-۱۱-۱ ساقه آفتابگردان..... ۲۷
۱-۱۱-۲ بقایای پنبه..... ۲۸
۱-۱۲ ایزوترم‌های جذب..... ۲۸
۱-۱۲-۱ ایزوترم لانگمویر..... ۲۸
۱-۱۲-۲ معادله فروندلیچ..... ۲۹
۱-۱۲-۳ همدمای جذب لانگمویر- فروندلیچ..... ۳۰
۱-۱۳ بهینه‌سازی..... ۳۱
۱-۱۴ ضرورت انجام مطالعه..... ۳۲
۱-۱۵ اهداف تحقیق..... ۳۲

فصل دوم: مواد و روش‌ها

۲-۱ نمونه‌های جاذب..... ۳۴
۲-۱-۱ بقایای آفتابگردان..... ۳۴
۲-۱-۲ بقایای پنبه..... ۳۴
۲-۱-۳ کربن فعال..... ۳۴
۲-۲ تهیه محلول‌های آزمایشگاهی حاوی فلزات سنگین..... ۳۴

۲-۳ بهینه‌سازی..... ۳۴
۲-۳-۱ طراحی فاکتوریل جزئی..... ۳۵
۲-۳-۲ آنالیز واریانس..... ۳۶
۲-۴ تیمارهای مواد جاذب..... ۳۶
۲-۴-۱ تیمار شیمیایی مواد جاذب با سود..... ۳۶
۲-۴-۲ تیمار اصلاح شده با سورفکتنت..... ۳۶
۲-۵ انجام آزمایش‌های جذب..... ۳۷
۲-۵-۱ تهیه تیمارهای اصلاحی توسط سورفکتنت..... ۳۷
۲-۵-۲ کربن فعال اصلاح شده..... ۳۷
۲-۶ تهیه نمونه فاضلاب صنعتی..... ۳۷
۲-۶-۱ فاضلاب کارخانه تولید ورقه‌های فلزی..... ۳۷
۲-۷ آزمایش‌های مربوط به بقایای گیاهی اصلاح شده توسط سورفکتنت..... ۳۷
۲-۸ آزمایش‌های مربوط به کربن فعال..... ۳۸
۲-۹ طیف‌سنجی مادون قرمز..... ۳۹

فصل سوم: نتایج و بحث

۳-۱ بهینه‌سازی جذب فلزات سنگین از محلول‌های آزمایشی..... ۴۰
۳-۱-۱ کلیات..... ۴۰
۳-۱-۲ بهینه‌سازی پارامترهای مؤثر بر جذب..... ۴۰
۳-۲ بررسی نحوه تأثیر و بر همکنش پارامترها بر یکدیگر..... ۴۶
۳-۲-۱ اثر غلظت اولیه..... ۴۷
۳-۲-۲ تأثیر پ-هاش..... ۴۹
۳-۲-۳ تأثیر میزان جاذب استفاده شده..... ۵۰
۳-۲-۴ بهینه‌سازی و جداول آنالیز واریانس و ارائه مدل ریاضی..... ۵۱
۳-۳ اصلاح شیمیایی بقایای گیاهی..... ۵۴
۳-۳-۱ کلیات..... ۵۴
۳-۳-۲ اصلاح بقایای گیاهی با استفاده از سورفکتنت..... ۵۴
۳-۳-۳ اصلاح کربن فعال با استفاده از سورفکتنت..... ۵۴
۳-۴ مکانیزم جذب کاتیون‌ها..... ۵۵
۳-۴-۱ بقایای گیاهی..... ۵۵
۳-۴-۲ کربن فعال..... ۵۶
۳-۵ نتایج طیف‌سنجی مادون قرمز..... ۵۶

