





دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی فرآوری مواد معدنی

امکان سنجی تصفیه پساب صنعتی با استفاده از نانوجاذب گیاه سالوادورا پرسیکا، مطالعه

موردی پساب معدن سرچشمه

علی حمیدی

استاد راهنما:

دکتر محمد کارآموزیان

دکتر کیومرث سیف پناهی شعبانی

شهریور ۱۳۹۴

تقدیم به

آنان که تجلی آرزوهایشان را در

موفقیت فرزندان خود می دانند.

تشکر و قدردانی

خداوند بزرگ را شاکرم که لطف خود را شامل حال من نمود تا بتوانم تحقیق خود را به پایان برسانم و سهمی هر چند اندک، در راه توسعه علمی ایران عزیز داشته باشم.

بر خود لازم می دانم که در ابتدا از محبت های پدر و مادرم که محیطی آرام جهت رشد و تربیت من فراهم نمودند سپاسگذاری نمایم؛ همچنین از زحمات بی دریغ و بی شائبه اساتید راهنما جناب آقایان دکتر محمد کارآموزیان و دکتر کیومرث سیف پناهی شعبانی که در تهیه و تکمیل این پایان نامه راهنمایی های بسیار ارزنده ای ارائه داشتند، کمال تقدیر و تشکر را داشته باشم. شایسته است مراتب تشکر و قدردانی را از استادان محترم داور، جناب آقایان دکتر بهرام بهرامیان و دکتر اصغر عزیزی که زحمت داوری پایان نامه را بر عهده گرفتند به جای آورم.

سزاوار است افزون بر کادر هیئت علمی از کارکنان دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک، آقایان مهندس کبیریان و مهندس عباسیان به خاطر همکاری بی دریغ ایشان در پیشبرد این پایان نامه کمال تشکر را داشته باشم.

در پایان لازم می دانم از مساعدت و همکاری دانشگاه شاهرود و ستاد توسعه فناوری نانو در راستای پیشبرد این پایان نامه صمیمانه سپاسگزاری نمایم.

سپاسم برایتان بی پایان و کلامم ناتمام

تعهد نامه

اینجانب علی حمیدی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته مهندسی معدن گرایش فرآوری مواد معدنی دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک دانشگاه شاهرود نویسنده پایان نامه امکان‌سنجی تصفیه پساب صنعتی با استفاده از نانوجاذب گیاه سالوادورا پرسیکا، مطالعه موردی پساب معدن سرچشمه متعهد می‌شوم:

- تحقیقات این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهش‌های محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا افراد دیگر برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج پایان نامه تأثیر گذار بوده‌اند رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است.

امضاء

تاریخ:

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 شاهرود می‌باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوط ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد.

((لیست مقالات مستخرج از پایان نامه))

کنفرانس

- علی حمیدی، محمد کارآموزیان، کیومرث سیف‌پناهی شعبانی، کاربرد نانوجاذب سالوادورا پرسیکا در حذف رنگزای بازیگ بنفش ۱۶، کنفرانس ملی زیست‌شناسی و علوم زیست‌محیطی، شماره ۱۰۲، چاپ شده.
- علی حمیدی، محمد کارآموزیان، کیومرث سیف‌پناهی شعبانی، مطالعه سینتیکی و تعادلی حذف رنگزای بازیگ آبی ۴۱ از پساب‌های آلوده با استفاده از نانو جاذب سالوادورا پرسیکا، اولین کنفرانس ملی طراحی نوین مهندسی با رویکرد توسعه پایدار و حفاظت محیط زیست، پذیرفته شده.

ISI Journal:

- Hamidi A., Karamoozian M and Seifpanahi Shabani K., 2015, *Salvadora Persica Plant Nanoparticles: A Novel Application for Several Dyes Effluent Treatment* , Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers, **ELSEVIER, Impact Factor: 3 , Under Review.**

چکیده:

در این پایان نامه از نانوذرات سالوادورا پرسیکا برای جذب آلاینده‌های آلی (رنگزها)، آلاینده‌های معدنی (فلزات سنگین) و تصفیه زهاب اسیدی معدن مس سرچشمه استفاده شده است. برای شناسایی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی جاذب از آنالیزهای SEM، XRD، FT-IR و CNHS استفاده شد. نانوذرات سالوادورا پرسیکا به صورت ذرات بی‌شکل و ناهموار و در اندازه‌ی کوچکتر از ۱۰۰ نانومتر است. تجزیه CNHS نشان می‌دهد که کربن ۳۳/۲۵ درصد از نانوجاذب را تشکیل داده است. تجزیه FT-IR نشان می‌دهد که تنها گروه عاملی این نانوجاذب که آلاینده‌های محلول را جذب می‌کند، -OH است که در باند ۳۷۷۵ قرار دارد. پس از شناسایی خواص نانوجاذب، ابتدا برای جذب رنگزهای بازیکی آبی ۴۱، بازیکی بنفش ۱۶ و کریستال بنفش و یون‌های مس (II) و منگنز (II) از پساب مصنوعی و جذب یون‌های مس (II) و منگنز (II) از زهاب اسیدی معدن مس سرچشمه در سیستم ناپیوسته استفاده شد. تأثیر پارامترهای pH، جرم جاذب، غلظت رنگزها و یون‌ها، دما و زمان بر میزان جذب آلاینده‌ها در سیستم ناپیوسته مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که نانوجاذب سالوادورا پرسیکا دارای بازده بیش از ۹۰ درصد برای جذب آلاینده آلی و بازده بیش از ۸۰ درصد برای یون مس (II) و بیش از ۵۰ درصد برای یون منگنز (II) از زهاب داشته است. فرآیند جذب در آزمایشگاه به صورت تعادلی و سینتیکی بررسی شد. نتایج نشان داد که فرآیند جذب آلاینده‌های آلی از ایزوترم لانگمویر و سینتیک شبه مرتبه دوم و جذب یون‌های فلزی از ایزوترم فروندلیچ و سینتیک شبه مرتبه دوم تبعیت می‌کند. زهاب خروجی از معدن سرچشمه تجزیه شده که pH این زهاب ۴/۷ بوده که نشان از اسیدی بودن زهاب دارد. نتایج تجزیه ICP این زهاب نشان داد که غلظت یون‌های آهن (II)، مس (II) و منگنز (II) به ترتیب ۱/۵، ۱۸/۵۷ و ۹/۳ بوده که بیشتر از مقدار استاندارد این یون‌ها در آب آشامیدنی است و همچنین پارامترهای ترمودینامیکی مورد بررسی قرار گرفت. بنابراین در مرحله بعد حذف یون‌های مس (II) و منگنز (II) از زهاب مذکور در سیستم ناپیوسته با استفاده

از نانوجاذب سالوادورا پرسیکا مورد آزمایش قرار گرفت. فرآیند جذب در آزمایشگاه به دو صورت ایزوترمی و سینتیکی بررسی گردید. این نانوجاذب به شکل مؤثری توانست مس (II) را با بازده بالاتر از ۸۶ درصد و منگنز (II) را با بازده بالاتر از ۴۴ درصد حذف کند.

کلمات کلیدی:

جذب سطحی، نانوجاذب، بیوجاذب، گیاه سالوادورا پرسیکا، معدن مس سرچشمه، زهاب اسیدی معدن، فلزات سنگین، رنگزها، آلاینده‌های آلی.

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه	۱
۱-۱- مقدمه	۲
۲-۱- آلودگی	۳
۱-۲-۱- آلاینده	۳
۳-۱- انواع آلاینده های آب های زیر زمینی	۵
۱-۳-۱- تانکرهای فاضلابی و چاه فاضلاب	۵
۲-۳-۱- لندفیل ها	۵
۳-۳-۱- پخششده گی و نشت مواد شیمیایی از تانکرهای زیرزمینی	۵
۴-۳-۱- فعالیت های معدنکاری	۶
۴-۱- پساب اسیدی معدن	۸
۵-۱- روش های تصفیه پساب	۸
ج: صاف نمودن با صافی های ظریف، جذب سطحی یا تغلیظ:	۱۱
د: روش های نهایی براقسازی و گندزدایی:	۱۱
۶-۱- بیوجاذب	۱۲
۱-۶-۱- احیای بیوجاذب و بازیافت فلزات	۱۳
۲-۶-۱- عوامل مؤثر بر استفاده از جاذب بیولوژیکی	۱۳

۱-۶-۳- مزایای فرآیند بیوجذب.....	۱۳
۱-۶-۴- معایب روشهای جذب بیولوژیکی (Ahluwalia and Goyal, 2007).....	۱۴
۱-۷- گیاه سالوادورا پرسیکا.....	۱۴
۱-۸- انواع بیوجاذب های استفاده شده.....	۱۶
۱-۹- تعریف مسئله.....	۲۳
۱-۱۰- ضرورت انجام تحقیق حاضر.....	۲۴
۱-۱۱- اهداف تحقیق.....	۲۵
۱-۱۲- مراحل انجام پایان نامه.....	۲۶
۱-۱۳- نوآوری تحقیق.....	۲۷
فصل دوم: روش انجام تحقیق.....	۲۹
۲-۱- مواد شیمیایی مورد نیاز.....	۳۰
۲-۲- تجهیزات مورد استفاده.....	۳۰
۲-۳- روش تولید نانوجاذب سالوادورا پرسیکا.....	۳۱
۲-۴- تجزیه نمونه در راستای تولید نانوذرات سالوادورا پرسیکا.....	۳۲
۲-۴-۱- تجزیه SEM.....	۳۲
۲-۴-۲- تجزیه FT-IR.....	۳۳
۲-۴-۳- تجزیه CNHS.....	۳۴

۳۵	۵-۲- بررسی های آزمایشگاهی
۳۵	۱-۵-۲ جذب سطحی آلاینده های آلی بر روی نانوجاذب سالوادورا پرسیکا
۵۴	۲-۵-۲ جذب سطحی آلاینده های معدنی بر روی نانوجاذب سالوادورا پرسیکا
۶۶	۳-۵-۲ تصفیه زهاب اسیدی معدن
۷۳	فصل سوم: نتیجه گیری، جمع بندی و پیشنهادها
۷۴	۱-۱- نتایج بدست آمده از مطالعات آزمایشگاهی
۷۵	۱-۱-۱ مطالعات آزمایشگاهی آلاینده های آلی
۷۶	۲-۱-۲ مطالعات آزمایشگاهی آلاینده های معدنی (فلزات سنگین) در پساب مصنوعی
۷۷	۳-۱-۳ مطالعات آزمایشگاهی زهاب اسیدی معدن در سیستم ناپیوسته
۷۸	۲-۳ جمع بندی
۷۹	۳-۳ پیشنهادها
۸۰	منابع:

فهرست اشکال

- شکل (۱-۲): تصویر میکروسکوپی گیاه سالوادورا پرسیکا (آزمایشگاه کانه آرای، دانشگاه شاهرود). ۱۵
- شکل (۱-۱): روند جذب کروم (VI) توسط بیوجاذب پوست موز. ۱۸
- شکل (۲-۱): مراحل و روش انجام پایان نامه. ۲۶
- شکل (۲-۲): مراحل ساخت و آماده سازی نانوذرات سالوادورا پرسیکا. ۳۲
- شکل (۳-۲): تصویر SEM نانوجاذب سالوادورا پرسیکا. ۳۳
- شکل (۴-۲): طیف FT-IR نانوجاذب سالوادورا پرسیکا. ۳۴
- شکل (۶-۲): بررسی تغییرات پارامتر pH برای جذب رنگزای BB-41 (الف)، BV-16 (ب) و CV (پ). ۳۸
- شکل (۷-۲): بررسی تأثیر پارامتر جرم نانوجاذب بر جذب BB-41 (الف)، BV-16 (ب) و CV (پ). ۴۰
- شکل (۸-۲): بررسی تغییر غلظت رنگزاهای (الف) BB-41، (ب) BV-16 و (پ) CV بر میزان جذب... ۴۲
- شکل (۹-۲): تأثیر تغییر پارامتر دما بر فرآیند جذب سطحی رنگزاهای BB-41 (الف)، BV-16 (ب) و CV (پ). ۴۳
- شکل (۱۰-۳): مقایسه طیف تجزیه FT-IR نانوجاذب سالوادورا پرسیکا قبل و بعد از جذب رنگزاهای BB-41، BV-16 و CV. ۴۴
- شکل (۱۱-۲): ایزوترم های لانگمویر (الف)، فروندلیچ (ب) و تمکین (پ) برای جذب سطحی رنگزای BB-41 بر روی نانوجاذب سالوادورا پرسیکا. ۴۷
- شکل (۱۲-۲): ایزوترم های لانگمویر (الف)، فروندلیچ (ب) و تمکین (پ) برای جذب سطحی رنگزای BV-16 بر روی نانوجاذب سالوادورا پرسیکا. ۴۸
- شکل (۱۳-۲): ایزوترم های لانگمویر (الف)، فروندلیچ (ب) و تمکین (پ) برای جذب سطحی رنگزای CV بر روی نانوجاذب سالوادورا پرسیکا. ۴۹

- شکل (۲-۱۴): بهینه سازی پارامتر pH برای جذب یون های مس (II) (الف) و منگنز (II) (ب) توسط نانوجاذب سالوادورا پرسیکا. ۵۶
- شکل (۲-۱۵): بررسی تأثیر پارامتر جرم نانوجاذب بر جذب یون مس (II) (الف) و یون منگنز (II) (ب). ۵۷
- شکل (۲-۱۶): بررسی تغییر غلظت یون های مس (II) (الف) و منگنز (II) (ب) بر میزان جذب آنها بر روی نانوجاذب سالوادورا پرسیکا. ۵۸
- شکل (۲-۱۷): تأثیر تغییر دما بر فرآیند جذب سطحی یون های مس (II) (الف) و منگنز (II) (ب). ۵۹
- شکل (۲-۱۸): ایزوترم های لانگمویر (الف)، فروندلیچ (ب) و تمکین (پ) برای جذب سطحی یون مس (II) بر روی نانوجاذب سالوادورا پرسیکا. ۶۱
- شکل (۲-۱۹): ایزوترم های لانگمویر (الف)، فروندلیچ (ب) و تمکین (پ) برای جذب سطحی منگنز (II) بر روی نانوجاذب سالوادورا پرسیکا. ۶۲
- شکل (۲-۲۰): بررسی مقدار نانوجاذب سالوادورا پرسیکا جهت تصفیه زهاب اسیدی معدن، یون های مس (II) (الف) و منگنز (II) (ب). ۶۸
- شکل (۲-۲۱): بررسی تأثیر تغییر دما بر فرآیند جذب سطحی یون های مس (II) (الف) و منگنز (II) (ب) موجود در زهاب اسیدی معدن در سیستم ناپیوسته. ۷۰

فهرست جداول

- جدول (۱-۱): بیماری های بوجود آمده در انسان توسط مواد فلزی. ۴.....
- جدول (۲-۱): مقایسه ظرفیت بیوجاذب های مختلف با SMLP. ۱۹.....
- جدول (۳-۱): مقایسه ظرفیت جذب کروم (VI) بیوجاذب های مختلف با CUIWB. ۲۰.....
- جدول (۴-۱): مقایسه ظرفیت جذب روی (II) جاذب های مختلف با پوست کاکائو. ۲۱.....
- جدول (۴-۲): تأثیر غلظت جاذب در جذب سرب (II). ۲۲.....
- جدول (۶-۱): مقایسه ظرفیت جذب سرب (II) جاذبه ای مختلف با بیوجاذب تهیه شده از درخت زیتون. ۲۳.....
- جدول (۱-۲): آنالیز FT-IR نانوجاذب سالوادورا پرسیکا. ۳۴.....
- جدول (۲-۲): آنالیز CHNS نانوجاذب سالوادورا پرسیکا. ۳۵.....
- جدول (۳-۲): مدل های ایزوترم، شکل خطی آنها و نحوه رسم نمودار آن. ۴۵.....
- جدول (۴-۲): معادله برازش خطی ایزوترم های جذب لانگمویر، فروندلیچ و تمکین و ضریب همبستگی برازش برای نانوجاذب سالوادورا پرسیکا مورد استفاده. ۵۰.....
- جدول (۵-۲): ضرایب ایزوترم های جذب لانگمویر، فروندلیچ و تمکین برای جذب سطحی رنگزاهای بازیک آبی ۴۱، بازیک بنفش ۱۶ و کریستال بنفش توسط نانوجاذب سالوادورا پرسیکا. ۵۱.....
- جدول (۶-۲): معادلات مدل های سینتیکی، شکل خطی آنها و نحوه رسم نمودارهای مربوطه. ۵۲.....
- جدول (۷-۲): ثابت های سینتیک شبه مرتبه اول، سینتیک شبه مرتبه دوم و نفوذ درون ذره‌های. ۵۲.....
- جدول (۸-۲): پارامترهای ترمودینامیکی آنتالپی، آنتروپی و انرژی آزاد گیبس برای فرآیند جذب رنگزاهای BB-41، BV-16 و CV توسط نانوجاذب سالوادورا پرسیکا. ۵۴.....

- جدول (۲-۹): معادله برازش خطی ایزوترم های جذب لانگمویر، فروندلیچ و تمکین و ضریب همبستگی
 ۶۳ برای نانوجاذب سالوادورا پرسیکا.
- جدول (۲-۱۰): ضرایب ایزوترم های جذب لانگمویر، فروندلیچ و تمکین برای جذب سطحی یونهای
 ۶۴ مس (II) و منگنز (II) توسط نانوجاذب سالوادورا پرسیکا.
- جدول (۲-۱۱): ثابت های سینتیک شبه مرتبه اول، سینتیک شبه مرتبه دوم و نفوذ درون ذره های برای
 ۶۵ جذب یونهای مس (II) و منگنز (II) بر روی نانوجاذب سالوادورا پرسیکا.
- جدول (۲-۱۲): پارامترهای ترمودینامیکی آنتالپی، آنترپی و انرژی آزاد گیبس حذف یون های مس (II) و
 ۶۶ منگنز (II) با استفاده از نانوجاذب سالوادورا پرسیکا.
- جدول (۲-۱۳): مقدار پارامترهای کیفیت و نتایج تجزیه شیمیایی زهاب اسیدی خروجی دمپ ۲۷ معدن
 ۶۷ مس سرچشمه و حد استاندارد یون های آن در آب آشامیدنی.
- جدول (۲-۱۴): میزان حذف یون های مس (II) و منگنز (II) موجود در زهاب اسیدی معدن بر حسب
 ۶۹ درصد با توجه به جرم جاذب بعد از گذشت زمان ۶۰ دقیقه در سیستم ناپیوسته.

فصل اول:

مقدمه

محیط زیست برای افراد مختلف معانی گوناگونی دارد، که کلیه آنها به نوعی بیانگر خصوصیات محیط زیست است. به عبارت دیگر محیط زیست هم از اجزای زیست-فیزیکی و هم اقتصادی-اجتماعی تشکیل شده است. که این اجزا در تجزیه و تحلیل زیست محیطی باید مورد توجه قرار گیرد. تفکر زیست محیطی شاید بسیاری از آرزوها و آمال بشری را محقق سازد و این امر صرفاً از طریق ترویج و نشر گسترده و مستمر فرهنگ زیست محیطی در میان اقشار مختلف جامعه، امکان پذیر خواهد بود. در حال حاضر اجرای پروژه‌ها و فعالیت‌های مختلف جهت توسعه در بخش‌های گوناگون، بدون توجه به پیامدهای منفی و آثار مخرب زیست محیطی آن، موجب ناپایداری در بخش توسعه گردیده است (حجت، ۱۳۸۱).

آب و خاک از عوامل اساسی حیات در کره زمین می باشد، که در نبود هر یک از آنها زندگی موجودات زنده غیر ممکن می شود. روزگاری بود که انسان و سایر موجودات زنده از نعمت آب و هوای پاک برخوردار بودند، اما با پدید آمدن انقلاب صنعتی در قرن نوزدهم و توسعه و تکامل آن در قرن بیستم، اکوسیستم کره زمین دستخوش تغییراتی شد که نتیجه این تغییرات آلودگی تدریجی آب، خاک و هوا است. آلودگی محیط زیست امروزه به حدی رسیده است که سلامت انسان و سایر موجودات زنده را تهدید می کند. محیط زیست از ارکان توسعه پایدار در هر کشوری است. بدون توجه به محیط زیست، منابع طبیعی و انسانی دستخوش تحولاتی می شود که پیامدهای ناگواری را برای جوامع بشری و این کره خاکی در پی خواهد داشت. فعالیت‌های صنعتی، مواد و امکانات لازم جهت پیشرفت بشر را فراهم می کند. بالا رفتن سطح زندگی بشر فعالیت‌های صنعتی بیشتری را می طلبد، از طرفی با افزایش فعالیت‌های صنعتی و بی توجهی به پیامدهای زیست محیطی آن، مقدار آلاینده‌های محیطی افزایش می یابد که در نتیجه آن امکان حیات و استفاده از محیط زیست سالم از بشر سلب می شود. به همین جهت در بسیاری از کشورهای پیشرفته تأثیرات محیط زیستی عملیات معدنکاری و فعالیت‌های صنعتی مورد بررسی قرار گرفته و قوانین سخت گیرانه‌ای را وضع کرده اند که در نهایت استانداردهایی برای این

فعالیت‌ها و حدود آلاینده‌های ناشی از آن در نظر گرفته شده است (فرهادی و همکاران، ۱۳۸۶).

با توجه به اینکه ایران کشوری در حال توسعه است که برای پیشرفت ناچار به توسعه صنایع می‌باشد. بنابر این برای توسعه پایدار کشور لازم است جنبه‌های زیست محیطی مورد بررسی قرار گیرد.

۱-۲- آلودگی

وارد شدن هرگونه ماده خارجی به آب، هوا و خاک به میزانی که کیفیت فیزیکی، شیمیایی یا بیولوژیکی آن را بگونه‌ای تغییر دهد که به حال انسان یا سایر موجودات زنده یا گیاهان یا آثار و ابنیه مضر باشد، آلودگی گفته می‌شود (Rollin, 2011).

۱-۲-۱- آلاینده

ماده‌ای است که ممکن است در اثر فعالیت‌های بشری با غلظتی بیشتر از حد نرمال و طبیعی خود ظاهر گردد و اثرات مخربی بر روی محیط زیست داشته باشد. آلاینده‌ها به ۶ گروه زیر تقسیم می‌شود (دولتی ارده‌جانی و همکاران، ۱۳۸۴):

- آلاینده های رادیواکتیوی
- فلزات کمیاب
- آلاینده های آلی
- آلاینده های بیولوژیکی
- مواد مغذی
- آلاینده های معدنی متفرقه

آلاینده‌ها تأثیرات نامطلوبی بر سلامتی انسانها دارند برخی از این در جدول ۱-۱ آورده شده است.

جدول (۱-۱): بیماری های بوجود آمده در انسان توسط مواد فلزی.

منبع	نوع بیماری	ماده فلزی
Rachana et al., 2015	سمی و کشنده است که عوارض پوستی و تخریب مجاری بینی را به همراه دارد.	آرسنیک
Kislova et al., 2010	گرد و غبار آن کشنده بوده و بطور کلی ضایعات و تخریب ریه را به همراه دارد.	بریلیوم
Fang et al., 2014	مسمومیت حاد در اثر استنشاق بخارات جیوه دارند.	جیوه
Jinlong et al., 2013	در معدنچیان باعث ایجاد بیماری ریوی می شود.	کادمیوم
Shanker et al., 2014	در اثر تماس با کرومات‌ها زخم های عمیق بر روی دست ها دیده می‌شود.	کرم
Villaa et al., 2011	در موارد بسیاری کارگران معدن در اثر تماس با ترکیبات اورانیوم از بین می‌روند. از عوارض مشخصه آن تأثیر بر روی چشم و دستگاه عصبی می باشد.	اورانیوم
Fang et al., 2014	سه عارضه را به همراه دارد: ۱- ایجاد حساسیت در اثر گرد و غبار حاصل از کبالت ۲- ایجاد عکس العمل شدید تنفسی ۳- بروز ناراحتی های ریوی .	کبالت
Chunnu et al., 2014	بر روی دستگاه تنفس به مرور زمان تأثیر می‌گذارد.	مولیبدن
Clanduio et al., 2014	عوارض مس بر روی کارگران معدن نسبتاً اندک بوده و عملاً بی خطر است.	مس
James et al., 2007	ناراحتی‌های معده، کم خونی، ضعف کلی و اثرات زیان بار بر اعصاب.	سرب
Isabel et al., 2014	در عده ای از کارگران عوارض پوستی نسبتاً زیاد دیده شده است.	آنتیموان
Aoife et al., 2009	سیلیس در انسان ایجاد بیماری سیلیکوز می‌کند.	سیلیس
Iteman and lawse, 1998	آلومینیوم و گرد و غبار حاصل از آن در انسان ایجاد بیماری ریوی می‌کند.	آلومینیوم
Cima, 2011	عوارض و جراحتهای پوستی و انواع حاد آن سوختگی بوده.	قلع

۱-۳- انواع آلاینده‌های آب‌های زیر زمینی

۱-۳-۱- تانکرهای فاضلابی و چاه فاضلاب

تخلیه فاضلاب‌های خانگی در بسیاری نواحی با استفاده از تانکرهای فاضلاب انجام می‌گیرد. سالانه در آمریکا ۸۰۰ میلیون گالن آب از تانکرهای فاضلابی به زیر زمین راه پیدا می‌کند. آب تخلیه شده از تانکر فاضلابی حاوی ویروس‌ها و باکتری‌ها می‌باشد که عامل اصلی بیماری‌های مربوط به آب در آمریکا است (دولتی ارده‌جانی و همکاران، ۱۳۸۴).