۳-۵-۱ کلیات..... ۵۶
۳-۵-۲ بقایای پنبه..... ۵۷
۳-۵-۳ سورفکتنت..... ۵۷
۳-۵-۴ بقایای پنبه اصلاح شده توسط سورفکتنت..... ۵۷
۳-۵-۵ بقایای آفتابگردان..... ۵۷
۳-۵-۶ بقایای آفتابگردان اصلاح شده با سورفکتنت..... ۵۸
۳-۶ نتایج همدماهای جذب..... ۶۱
۳-۶-۱ کلیات..... ۶۱
۳-۶-۲ جذب کادمیم توسط بقایای پنبه..... ۶۴
۳-۶-۳ جذب کروم توسط بقایای پنبه..... ۶۸
۳-۶-۴ جذب نیکل توسط بقایای پنبه..... ۷۳
۳-۶-۵ جذب کادمیم توسط بقایای آفتابگردان..... ۷۳
۳-۶-۶ جذب کروم توسط بقایای آفتابگردان..... ۸۱
۳-۶-۷ جذب نیکل توسط بقایای آفتابگردان..... ۸۴
۳-۶-۸ نتایج جذب فلزات توسط کربن فعال..... ۹۲
۳-۷ اثر وجود همزمان سه آلاینده..... ۹۳
۳-۸ تأثیر سطوح مختلف سورفکتنت در جذب فلزات..... ۹۴

فصل چهارم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها

۴-۱ نتیجه‌گیری..... ۱۰۶
۴-۲ پیشنهادها..... ۱۰۸
منابع..... ۱۰۹
چکیده انگلیسی..... ۱۲۰

فهرست اشکال

عنوان

۱-۱ عکس‌های میکروسکوپی از ساقه آفتابگردان..... ۲۷
۳-۱ داده‌های پیش بینی شده بر حسب داده‌های تجربی سرب برای بقایای آفتابگردان ۴۴
۳-۲ داده‌های پیش بینی شده بر حسب داده‌های تجربی نیکل برای بقایای آفتابگردان..... ۴۴
۳-۳ مجموع مربعات باقی مانده جذب نیکل روی جاذب بقایای آفتابگردان ۴۵
۳-۴ مجموع مربعات باقی مانده سرب روی جاذب بقایای آفتابگردان..... ۴۵
۳-۵ جذب نیکل برجاذب بقایای آفتابگردان ، بر حسب pH و غلظت جاذب (g/L)..... ۴۶
۳-۶ میزان جذب نیکل برجاذب بقایای آفتابگردان، بر حسب pH و غلظت محلول (mg/L)..... ۴۶