۱-۳-۲- لندفیل‌ها^۱

دفن زباله در یک محل عموماً به معنی جا دادن زباله شهری، خاکستر، برگ، زباله‌های حاصل از تخریب و لجن فاضلاب شهری و آب آلوده صنعتی می‌باشد. باطله‌های خطرناک، سمی، رادیواکتیو هم به این نحو دفن می‌شوند. باران و نزولات جوی در این باطله‌ها نفوذ می‌کند و با مایعات داخل باطله مخلوط می‌شود، مواد شسته شده به این طریق باعث آلودگی آب زیرزمینی می‌شود (Frandegard et al., 2015).

۱-۳-۳- پخش‌شدگی و نشت مواد شیمیایی از تانکرهای زیرزمینی

آلودگی آب‌های زیرزمینی ناشی از رنج وسیعی از مواد آلی و غیرآلی در نتیجه پخش شدن و نشت مواد شیمیایی خطرناک و سمی می‌باشد، این تخلیه‌ها ممکن است در نتیجه یک عمل اتفاقی مانند تصادف تانکرهای حمل‌کننده یا نتیجه نشت تدریجی باشد. معمولاً در این گونه حوادث بیش از یک نوع آلودگی منتشر می‌شود (دولتی ارده‌جانی و همکاران، ۱۳۸۴).

^۱ Landfills

۱-۳-۴- فعالیت‌های معدنکاری

در نتیجه عملیات معدنکاری، ماده معدنی از زمین کنده شده که این عمل می‌تواند مستقیماً محیط فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی را تحت تأثیر قرار دهد. طبیعت و میزان این تأثیر بسته به موقعیت و نرخ عملیات متفاوت است. به طور کلی عملیات معدنکاری بر روی پارامترهای هیدروژئولوژیکی و در نتیجه کیفیت آب تأثیر می‌گذارد. که دلیل آن این است که فعالیت‌های مذکور عمدتاً سطح آب‌های زیرزمینی را پایین آورده و آلاینده‌ها را به سفره‌های آب زیرزمینی منتقل می‌کند. در فعالیت معدنی مواد ارزشمند یک منطقه برداشت می‌شود و مواد باطله در جایی دیگر دپو می‌شود. در نتیجه این عمل توپوگرافی منطقه از حالت طبیعی خود فاصله گرفته و توازن منطقه به هم می‌خورد، در حین عملیات معدنکاری پوشش‌های گیاهی منطقه از بین می‌رود، عملیات صنعتی (فرآوری) و انباشت مواد باطله آسیب‌های جبران ناپذیری را به محیط زیست وارد می‌کند. بسیاری از باطله‌های معدنی، سمی بوده و تأثیرات مستقیم و غیرمستقیم بر محیط زیست پیرامون خود وارد می‌کند. در حالی که باطله‌ها به درستی کنترل و مدیریت نشوند مواد مضر آنها وارد آبهای زیرزمینی می‌شود که خسارت‌های زیست محیطی جبران ناپذیری را به بار می‌آورد. می‌توان ادعا کرد که عملیات معدنکاری در تمام مراحل تأثیرات مخربی بر محیط زیست وارد می‌کند (اکتشاف، توسعه، پرعیارسازی، فرآوری و مرحله نهایی که در اغلب موارد معدن به همان شکل رها می‌شود) (محبوبی، ۱۳۸۳).

۱-۳-۴-۱- تأثیرات زیست محیطی ناشی از عملیات اکتشافی عبارتند از:

- تخریب پوشش گیاهی،
- ایجاد آلودگی صوتی و گرد و غبار،
- اثرات مخرب ناشی از حفر تونل، چاهک و گمانه‌های اکتشافی.

۱-۳-۴-۲- تأثیرات زیست محیطی ناشی از عملیات استخراجی عبارتند از:

● خطر سقوط سنگ در نتیجه عملیات آتشفباری و ایجاد ریزگردها،

● ایجاد پله استخراجی،

● احتمال لغزش و سقوط قطعات سنگی،

● آلودگی محیط‌های آبی، حاکی و هوا در نتیجه انباشت باطله‌ها.

۱-۳-۴-۳- تأثیرات زیست محیطی ناشی از عملیات کانه‌آرایی و فرآوری عبارتند از:

● آلودگی مربوط به انباشت باطله‌های کانه‌آرایی،

● خطرات ناشی از تماس مستقیم ماده معدنی با پوست،

● ورود یون‌های عناصر سمی به آب‌های زیرزمینی،

● ایجاد آلودگی در نتیجه پساب کارخانه فرآوری،

● آلودگی هوا در نتیجه راه یافتن گازهای مضر از دودکش‌های کارخانه فرآوری به جو،

● پخش سموم صنعتی مثل دی‌اکسید کربن، منواکسید کربن، دی‌اکسید گوگرد، جیوه، سیانور و... به محیط زیست.

۱-۳-۴-۴- تأثیرات زیست محیطی باطله‌های معدن‌کاری

توسعه صنعت و رشد اقتصاد باعث شده که مقدار بسیار زیادی مواد باطله و محصولات جانبی تولید شود که هیچ‌گونه ارزشی ندارد. این مواد می‌تواند منشأ تولید آلاینده‌ها باشند. باطله صنعت معدنکاری شامل سنگ‌هایی است که مواد با ارزش آن جدا شده است و صرفاً مواد بی‌ارزش آن باقی مانده که معمولاً بدون توجه به مشکلات زیست محیطی رها می‌شوند. در طی سالها بهره‌برداری از معادن، ذخایر معدنی کم عیار شده در نتیجه به ازای تولید یک تن ماده با ارزش میزان باطله تولیدی بسیار افزایش یافته است. از طرفی پایین آمدن عیار ذخایر معدنی باعث می‌شود که درجه آزاد شدگی

ماده با ارزش از باطله در ابعاد پایین تری صورت گیرد. که برای جداسازی نیازمند خرد کردن بیشتر است که به طبع باطله تولیدی بسیار ریزدانه می شود که کنترل، انباشت و مدیریت این باطله کاری پرزحمت و بسیار هزینه بر است (حجت، ۱۳۸۱).

۱-۴- پساب اسیدی معدن^۱

پساب اسیدی معدن (AMD) بدون شک ناهنجارترین مشکل زیست محیطی است که در معادن سولفیدی فلزی بدلیل حجم بالای باطله های سولفیدی و ایجاد شرایط مناسب برای اکسایش این کانی ها، امکان تولید آن وجود دارد. AMD واژه ای است که به محلول اسیدی حاوی فلزات و سولفیدها اطلاق می شود، که می تواند از اکسایش کانی های سولفیدی به ویژه پیریت در باطله های کارخانه فرآوری این کانی ها، دمپ های باطله کم عیار معادن سولفیدی و معادن ذغال سنگ حاصل می شود (Equeenuddin et al., 2009).

هنگامی که این محلول های اسیدی غنی از فلزات سنگین در رودخانه ها و دریاچه ها تخلیه شوند، سبب آلودگی آب ها می شوند.

۱-۵- روش های تصفیه پساب

کاهش حجم پساب تولیدی همواره یکی از اهداف مورد توجه صنایع بوده، که با روش های زیر این امر تحقق می یابد:

کم کردن حجم پساب تولیدی با استفاده بهینه از آب در فرآیند تولید، کم کردن آلودگی داخل پساب با مصرف به اندازه و کنترل شده مواد شیمیایی. با رعایت کردن این نکات می توان از اثرات نامطلوب تولید پساب تا حد ممکن جلوگیری کرد. اما در هر صورت صنایع با تولید پساب همراه هستند و قوانین زیست محیطی ایجاب می کند که پساب های تولید شده قبل از تخلیه، آلودگی آن به

^۱ Acid Mine Drainage

حد استاندارد برسد. روش‌های تصفیه‌ی پساب به چهار دسته کلی تقسیم می‌شوند (حیدر طائمه، ۱۳۹۰).

الف: روش‌های فیزیکوشیمیایی: در این روش با استفاده از اصول فیزیکی و شیمیایی مقدار زیادی از آلودگی‌های پساب به ویژه ذرات معلق جدا می‌شوند. روش‌های مختلفی برای تصفیه در این مرحله وجود دارد که برخی از آنها در زیر آورده شده است.

● غربال کردن: با هدف جدا سازی اجسام بزرگ موجود در پساب و جلوگیری از آسیب رساندن به سایر دستگاه‌های موجود در سیستم تصفیه پساب از اهمیت بالایی برخوردار است.

● لخته‌سازی: در عملیات لخته سازی با استفاده از مواد لخته کننده، ذرات ریز تشکیل شده در اثر ناپایداری کلوئیدها به هم پیوسته و با ایجاد ذرات درشت‌تر باعث ته‌نشینی می‌شود.

● شناورسازی: جداسازی با استفاده از اختلاف دانسیته ذرات جامد نسبت به سیال حامل انجام می‌گیرد.

● سانتریفیوژ کردن: در این روش از نیروی گریز از مرکز برای تسریع در عمل ته‌نشینی ذرات در یک مخلوط مایع استفاده می‌شود.

● الکترولیز: در این فرآیند انرژی الکتریکی به شیمیایی تبدیل می‌شود. فرآیند در یک الکترولیت که محلول آبی یا نمک مذاب است انجام می‌شود این محلول امکان انتقال یون‌ها میان دو الکترود را فراهم می‌کند.

● ته‌نشین‌سازی و رسوبدهی: در این روش با استفاده از تفاوت دانسیته ذرات جامد و مایع، زمان کافی برای جدا شدن و ته‌نشین گردیدن ذرات جامد فراهم می‌شود.

ب: روش‌های زیستی: در این مرحله با استفاده از فرآیندهای حیاتی و استفاده از موجودات زنده و

گیاهان، آلودگی موجود در پساب حذف می‌شود (Senthilkumar and Feroz, 2014). تصفیه پساب با استفاده از روش‌های زیستی شامل موارد زیر است:

● استفاده از میکروگانیسیم‌ها: آلودگی موجود در پساب به عنوان خوراک میکروگانیسیم‌ها مصرف می‌شود که نهایتاً مواد لجن ماندی تولید می‌شود که از سیستم خارج می‌شود.

● استفاده از روش گیاه پالایی: این روش بیشتر برای تصفیه خاک بکار می‌رود، به این صورت که گیاهی خاص را در محدوده‌ای که خاک آن آلوده است کشت می‌کنند و گیاه آلودگی را در خود جذب می‌کند.

● حذف آلودگی به وسیله بیوجاذب‌ها: در واقع حذف آلودگی با استفاده از گیاه در حالت مرده را می‌گویند. مثلاً در سال ۲۰۱۴ سنتی کمار و فروز جذب بیولوژیکی فلزاتی مانند مس، کبالت، نیکل، سرب و روی را توسط جلبک دریایی و عوامل مؤثر در جذب را مطالعه کردند که انواع جلبک‌ها نوع خاصی از آلاینده‌های فلزی را جذب می‌کند. بطور کلی فرآیندهای جذب بیولوژیکی می‌تواند هزینه‌های سرمایه‌ای را تا ۲۰ درصد و هزینه‌های عملیاتی را تا ۳۶ درصد و هزینه‌های کل تصفیه را تا ۲۸ درصد در مقایسه با سیستم‌های معمولی کاهش دهد (Senthilkumar and Feroz, 2014).

ج: صاف نمودن با صافی‌های ظریف، جذب سطحی یا تغلیظ: در این مرحله باقی مانده ذرات نامحلول از پساب با استفاده از انواع صافی‌ها جدا شده و مواد محلول نیز از طریق سیستم‌های جذب سطحی، تبادل یونی و با رقیق نمودن پساب جداسازی و یا حداقل شرایطی ایجاد می‌شود که حد استاندارد برای پساب رعایت شود.

● صاف کردن پساب: در این روش پساب از میان لایه‌های مختلف با اندازه خلل و فرج مختلف عبور داده شده و ذرات جامد معلق بسته به روش صاف نمودن در پساب جداسازی می‌شوند.

● جذب سطحی: این روش در بسیاری موارد اهمیت ویژه‌ای دارد. در این روش آلاینده موجود در محلول‌های آبی جذب ماده جاذب می‌شود و سپس می‌توان آن را همراه با ماده جاذب با روش‌هایی مانند فیلتر کردن، از آب جدا کرد. در صورت نیاز ماده جاذب بازسازی می‌شود و اگر نیاز به بازسازی ماده جاذب نباشد، ماده جاذب آغشته به آلاینده را باید به صورتی دفع کرد تا که مشکل زیست محیطی ایجاد نکند.

د: روش‌های نهایی براق‌سازی و گندزدایی: آب خروجی از این مرحله باید عاری از هرگونه آلودگی باشد، در واقع رنگ، بو و مزه باقیمانده در پساب تصفیه شده در این مرحله باید حذف شود. در این مرحله از روش اکسیداسیون پیشرفته و روش خالص‌سازی طبیعی استفاده می‌شود.

● اکسایش پیشرفته: این دسته از واکنش‌ها، با بکارگیری بیش از یک روش اکسیداسیون انجام می‌شود زیرا گاهی استفاده از یک روش اکسیداسیون به تنهایی قادر نیست تمام آلاینده‌های موجود در محیط را اکسید کند.

● روش طبیعی خالص سازی: در آن روش با استفاده از توانایی‌های طبیعت در حذف آلاینده‌ها تلاش می‌شود پساب خروجی از مراکز صنعتی و حتی شهری خالص سازی شده و سپس وارد جریان اصلی طبیعت شود. گیاه آزولا که در مناطق شمالی کشور و در مناطق حاصلخیز استان گیلان، به عنوان آفت برنج شناخته شده، در عمل برای رنگبری از پساب استفاده می‌شود (حیدر طائمه، ۱۳۹۰).

۱-۶- بیوجاذب

یکی از مهمترین مسائل دنیای امروز آلودگی محیط زیست می‌باشد. روش‌های متداولی برای حذف این آلودگی‌ها از محیط‌های آبی وجود دارد که شامل ترسیب شیمیایی، تبادل یونی، جذب سطحی، فرآیندهای غشایی، فرآیندهای اکسیداسیون و احیا و... هستند که روش‌هایی گران قیمت با هزینه‌های سرمایه‌گذاری و بهره‌برداری بالا می‌باشند. بنابراین برای حذف آلاینده‌ها از آب نیاز مبرمی به توسعه روش‌های جدید، ارزان قیمت و اقتصادی وجود دارد. برای پاسخگویی به این نیازها در سالهای اخیر مطالعات بیشتری بر روی بیوجاذب‌ها انجام شده است. بیوجذب، جذب فیزیکوشیمیایی آلاینده‌ها توسط میکروگانیسم‌های غیر زنده (باکتری، قارچ، جلبک) و سایر مواد آلی مانند (سبوس برنج، پوست میوه، برگ درختان و...) است (Volesky, 2001). تحقیقات انجام شده نشان می‌دهد که بعضی از بیوجاذب‌ها ظرفیت جذب بالای برای فلزات سنگین دارند. معرفی این مواد آلی به صنعت منجر به تولید برخی محصولات تجاری گردیده که از آنها در مقیاس واقعی برای حذف آلاینده‌ها از فاضلاب استفاده می‌شود. بدین ترتیب با رواج این تکنولوژی ارزان قیمت، گام مهمی در جهت بهبود کیفیت محیط زیست برداشته خواهد شد. بسیاری از تکنیک‌های مرسوم مانند رسوب‌دهی شیمیایی، فیلتراسیون غشایی، الکترولیز، تبادل یونی، جذب کربن و فرآیندهای همزمان ترسیب و جذب که برای حذف آلودگی از فاضلاب‌ها استفاده شده است برای غلظت‌های بالای آلودگی مناسب هستند و در غلظت‌های کم، در بعضی موارد ناموفق بوده و مقرون به صرفه نیستند (Njoku, 2014).

روند جذب شامل وجود یک جامد جاذب است که مولکول‌ها را توسط نیروهای فیزیکی، تبادل

یونی و یا پیوند شیمیایی جذب می‌کند. کربن فعال برخلاف اینکه هزینه زیادی دارد، بیشترین استفاده را در بین جاذب‌ها داشته است (El-Ashtoukhy et al., 2008).

۱-۶-۱- احیای بیوجاذب و بازیافت فلزات

با استفاده از یک محلول شوینده مناسب می‌توان بیوجاذب را احیا نمود. نوع و غلظت این محلول بستگی به نوع و قدرت پیوند ایجاد شده بین فلز و جاذب دارد. همانطور که جذب فلزات سنگین به وسیله بیوجاذب‌ها به صورت انتخابی انجام می‌شود، جداسازی آنها در فاز واجذب نیز انتخابی می‌باشد. انتخابی بودن واجذب مزیت بزرگی برای آن به شمار می‌رود، زیرا می‌توان در حالت واجذب فلزات مختلف را از هم جدا کرد (Njoku, 2014).

احیای بیوجاذب و استفاده مجدد از آن هزینه‌های تصفیه را کاهش داده و امکان بازیافت یون‌های جذب شده را فراهم می‌کند. یک احیای مطلوب برای جاذب دارای خصوصیات زیر است:

- تشکیل محلول غلیظی از فلزات،
- کاهش جزئی در ظرفیت جذب،
- تخریب و تغییر فیزیکی جزئی بیوجاذب،

۱-۶-۲- عوامل مؤثر بر استفاده از جاذب بیولوژیکی

عوامل مؤثر بر استفاده از جاذب‌های بیولوژیکی عبارتند از:

ظرفیت جاذب بیولوژیکی، در دسترس بودن جاذب، هزینه جاذب، سهولت بازسازی و سهولت استفاده از جاذب (Boraphech and Thiravetyan, 2014).

۱-۶-۳- مزایای فرآیند بیوجذب

مزایای فرآیند بیوجذب در مقایسه با دیگر روش‌های جذب عبارتند از (Vilar et al., 2007).

- مقرون به صرفه بودن: به دلیل فراوانی بیوجاذب‌ها در طبیعت و استفاده از ضایعات صنایع مختلف، این مواد ارزان قیمت می‌باشند. قیمت بیوجاذب‌های تجاری ۱۰-۱۵ دلار بر کیلوگرم می‌باشد، در حالی که قیمت رزین‌های تبادل یونی ۵۰-۳۰ دلار بر کیلوگرم است (Senthilkumar and Feroz, 2014).
- خاصیت انتخابی در جذب و حذف فلزات: بررسی عملکرد انواع بیوجاذب‌ها نشان می‌دهد که بیوجاذب‌ها تمایل متفاوتی نسبت به جذب و حذف آلاینده‌های مختلف از خود نشان می‌دهند.

- قابلیت احیای بیوجاذب‌ها

- امکان بازیافت فلزات

- بالا بودن سرعت فرآیند

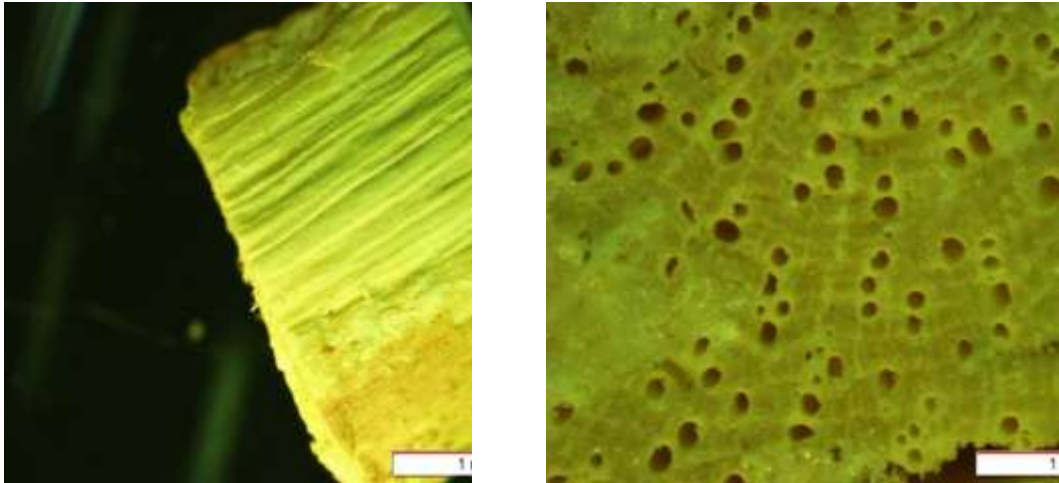
- عدم تولید لجن

۱-۶-۴- معایب روش‌های جذب بیولوژیکی (Ahluwalia and Goyal, 2007).

- اشباع شدن سریع: یعنی فلز بر سایت‌های اشغال شده اثر متقابل داشته و با استفاده بیشتر از جاذب، واجذب اتفاق می‌افتد.
- محدودیت بهبود فرآیندهای بیولوژیکی: چون که سلول‌ها از طریق متابولیسم دگرگون نمی‌شوند در نتیجه فرآیندهای بیولوژیکی محدودیت ناچیزی دارند.
- در این روش قابلیت تغییر ظرفیت جذب آلاینده وجود ندارد .

۱-۷- گیاه سالوادورا پرسیکا

ساقه و ریشه گیاه سالوادورا پرسیکا که در گذشته برای نظافت دهان استفاده می‌شده، یک ساختار لوله‌ای بسیار متخلخل و رشته‌ای دارد. ساختار این گیاه در شکل (۱-۲) قابل مشاهده است.



شکل (۱-۲): تصویر میکروسکوپی گیاه سالوادورا پرسیکا (آزمایشگاه کانه آرایبی، دانشگاه شاهرود).

مهمترین ترکیبات آن شامل شامل فلاونوئید^۱، ساپونین^۲، تانن^۳، بنزیل ایزوتیوسیانات^۴، کلراید، فلوراید^۵، کلسیم^۶ و سیلیسیم^۷ می باشد (Almas, 2001; Hanan et al., 2012; Ramoliva et al., 2004).

تاریخچه استفاده از گیاه سالوادور پرسیکا به منظور نظافت دهان به ۷۰۰۰ سال قبل از میلاد (دوره بابلی ها) برمی گردد. استفاده از گیاه سالوادور پرسیکا برای بهداشت دهان توسط سازمان بهداشت جهانی و پیامبر اسلام توصیه شده است (Khatak et al., 2010).

قسمت های مختلف این گیاه به علت دارا بودن تانن، ترکیبات گوگردی و ترکیبات ایزوتیوسیانات دارای اثر ضد میکروبی قوی و گسترده بر روی انواع میکروارگانیسم ها است (Hanan et al., 2012; Khatak et al., 2010). اثر ضد باکتریایی است (Halavany, 2012; Sanogo et al., 2012; Khatak et al., 2010).

^۱ Flavonoids

^۲ Saponins

^۳ Tannins

^۴ Compounds Chloride

^۵ Fluoride

^۶ Calcium

^۷ Silicon

(al., 1999). تانن ماده‌ای است که در عصاره‌ی بسیاری از گیاهان وجود دارد و معمولاً آن را از پوست بلوط به دست می‌آورند. از گیاهانی که دارای این ماده هستند در صنعت چرم‌سازی استفاده می‌شود، تانن‌ها با پروتئین ترکیب شده که موجب ته‌نشین شدن ژلاتین گشته و روی پوست جانوران تثبیت شده و از فساد آن جلوگیری می‌کند (Halavany, 2012). تحقیقات نشان داده که مواد موجود در ساقه گیاه سالوادوراپرسیکا به راحتی و در زمان بسیار کوتاه می‌تواند در بزاق دهان یا آب حل شود (Khatak et al., 2010). این در حالی است که ترکیبات موجود در بسیاری از گیاهان نمی‌توانند به این سرعت حل شوند.

۱-۸- انواع بیوجاذب‌های استفاده شده

در سال‌های اخیر به دلیل اهمیت بالای حذف آلاینده‌ها از پساب‌های صنایع مختلف به ویژه صنایع معدنی با استفاده از فرآیند جذب بیولوژیکی، بیوجاذب‌های زیادی مورد مطالعه قرار گرفته است. به طور کلی برخی از بیوجاذب‌هایی که برای حذف فلزات سمی، رنگدانه‌ها و یا سایر آلاینده‌ها مورد بررسی و مطالعه قرار گرفته‌اند شرح داده می‌شود.

● با توجه به تحقیقات سنتی کمار و فروز (۲۰۱۴) جذب فلزات سنگین توسط جلبک دریایی روش مقرون به صرفه‌ای است که به لحاظ فنی هم امکان‌پذیر می‌باشد. در این تحقیق جذب توسط جلبک عمدتاً به دیواره سلولی نسبت داده شده، که از یک فیبری شکل تشکیل شده است. در این مقاله هفت گونه جلبک جمع آوری شده است، که سه گونه آن (جلبک سبز، جلبک قهوه‌ای و جلبک قرمز) برای جذب مناسب‌تر است. در این پژوهش تأثیرات مقدار جاذب، غلظت اولیه آلاینده و pH بررسی شده است. در تحقیق مذکور مقدار جذب فلز و بهره‌وری حذف به شدت تحت تأثیر مقدار جلبک است و با افزایش غلظت راندمان حذف آلاینده‌ها افزایش می‌یابد. در pH پایین مقدار جذب کم و با افزایش pH مقدار جذب افزایش یافت و بیشترین مقدار جذب در pH ۴ تا ۶ برای جذب مس، کبالت، سرب و روی برای همه گونه‌های جلبک رخ می‌دهد و هر چه غلظت آلاینده بیشتر باشد جذب آلاینده سریعتر انجام

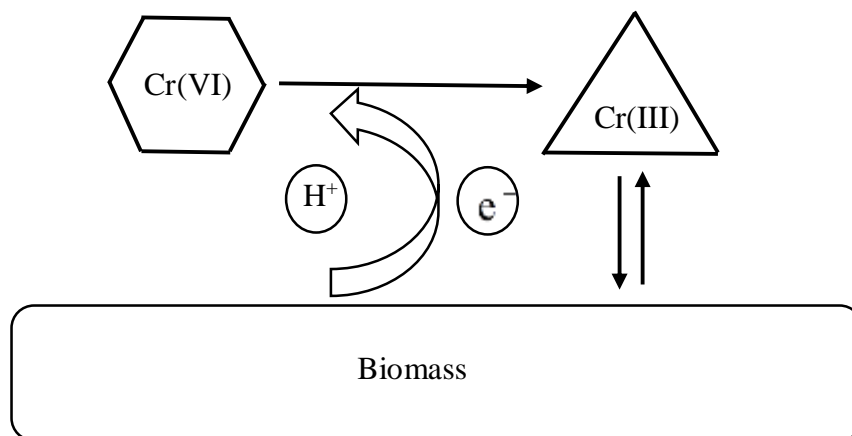
می‌شود (Senthilkumar and Feroz, 2014).