۳-۷ میزان جذب نیکل برجاذب بقایای آفتابگردان، بر حسب زمان تماس (min) و pH..... ۴۶
۳-۸ میزان جذب نیکل برجاذب، بر حسب غلظت محلول(mg/L) و غلظت جاذب.....۴۶
۳-۹ جذب نیکل برجاذب بقایای آفتابگردان، بر حسب زمان تماس (min) و غلظت جاذب (g/L).....۴۶
۳-۱۰ میزان جذب سرب برجاذب بقای، بر حسب pH و غلظت محلول(mg/L).....۴۸
۳-۱۱ میزان جذب سطحی سرب برجاذب آفتابگردان ، بر حسب pH و غلظت جاذب (g/L)..... ۴۸
۳-۱۲ میزان جذب سرب بر بقایای آفتابگردان بر حسب غلظت جاذب (g/L) و غلظت محلول (mg/L).....۴۸
۳-۱۳ میزان جذب سرب برجاذب بقایای آفتابگردان ، بر حسب زمان تماس (min) و pH.....۴۹
۳-۱۴ میزان جذب سرب بر بقایای آفتابگردان، بر حسب غلظت جاذب (g/L) و زمان(min).....۴۹
۳-۱۵ میزان جذب سطحی سرب بر بقایای آفتابگردان، بر حسب غلظت محلول (mg/L) و زمان(min).....۴۹
۳-۱۶ جذب سطحی کاتیون بر روی جاذب گیاهی.....۵۵
۳-۱۷- نمودار طیف مادون قرمز برای بقایای پنبه.....۵۹
۳-۱۸ نمودار طیف مادون قرمز برای سورفکتنت.....۵۹
۳-۱۹ نمودار طیف مادون قرمز برای بقایای پنبه اصلاح شده با سورفکتنت..... ۶۰
۳-۲۰ نمودار طیف مادون قرمز برای بقایای آفتابگردان.....۶۰
۳-۲۱ نمودار طیف مادون قرمز برای بقایای آفتابگردان اصلاح شده با سورفکتنت.....۶۱
۳-۲۲ همدماهای جذب برای حذف کادمیم توسط بقایای پنبه.....۶۲
۳-۲۳ همدمای جذب برای حذف کادمیم زیر حد تشکیل مایسل‌ها توسط بقایای پنبه.....۶۲
۳-۲۴ همدماهای جذب برای حذف کادمیم برابر حد تشکیل مایسل‌ها توسط بقایای پنبه.....۶۳
۳-۲۵ همدماهای جذب برای حذف کادمیم بالای حد تشکیل مایسل‌ها توسط بقایای پنبه.....۶۳
۳-۲۶ همدماهای جذب برای حذف کادمیم توسط بقایای پنبه اصلاح شده با سود.....۶۴
۳-۲۷ همدماهای جذب برای حذف کروم توسط بقایای پنبه.....۶۶
۳-۲۸ همدماهای جذب برای حذف کروم اصلاح شده زیر حد تشکیل مایسل‌ها توسط بقایای پنبه.....۶۶
۳-۲۹ همدماهای جذب برای حذف کروم اصلاح شده برابر حد تشکیل مایسل‌ها توسط بقایای پنبه.....۶۷
۳-۳۰ همدماهای جذب برای حذف کروم اصلاح شده بالای حد تشکیل مایسل‌ها توسط بقایای پنبه.....۶۷
۳-۳۱ همدماهای جذب برای حذف کروم توسط بقایای پنبه اصلاح شده با سود.....۶۸
۳-۳۲ همدماهای جذب برای حذف نیکل توسط بقایای پنبه.....۷۰
۳-۳۳ همدماهای جذب برای حذف نیکل توسط بقایای پنبه با سورفکتنت زیر حد تشکیل مایسل.....۷۰
۳-۳۴ همدماهای جذب برای حذف نیکل توسط بقایای پنبه با سورفکتنت برابر حد تشکیل مایسل‌ها.....۷۱
۳-۳۵ همدماهای جذب برای حذف نیکل توسط بقایای پنبه با سورفکتنت بالای حد تشکیل مایسل‌ها.....۷۱
۳-۳۶ همدماهای جذب برای حذف نیکل توسط بقایای پنبه اصلاح شده با سود.....۷۲
۳-۳۷ همدماهای جذب برای حذف کادمیم توسط بقایای آفتابگردان.....۷۴