● فاتارا (۲۰۱۴) برای حذف تری متیل آمین با استفاده از مواد بیولوژیکی پودر برگ سبزه گیاه را مورد مطالعه قرار داد. در این پژوهش غلظت اولیه تری متیل آمین ۱۰۰ ppm بوده، که با استفاده از این بیوجاذب‌ها ۹۷-۱۰۰ درصد از کل تری متیل آمین در مدت ۲۴ ساعت حذف شد. در بین این گیاهان برگ سانسویوریا تریفاسکیاتا^۱ بیشترین جذب و پلیروکارپوس^۲ کمترین جذب را داشت. جذب سطحی با افزایش زمان تماس و مقدار بیوجاذب افزایش یافت و همچنین در عملیات واجذب حدود ۱۰۰ درصد از آلاینده جذب شده با آب مقطر از بیوجاذب جدا شد. در نهایت، بازده جذب این مواد بیولوژیکی با کربن فعال مقایسه شده، بازده جذب کربن فعال ۷۳/۳ درصد از کل تری متیل آمین بود که از دیگر گیاهان کمتر است و دلیل آن را غیر قطبی بودن کربن فعال بیان کردند (Phattara, 2014).

● با توجه به مقاله مارتا لویز و همکاران (۲۰۱۳) پوست موز به‌عنوان بیوجاذب برای حذف آلاینده کروم (III) و کروم (VI) استفاده شده است. پوست موز عمدتاً شامل الیاف همی سلولز، پکتین، نشاسته، لینولئیک و اسیدهای چرب است. گروه‌های هیدروکسیل و کربوکسیل حاضر در پلیمر زیستی باعث جذب کروم (III) و کروم (VI) شده‌اند. نتایج نشان می‌دهد که برای جذب کروم (VI) توسط زیست توده ابتدا باید کروم (VI) به کروم (III) تبدیل شده و سپس کروم (III) توسط زیست توده جذب شود. شکل ۱-۲ روند جذب کروم (VI) توسط بیوجاذب پوست موز را نشان می‌دهد (Martalopez et al, 2013).

^۱ Sansevieria trifasciata

^۲ Pterocarpus



شکل (۱-۱): روند جذب کروم (VI) توسط بیوجاذب پوست موز.

● مطالعاتی در سال ۲۰۱۴ توسط یارجیک و همکاران بر روی زباله‌های گوجه فرنگی برای حذف آلودگی‌های مس (II) انجام شده است. در این مطالعه برای تعیین شرایط مطلوب جذب پارامترهای pH، مقدار جاذب، غلظت اولیه فلز، دما و زمان تماس مورد بررسی قرار گرفته است. با توجه به آزمایش‌های انجام شده pH=۸، مقدار جاذب ۵۰ ml / ۰/۲ g و غلظت اولیه فلز ۵۰ ppm حداکثر راندمان حذف (۹۲/۰۸ درصد) نتیجه می‌دهد. در این تحقیق ایزوترم جذب لانگمویر و سینتیک واکنش شبه مرتبه دوم بود. نتایج مطالعات ترمودینامیکی نشان می‌دهد که واکنش جذب یون مس (II) توسط بیوجاذب گوجه فرنگی گرمازا است (Yargic et al., 2014).

● با توجه به مقاله گوتا و همکاران (۲۰۱۴)، پودر برگ گیاه بادمجان^۱ بعنوان بیوجاذب برای حذف Pb(II) از محلول‌های آبی مورد بررسی قرار گرفت، که مشخصات جاذب با استفاده از آنالیزهای SEM, BET و FTIR, XRD بررسی شده است.

در این تحقیق تأثیر پارامترهای عملیاتی مانند pH، مقدار جاذب، غلظت اولیه فلز، زمان تماس و دما مورد بررسی قرار گرفت و مشاهده شد که با افزایش pH درصد جذب سرب افزایش می‌یابد، بیشترین

^۱ Solanum melongena

جذب سرب در $\text{pH} = 5$ برابر $96/06$ درصد بوده و توجه آن به این صورت است که در pH های بالاتر گروه‌های عاملی فعال می‌شوند و در pH های پایین پروتونه شده و در دسترس نیستند، بعد از آن با افزایش pH ، جذب کاهش یافته و از $96/06$ به $10/71$ درصد کاهش می‌یافت که علت این کاهش، رسوب سرب (II) بصورت $\text{Pb}(\text{OH})_2$ است. در این تحقیق تغییرات سرعت همزن ۳۰ تا ۲۲۰ دور در دقیقه انجام شده است که بیشترین بازده مربوط به ۱۸۰ دور در دقیقه است، سرعت پایین به احتمال زیاد باعث پراکندگی ناکارآمد ذرات جذب در آب شده است. در این تحقیق تأثیر مقدار جذب در جذب سرب در محدوده ۰/۱ تا ۰/۶ گرم انجام شده است، که با افزایش جذب، درصد جذب سرب افزایش یافته و حداکثر جذب در مقدار ۰/۴ گرم بر لیتر به دست آمده است. در این پژوهش مقایسه‌ای بین ظرفیت جذب سرب (II) با پودر برگ بادمجان SMLP^۱ و دیگر بیوجاذب‌ها انجام شد که در جدول ۱-۲ آورده شده است.

جدول (۱-۲): مقایسه ظرفیت بیوجاذب‌های مختلف با SMLP

نوع بیوجاذب	حداکثر ظرفیت جذب (mg/g)
زباله درخت زیتون	۲۷/۴۰
ساقه گندم	۸۶/۹۶
پوست برنج	۵۸/۱۰
قارچ	۲۷/۱۰
ساقه انگور	۴۹/۹۰
پودر توتون و تنباکو	۳۹/۶۰
ساقه جو	۲۳/۲۰
پوست درخت فندوق	۲۸/۲۰
پوست بادام	۸/۰۸
SMLP	۷۱/۴۲

^۱ Solanum melongena leaf powder

با توجه به این مقاله آزمایش جذب در سه دما (۳۰۳، ۳۱۳، ۳۲۳ کلوین) مورد بررسی قرار گرفت و مشخص شد که ظرفیت جذب با افزایش دما افزایش می‌یابد یعنی جذب سرب بر روی SMLP یک فرایند گرماگیر است (Gutha et al., 2014).

● مطالعه‌ای بمنظور ارزیابی عملکرد بیوجاذب گیاه کاریوتا اورنس CUIWB^۱ در جذب کروم(VI) از محلول‌های آبی توسط رنجاباشیام و سیلواراجو (۲۰۱۴) انجام شده است.

که مقایسه‌ای بین ظرفیت جذب آن با سایر جاذب‌ها در جدول ۱-۳ آورده شده است (Rangabhashyam and Selvaraju., 2014).

جدول (۱-۳): مقایسه ظرفیت جذب کروم (VI) بیوجاذب‌های مختلف با CUIWB.

ظرفیت جذب (mg/g)	جاذب
۴۴/۵	پوست Lathyrus sativus
۱/۷۶	تفاله نیشکر
۵۸/۸۲	خاک اره چریش
۳۷/۷۳	خاک اره انبه
۸/۸۷	برگ حرا
۸/۴۴	زنبق آبی
۲/۳۱	پوست میوه درخت ماهون
۱۰۰	CUIWB

● باکاتیولا و همکاران (۲۰۱۴) تحقیقی در مورد جذب بیولوژیکی فلزات سنگین از محلول‌های آبی معادن طلا با جلبک سبز^۲ انجام داده‌اند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که جلبک سبز برای جذب

^۱ Caryota urens inflorescence waste biomass

^۲ Oedogonium sp

مس، کبالت، نیکل، آهن، جیوه، روی و اورانیوم بازده بالایی دارد. بررسی جذب از نظر تعادلی نشان می‌دهد که مدل فروندلیچ^۱ بهتر از مدل لانگمویر^۲ است، همچنین در این تحقیق محاسبات ترمودینامیکی در سیستم تک یونی جذب مس، نیکل، کبالت، کروم و روی با استفاده از زیست توده گرماگیر و خودبخودی است و برای جیوه، آهن و اورانیوم فرایند گرمازا است و در سیستم چند یونی جذب مس، نیکل، کبالت، کروم، روی، جیوه، آهن و اورانیوم فرایند گرمازا است. همچنین مشخص شد که زیست توده جلبک سبز قابلیت استفاده مجدد دارد (Bakatula et al., 2014).

● نجکو (۲۰۱۴) پتانسیل جذب روی (II) بر روی بیوجاذب پوست کاکائو^۳ را مورد بررسی قرار داد. در این مطالعه مقایسه‌ای بین ظرفیت جذب روی (II) بر روی پوست کاکائو و دیگر جاذب‌ها انجام شد که در جدول ۱-۴ زیر آورده شده است (Njoku, 2014).

جدول (۱-۴): مقایسه ظرفیت جذب روی (II) جاذب‌های مختلف با پوست کاکائو.

جاذب	حداکثر ظرفیت جذب (mg/g)
پوست آناناس	۰/۴۵
پوست انبه	۱/۰۲۸
پوست اکالیبتوس	۱/۶۸
پوست فندق	۱/۹۵
پوست برنج	۸/۵۸
کدو	۱۳/۴۵
پوست کاکائو	۱۴/۰۷

● تاسر و همکاران (۲۰۱۴) جذب یون سرب (II) را از محلول‌های آبی با استفاده از پوسته بادام زمینی مورد بررسی قرار دادند. در این آزمایش تأثیر دما، pH، زمان تماس، مقدار جاذب و غلظت اولیه مورد

^۱ Freundlich

^۲ Langmuir

^۳ Coca Pod Husk

بررسی قرار گرفت.

در این تحقیق با افزایش pH راندمان جذب بیشتر می‌شود، ولی در pH بیشتر از ۶ راندمان جذب کاهش می‌یابد و علت اینکه در pH ۱/۵ تا ۲ جذب و حذف سرب کم است، ممکن است به علت نیروهای دافعه الکترواستاتیک باشد.

با توجه به بررسی پارامتر زمان تماس جاذب با یون سرب (II) مورد بررسی قرار گرفت نشان می‌دهد که ۶۰٪ از سرب جذب شده در ۴۵ دقیقه اول انجام می‌شود و حداکثر جذب ۶۵/۷۳ درصد پس از حدود ۱۲۰ دقیقه حاصل می‌شود. بطور کلی افزایش مقدار جاذب باعث افزایش جذب می‌شود، با این حال با افزایش مقدار جاذب، حذف سرب افزایش می‌یابد. اما راندمان جذب کاهش می‌یابد، بنابراین مقدار جاذب (۲g/l) بعنوان غلظت مناسب در نظر گرفته شده است. جدول ۱-۵ تأثیر مقدار جاذب در جذب سرب (II) را نشان می‌دهد.

جدول (۲-۴): تأثیر غلظت جاذب در جذب سرب (II).

مقدار جاذب (g/l)	ظرفیت جاذب (mg/g)
۱	۱۸/۴۰
۲	۳۲/۸۷
۵	۱۶/۰۲
۱۰	۸/۷۹۰
۱۵	۶/۰۲۰

همچنین در این مقاله تأثیر دما در فرآیند جذب مورد بررسی قرار گرفته است (۲۰، ۳۰ و ۴۰ درجه سلسیوس)، که بیشترین جذب در دمای ۲۰ درجه بدست آمده و بیانگر آن است که فرآیند جذب گرمازا است (Tasar et al., 2014).

● تحقیقاتی توسط روندا و همکاران (۲۰۱۳) بر روی جذب سرب (II) توسط شاخه‌های هرس شده‌ی درخت زیتون انجام شده است. هدف از این مطالعه توسعه روش جدید و کم هزینه بیولوژیکی در حذف

سرب (II) از محلول‌های آبی برای کشورهای عضو اکو که تولید سالانه زیتون بالایی دارند، بود. زیست توده که از شاخه‌های نازک هرس شده درخت زیتون تهیه شده، و در آزمایشگاه خشک و آسیا شد. در این مطالعه مقایسه‌ای بین ظرفیت جذب سرب (II) بر روی پودر بیوجاذب درخت زیتون و دیگر جاذب‌ها انجام شد که در جدول ۱-۶ زیر آورده شده است (Ronda et al., 2013).

جدول (۱-۶): مقایسه ظرفیت جذب سرب (II) جاذب‌های مختلف با بیوجاذب تهیه شده از درخت زیتون.

جاذب	حداکثر ظرفیت جذب (mg/g)
زباله‌های درخت هلو	۶۵/۳۲
پوسته بلوط	۸/۸۱
خاک اره	۲۲/۲۲
پوسته بادام زمینی	۲۹/۱۴
نی گندم	۳۶/۵
زباله‌های درخت زیتون	۱۶/۰۴

۱-۹- تعریف مسئله

یکی از مشکلات اساسی که زندگی انسان و دیگر موجودات را در قرن حاضر تهدید می‌کند آلودگی محیط زیست می‌باشد. با پیشرفت جوامع بشری و رشد روز افزون صنایع مختلف روزبه‌روز بر گسترش و تنوع آلاینده‌ها افزوده می‌شود. آلودگی محیط زیست امروزه به حدی زیاد است که سلامت انسان و سایر موجودات زنده را تهدید می‌کند. ورود مواد آلاینده به آب‌ها و تجمع آنها در بدن آبزیان باعث بروز خطراتی برای انسان و دیگر موجودات زنده می‌شود. در نتیجه برای رفع این مشکل و جلوگیری از بروز فاجعه طبیعی و انسانی باید از ورود آلاینده‌ها به محیط زیست جلوگیری کرده و در نهایت این آلاینده‌ها را با یکی از روش‌های مرسوم، ارزان و با بازده بالا (مانند جاذب‌ها، استفاده از فناوری نانو، گیاه پالایی و...) حذف کرد. بنابراین درک عواملی که در حذف و پاکسازی آلودگی پساب‌های آلوده مؤثر هستند و بررسی کارایی روش‌های به‌سازی برای متخصصین محیط‌زیست و هیدرولوژی اهمیت بالایی

دارد. فهم عواملی که بر نحوه جذب و مکانیسم حذف از محیط آبی این آلاینده‌ها تأثیر دارند، از اهمیت بالایی برخوردار است.

بنابراین برای حذف آلاینده‌ها از محیط آب نیاز مبرمی به توسعه روش‌های جدید، ارزان قیمت، اقتصادی و با بازده بالا وجود دارد. برای پاسخگویی به این نیازها در سال‌های اخیر مطالعات زیادی در زمینه استفاده از بیوجاذب‌ها صورت گرفته است و بیوجاذب‌های مختلفی برای حذف آلاینده‌ها مورد آزمایش قرار گرفته و به عنوان جاذب آلاینده به صنعت معرفی شده‌اند.

۱-۱۰- ضرورت انجام تحقیق حاضر

در عصری که تمامی فعالیت‌های بشر به سمت صنعتی شدن سوق پیدا کرده است. افزایش روزافزون صنایع مختلف و در نتیجه افزایش تدریجی آلودگی‌های ناشی از این صنایع، زندگی بر روی این کره خاکی را رو به نابودی کشانده است. تولید آلودگی در صنایع مختلف غالباً امری اجتناب ناپذیر است. از طرفی برای کم کردن آلودگی‌ها و رساندن آنها به حد استاندارد نمی‌توان صنایع را از چرخه زندگی خارج کرد در نتیجه باید از روش‌هایی استفاده کرد که این آلاینده‌ها و اثرات مخرب آن را خنثی کنند. روش‌های فیزیکی و شیمیایی متعددی، برای مقابله با آلودگی آلاینده‌ها در آب و خاک وجود دارد که بسیاری از آنها به سبب هزینه بالا و اثرات جانبی، کمتر مورد استفاده قرار می‌گیرند. دفن کردن و سوزاندن آلاینده‌ها اثرات خطرناکی بر محیط‌زیست و سلامتی انسان می‌گذارد. حذف فیزیکی آلاینده‌ها و شستشوی آنها به وسیله حلال‌ها از خاک، در کاهش آلاینده‌ها بسیار مؤثر است، اما این روش هزینه بالایی دارد (Phattara, 2014).

یکی از فرآیندهای مقرون به صرفه و بسیار مؤثر برای حذف آلاینده‌های مختلف صنعتی از پساب‌ها فرآیند جذب است این امر بخصوص زمانی که جاذب مناسب در دسترس باشد بیشتر نمایان می‌شود. در فرآیند جذب عامل‌های متعددی از جمله pH، مقدار جاذب، زمان، دما و ... نقش دارند (Cludio et

.ai., 2014)

معدن کاری مواد لازم برای پیشرفت بشر را فراهم می کند. به همین جهت در بسیاری از کشورها، تأثیرات زیست محیطی عملیات معدن کاری مورد بررسی قرار گرفته و در نهایت استانداردهایی در این زمینه برای فعالیتهای معدنی و حدود آلایندههای مختلف حاصل از این صنعت در نظر گرفته شده است.

با توجه به اینکه ایران یک کشور در حال توسعه است و برای پیشرفت خود ناچار به توسعه معادن است، بنابراین برای توسعه پایدار صنعت معدن کشور لازم است تا جنبه های زیست محیطی صنایع معدنی کشور مورد شناسایی قرار گیرد.

۱-۱۱- اهداف تحقیق

در این پایان نامه به طور کلی اهداف زیر مدنظر می باشد:

- بررسی آزمایشگاهی نانوذرات سالوادورا پرسیکا به عنوان جاذب برای حذف آلاینده های آلی و معدنی و تعیین بازده جاذب و همچنین بررسی شرایط مختلف و تأثیر این شرایط بر روی جذب آلاینده های آلی و معدنی.

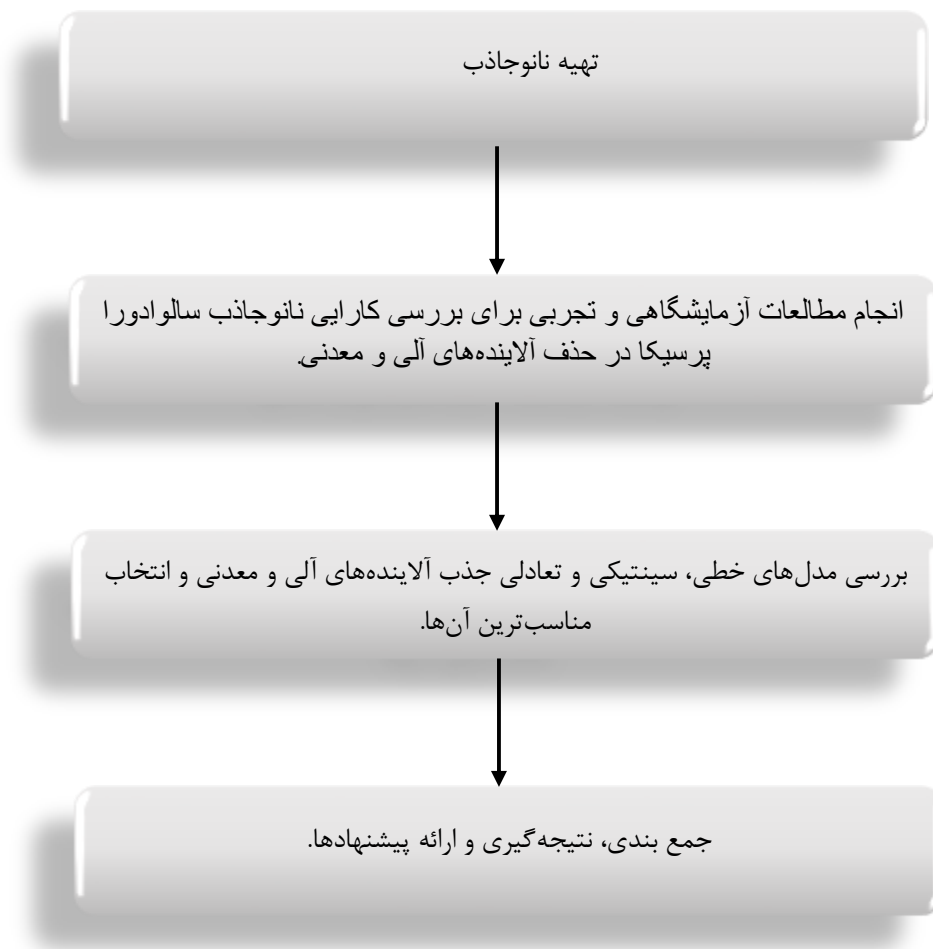
- آماده سازی و ساخت نانوجاذب سالوادورا پرسیکا و انجام مطالعات آزمایشگاهی برای بررسی کارایی نانوجاذب سالوادورا پرسیکا جهت تصفیه محلول های آلوده آلی و معدنی مصنوعی و محلول آلوده معدنی واقعی.

- تعیین ایزوترم و سینتیک حاکم بر فرآیند جذب آلاینده های مختلف بر روی نانوجاذب سالوادورا پرسیکا.

- تعیین پارامترهای ترمودینامیکی حاکم بر فرآیند جذب آلاینده های مختلف بر روی نانوجاذب

۱-۱۲- مراحل انجام پایان نامه

مراحل و روش انجام این تحقیق در شکل ۱-۲ نشان داده شده است:



شکل (۱-۲): مراحل و روش انجام پایان نامه.

۱-۱۳- نوآوری تحقیق

نوآوری تحقیق حاضر در دو مورد زیر قابل بیان است:

۱- ساخت و معرفی نانوجاذب سالوادورا پرسیکا برای حذف آلاینده‌های آلی موجود در پساب صنایع.

۲- ساخت و معرفی نانوجاذب سالوادورا پرسیکا برای حذف آلاینده‌های موجود در زهاب اسیدی معدن.

فصل دوم:

روش انجام تحقیق

۲-۱- مواد شیمیایی مورد نیاز

برای انجام آزمایش‌های جذب مواد زیر مورد استفاده قرار گرفت:

- گیاه سالوادورا پرسیکا
- نمک فلزات سنگین مس ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) و منگنز (MnSO_4) ساخت شرکت Merk
- رنگزای بازیک آبی^۱
- رنگزای بازیک بنفش^۲
- رنگزای کریستال بنفش^۳
- آب مقطر
- اسید کلریدریک
- سود سوزآور

۲-۲- تجهیزات مورد استفاده

در تحقیق حاضر تجهیزات مورد استفاده قرار گرفت:

- دستگاه pH متر مدل AZ oH/mV/Temp.meter. 86502
- دستگاه استیرر مدل SHPM-10
- دستگاه سانتریفیوژ مدل PIT320
- آسیای ماهواره‌ای مدل NAVA-MPM-2*250H
- دستگاه میکروسکوپ الکترونی پویشی (SEM) مدل LEO-1455VP
- دستگاه پراش اشعه مجهول (XRD) مدل XMD300-Unisantis

^۱ Basic Blue41

^۲ Basic violet16

^۳ Crystal Violet

● آون °C ۲۰۰ مدل XY-1400S

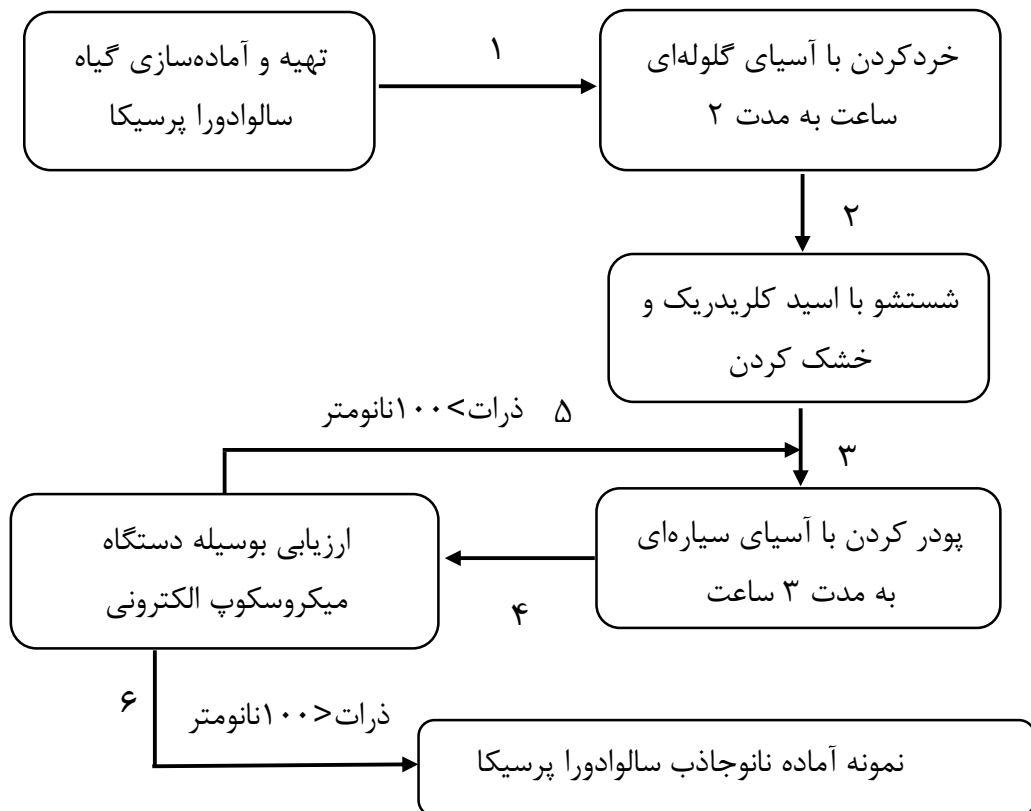
● دستگاه تجزیه IR مدل Spectrum One

● ترازوی چهار رقمی جهت توزین نمونه‌ها مدل ER-180A

● دماسنج

۲-۳- روش تولید نانوجاذب سالوادورا پرسیکا

برای تولید نانوجاذب سالوادورا پرسیکا، این گیاه از داخل کشور تهیه شده و در سیستم آسیای گلوله‌ای مدل Laboratory Denver model, size 12*5، خرد شد سپس با اسید کلریدریک ۳ مولار شسته و خشک شد. پودر خشک شده با آسیای ماهواره‌ای مدل Narva-MPM-2*250H model در ۷۰۰ rpm به مدت ۳ ساعت آسیا شد. نهایتاً پودر نانوجاذب سالوادورا پرسیکا برای بررسی فرآیند جذب سطحی مورد استفاده قرار گرفت. مراحل ساخت و آماده‌سازی نانوجاذب در شکل ۲-۲ نشان داده شده است.