۳-۳۸ همدماهای جذب برای حذف کادمیم توسط بقایای آفتابگردان با سورفکتنت زیر حد تشکیل مایسل...۷۴
۳-۳۹ توسط بقایای آفتابگردان با سورفکتنت برابر حد تشکیل مایسل.....۷۵
۳-۴۰ همدماهای جذب برای حذف کادمیم توسط بقایای آفتابگردان با سورفکتنت بالای حد تشکیل مایسل۷۵
۳-۴۱ همدماهای جذب برای حذف کادمیم توسط بقایای آفتابگردان اصلاح شده سود.....۷۶
۳-۴۲ همدماهای جذب برای حذف کروم توسط بقایای آفتابگردان.....۷۸
۳-۴۳ همدماهای جذب برای حذف کروم توسط بقایای آفتابگردان با سورفکتنت زیر حد تشکیل مایسل.....۷۸
۳-۴۴ همدماهای جذب برای حذف کروم توسط بقایای آفتابگردان با سورفکتنت برابر حد تشکیل مایسل....۷۹
۳-۴۵ همدماهای جذب برای حذف کروم توسط بقایای آفتابگردان با سورفکتنت بالای حد تشکیل مایسل...۷۹
۳-۴۶ همدماهای جذب برای حذف کروم توسط بقایای آفتابگردان اصلاح شده با سود.....۸۰
۳-۴۷ همدماهای جذب برای حذف نیکل توسط بقایای آفتابگردان.....۸۱
۳-۴۸ همدماهای جذب برای حذف نیکل توسط بقایای آفتابگردان با سورفکتنت زیر حد تشکیل مایسل.....۸۱
۳-۴۹ همدماهای جذب برای حذف نیکل توسط بقایای آفتابگردان با سورفکتنت برابر حد تشکیل مایسل.....۸۲
۳-۵۰ همدماهای جذب برای حذف نیکل توسط بقایای آفتابگردان اصلاح شده با پنبه بالاتر از حد مایسل....۸۲
۳-۵۱ همدماهای جذب برای حذف نیکل توسط بقایای آفتابگردان اصلاح شده با سود.....۸۳
۳-۵۴ همدماهای جذب برای حذف کادمیم توسط کربن فعال.....۸۴
۳-۵۵ همدماهای جذب برای حذف کادمیم توسط کربن فعال با سورفکتنت کمتر از حد مایسل.....۸۴
۳-۵۶ همدماهای جذب برای حذف کادمیم توسط کربن فعال اصلاح شده با سورفکتنت برابر حد مایسل....۸۵
۳-۵۷ همدماهای جذب برای حذف کادمیم توسط کربن فعال اصلاح شده با سورفکتنت بالاتر حد مایسل...۸۵
۳-۵۸ همدماهای جذب برای حذف کروم توسط کربن فعال.....۸۷
۳-۵۹ همدماهای جذب برای حذف کروم توسط کربن فعال اصلاح شده با سورفکتنت کمتر از حد مایسل..۸۷
۳-۶۰ همدماهای جذب برای حذف کروم توسط کربن فعال اصلاح شده با سورفکتنت برابر حد مایسل.....۸۸
۳-۶۱ همدماهای جذب برای حذف کروم توسط کربن فعال اصلاح شده با سورفکتنت بالاتر حد مایس.....۸۸
۳-۶۲ همدماهای جذب برای حذف نیکل توسط کربن فعال.....۹۰
۳-۶۳ همدماهای جذب برای حذف نیکل توسط کربن فعال اصلاح شده با سورفکتنت زیر حد مایسل.....۹۰
۳-۶۴ همدماهای جذب برای حذف نیکل توسط کربن فعال اصلاح شده با سورفکتنت برابر حد مایسل.....۹۱
۳-۶۵ همدماهای جذب برای حذف نیکل توسط کربن فعال اصلاح شده با سورفکتنت بالاتر حد مایسل.....۹۱
۳-۶۶ مایسل‌های سورفکتنت که نمی‌تواند از حفرات عبور کنند.....۹۵
۳-۶۷ حفرات موجود روی سطح پنبه.....۹۶
۳-۶۸ حفرات موجود روی سطح پنبه بعد از اضافه کردن سورفکتنت.....۹۷
۳-۶۹ پوشش کامل حفرات بعد از اضافه کردن سورفکتنت و فلزات سنگین.....۹۷