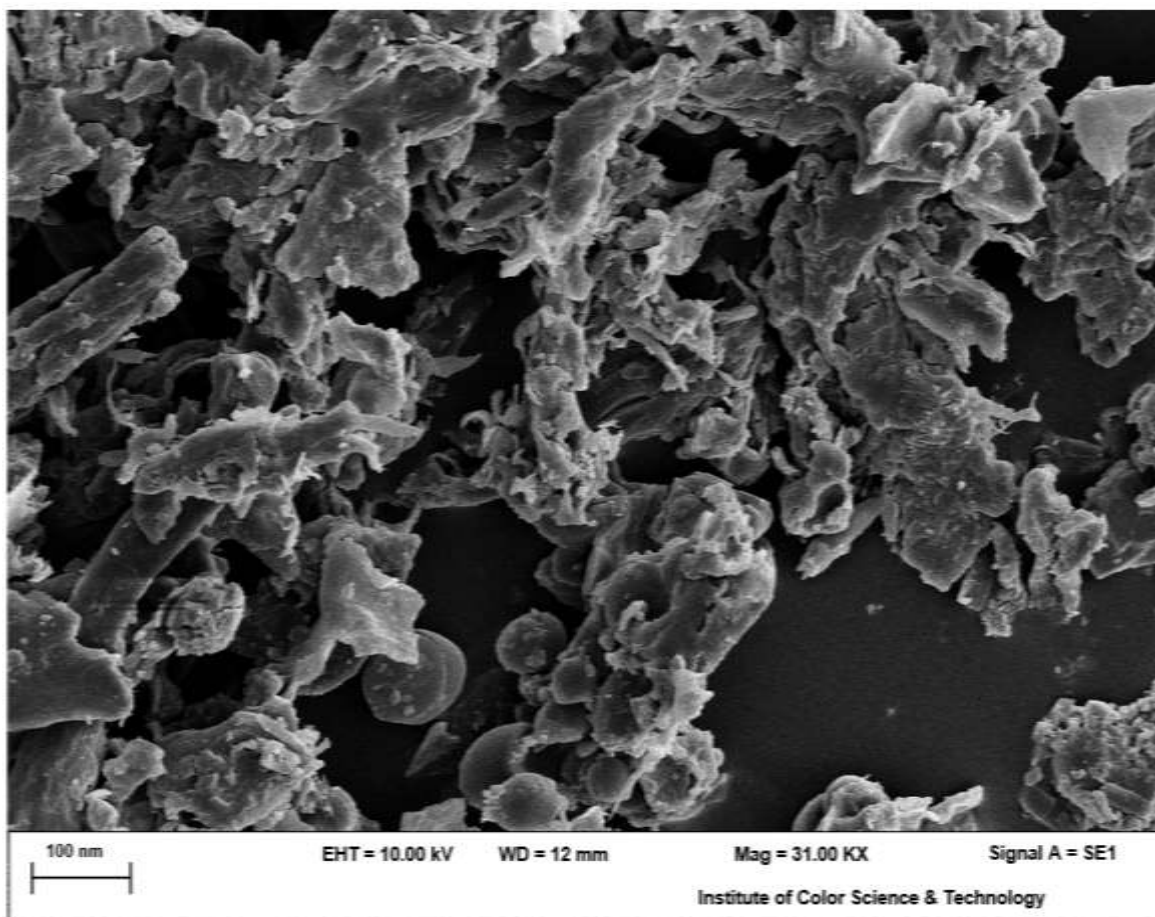


شکل (۲-۲): مراحل ساخت و آماده‌سازی نانوذرات سالوادورا پرسیکا

۲-۴- تجزیه نمونه در راستای تولید نانوذرات سالوادورا پرسیکا

۲-۴-۱- تجزیه SEM

SEM تصاویری به صورت دو بعدی تولید می‌کند که در این پایان نامه جهت مطالعه مورفولوژی و بررسی یکنواختی و تعیین اندازه نانوجاذب مورد استفاده قرار گرفت. تصویر SEM نانوجاذب سالوادورا پرسیکا در شکل ۲-۳ آورده شده است.



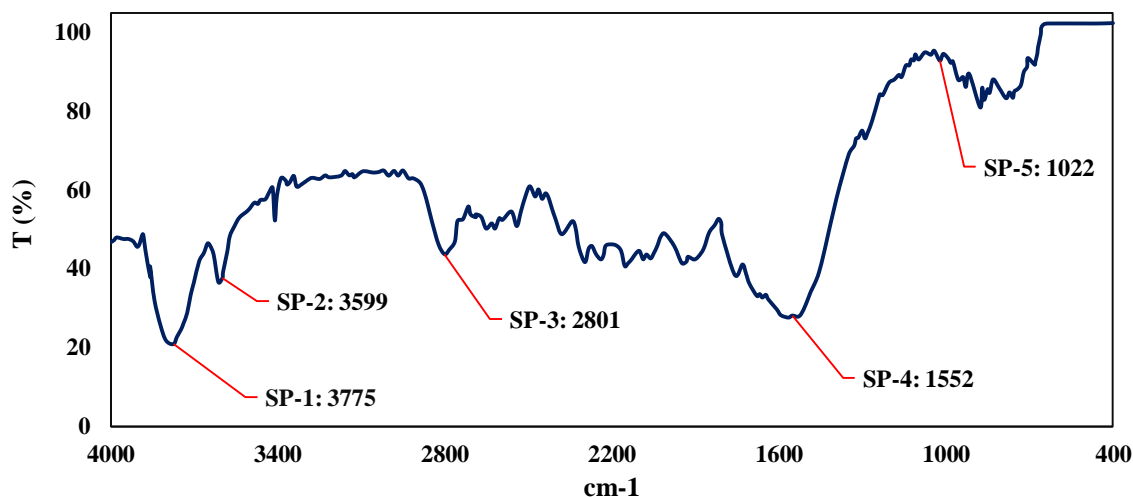
شکل (۲-۳): تصویر SEM نانوجاذب سالوادورا پرسیکا.

همانطور که در شکل ۲-۳ مشاهده می‌شود نانوذرات سالوادورا پرسیکا دارای بافتی تقریباً بی‌شکل و ابعادی در اندازه‌ی حدوداً ۱۰۰ نانومتر هستند که در بعضی از قسمت‌های آن می‌توان ساختار لوله‌ای و رشته‌ای این گیاه را مشاهده کرد.

۲-۴-۲- تجزیه FT-IR

به منظور تعیین گروه عاملی‌های^۱ مؤثر در فرآیند جذب سطحی در بازه $4000-400\text{ cm}^{-1}$ از طیف FT-IR استفاده شده. در شکل ۲-۵ طیف FT-IR مربوط به نانوجاذب سالوادورا پرسیکا آورده شده است.

^۱ Functional Group



شکل (۲-۴): طیف FT-IR نانوجاذب سالوادورا پرسیکا.

همانطور که در شکل ۲-۴ مشاهده می‌شود، در تجزیه FT-IR نانوجاذب سالوادورا پرسیکا پنج باند جذبی مشترک اصلی در فواصل 4000 تا 400 cm^{-1} وجود دارد که توضیحات آن در جدول ۱-۲ آمده است.

جدول (۱-۲): آنالیز FT-IR نانوجاذب سالوادورا پرسیکا.

شماره	طیف FT-IR (cm^{-1})	گروه عاملی‌ها
SP-2 و SP-1	۳۷۷۵ و ۳۵۹۹	-NH ₂ و -OH
SP-3	۲۹۲۶/۸	-CH aliphatic
SP-4	به ترتیب ۱۶۷۶/۳، ۱۶۲۴/۷ و ۱۵۲۴/۷	-NH و C=C ، C=O
SP-5	۱۰۲۲	C-O-C (cm^{-1})

۲-۴-۳ تجزیه CNHS

آنالیز CNHS برای مشخص کردن درصد عناصر کربن، نیتروژن، هیدروژن و گوگرد مورد استفاده قرار می‌گیرد. جدول ۲-۲ آنالیز CNHS نانوجاذب سالوادورا پرسیکا را نشان می‌دهد.

جدول (۲-۲): آنالیز CHNS نانوجاذب سالوادورا پرسیکا.

عناصر	درصد عناصر
C	۳۳/۲۵
H	۵/۰۱
N	۲/۶۳
S	۴/۸۴

با توجه به جدول ۲-۲ واضح است که کربن جزء اصلی تشکیل دهنده نانوجاذب سالوادورا پرسیکا است.

۲-۵- بررسی‌های آزمایشگاهی

در این بخش ابتدا آزمایش جذب سطحی آلاینده‌های آلی (رنگزاهای بازیکی آبی ۴۱، بازیکی بنفش ۱۶ و کریستال بنفش) موجود در محلول‌های مصنوعی و سپس آزمایش جذب سطحی فلزات سنگین مس و منگنز در محلول‌های مصنوعی و در نهایت آزمایش جذب سطحی یون‌های موجود در زهاب واقعی معدن مس سرچشمه بر روی نانوجاذب سالوادورا پرسیکا در سیستم ناپیوسته مورد بررسی قرار گرفت.

۲-۵-۱ جذب سطحی آلاینده‌های آلی بر روی نانوجاذب سالوادورا پرسیکا

تأثیر پارامترهای زیر در فرآیند جذب سطحی رنگزاهای بازیکی آبی ۴۱، بازیکی بنفش ۱۶ و کریستال بنفش مورد بررسی قرار گرفته و بهینه می‌شوند و توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر در طول موج ۶۱۷، ۵۴۵ و ۵۸۸ به ترتیب قرائت شد.

● pH

● زمان تماس جاذب با پساب (دقیقه)

● مقدار جاذب (g)

● غلظت محلول حاوی آلاینده (ppm)

● دما (کلوین)

با بررسی هر کدام از پارامترهای فوق (با تغییر یک پارامتر و ثابت نگه داشتن بقیه پارامترها) برای آلاینده‌های مختلف، مقدار بهینه هر پارامتر مشخص شده و با فراهم نمودن کلیه شرایط برای جاذب، میزان جذب نهایی تعیین شد. و در نهایت نانوجاذب تهیه شده جهت تعیین میزان کارایی آن به‌عنوان جاذب مورد بررسی قرار گرفت.

۲-۵-۱-۱- بهینه‌سازی مقدار pH

ابتدا یک محلول با غلظت ۱۰۰۰ ppm از حل رنگزاهای BB-41، BV-16 و V در یک لیتر آب مقطر تهیه شد و برای تهیه کردن محلول با غلظت دلخواه از محلول مادر از رابطه ۱-۲ استفاده می‌شود.

$$N_1 V_1 = N_2 V_2 \quad (1-2)$$

که در رابطه (۱-۲):

N_1 = غلظت محلول مادر، N_2 = غلظت محلولی که از محلول مادر تهیه می‌شود، V_1 = حجمی که از محلول مادر برداشته می‌شود، V_2 = حجم ظرفی که در آن محلول ریخته می‌شود.

برای تنظیم pH از سود ۱/۰۰ مولار و اسید کلریدریک ۱/۰۰ استفاده شد. در مرحله بعد، نانوجاذب به محلول آلوده شبیه‌سازی شده اضافه شد و مخلوط با سرعت ۱۵۰ rpm به مدت کافی با استفاده از یک سیستم همزن مغناطیسی همزده شد. پس از زمان‌های ۱۰، ۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ دقیقه عملیات اختلاط متوقف شد و جاذب با استفاده از سانتریفیوژ در دور ۶۰۰۰ rpm از مخلوط جدا شد و مایع باقی مانده برای تعیین میزان حذف آلاینده به وسیله دستگاه اسپکترو فوتومتر مدل UV-Vs

Unico-2100 مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاصل که نشان دهنده درصد حذف (R%) است به کمک

رابطه ۲-۳ بدست می آید.

$$R\% = \frac{(C_0 - C_t)}{C_0} \times 100 \quad (2-2)$$

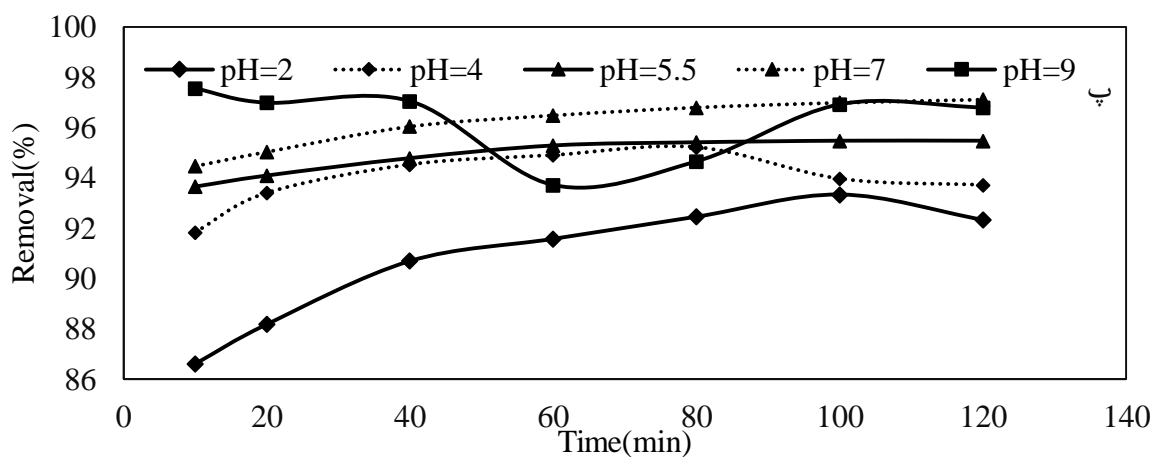
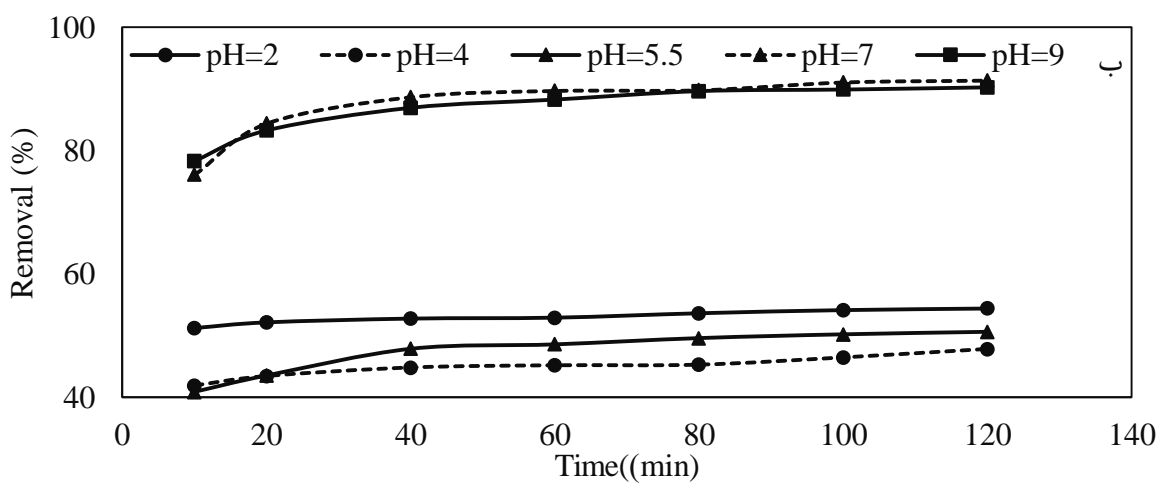
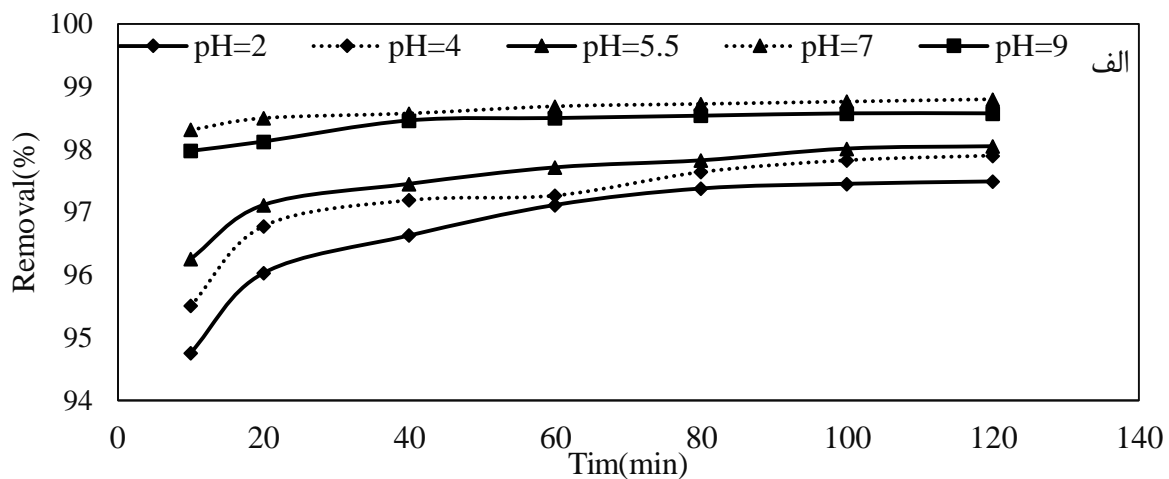
که در آن C_0 و C_t به ترتیب غلظت اولیه و غلظت محلول در زمان t بر حسب دقیقه می باشد.

برای بهینه کردن pH در مرحله اول ۲۵ ml محلول حاوی غلظت های مختلف از رنگزاهای

مختلف (BB-41 = ۵۰ ppm، BV-16 = ۲۰ ppm و CV = ۱۰ ppm) و مقدار جاذب ها ۰/۵، ۰/۲۵ و

۰/۱۱ گرم به ترتیب برای رنگزاهای مختلف تهیه شد. نتایج بهینه سازی پارامتر pH برای جذب رنگزاهای

BB-41، BV-16 و CV در شکل ۲-۶ آورده شده است.



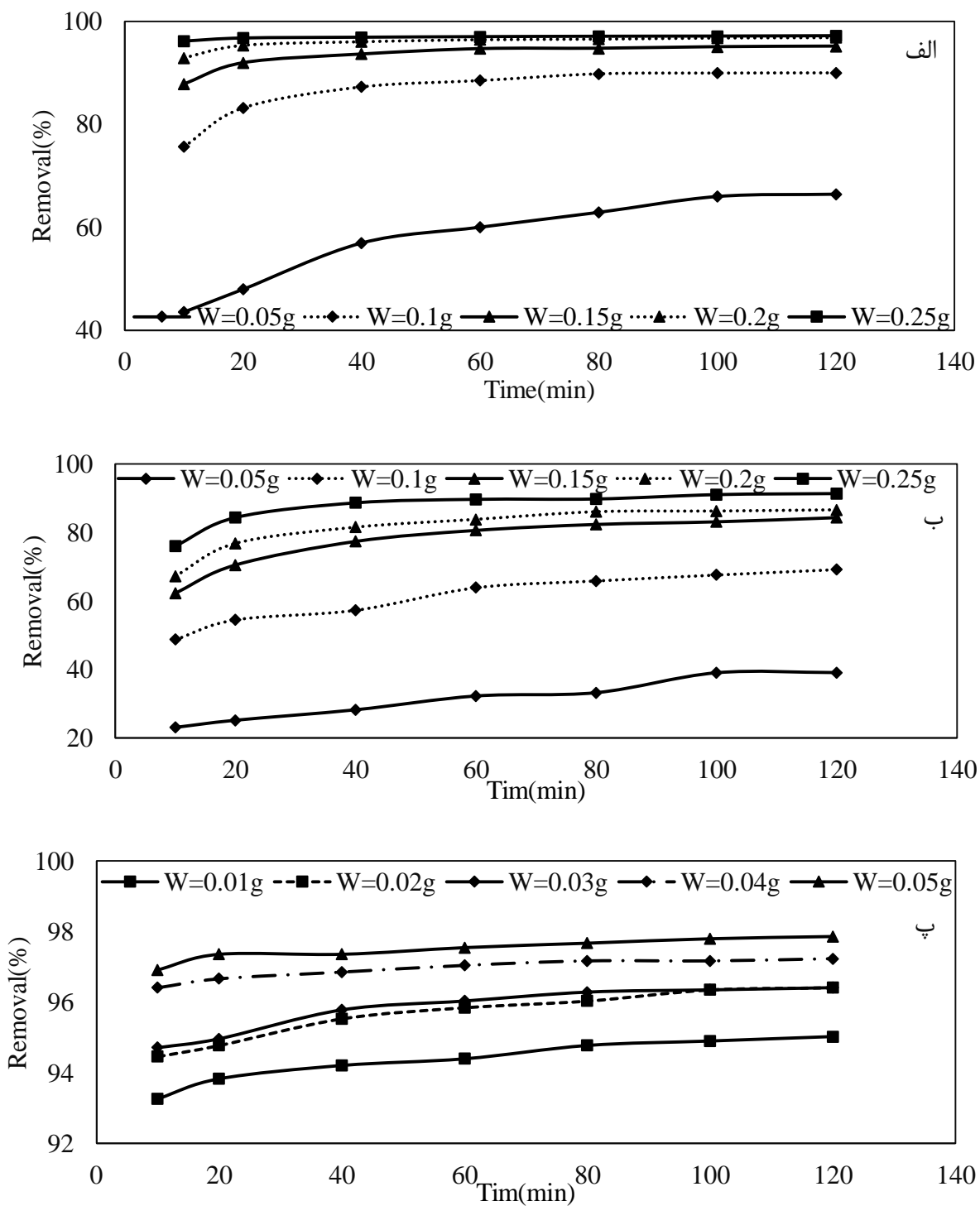
شکل (۲-۶): بررسی تغییرات پارامتر pH برای جذب رنگزای BB-41 (الف)، BV-16 (ب) و CV (پ).

با توجه به شکل ۲-۶ برای جذب رنگزای های BB-41، BV-16 و CV توسط نانوجاذب سالوادورا

پرسیکا مقدار بهینه پارامتر pH برای هر سه رنگزا ۷ تعیین شد. همانطور که در شکل ۲-۶ آمده است حساسیت BV-16 به pH بیشتر از BB-41 و CV است.

۲-۱-۵-۲- بررسی مقدار جاذب

در این قسمت وابستگی میزان جذب رنگزاهای مختلف به مقادیر وزنی نانوجاذب سالوادورا پرسیکا مورد بررسی قرار گرفته است. برای بررسی مقدار جاذب، رنگزاهای BB-41، BV-16 و CV با غلظت ۵۰ ppm، ۲۰ و ۱۰ به ترتیب در دمای محیط و دور همزن ۱۵۰ rpm، دور سانتریفیوژ ۶۰۰۰ rpm، در مقدار pH=۷، برای مقادیر مختلف نانوجاذب (بسته به نوع آلاینده) از فاز آبی مورد استفاده قرار گرفت. تأثیر جرم جاذب بر میزان جذب آلاینده‌ها در شکل ۳-۷ آورده شده است.



شکل (۲-۷): بررسی تأثیر پارامتر جرم نانوجاذب بر جذب BB-41 (الف)، BV-16 (ب) و CV

(پ).