فهرست جداول

عنوان

۱-۱ مطالعات انجام شده در زمینه استفاده از پساب‌ها در مصارف گوناگون.....۹
۱-۲ میزان برداشت آب و تولید پساب در بخش صنعت در سال ۱۳۸۰ .....۱۲
۱-۳ حدود مجاز قلزات سنگین و اثرات ناشی از آن‌ها.....۱۷
۲-۱ مشخصات نمکهای فلزات سنگین استفاده شده.....۳۴
۳-۱ پارامترها و محدوده مناسب از هر پارامتر برای کاتیون سرب.....۴۱
۳-۲ پارامترها و محدوده مناسب از هر پارامتر، برای کاتیون نیکل.....۴۱
۳-۳ مقادیر تجربی و پیش‌بینی شده میزان جذب سرب بر گرم جاذب بقایای آفتابگردان.....۴۲
۳-۴ مقادیر تجربی و پیش‌بینی شده میزان جذب نیکل بر گرم جاذب بقایای آفتابگردان.....۴۳
۳-۵ بهینه سازی پارامترهای مؤثر بر جذب سطحی یون‌های فلزی روی بقایای آفتابگردان.....۵۱
۳-۶ آنالیز واریانس داده‌های مدل ارائه شده برای جذب سطحی سرب روی جاذب بقایای آفتابگردان.....۵۲
۳-۷ آنالیز واریانس داده‌های مدل ارائه شده جدید برای جذب سطحی نیکل بر روی جاذب.....۵۲
۳-۸ مدل‌های ریاضی برای جذب سطحی کاتیون‌های سرب و نیکل بر روی جاذب بقایای آفتابگردان.....۵۳
۳-۹ ضرایب همگرایی نیکل و سرب، برای مدل تخمین زده شده توسط نرم افزار Minitab.....۵۳
۳-۱۰- ضرایب همدماها، ضریب تبیین و خطای معیار استاندارد برای جذب فلز کادمیم توسط بقایای پنبه.....۶۵
۳-۱۱- ضرایب همدماها، ضریب تبیین و خطای معیار استاندارد برای جذب فلز کروم توسط بقایای پنبه.....۶۹
۳-۱۲- ضرایب ایزوترم‌ها، ضریب تبیین و خطای معیار استاندارد برای جذب فلز نیکل توسط بقایای پنبه.....۷۲
۳-۱۳- ضرایب ایزوترم‌ها و خطای معیار استاندارد برای جذب فلز کادمیم توسط بقایای آفتابگردان.....۷۷
۳-۱۴- ضرایب ایزوترم‌ها و خطای معیار استاندارد برای جذب فلز کروم توسط بقایای آفتابگردان.....۸۰
۳-۱۵- ضرایب ایزوترم‌هائو خطای معیار استاندارد برای جذب فلز نیکل توسط بقایای آفتابگردان.....۸۳
۳-۱۶- ضرایب ایزوترم‌ها، ضریب تبیین و خطای معیار استاندارد برای جذب فلز کادمیم توسط کربن فعال...۸۶
۳-۱۷- ضرایب ایزوترم‌ها، ضریب تبیین و خطای معیار استاندارد برای جذب فلز کروم توسط کربن فعال.....۸۷
۳-۱۸- ضرایب ایزوترم‌ها، ضریب تبیین و خطای معیار استاندارد برای جذب فلز نیکل توسط کربن فعال.....۸۹
۳-۱۹ شعاع یون فلزی و آبپوشیده کاتیون‌ها و انرژی آبپوشی مربوطه.....۹۳
۳-۲۰ آزمون تی جفت شده برای جذب کادمیم توسط بقایای پنبه.....۹۸
۳-۲۱ آزمون تی جفت شده برای جذب کروم توسط بقایای پنبه.....۹۹
۳-۲۲ آزمون تی جفت شده برای جذب نیکل توسط بقایای پنبه.....۱۰۰
۳-۲۳ آزمون تی جفت شده برای حذف کادمیم توسط بقایای آفتابگردان.....۱۰۱
۳-۲۴ آزمون تی جفت شده برای حذف کروم توسط بقایای آفتابگردان.....۱۰۲

۳-۲۵ آزمون تی جفت شده برای حذف نیکل توسط بقایای آفتابگردان..... .....۱۰۳
۳-۲۶ نتایج آزمون t برای مقایسه میزان جذب کروم توسط کربن فعال اصلاح شده توسط سورفکتنت.....۱۰۴
۳-۲۷ نتایج آزمون t جفت شده برای مقایسه میزان جذب کروم توسط کربن فعال اصلاحی با سورفکتنت..۱۰۴
۳-۲۸ نتایج آزمون t جفت شده برای مقایسه میزان جذب نیکل توسط کربن فعال اصلاحی با سورفکتنت...۱۰۵

چکیده

رشد روزافزون جمعیت جهان، محدودیت منابع آب، کمبود بارندگی، بحران آب در کشور و توزیع ناهمگون زمانی و مکانی آب شیرین از یک سو و افزایش آلودگی‌های آب‌های سطحی و زیرزمینی به‌وسیله آلاینده‌های حاصل از فاضلاب‌های صنعتی از سویی دیگر، مستلزم استفاده از روش‌های نوین و قابل قبول محیط زیستی برای حذف این آلاینده‌ها است. روش‌هایی نظیر ترسیب شیمیایی، انعقاد الکترودی و تبادل یون به منظور تصفیه پساب صنایع به کار رفته است. اما یکی از کارآمدترین و ارزان-ترین روش‌ها استفاده از روش جذب سطحی به کمک جاذب‌های ارزان قیمت است. در این تحقیق، از دو جاذب گیاهی بقایای پنبه و آفتابگردان و جاذب صنعتی کربن فعال برای حذف فلزات سنگین از پساب‌های مصنوعی آزمایشگاهی و طبیعی استفاده شد. بقایای گیاهی با اندازه ۰/۵ تا ۰/۷ میلی‌متر انتخاب و استفاده شدند. برای اصلاح خصوصیات جذبی، مواد جاذب گیاهی توسط سود ۰/۱ مولار و سورفکتنت آنیونی سدیم دودسیل سولفات (SDS) و کربن فعال تنها توسط سورفکتنت تیمار شدند. اصلاح با استفاده از سورفکتنت در سه سطح شامل ۰/۵، ۱/۰ و ۲/۰ برابر حد تشکیل مایسل‌ها (CMC) انجام شد. جذب در سوسپانسیون‌های حاوی ۰/۵ گرم جاذب در ۱۰۰ سی‌سی محلول پساب انجام گرفت. بهینه‌سازی چهار عامل مؤثر در جذب (پ-هاش، غلظت محلول، میزان جاذب و زمان ماند) برای حذف سرب و نیکل توسط بقایای آفتابگردان با استفاده از نرم‌افزار Minitab انجام شد. ظرفیت سه جاذب مذکور برای حذف فلزات سنگین کادمیم، کروم و نیکل بررسی گردید. برخی خصوصیات جاذب‌ها توسط طیف FTIR و SEM در حالت خام و تیمار شده، قبل و بعد از جذب، تعیین شدند. نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد که در محلول‌های آزمایشگاهی، پ-هاش، غلظت محلول و میزان جاذب از عوامل مؤثر بر جذب هستند. اما زمان تأثیری بر جذب نداشت. پ-هاش مناسب برای جذب سرب و نیکل ۷/۰ و میزان بهینه جاذب ۰/۵ گرم به‌دست آمد. غلظت بهینه محلول برای فلز نیکل ۱۰۰ و برای سرب ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر به‌دست آمد. نتایج FTIR نشان می‌دهد که با اضافه کردن سورفکتنت، احتمالاً در محیط SDS همی‌استال تشکیل شده و از غلظت گروه کربونیل کاسته است. بررسی همدماهای جذب نشان داد که داده‌ها در حداکثر نمونه‌ها برازش بیشتری با همدمای لانگمویر-فروندلیچ داشتند. در کلیه تیمارها، کربن فعال بیشترین میزان جذب را داشت. برای حذف نیکل ساقه آفتابگردان و برای حذف کروم بقایای پنبه جذب بیشتری داشتند. برای کادمیم، هر دو جاذب گیاهی میزان جذب یکسانی داشتند. این مقادیر به ترتیب ۱۷، ۶۰ و ۳۲ میلی‌گرم بر گرم برای کادمیم، کروم و نیکل بود. در بین فلزات سنگین، کروم بیشترین میزان جذب را داشت. در بین تیمارهای اصلاح شده، حد ۰/۵CMC به علت عدم تشکیل مایسل‌ها تأثیر معنی‌داری نسبت به بقیه تیمارها داشت.

کلمات کلیدی: جذب سطحی، بهینه‌سازی، سورفکتنت آنیونی، همدماهای جذب، بقایای آفتابگردان و پنبه، مایسل

فصل اول

مقدمه و بررسی منابع

۱-۱ اهمیت و کمبود منابع آب

آب از فراوان‌ترین ترکیبات زمین و ضروری‌ترین عوامل فیزیولوژیک موجودات زنده به حساب می‌آید. منابع آب موجود در کره زمین حدود ۳۶۰ میلیون کیلومتر مکعب است که از این مقدار بیش از ۹۷ درصد، در اقیانوس‌ها بوده و ۲ درصد نیز به صورت منجمد در یخچال‌ها قرار دارد [۷]. بدین ترتیب، آب‌های زیرزمینی، رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و منابع معمول آب جوامع شهری، صنعتی و کشاورزی کمتر از ۱ درصد کل آب‌های موجود روی کره زمین را تشکیل می‌دهند.