با توجه به شکل ۲-۷ با افزایش مقدار نانوجاذب مقدار جذب رنگزاهای BB-41، BV-16 و CV

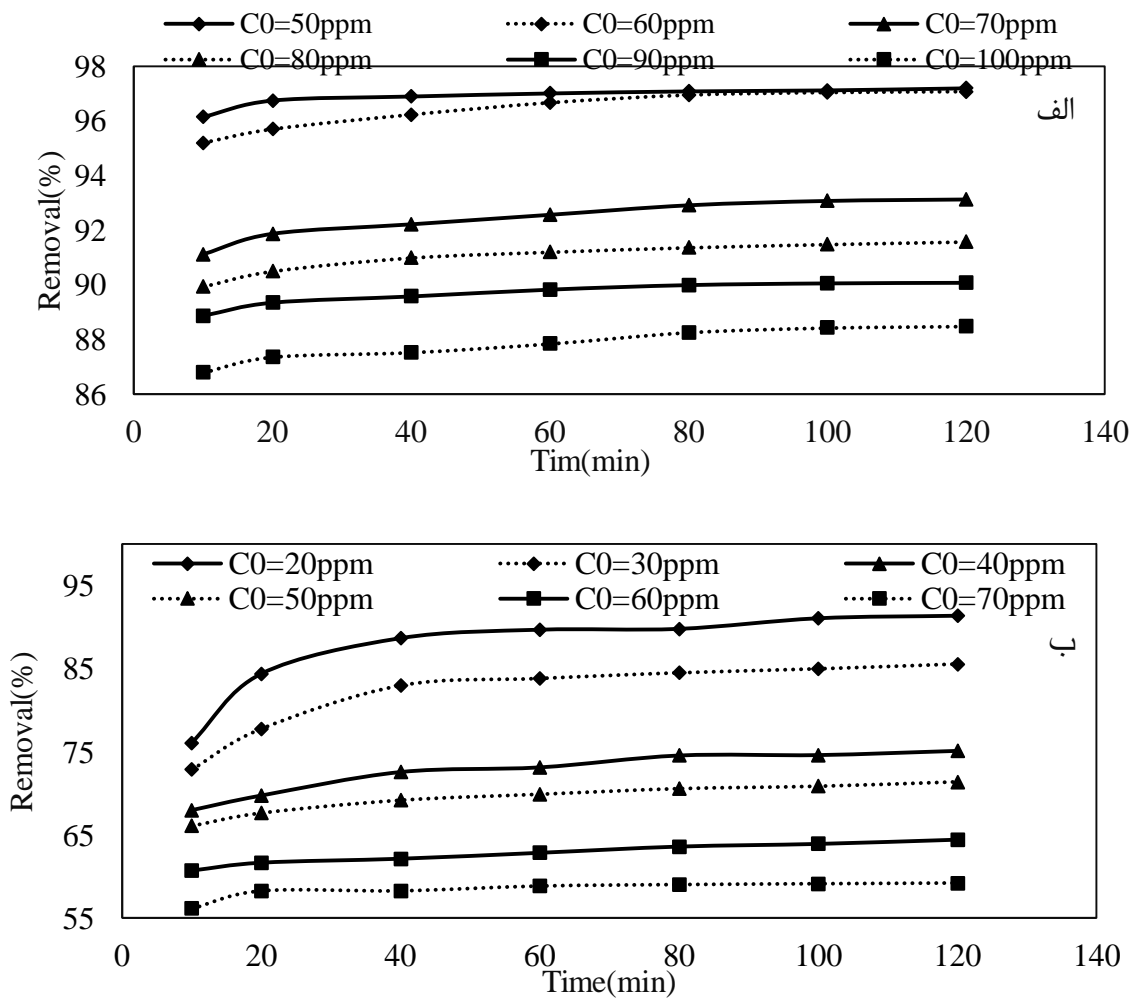
روند صعودی دارد.

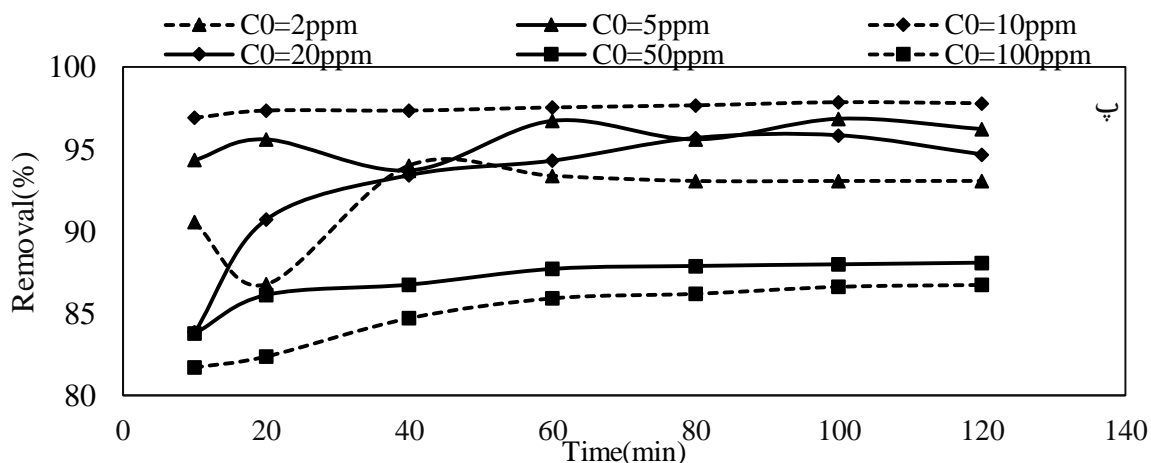
۳-۱-۵-۲- بررسی تأثیر پارامتر غلظت رنگزا بر میزان جذب رنگزا

تأثیر تغییر غلظت اولیه رنگزاهای BB-41، BV-16 و CV بر روی فرآیند جذب سطحی

نانوجاذب سالوادورا پرسیکا در دمای محیط، دور همزن ۱۵۰ rpm و دور سانتریفیوژ ۶۰۰۰ rpm در

pH بهینه مورد بررسی قرار گرفته و نتایج آن در شکل ۲-۸ آورده شده است.



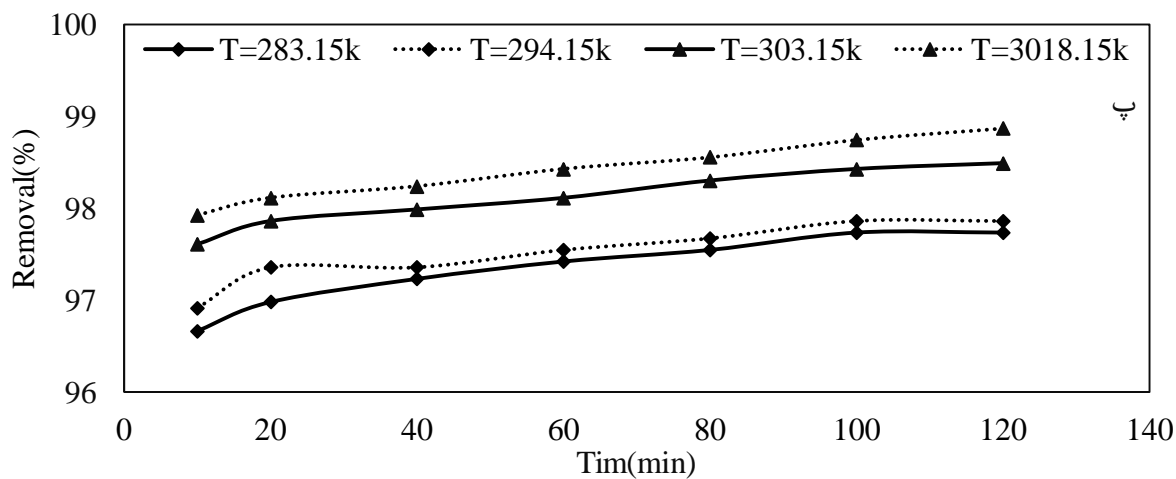
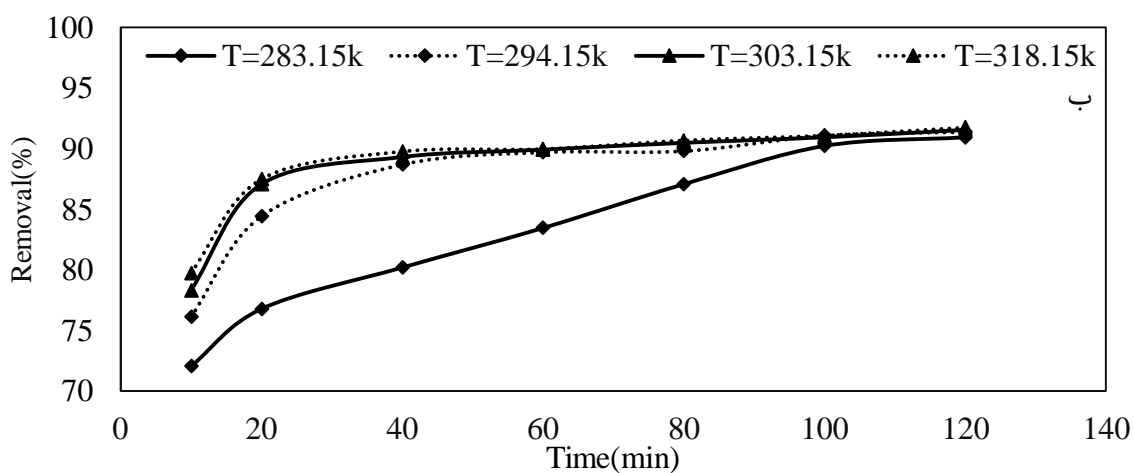
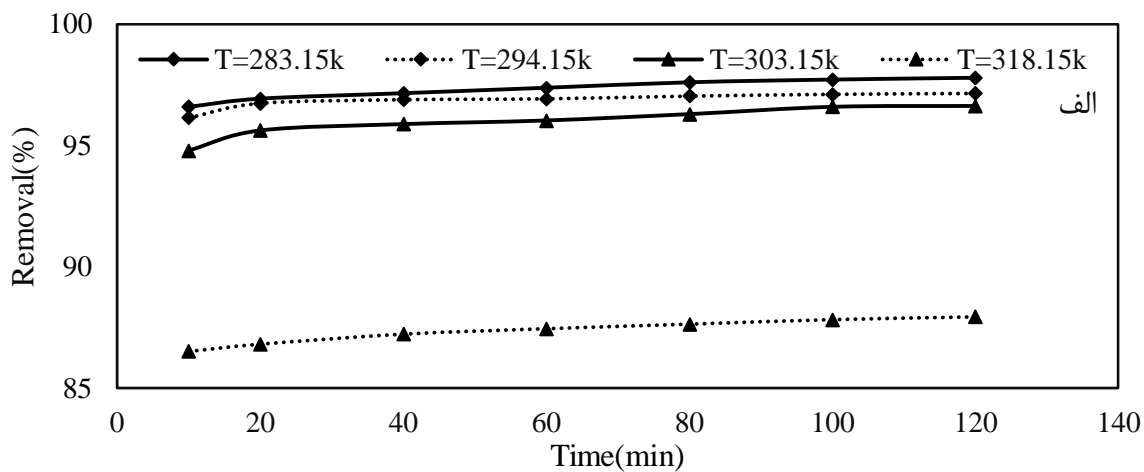


شکل (۸-۲): بررسی تغییر غلظت رنگزاهای (الف) BB-41، (ب) BV-16 و (پ) CV بر میزان جذب.

شکل ۸-۲ تأیید می‌کند که با افزایش غلظت، درصد جذب رنگزا کاهش می‌یابد. این مسئله با افزایش همزمان یا جداگانه هر دو عامل جرم جاذب و زمان جذب قابل افزایش است.

۲-۵-۱-۴- بررسی اثر پارامتر دما

تأثیر تغییر عامل دما بر فرآیند جذب سطحی رنگزاهای BB-41، BV-16 و CV بر روی نانوجاذب سالوادورا پرسیکا، در دماهای ۲۸۳/۱۵، ۲۹۴/۱۵، ۳۰۳/۱۵ و ۳۱۸/۱۵ کلوین، دور همزن ۱۵۰ rpm، pH بهینه، جرم جاذب g ۰/۲۵، ۰/۲۵ و ۰/۰۵ به ترتیب برای BB-41، BV-16 و CV، غلظت رنگزای ۵۰ ppm و ۲۰ و ۱۰ به ترتیب برای BB-41، BV-16 و CV و دور سانتریفیوژ ۶۰۰۰ rpm مورد بررسی قرار گرفته است. که نتایج آن در شکل ۹-۲ ارائه شده است.



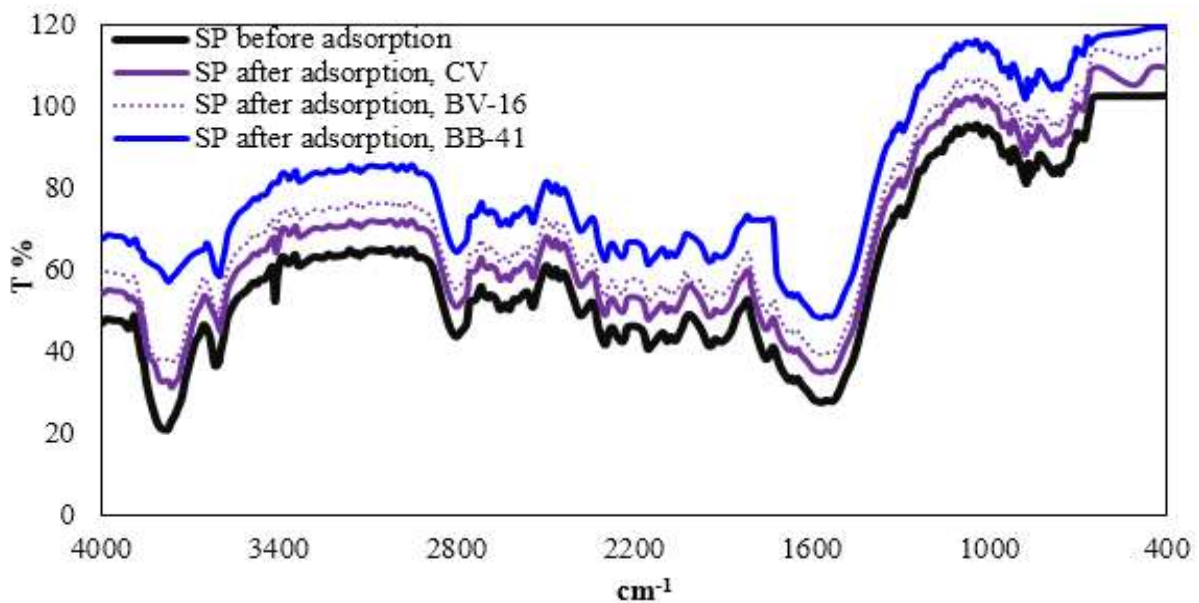
شکل (۹-۲): تأثیر تغییر پارامتر دما بر فرآیند جذب سطحی رنگزاهای BB-41 (الف)، BV-

16 (ب) و CV (پ).

با توجه به شکل ۹-۲ (الف و ب) به وضوح می‌توان دریافت که افزایش دما باعث افزایش میزان

جذب سطحی رنگزاهای BV-16 و CV بر روی نانوجاذب سالوادورا پرسیکا می‌شود. و باتوجه به شکل (پ) کاهش دما باعث افزایش جذب BB-41 بر روی نانوجاذب می‌شود. این موضوع در بخش محاسبه پارامترهای ترمودینامیکی با استفاده از بیان گرماگیری و گرمازا بودن واکنش جذب سطحی قابل توجیه است.

با توجه به اینکه آنالیز FT-IR بعد از انجام فرآیند جذب سطحی بر روی جاذب‌های آلوده نیز انجام می‌شود. لذا آنالیز FT-IR بعد از فرآیند جذب رنگزاهای BB-41، BV-16 و CV انجام شده و تفاوت طیف قبل و بعد از جذب با هم مقایسه شده و در شکل ۲-۱۰ قابل مشاهده است.



شکل (۳-۱۰): مقایسه طیف تجزیه FT-IR نانوجاذب سالوادورا پرسیکا قبل و بعد از جذب رنگزاهای BB-41، BV-16 و CV.

در شکل ۲-۱۰ به وضوح دیده می‌شود که جذب رنگزاهای BB-41، BV-16 و CV توسط نانوجاذب سالوادورا پرسیکا باعث ضعیف شدن باندها در منحنی FT-IR می‌شود. به این صورت می‌توان تفسیر کرد که سایت‌های جذب نانوجاذب (OH) توسط رنگزاهای پر شده است. این افت در رنگزای BB-41 به شکل شدیدتری دیده می‌شود که این دلالت جذب شدن بیشتر رنگزای BB-41 توسط نانوجاذب

سالوادورا پرسیکا نسبت به رنگزاهای BV-16 و CV دیگر دارد.

۲-۵-۱-۵- ایزوترم جذب سطحی رنگزاهای BB-41، BV-16 و CV بر روی نانوجاذب سالوادورا

پرسیکا

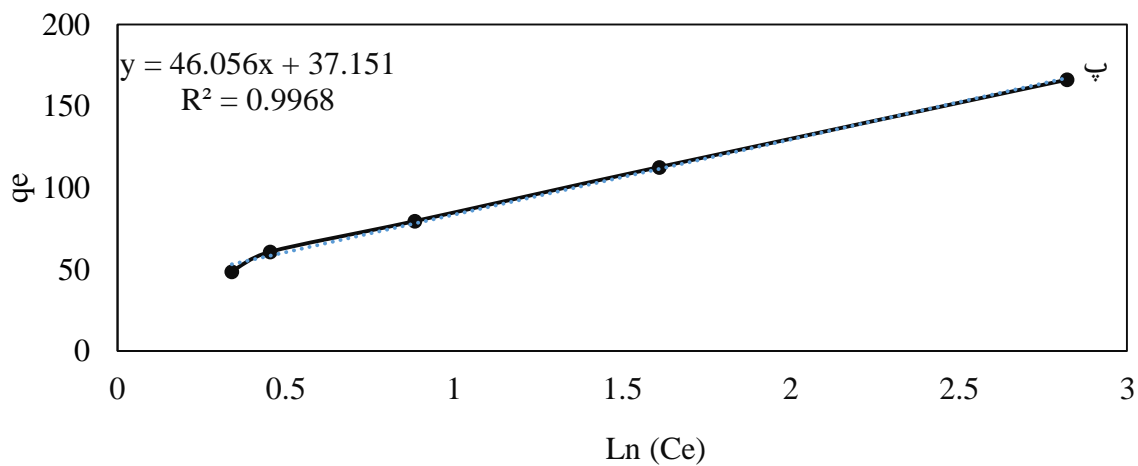
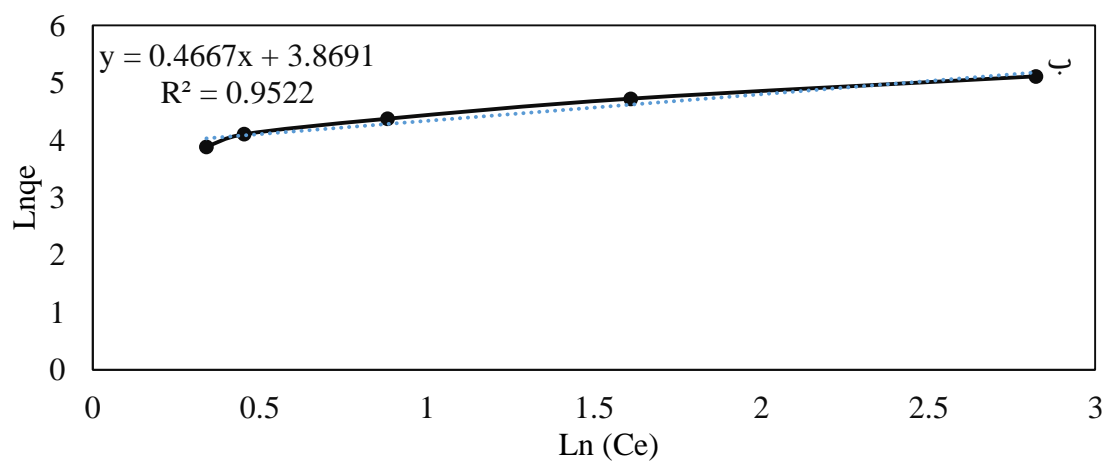
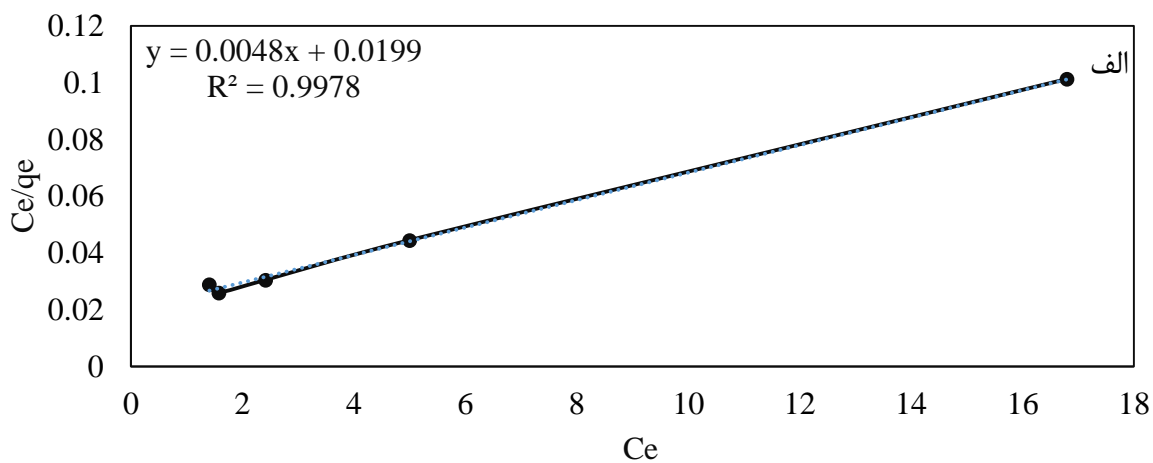
ایزوترم جذب اطلاعات ارزشمندی در ارتباط با بهینه‌سازی استفاده از جاذب‌ها فراهم می‌کند. میزان تمایل بین جذب شونده و جاذب، انرژی پیوند و ظرفیت جذب به کمک ایزوترم‌های جذب قابل مشاهده است (Seifpanahi Shabani et al., 2013). در این بخش ایزوترم‌های جذب لانگمویر، فروندلیچ و تمکین مورد بررسی قرار می‌گیرند. معادلات مربوط به ایزوترم‌های فوق در جدول ۲-۳ آورده شده است.

جدول (۲-۳): مدل‌های ایزوترم، شکل خطی آنها و نحوه رسم نمودار آن.