کشور ایران نیز به دلیل عرض جغرافیایی، دور بودن از دریاها و طرز قرار گرفتن پستی و بلندی‌های خاص در ردیف کشورهای کم‌آب در دنیا شناخته شده است. کمبود بارندگی، بالا بودن میزان تبخیر و خشکسالی از عوامل کمبود آب در ایران به حساب می‌آید [۸]. از طرفی، رشد جمعیت و گسترش برنامه‌های توسعه صنعتی

باعث تولید حجم زیاد فاضلاب و در نتیجه آلوده شدن محیط زیست می‌شود [۵۷]. فقدان آب سالم و دفع غیر بهداشتی فاضلاب علت اصلی ۸۰ درصد از بیماری‌ها در کشورهای در حال توسعه است. از این‌رو، آلودگی منابع آب (چشمه‌ها، رودخانه‌ها وآب‌های زیرزمینی) تهدیدی جدی برای سلامت انسان‌هاست.

آلودگی محیط زیستی بخصوص آلودگی عناصر شیمیایی، یکی از فاکتورهای اصلی در تخریب زیست کره محسوب می‌شود. آلودگی‌هایی که در درون پساب‌ها وجود دارد برای محیط زیست ایجاد سمیت می‌کند و باعث آلودگی دیگر آب‌ها نیز می‌شود. به ویژه، هنگامی که منابع آلوده به عنوان آب آشامیدنی، برای شستشو، آبیاری محصولات کشاورزی و یا در تولید مواد غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

همچنین آلودگی رودخانه‌ها و دریاها باعث ایجاد شرایط نامناسب برای محیط زیست موجودات زنده از قبیل ماهی‌ها و موجب کاهش کاربری این منابع طبیعی در زمینه‌های مختلف خواهد گردید. بنابراین رفاه و سلامت جامعه توسعه بهداشت وحفاظت از محیط زیست بدون تأمین آب سالم میسر نمی‌شود. بین آلاینده‌های منابع آب، فلزات سنگین با توجه به پایداری، آلایندگی زیست محیطی و سمیت بسیار حائز اهمیت هستند. فجایع مختلفی با توجه به رسوبات فلزات سنگین در جریان‌های آبی رخ داده که از این میان می‌توان به رسوب جیوه در دریاچه مینامانا و رسوب کادمیم در دریاچه جینتسو اشاره کرد [۱۱].

۱-۲ پساب

۱-۲-۱ بررسی وضعیت پساب‌های صنعتی در وضع موجود

پساب تصفیه شده، آبی است که قبل از استفاده در سیستم آبی دیگر تصفیه می‌شود. بنابراین دیگر به عنوان منبع آلوده کننده به حساب نمی‌آید. پساب از منابع مختلفی تأمین می‌شود. همه آبی که از فلاش تانک توالت خارج یا آبی که آبکشی یا زهکشی می‌شود به عنوان پساب تلقی می‌شود. تصفیه برخی از پساب‌ها مانند پساب‌های صنعتی نسبت به بقیه مشکل‌تر است. در حالی‌که پساب‌های خانگی برای تصفیه پیچدگی‌های کمتری دارد.