ایزوترم	معادله	شکل خطی	نمودار	منبع
لانگمویر	$q_e = \frac{q_m K_L C_e}{1 + K_L C_e}$	$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{K_L q_m} + \frac{1}{q_m} C_e$	$\frac{C_e}{q_e}$ vs. C_e	Najafi et al., 2012
فروندلیچ	$q_e = K_F C_e^{1/n}$	$\ln q_e = \ln K_F + \frac{1}{n} \ln C_e$	$\ln q_e$ vs. $\ln C_e$	Khan et al., 2015
تمکین	$q_e = \frac{RT}{b} \ln(K_T C_e)$	$q_e = \frac{RT}{b} \ln K_T + \frac{RT}{b} \ln C_e$	q_e vs. $\ln C_e$	Seifpanahi Shabani et al., 2013

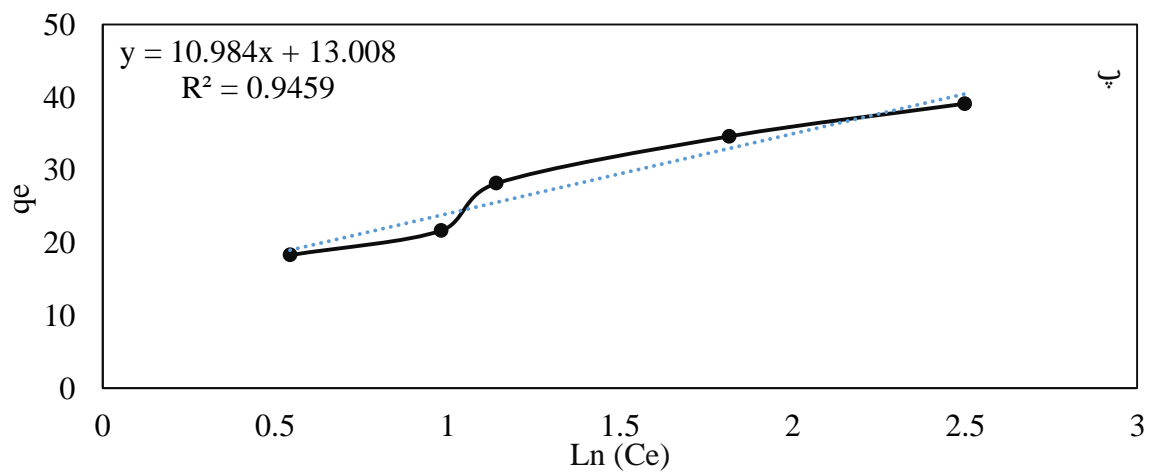
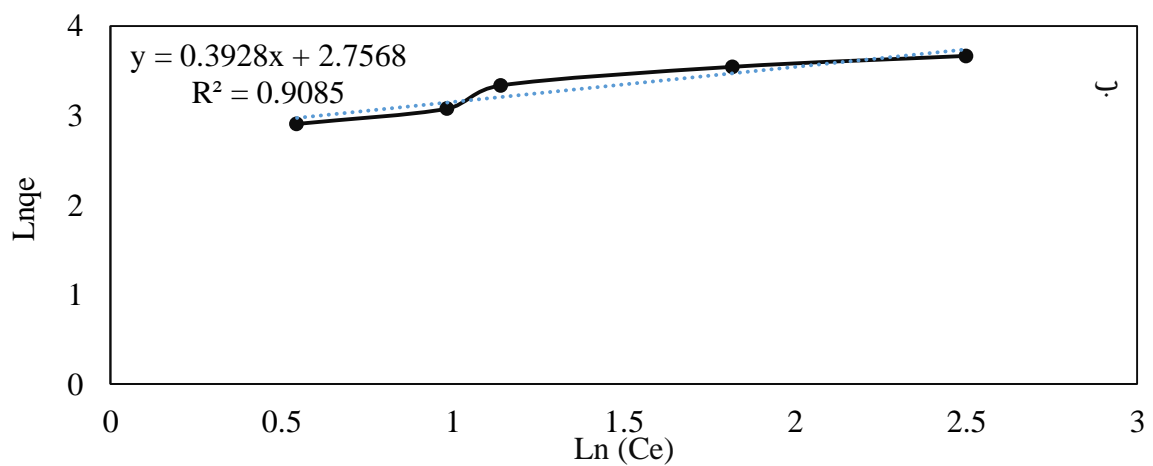
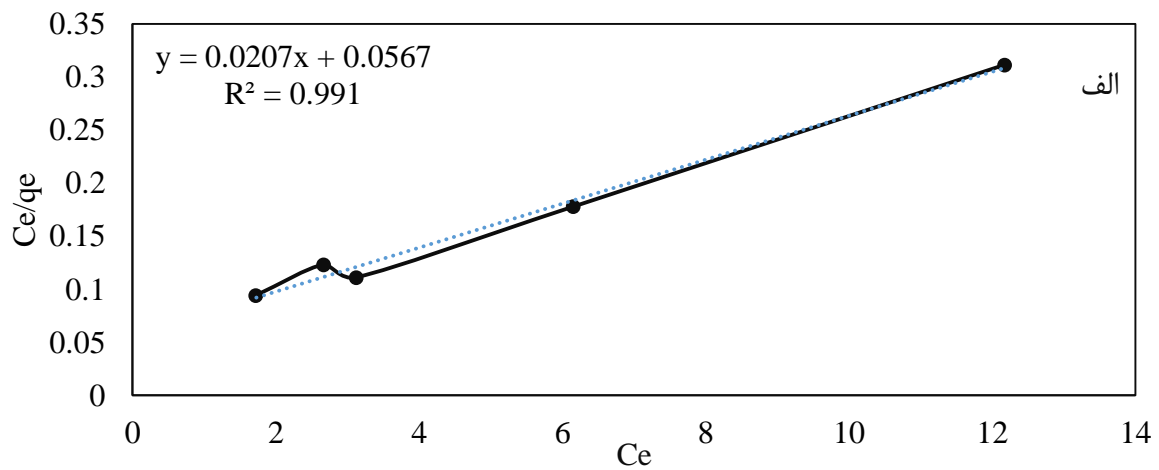
در معادله ایزوترم لانگمویر در جدول ۲-۳ q_m مربوط به سطح اشغال شده توسط یک لایه از جذب شونده که منعکس کننده بیشترین ظرفیت جذب است (mg/g)، C_e غلظت تعادلی محلول (mg/l)، K_L بیان کننده شدت جذب (l/mg) و q_e مقدار جذب شده در حالت تعادل (mg/g) است. در معادله ایزوترم فروندلیچ K_F ظرفیت جذب $(l/mg) (1/n)$ و n شدت جذب (بدون بعد) می‌باشد. در

ایزوترم تمکین R ثابت گازها که برابر 8.314 J/Mol.K است، T دمای مطلق بر حسب کلوین، b ثابت ایزوترم تمکین بر حسب J/mol که مربوط به گرمای فرایند جذب است. در شکل‌های ۲-۱۱، ۲-۱۲ و ۲-۱۳ ایزوترم‌های جذب لانگمویر، فروندلیچ و تمکین رنگزهای BB-41، BV-16 و CV بر روی نانوجاذب سالوادورا پرسیکا به ترتیب آورده شده است.



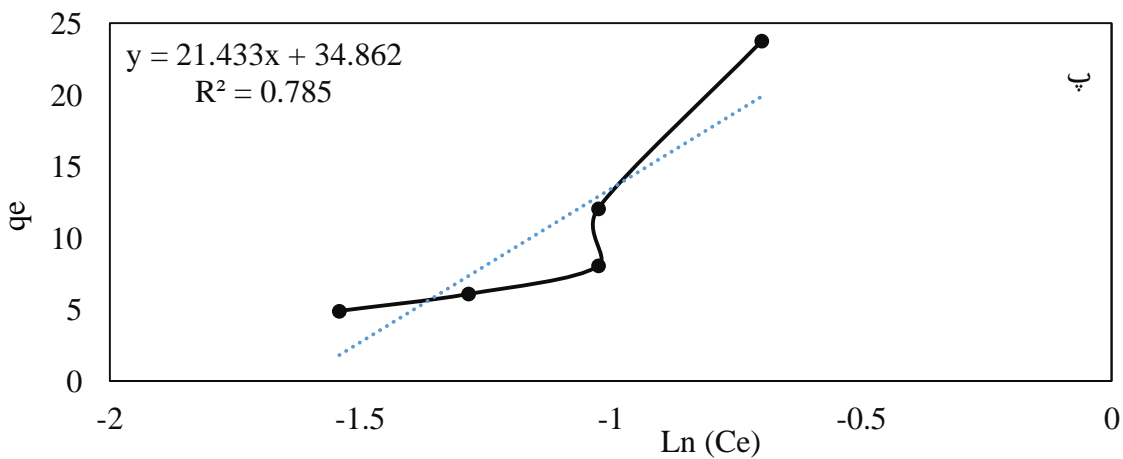
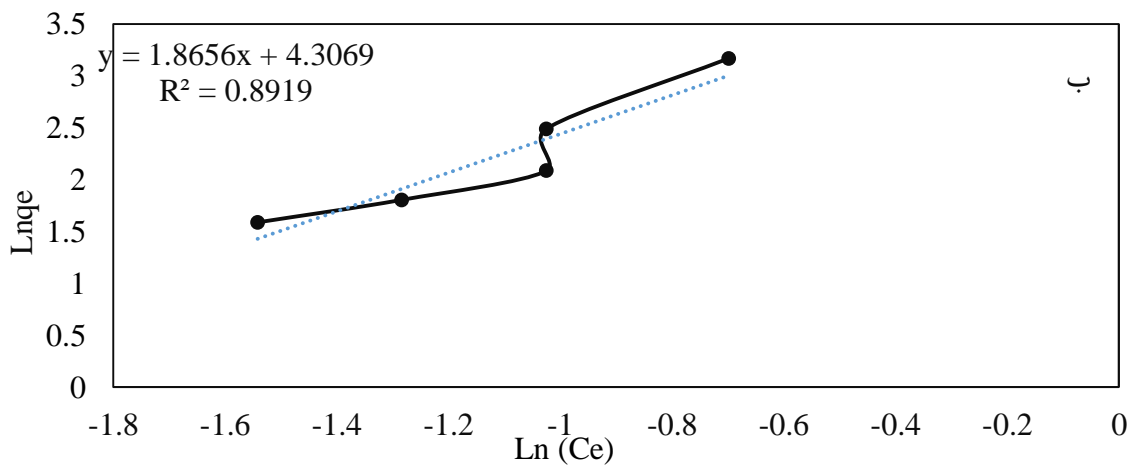
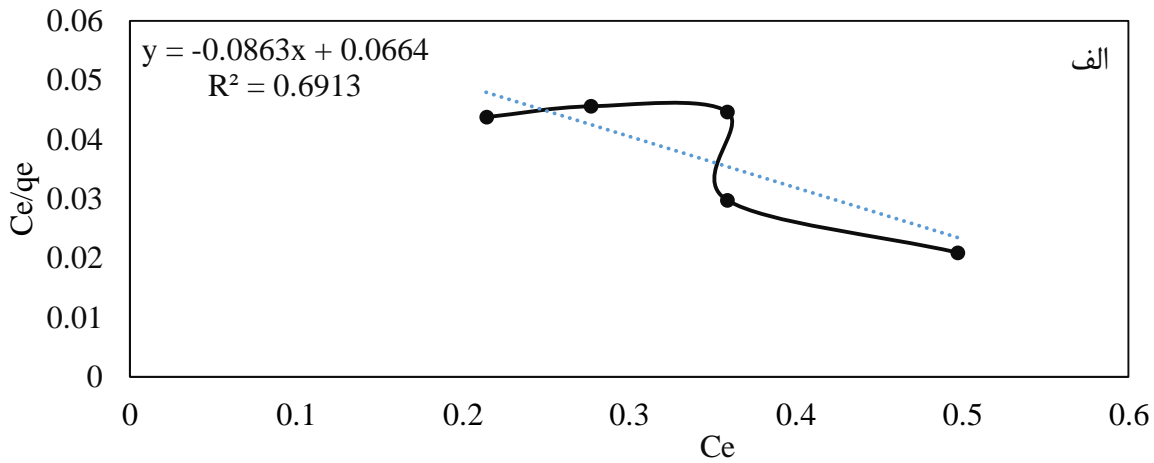
شکل (۲-۱۱): ایزوترم‌های لانگمویر (الف)، فروندلیچ (ب) و تمکین (پ) برای جذب

سطحی رنگزای BB-41 بر روی نانوجاذب سالوادورا پرسیکا.



شکل (۲-۱۲): ایزوترم‌های لانگمویر (الف)، فروندلیچ (ب) و تمکین (پ) برای جذب سطحی

رنگزای BV-16 بر روی نانوجاذب سالوادورا پرسیکا.



شکل (۲-۱۳): ایزوترم‌های لانگمویر (الف)، فروندلیچ (ب) و تمکین (پ) برای جذب

سطحی رنگزای CV بر روی نانوجاذب سالوادورا پرسیکا.

برازش خطی ایزوترم‌های لانگمویر، فروندلیچ و تمکین مربوط به شکل‌های ۲-۱۱ تا ۲-۱۳ در

جدول ۴-۲ آورده شده است.

جدول (۴-۲): معادله برازش خطی ایزوترم‌های جذب لانگمویر، فروندلیچ و تمکین و ضریب همبستگی برازش برای نانوجاذب سالوادورا پرسیکا مورد استفاده.

برازش خطی ایزوترم‌های جذب			رنگزها
تمکین	فروندلیچ	لانگمویر	
$y=46.056x+37.151$ $R^2=0.9968$	$y=0.4667x+3.8691$ $R^2=0.9522$	$y=0.0048x+0.0199$ $R^2=0.9978$	بازیک آبی ۴۱
$y=10.984x+13.008$ $R^2=0.9459$	$y=0.3928x+2.7568$ $R^2=0.9085$	$y=0.0207x+0.0567$ $R^2=0.991$	بازیک بنفش ۱۶
$y=21.433x+34.862$ $R^2=0.785$	$y=1.8656x+4.3069$ $R^2=0.8919$	$y=-0.863x+0.0664$ $R^2=0.6913$	کریستال بنفش

با توجه به جدول ۴-۲ ثابت می‌شود که فرآیند جذب سطحی رنگزهای BB-41 و BV-16 با نانوجاذب سالوادورا پرسیکا از ایزوترم لانگمویر تبعیت می‌کند. و جذب سطحی رنگزای CV از ایزوترم فروندلیچ تبعیت می‌کند. با توجه به شیب و عرض از مبدأ برازش‌های خطی جدول ۴-۲، ثابت‌های ایزوترم‌های لانگمویر، فروندلیچ و تمکین بدست می‌آید، که در جدول ۵-۲ آورده شده است.

جدول (۲-۵): ضرایب ایزوترم‌های جذب لانگمویر، فروندلیچ و تمکین برای جذب سطحی رنگزاهای بازیکی آبی ۴۱، بازیکی بنفش ۱۶ و کریستال بنفش توسط نانوجاذب سالوادورا پرسیکا.

رنگزاهای			ثابت ایزوترم	مدل ایزوترم
کریستال بنفش	بازیکی بنفش ۱۶	بازیکی آبی ۴۱		
۱۱/۵۸۷۴	۴۸/۳۰۹۱	۲۰۸/۳۳	q_m	لانگمویر
۱/۲۹۹۶	۰/۳۶۵۰	۰/۲۴۱	K_L	
۰/۶۹۱۳	۰/۹۹۱	۰/۹۹۷۸	R^2	
۷۴/۲۱۰	۱۵/۷۴۹۳	۴۷/۸۹۹	K_F	فروندلیچ
۱/۸۶۵۶	۰/۳۹۲۸	۰/۴۶۶۷	$1/n$	
۰/۸۹۱۹	۰/۹۰۸۵	۰/۹۵۲۲	R^2	
۲۱/۴۳۳	۱۰/۹۸۴	۴۶/۰۵۶	B	تمکین
۵/۰۸۶۳	۳/۲۶۸۲	۲/۲۴۰	K_t	
۰/۷۸۵	۰/۹۴۵۹	۰/۹۹۶۸	R^2	

۲-۵-۱-۶- سینتیک جذب سطحی

سرعت جذب سطحی آلاینده‌ها با استفاده از سینتیک شبه مرتبه اول، سینتیک شبه مرتبه دوم

و مدل نفوذ درون ذره‌ای مورد بررسی قرار گرفته است که معادلات آنها در جدول ۲-۶ ارائه شده است.

جدول (۶-۲): معادلات مدل‌های سینتیکی، شکل خطی آنها و نحوه رسم نمودارهای مربوطه.

منبع	نمودار	شکل خطی	معادله	مدل سینتیک
Najafi et al., 2012	Ln (qe-qt) vs. t	Ln(qe-qt)=Lnqe-k ₁ t	$\frac{dq_t}{dt} = K_1(q_e - q_t)$	شبه مرتبه اول
Khan et al., 2015	$\frac{t}{q_e}$ vs. t	$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{K_2 q_e^2} + \frac{1}{q_e} t$	$\frac{dq_t}{dt} = K_2(q_e - q_t)$	شبه مرتبه دوم
Seifpanahi Shabani et al.,2013	qt vs. t ^(0.5)	$qt = \frac{K_i}{m} t^{(0.5)}$	$qt = \frac{K_i}{m} t^{(0.5)}$	نفوذ درون ذره- ای

در جدول ۶-۲ ضرایب q_t و q_e به ترتیب مقادیر جذب شده رنگزها بر روی نانوجاذب در زمان t بر حسب mg/g، k₁ و k₂ به ترتیب ثابت‌های نسبی شبه مرتبه اول و شبه مرتبه دوم به ترتیب بر حسب min⁻¹ و g/mg.min و K_i نرخ نفوذ درون ذره‌ای در واحد جرم بر حسب جذر زمان در لیتر می‌باشد. نتایج مربوط به سینتیک‌های جذب سطحی در جدول ۷-۲ آورده شده است.

جدول (۷-۲): ثابت‌های سینتیک شبه مرتبه اول، سینتیک شبه مرتبه دوم و نفوذ درون ذره‌ای.

رنگزها			ثابت سینتیک	مدل سینتیک
کریستال بنفش	بازیک بنفش ۱۶	بازیک آبی ۴۱		
۰/۰۲۷	۰/۹۸۰	۰/۰۴۳	K ₁ (min ⁻¹)	شبه مرتبه اول
۱/۶۵۵	۰/۰۱۳	۷/۴۵۲	q _e (mg g ⁻¹)	
۰/۹۶۷	۰/۹۹۴	۰/۹۷۲	R ²	
۰/۰۰۵	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	K ₂ (g mg ⁻¹ min ⁻¹)	شبه مرتبه دوم
۳/۹۵۲	۴۲/۹۱۸	۱۷۲/۴۱۳	q _e (mg g ⁻¹)	
۰/۹۹۸	۰/۹۸۰	۰/۹۹۵	R ²	
۰/۰۳۲	۱/۳۰۸	۷/۵۹۸	K _i	نفوذ درون ذره‌ای
۰/۹۷۶	۰/۹۷۳	۰/۹۶۸	R ²	
۱۱/۷۱۴	۲۰/۸۸۰	۸۸/۱۴۱	q _e . exp.	

همان طور که در جدول ۷-۲ آمده است برای رنگزهای بازیک آبی ۴۱ و کریستال بنفش ضرایب

همبستگی سینتیک جذب شبه مرتبه دوم مقادیر بیشتری را نشان می‌دهد. در نتیجه جذب این رنگزها از سینتیک شبه مرتبه دوم و نفوز درون ذره‌ای تبعیت می‌کند و رنگزای بازیک بنفش ۱۶ از سینتیک شبه مرتبه اول و نفوز درون ذره‌ای تبعیت می‌کند.

۲-۵-۱-۶- پارامترهای ترمودینامیکی جذب

مقادیر جذب رنگزهای BB-41، BV-16 و CV بر روی نانوجاذب سالوادورا پرسیکا در دماهای ۲۸۳، ۲۹۴، ۳۰۳ و ۳۱۸ درجه کلوین بدست آمده تا به کمک رابطه وانت هوف^۱ (۲-۳) مقدار پارامترهای ترمودینامیکی را تعیین کرد (Martalopez et al, 2013):

$$\text{Log } k_d = \frac{\Delta S^\circ}{2.303R} - \frac{\Delta H^\circ}{2.303RT} \quad (3-2)$$

ΔS° بر حسب KJ/mol K و ΔH° بر حسب KJ/mol به ترتیب آنتروپی و آنتالپی، R ثابت جهانی گازها (۸/۳۱۴ J/mol K) و T دمای مطلق بر حسب کلوین است. K_d ثابت تعادل و a درصد جذب آلاینده در زمان تعادل است. مقدار K_d از رابطه ۲-۴ به دست می‌آید:

$$K_d = \frac{a}{1-a} \quad (4-2)$$

مقادیر ΔS° و ΔH° به ترتیب با استفاده از عرض از مبدأ و شیب رگرسیون خطی $\ln(K_d)$ در مقابل $1/T$ به دست می‌آید. انرژی گیبس فرآیند جذب آلاینده‌ها هم از رابطه ۲-۵ به دست می‌آید:

$$\Delta G^\circ = -RT \ln(K_d) \quad (5-2)$$

با استفاده از رابطه‌های ۲-۳ تا ۲-۵ پارامترهای ترمودینامیکی ΔS° ، ΔH° و ΔG° محاسبه شده و در جدول ۲-۸ ارائه شده است.

^۱ Van't Hoff

جدول (۲-۸): پارامترهای ترمودینامیکی آنتالپی، آنترپی و انرژی آزاد گیبس برای فرآیند جذب رنگزاهای BB-41، BV-16 و CV توسط نانوجاذب سالوادورا پرسیکا.

ΔG° (KJ/mol)				ΔS° (KJ/mol K)	ΔH° (KJ/mol)	رنگزا
318.15K ^o	303.15K ^o	294.15K ^o	283.15K ^o			
-۲۹/۶۴۵۲	-۲۷/۱۱۳۶	-۲۵/۵۹۴۶	-۲۳/۷۳۸۱	۰/۱۶۸۸	۲۴/۰۲۴	BB-41
-۲۹/۰۲۰۰	-۲۷/۷۴۷۹	-۲۶/۹۸۴۷	-۲۶/۰۵۱۹	۰/۰۸۴۸	-۲/۰۵۲۷	BV-16
-۲۶/۷۸۵۲	-۲۴/۶۵۰۳	-۲۴/۹۶۹۴	-۲۴/۱۳۷۲	۰/۰۷۵۶	-۲/۷۲۶۲	CV

مقادیر منفی انرژی آزاد گیبس نشان می‌دهد که جذب رنگزاهای BB-41، BV-16 و CV بر روی نانوجاذب سالوادورا پرسیکا به صورت خود به خودی می‌باشد.

از آنجا که $\Delta H > 0$ و $\Delta S > 0$ ، لذا پارامترهای ترمودینامیکی آنتالپی و آنترپی به ترتیب به صورت نامطلوب و مطلوب در فرآیند جذب سطحی رنگزای BB-41 عمل می‌کنند و برای رنگزاهای BV-16 و CV پارامترهای ترمودینامیکی آنتالپی ($\Delta H < 0$) و آنترپی ($\Delta S > 0$) به صورت مطلوب در فرآیند جذب سطحی بر روی نانوجاذب سالوادورا پرسیکا عمل می‌کنند. در نتیجه می‌توان استنباط کرد که تغییرات مثبت آنترپی در جهت افزایش جذب سطحی رنگزاهای عمل می‌کند و تغییرات مثبت آنتالپی در جهت کاهش جذب سطحی رنگزاهای عمل می‌کند. بنابراین فرآیند جذب به صورت واکنشی دو طرفه و خود به خودی است. در واکنش‌هایی که دو عامل آنتالپی و آنترپی در جهت عکس هم عمل می‌کنند (مثلاً رنگزای BB-41)، دما عامل تأثیر گذار است، در دماهای بالاتر آنترپی عامل غالب و در دماهای پایین‌تر آنتالپی عامل غالب است.

۲-۵-۲- جذب سطحی آلاینده‌های معدنی بر روی نانوجاذب سالوادورا پرسیکا

تأثیر پارامترهای زیر در فرآیند جذب سطحی مس (CuSO_4) و منگنز (MnSO_4) مورد بررسی قرار گرفته و بهینه می‌شوند.

● pH

● زمان تماس (دقیقه)

● مقدار جاذب (g)

● غلظت محلول حاوی آلاینده (ppm)

● دما (کلوین)

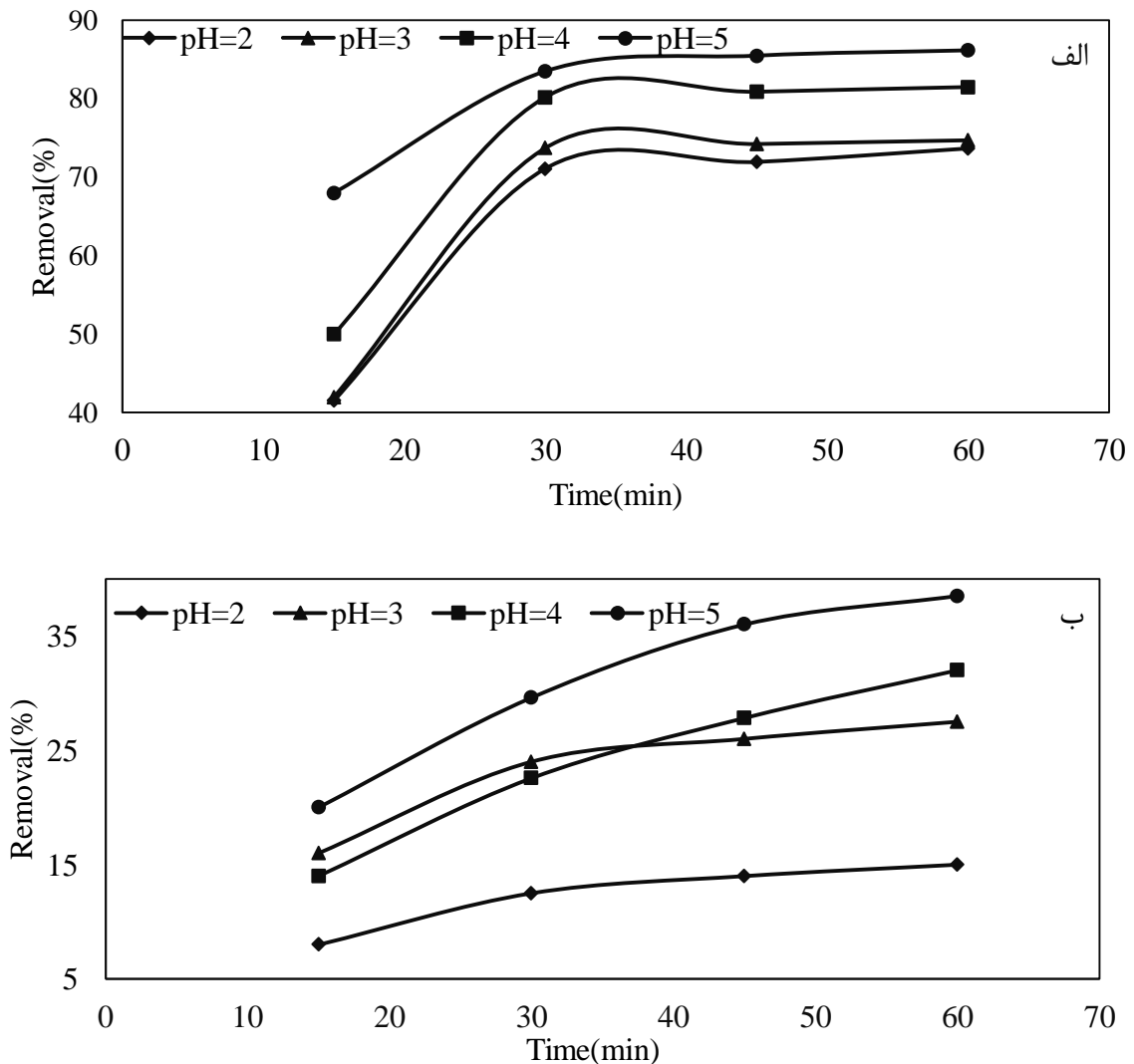
مشابه رنگزا با بررسی هر کدام از پارامترهای فوق (با تغییر یک پارامتر و ثابت نگه داشتن بقیه پارامترها) برای آلاینده‌های مختلف، مقدار بهینه هر پارامتر مشخص شده و با فراهم نمودن کلیه شرایط برای آزمایش، میزان جذب نهایی تعیین شد و نانوجاذب تهیه شده جهت تعیین میزان کارایی آن به‌عنوان جاذب مورد بررسی قرار گرفت.

۳-۶-۲-۱- بهینه‌سازی مقدار pH

ابتدا یک محلول با غلظت ۱۰۰۰ ppm از انحلال نمک‌های سولفات مس (CuSO_4) و سولفات منگنز (MnSO_4) در یک لیتر آب مقطر تهیه شد و برای تهیه کردن محلول با غلظت دلخواه از محلول مادر از رابطه ۲-۱ استفاده شد.

برای تنظیم pH از سود ۱/۰۰ مولار و اسید کلریدریک ۱/۰۰ استفاده شد. در مرحله بعد، نانوجاذب به محلول آلوده شبیه‌سازی شده اضافه شد و مخلوط با سرعت ۱۵۰ rpm به مدت کافی با استفاده از یک سیستم همزن مغناطیسی همزده شد. پس از زمان‌های ۱۵، ۳۰، ۴۵ و ۶۰ دقیقه عملیات اختلات متوقف شد و جاذب با استفاده از سانتریفیوژ در دور ۶۰۰۰ rpm از مخلوط جدا شد و مایع باقی مانده برای تعیین میزان حذف آلاینده به وسیله دستگاه جذب اتمی موجود در آزمایشگاه جذب اتمی دانشگاه شاهرود مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاصل که نشان دهنده درصد حذف (R%) است به کمک رابطه ۲-۲ بدست می‌آید.

برای بهینه کردن pH در مرحله اول ۲۵۰ ml محلول با غلظت ۵۰ ppm در مقادیر مختلف pH (۲، ۳، ۴ و ۵) مورد بررسی قرار گرفت. در pH=۵/۵ یون‌های مس (II) و منگنز (II) شروع به رسوب کردن می‌کنند. نتایج بهینه سازی پارامتر pH برای جذب یون‌های مس و منگنز در شکل ۲-۱۴ آورده شده است.



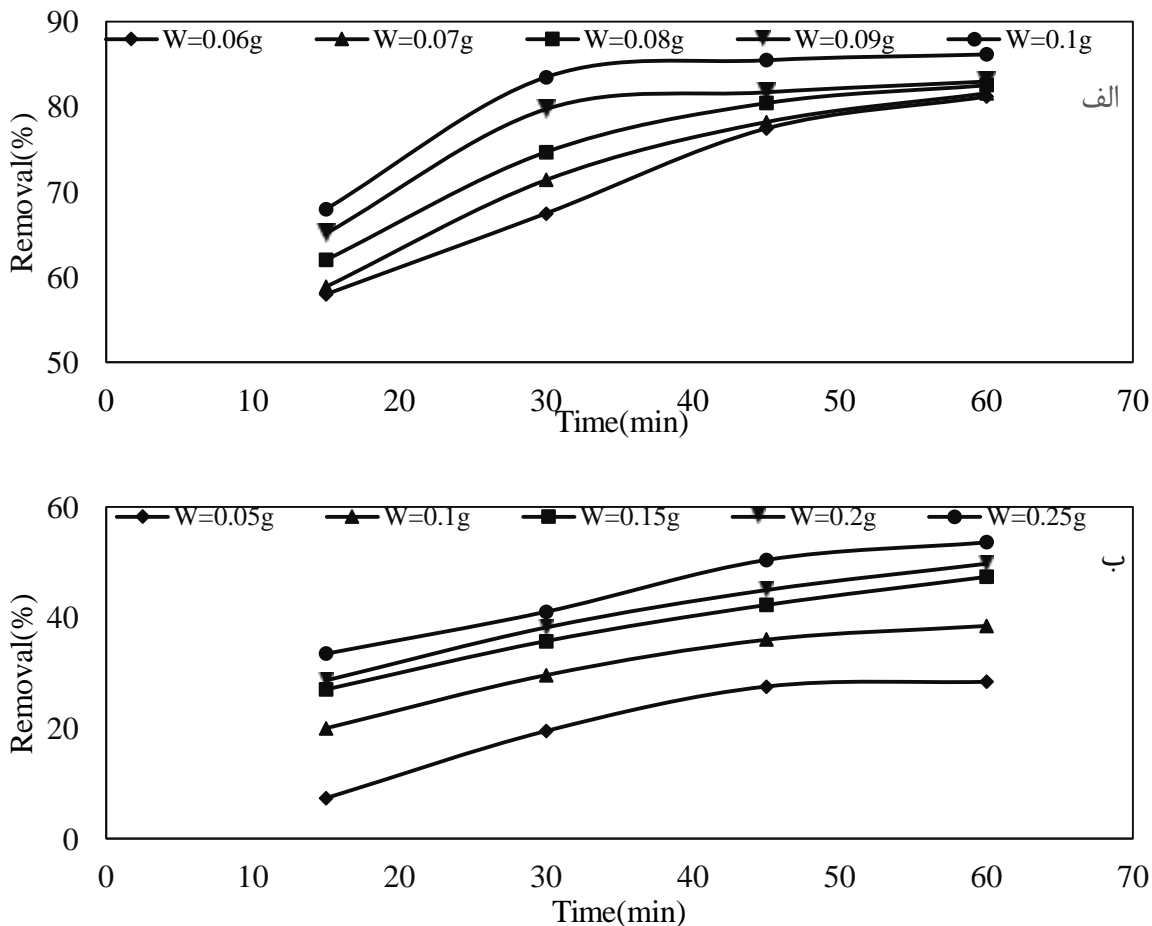
شکل ۲-۱۴: بهینه‌سازی پارامتر pH برای جذب یون‌های مس (II) (الف) و منگنز (II) (ب) توسط نانوجاذب سالوادورا پرسیکا.

برای تعیین pH بهینه ۲۵۰ میلی لیتر محلول ۵۰ ppm از فلزات مس و منگنز با ۰/۱ گرم جاذب مخلوط شد. با توجه به شکل ۲-۱۴ برای جذب یون‌های مس و منگنز توسط نانوجاذب

سالوادورا پرسیکا مقدار بهینه pH برابر ۵ تعیین شده است.

۲-۲-۵-۲- بررسی مقدار جاذب

در این قسمت وابستگی میزان جذب یون‌های مس (II) و منگنز (II) به مقادیر وزنی نانوجاذب سالوادورا پرسیکا مورد بررسی قرار گرفته است. برای بررسی مقدار جاذب، یون‌های مس (II) و منگنز (II) با غلظت ۵۰ ppm در دمای محیط و دور همزن ۱۵۰ rpm، دور سانتریفیوژ ۶۰۰۰ rpm، در مقادیر pH=۵، برای مقادیر مختلف نانوجاذب (بسته به نوع آلاینده) از فاز آبی مورد استفاده قرار گرفت. تأثیر جرم جاذب بر میزان جذب آلاینده‌ها در شکل ۲-۱۵ آورده شده است.



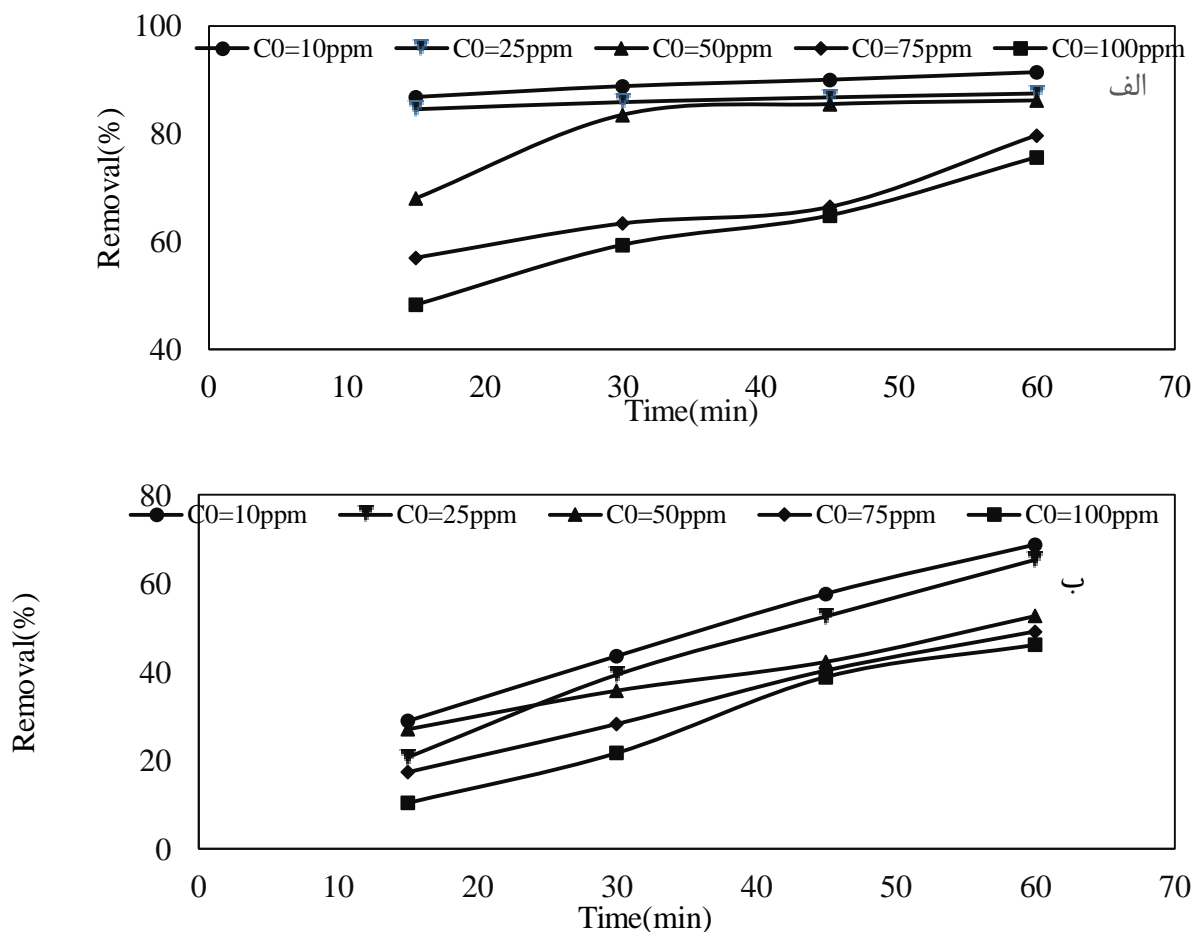
شکل (۲-۱۵): بررسی تأثیر پارامتر جرم نانوجاذب بر جذب یون مس (II) (الف) و یون

منگنز (II) (ب).

با توجه به شکل ۲-۱۵ با افزایش مقدار نانوجاذب مقدار جذب یون‌های مس (II) و منگنز (II) روند صعودی دارد.

۳-۲-۵-۲- بررسی تأثیر غلظت یون‌های فلزی بر میزان جذب آن‌ها

تأثیر تغییر غلظت اولیه یون‌های مس (II) و منگنز (II) بر روی فرآیند جذب سطحی نانوجاذب سالوادورا پرسیکا در دمای محیط، دور همزن ۱۵۰ rpm و دور سانتریفیوژ ۶۰۰۰ rpm در pH=۵ و مقدار جاذب ۰/۱ گرم مورد بررسی قرار گرفت و نتایج آن در شکل ۲-۱۶ آورده شده است.



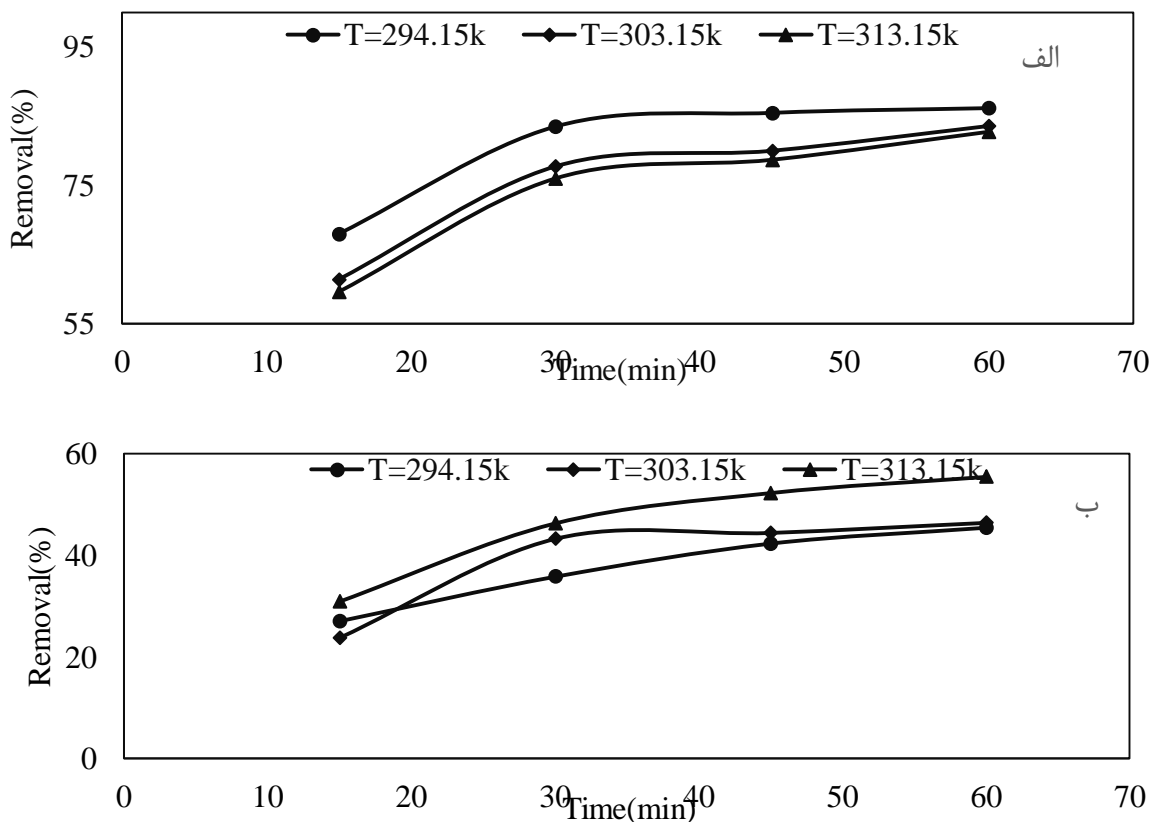
شکل ۲-۱۶: بررسی تأثیر غلظت یون‌های مس (II) (الف) و منگنز (II) (ب) بر میزان جذب آن‌ها بر روی نانوجاذب سالوادورا پرسیکا.

شکل ۲-۱۶ تأیید می‌کند که با افزایش غلظت، درصد جذب یون‌های فلزات سنگین کاهش

می‌یابد. این مسئله با افزایش جرم جاذب قابل افزایش است.

۲-۵-۴- بررسی اثر دما بر میزان جذب یون‌های فلزی

تأثیر تغییر عامل دما بر فرآیند جذب سطحی یون‌های مس (II) و منگنز (II) بر روی نانوجاذب سالوادورا پرسیکا، در دماهای ۲۹۴/۱۵، ۳۰۳/۱۵ و ۳۱۳/۱۵ کلوین، دور همزن ۱۵۰ rpm، pH بهینه، جرم جاذب ۰/۱ g، غلظت یون‌های فلزی ۵۰ ppm و دور سانتریفیوژ ۶۰۰۰ rpm مورد بررسی قرار گرفته است. که نتایج آن در شکل ۱۷-۲ ارائه شده است.



شکل (۱۷-۲): تأثیر تغییر دما بر فرآیند جذب سطحی یون‌های مس (II) (الف) و

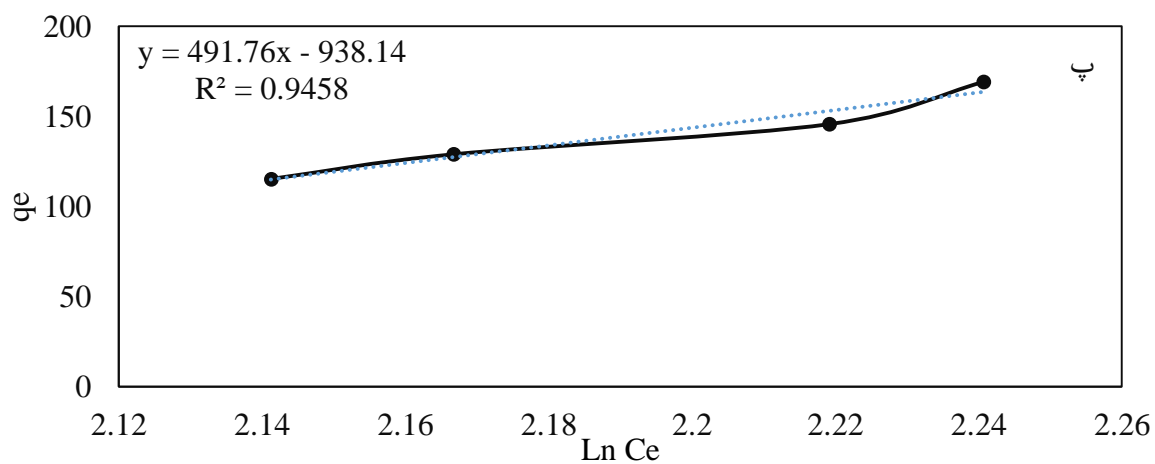
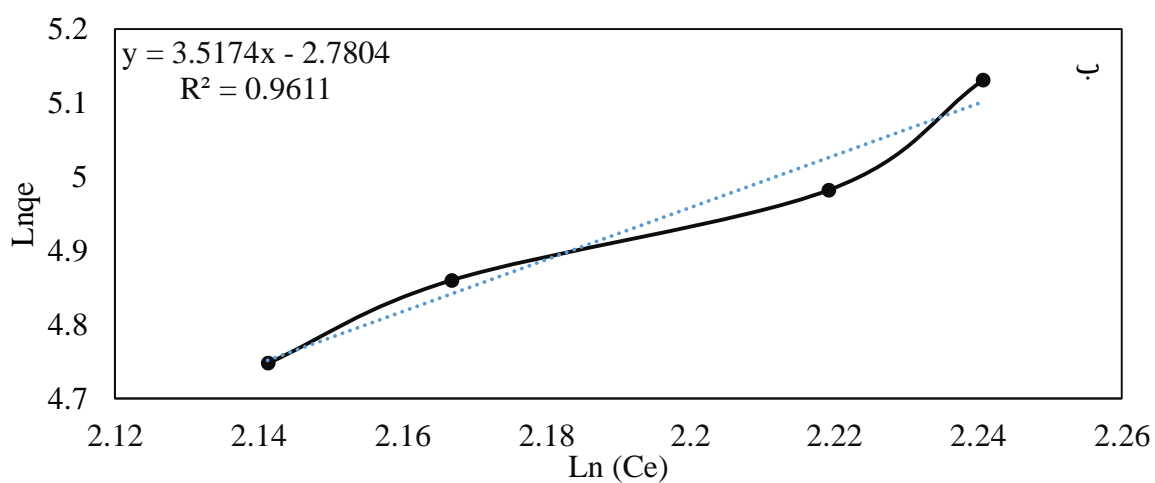
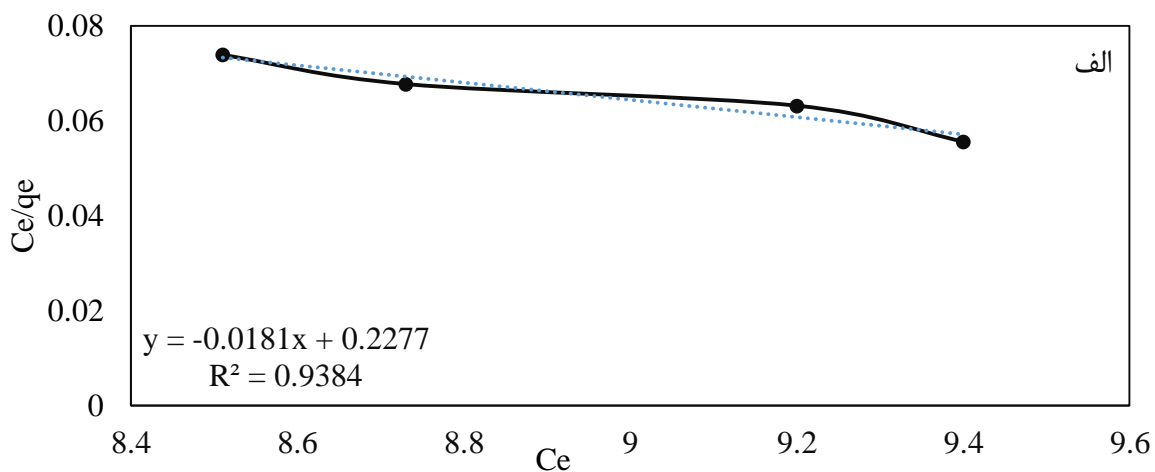
منگنز (II) (ب).

با توجه به شکل ۱۷-۲ (الف) به وضوح می‌توان دریافت که کاهش دما باعث افزایش میزان جذب سطحی یون مس (II) بر روی نانوجاذب سالوادورا پرسیکا می‌شود. و با توجه به شکل (ب) افزایش

دما باعث افزایش جذب یون منگنز (II) بر روی نانوجاذب می‌شود. این موضوع در بخش محاسبه پارامترهای ترمودینامیکی با استفاده از بیان گرماگیری و گرمازا بودن واکنش جذب سطحی قابل توجیه است.

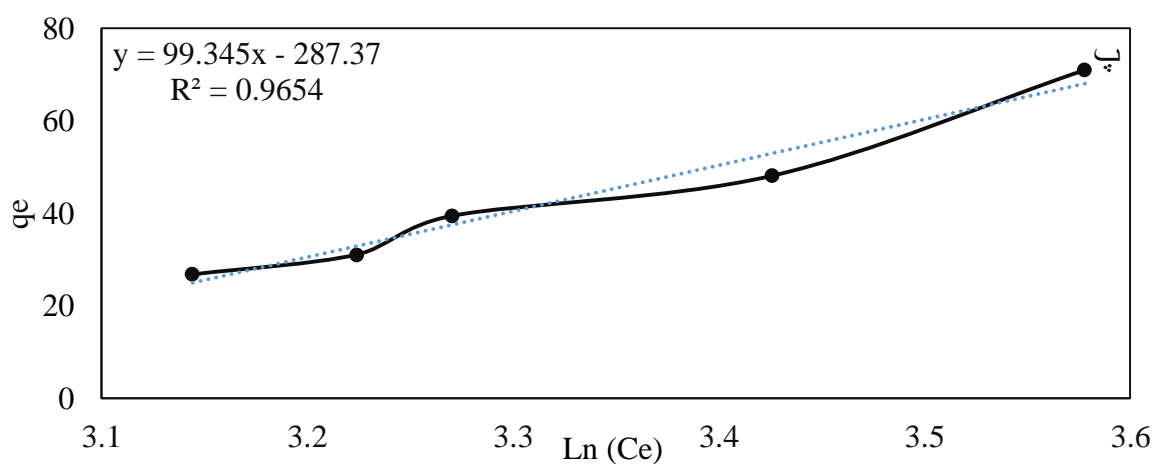
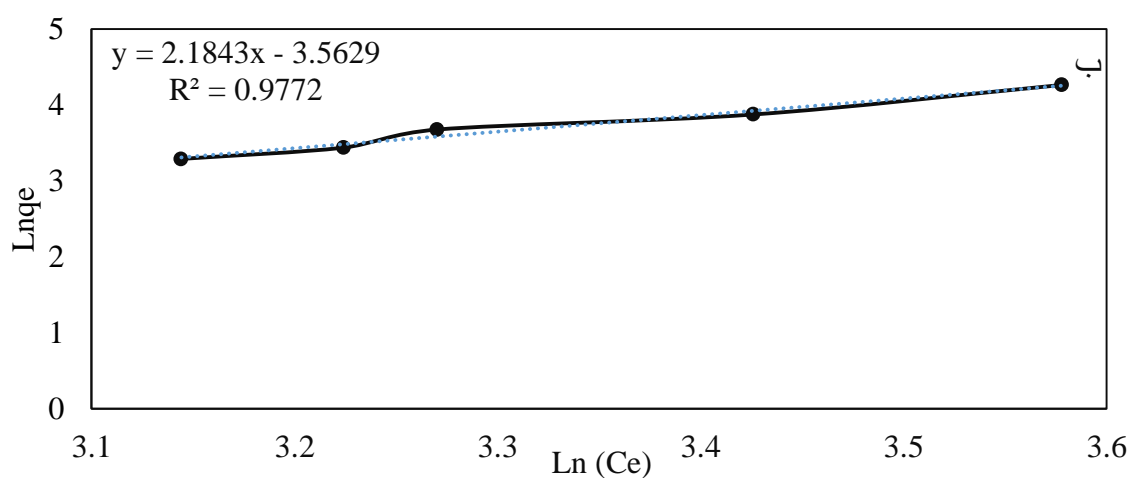
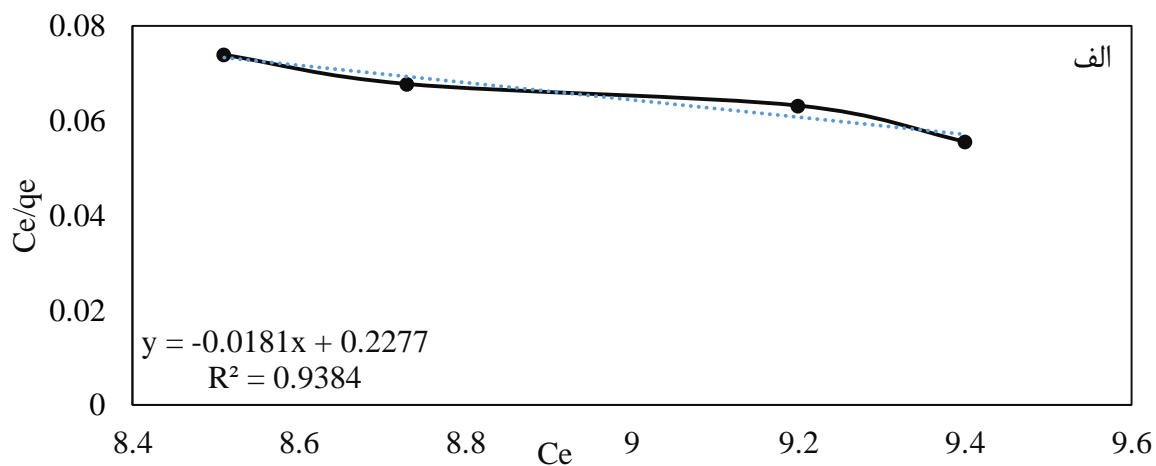
۲-۵-۲-۵- ایزوترم جذب سطحی یون‌های مس (II) و منگنز (II) بر روی نانوجاذب سالوادورا پرسیکا

در این بخش ایزوترم‌های جذب لانگمویر، فروندلیچ و تمکین مورد بررسی قرار می‌گیرند. ایزوترم‌های فوق قبلاً در جدول ۲-۳ آورده شده است. در شکل‌های ۲-۱۸ و ۲-۱۹ ایزوترم‌های جذب لانگمویر، فروندلیچ و تمکین برای یون‌های مس (II) و منگنز (II) بر روی نانوجاذب سالوادورا پرسیکا آورده شده است.