کمیت و کیفیت فاضلاب‌های صنعتی متناسب با فرایند تولید، سهولت دسترسی و هزینه تأمین آب و دفع فاضلاب، نوع ماده اولیه و فراورده‌های تولیدی، مساحت فضای سبز و محوطه، وضعیت تأسیسات بهداشتی-رفاهی، وجود سامانه‌های بازچرخانی و میزان استفاده مجدد تغییر می‌نماید. به‌طوری که تولید هر تن شکر از چغندرقند حدود ۱۵۰ تا ۲۰۰ متر مکعب فاضلاب و تولید همین میزان شکر از نیشکر در حدود ۱۰۰ مترمکعب فاضلاب ایجاد می‌کند. میزان فاضلاب در واحدهای صنعتی که فرایند تولید با مصرف آب توأم نیست براساس سطح کارخانه برآورد می‌گردد. در چنین واحدهایی، ۵۰ مترمکعب در روز به ازای هر هکتار از سطح کارخانه به عنوان شاخص انتخاب می‌شود. در سایر واحدهای صنعتی، ضریب تبدیل، شاخص مناسبی برای برآورد میزان فاضلاب تولیدی واحدهای صنعتی می‌باشد. براساس گزارش‌های طرح جامع آب کشور، کل آب مورد نیاز صنایع و معادن در سال ۱۳۶۲ معادل ۴۴۱/۹ و در سال ۱۳۷۳ معادل ۶۶۳ میلیون متر مکعب بوده است. این میزان در سال ۱۳۸۰ به ۱۰۷۹ میلیون متر مکعب افزایش یافته است.

صنایع به تناسب نوع صنعت در حدود ۵۷۹ میلیون مترمکعب پساب تولید کرده‌اند. این براساس، ضریب تبدیل آب مصرفی به پساب در صنایع بزرگ در حدود ۰/۵۴ می‌باشد. صنایع غذایی و آشامیدنی با ۲۶/۲ درصد بیشترین سهم برداشت آب را داشته و سپس صنایع شیمیایی با ۲۰ درصد، مقام دوم را دارا می باشند.

۱-۳ انواع پساب

۱-۳-۱ پساب شهری

پساب‌های خانگی از فاضلاب‌های دستگاه‌های بهداشتی خانه‌ها مانند: توالت، دستشویی، حمام، ماشین لباسشویی و ظرفشویی، پساب آشپزخانه و غیره تشکیل شده‌اند. خواص پساب‌های خانگی در تمام سطح کشور تقریباً یکسان است و تنها غلظت آن بسته به مقدار مصرف سرانه آب در شهرها تغییر می کند.

آنچه در شبکه‌های جمع آوری پساب شهری به نام پساب خانگی جریان دارد علاوه بر پساب خانگی دارای مقداری پساب خارج شده از مغازه‌ها، فروشگاه‌ها، تعمیرگاه‌ها، کارگاه‌ها، رستوران‌ها و سایر موسسات می‌باشد که اجباراً در سطح شهر و به‌طور پراکنده وارد کانال‌های جمع آوری پساب می‌گردند. لذا با توجه به نوع و تعداد این گونه مؤسسات ممکن است خواص پساب شهری تغییر کند. چنین پسابی را پساب خانگی ناخالص نیز می‌نامند [۱۰].

۱-۳-۲ پساب‌های صنعتی

بنا به تعریف، فاضلاب‌های صنعتی به پساب زائد تولیدی در مراکز صنعتی مانند کارخانه‌های چرم سازی، ریسندگی و بافندگی، رنگرزی، سرامیک سازی، صنایع ذوب فلز، کاغذ سازی و غیره اطلاق می‌شود [۹]. خواص این پساب‌ها کاملاً به نوع فراورده کارخانه بستگی دارد. با توجه به این نکته، مهمترین تفاوتی که پساب‌های صنعتی با پساب‌های خانگی دارند عبارتند از:

الف) امکان وجود مواد و ترکیبات شیمیایی سمی در پساب کارخانه‌ها بیشتر است.

ب) خاصیت اسیدی یا قلیایی زیادی دارند.

ج) امکان وجود موجودات زنده در آن کمتر است.

تنها قسمتی از پساب کارخانه‌ها که تقریباً در تمام کارخانه‌ها خاصیتی یکسان دارد، پساب به‌دست آمده از تأسیسات خنک کننده آنها می‌باشد. آلودگی این پساب‌ها بسته به تعداد دفعاتی که برای خنک کردن به‌کار برده می شوند، متفاوت است. معمولاً آلودگی آنها کمتر از پساب قسمت‌های دیگر می باشد و بیشتر به صورت وجود مواد نفتی و روغن در آنها نمایان می‌شود.