شکل (۲-۱۸): ایزوترم‌های لانگمویر (الف)، فروندلیچ (ب) و تمکین (پ) برای جذب سطحی

یون مس (II) بر روی نانوجاذب سالوادورا پرسیکا.



شکل (۲-۱۹): ایزوترم‌های لانگمویر (الف)، فروندلیچ (ب) و تمکین (پ) برای جذب سطحی

منگنز (II) بر روی نانوجاذب سالوادورا پرسیکا.

برازش خطی ایزوترم‌های لانگمویر، فروندلیچ و تمکین مربوط به شکل‌های ۲-۱۸ و ۲-۱۹ در

جدول ۹-۲ آورده شده است.

جدول (۹-۲): معادله برازش خطی ایزوترم‌های جذب لانگمویر، فروندلیچ و تمکین و ضریب همبستگی برازش برای نانوجاذب سالوادورا پرسیکا.

برازش خطی ایزوترم‌های جذب			یون فلز سنگین
تمکین	فروندلیچ	لانگمویر	
$y=491.76x-938.14$ $R^2=0.9458$	$y=3.5174x-2.8704$ $R^2=0.9611$	$y=-0.0181x+0.2277$ $R^2=0.9384$	یون مس (II)
$y=99.345x-287.37$ $R^2=0.9654$	$y=2.1843x-3.5629$ $R^2=0.9772$	$y=-0.0268x+1.4543$ $R^2=0.8937$	یون منگنز (II)

با توجه به جدول ۹-۲ ثابت می‌شود که فرآیند جذب سطحی یون‌های مس (II) و منگنز (II) با نانوجاذب سالوادورا پرسیکا از ایزوترم فروندلیچ تبعیت می‌کند. با توجه به شیب و عرض از مبدأ برازش‌های خطی جدول ۹-۲، ثابت‌های ایزوترم‌های لانگمویر، فروندلیچ و تمکین بدست می‌آید، که در جدول ۱۰-۲ آورده شده است.

جدول (۲-۱۰): ضرایب ایزوترم‌های جذب لانگمویر، فروندلیچ و تمکین برای جذب سطحی یون‌های مس (II) و منگنز (II) توسط نانوجاذب سالوادورا پرسیکا.

یون‌های فلزی		ثابت ایزوترم	مدل ایزوترم
منگنز (II)	مس (II)		
۳۷/۳۱۳۴	۵۵/۲۴۸۶	q_m	لانگمویر
۰/۰۱۸۴۳	۰/۰۷۹۴۹	K_L	
۰/۸۹۳۷	۰/۹۳۸۴	R^2	
۳۵/۲۶۵۳	۱۶/۱۲۵۵	K_F	فروندلیچ
۲/۱۸۴۳	۳/۵۱۷۴	$1/n$	
۰/۹۷۷۲	۰/۹۶۱۱	R^2	
۹۹/۳۴۵	۴۹۱/۷۶	B	تمکین
۱۸/۰۴۱	۶/۷۳۷۷	K_t	
۰/۹۶۵۴	۰/۹۴۵۸	R^2	

۲-۵-۲-۶- سینتیک جذب سطحی یون‌های مس (II) و منگنز (II) بر روی نانوجاذب سالوادورا پرسیکا

سرعت جذب سطحی آلاینده‌ها با استفاده از سینتیک شبه مرتبه اول، سینتیک شبه مرتبه دوم و مدل نفوذ درون ذره‌ای مورد بررسی قرار گرفته است که معادلات آنها در جدول ۲-۶ ارائه شده است. نتایج مربوط به سینتیک‌های جذب سطحی یون‌های مس (II) و منگنز (II) بر روی نانوجاذب سالوادورا پرسیکا در جدول ۲-۱۱ آورده شده است.

جدول (۱۱-۲): ثابت‌های سینتیک شبه مرتبه اول، سینتیک شبه مرتبه دوم و نفوذ ذره‌ای برای جذب یون‌های مس (II) و منگنز (II) بر روی نانوجاذب سالوادورا پرسیکا.

یون‌های فلزی		ثابت سینتیک	مدل سینتیک
منگنز (II)	مس (II)		
۰/۰۴۶۲۹	۰/۰۷۵۹۹	$K_1(\text{min}^{-1})$	شبه مرتبه اول
۳۵/۴۴۰	۱۰۶/۱۹۴	$q_e(\text{mg g}^{-1})$	
۰/۹۸۸۱	۰/۹۹۱۹	R^2	
۰/۰۰۰۵۲۷	۰/۰۰۱۵۲۶	$K_2(\text{g mg}^{-1} \text{min}^{-1})$	شبه مرتبه دوم
۴۲/۲۵۷۰	۱۲۶/۵۸۲۳	$q_e(\text{mg g}^{-1})$	
۰/۹۹۷۲	۰/۹۹۸۴	R^2	
۳/۴۲۵۹	۱۲/۹۶۱	K_i	نفوذ درون ذره‌ای
۴/۸۵۹۱	۷۰/۸۶۷	$q_e \cdot \text{exp.}$	
۰/۹۹۷	۰/۹۸۶۹	R^2	

همان طور که در جدول ۱۱-۲ آمده است برای یون‌های مس (II) و منگنز (II) ضرایب همبستگی سینتیک جذب شبه مرتبه دوم مقادیر بیشتری را نشان می‌دهد در نتیجه جذب این یون‌ها از سینتیک شبه مرتبه دوم و نفوذ درون ذره‌ای تبعیت می‌کند.

۲-۵-۷- پارامترهای ترمودینامیکی جذب یون‌های مس (II) و منگنز (II) بر روی نانوجاذب سالوادورا پرسیکا

مقادیر جذب یون‌های مس (II) و منگنز (II) بر روی نانوجاذب سالوادورا پرسیکا در دماهای ۲۹۴، ۳۰۳ و ۳۱۳ درجه کلون بدست آمده که به کمک رابطه ۳-۳ مقدار پارامترهای ترمودینامیکی تعیین می‌شود. پارامترهای به ترمودینامیکی محاسبه شده یون‌های مس (II) و منگنز (II) بر روی نانوجاذب سالوادورا پرسیکا در جدول ۱۲-۲ آورده شده است.

جدول (۲-۱۲): پارامترهای ترمودینامیکی آنتالپی، آنتروپی و انرژی آزاد گیبس حذف یون‌های مس (II) و منگنز (II) با استفاده از نانوجاذب سالوادورا پرسیکا.

ΔG° (KJ/mol)			ΔS° (KJ/mol K)	ΔH° (KJ/mol)	یون‌های فلزی
$313/15K^\circ$	$303/15K^\circ$	$294/15K^\circ$			
-۶۲/۲۷۱۶	-۶۰/۰۳۹۶	-۵۸/۷۰۰۲	۰/۱۴۸۸	-۱۴/۹۴۶۹	مس (II)
-۲۲۴/۰۲۷۴	-۲۱۹/۸۹۹۵	-۲۱۷/۴۲۲۷	۰/۲۷۵۲	-۱۳۶/۵۱۵۸	منگنز (II)

مقادیر منفی انرژی آزاد گیبس نشان می‌دهد که جذب یون‌های مس (II) و منگنز (II) بر روی نانوجاذب سالوادورا پرسیکا به صورت خود به خودی می‌باشد.

از آنجا که $\Delta H < 0$ و $\Delta S > 0$ ، لذا پارامترهای ترمودینامیکی آنتالپی و آنتروپی به صورت مطلوب در فرآیند جذب سطحی یون‌های مس (II) و منگنز (II) عمل می‌کنند. در نتیجه می‌توان استنباط کرد که تغییرات مثبت آنتروپی در جهت افزایش جذب سطحی یون‌ها عمل می‌کند و تغییرات منفی آنتالپی در جهت افزایش جذب سطحی یون‌ها عمل می‌کند. بنابراین در این حالت هم مشابه با حذف رنگزا فرآیند جذب به صورت واکنشی دو طرفه و خود به خودی است.

۲-۵-۳- تصفیه زهاب اسیدی معدن

در این بخش فرآیند تصفیه زهاب اسیدی خروجی دمپ ۲۷ معدن مس سرچشمه در سیستم ناپیوسته با استفاده از نانوجاذب سالوادورا پرسیکا در مقیاس آزمایشگاهی مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج تجزیه شیمیایی این زهاب در جدول ۲-۱۳ ارائه شده است.

جدول (۲-۱۳): مقدار پارامترهای کیفیت و نتایج تجزیه شیمیایی زهاب اسیدی خروجی دمپ ۲۷ معدن مس سرچشمه و حد استاندارد یون‌های آن در آب آشامیدنی.

پارامتر	مقدار پارامتر (ppm)	AWS (USEPA, 2012)
Fe(II) (ppm)	۱/۵	۰/۷
Mn(II) (ppm)	۹/۳	۰/۱
Cu(II) (ppm)	۱۸/۵۷	۱/۵
pH	۴/۷	

با توجه به جدول ۲-۱۳ یون‌های آهن(II)، مس(II) و منگنز(II) مقدار غلظت بیشتری نسبت به مقدار استاندارد آب آشامیدنی (AWS) آژانس حفاظت محیط زیست ایالت متحده آمریکا (USEPA) دارند. بنابراین در این بخش برای حذف یون‌های مس(II) و منگنز(II) از زهاب اسیدی معدن مس سرچشمه، از نانوجاذب سالوادورا پرسیکا در سیستم ناپیوسته استفاده شده و کارایی نانوجاذب‌ها در تقابل با زهاب واقعی مورد بررسی قرار گرفته است مقدار آلودگی آهن ناچیز بوده و از آن صرف‌نظر می‌شود.

در سیستم ناپیوسته پارامترهای زیر در فرآیند جذب سطحی فلزات سنگین در زهاب اسیدی با $pH=4/7$ مورد بررسی قرار گرفت.

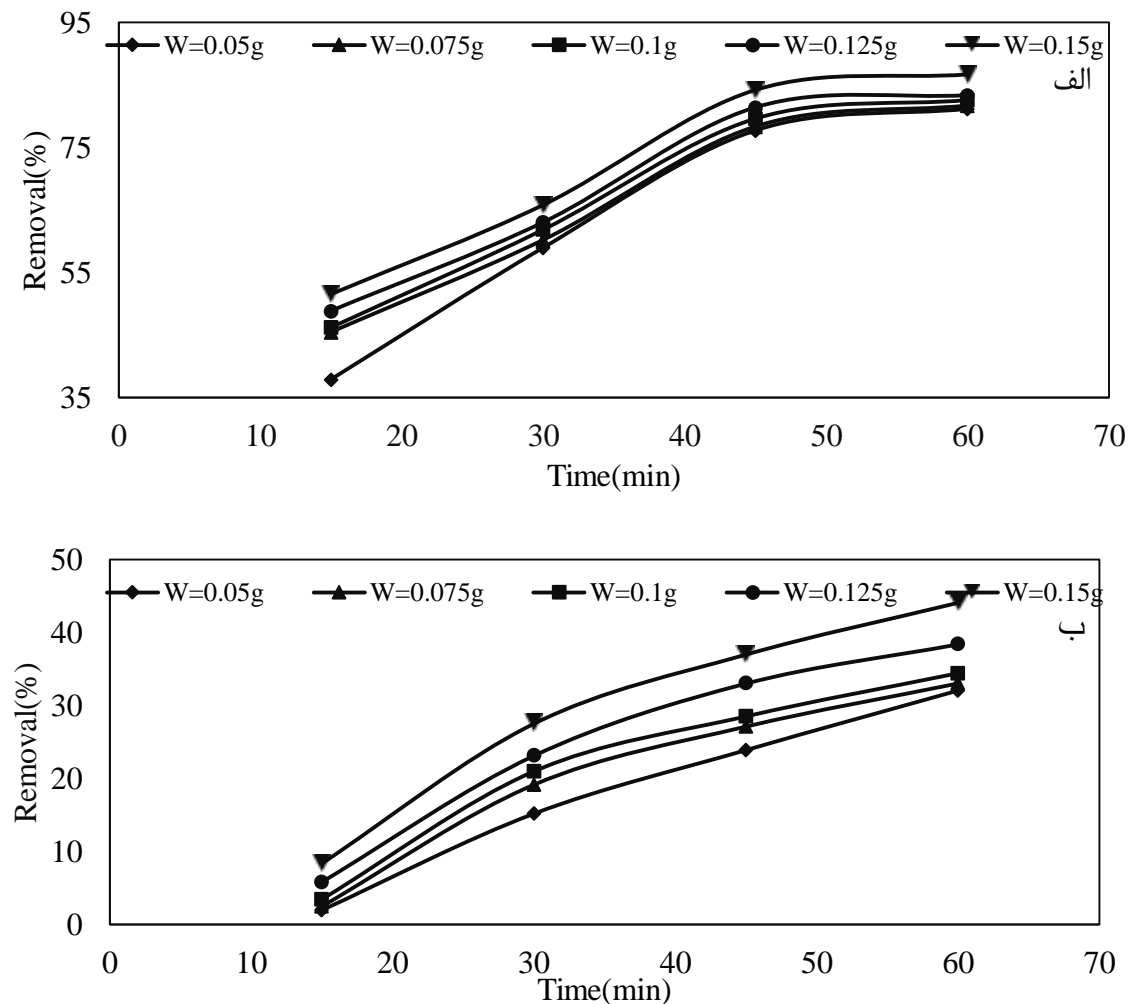
● مقدار جاذب (g)

● دما (کلوین)

با توجه به اینکه pH زهاب و مقدار غلظت یون‌های مس(II) و منگنز(II) مشخص و ثابت است، پس پارامترهای جرم جاذب و دما مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۲-۵-۳-۱- بررسی و بهینه‌سازی مقدار جاذب

در این بخش وابستگی میزان جذب فلزات سنگین برای مقادیر وزنی متفاوت نانوجاذب سالوادورا پرسیکا در سیستم دو یونی زهاب اسیدی معدن مورد بررسی قرار گرفته است. بهینه‌سازی مقدار جذب فلزات سنگین مس (II) و منگنز (II) به ترتیب با غلظت ۱۸/۵۷ و ۹/۳ موجود در زهاب واقعی، در دمای ۲۹۴ درجه کلوین و دور همزن ۱۵۰ rpm، دور سانتریفیوژ ۶۰۰۰ rpm، pH=۴/۷ (pH زهاب)، حجم محلول ۲۵۰ ml و مقادیر ۰/۱۵، ۰/۱۲۵، ۰/۱، ۰/۰۷۵، ۰/۰۵ گرم نانوجاذب سالوادورا پرسیکا مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج حاصل در شکل ۲-۲۰ نشان داده شده است.



شکل (۲-۲۰): بررسی مقدار نانوجاذب سالوادورا پرسیکا جهت تصفیه زهاب اسیدی

معدن، یون‌های مس (II) (الف) و منگنز (II) (ب).

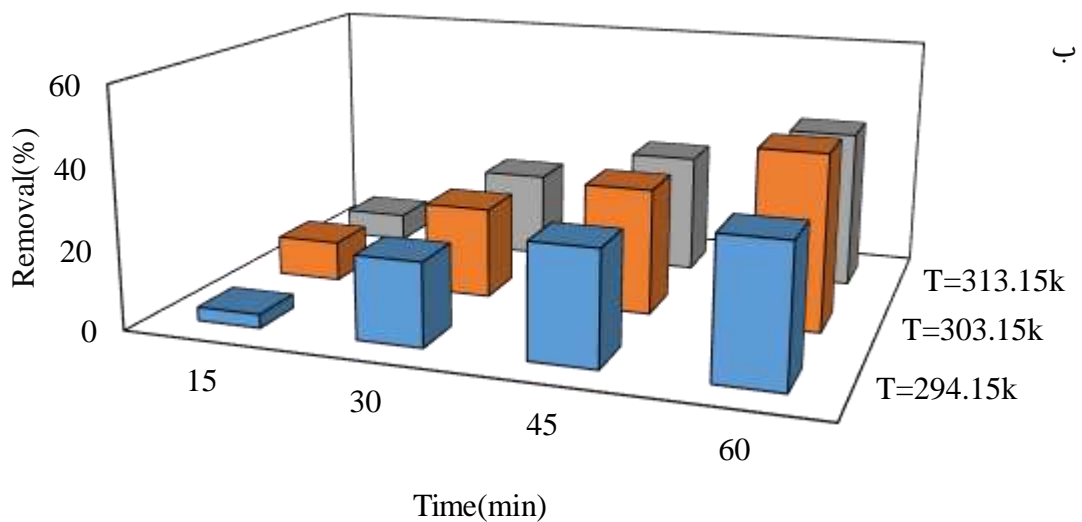
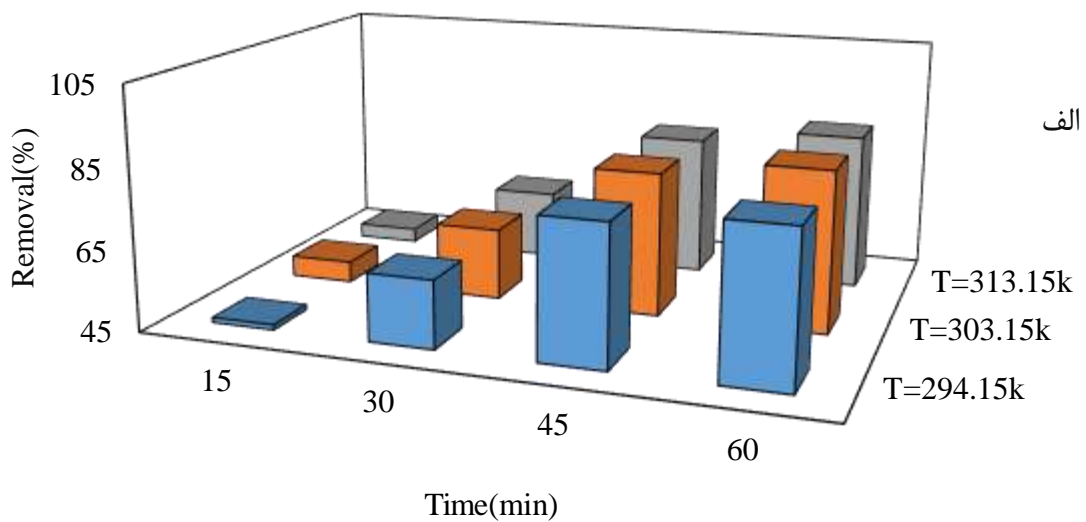
همانطور که از شکل ۲-۲۰ مشخص است با گذشت زمان غلظت یون‌های محلول موجود در زهاب کاهش می‌یابد. میزان حذف یون‌های مس (II) و منگنز (II) در مدت زمان ۶۰ دقیقه در جدول ۲-۱۴ ارائه شده است.

جدول (۲-۱۴): میزان حذف یون‌های مس (II) و منگنز (II) موجود در زهاب اسیدی معدن بر حسب درصد با توجه به جرم جاذب بعد از گذشت زمان ۶۰ دقیقه در سیستم ناپیوسته.

جرم نانوجاذب سالوادورا پرسیکا (g)					یون
۰/۱۵	۰/۱۲۵	۰/۱	۰/۰۷۵	۰/۰۵	
۸۶/۶۴	۸۳/۳۱	۸۲/۵۵	۸۱/۶۴	۸۱/۱۵	درصد حذف Cu (II)
۴۴/۰۸	۳۸/۳۸	۳۴/۴۰	۳۳/۰۱	۳۲/۰۴	درصد حذف Mn (II)

۲-۳-۵-۲- بررسی تأثیر تغییر دما بر فرآیند جذب یون‌های مس (II) و منگنز (II)

در این بخش تأثیر تغییر دما بر میزان جذب سطحی یون‌های مس (II) و منگنز (II) در زهاب اسیدی مورد بررسی توسط نانوجاذب سالوادورا پرسیکا با جرم ۰/۱g بررسی شده است، که در شکل ۲-۲۱ ارائه شده است.



شکل (۲-۲۱): بررسی تأثیر تغییر دما بر فرآیند جذب سطحی یون‌های مس (II) (الف)

و منگنز (II) (ب) موجود در زهاب اسیدی معدن در سیستم ناپیوسته.

همانطور که از شکل ۲-۲۱ مشخص است با افزایش دما میزان جذب یون‌های مس و منگنز افزایش می‌یابد.

۲-۳-۳-۵-۳- ایزوترم جذب سطحی یون‌های مس (II) و منگنز (II) در حالت دو فلزی

در این بخش ایزوترم‌های لانگمویر و فروندلیچ در حالت محلول دو فلزی مورد بررسی قرار

می‌گیرد. معادله ۶-۲ و ۷-۲ به ترتیب فرمول کلی برای ایزوترم لانگمویر و فروندلیچ در حالت دو فلزی را نشان می‌دهد (khan and khan, 2015).

$$q_{e,i} = \frac{Q_{0,i} \times K_{L,i} \times C_{e,i}}{1 + \sum_{j=1}^m K_{L,j} \times C_{e,j}} \quad 6-2$$

$$q_{e,i} = \frac{K_{F,i} \times C_{i,e}^{(1/n_{i,F})} + X_i}{C_{i,e}^{X_i} + Y_i \times C_{j,e}^{Z_i}} \quad 7-2$$

که در آن $q_{e,i}$ مقدار جذب شده در حالت تعادل برای آلاینده‌ی i بر حسب (mg/g)، $Q_{0,i}$ ماکزیموم جذب آلاینده i بر حسب (mg/g)، $K_{L,i}$ ثابت لانگمویر برای آلاینده i ، $K_{F,i}$ ثابت فروندلیچ برای آلاینده i ، $C_{e,i}$ غلظت تعادلی آلاینده‌ی i در محلول (mg/l)، $C_{e,j}$ غلظت تعادلی آلاینده‌ی j در محلول (mg/l) و X, Y, Z, n مجهولات معادله است که در نرم افزار اکسل به کمک تابع LINEST بدست می‌آید.

با توجه به ضریب همبستگی (R^2) بدست آمده برای ایزوترم‌های لانگمویر و فروندلیچ از معادلات ۶-۲ و ۷-۲، ایزوترم حاکم بر فرآیند جذب ایزوترم لانگمویر می‌باشد چون ضریب همبستگی بیشتری دارد.

فصل سوم

نتیجه‌گیری، جمع‌بندی و پیشنهادات

بسیاری از مطالعات انجام شده ثابت می‌کند که سمی بودن منابع آبی به علت ورود زهاب‌های صنعتی، یک مشکل عمده‌ی جهانی است. زهاب‌های صنعتی اغلب دارای مقادیر قابل توجهی یون‌های فلزات سنگین هستند که می‌توانند سلامت عمومی و محیط زیست را به خطر بیندازند.

این پایان‌نامه در زمینه حذف و کاهش اثرات زیان‌بار آلاینده‌های آلی و معدنی بر محیط‌زیست انجام شده و نتایج آن نیز در دو بخش زیر ارائه می‌شود:

- ۱- ساخت و آماده‌سازی نانوجاذب بیولوژیکی سالوادورا پرسیکا.
- ۲- حذف آلاینده‌های آلی، فلزی سنگین از زهاب مصنوعی و حذف فلزات سنگین از زهاب اسیدی معدن مس سرچشمه در سیستم ناپیوسته با استفاده از نانوجاذب سالوادورا پرسیکا.

۳-۱- نتایج بدست آمده از مطالعات آزمایشگاهی

ساختار شیمیایی و ویژگی‌های فیزیکی نانوجاذب سالوادورا پرسیکا با استفاده از آنالیزهای SEM، XRD، FT-IR و CNHS بررسی و مطالعه شد. نتایج بدست آمده از آنالیزهای مذکور عبارتند از:

● با توجه به آنالیز SEM

- نانوذرات تولید شده از گیاه سالوادورا پرسیکا در ابعاد زیر ۱۰۰ نانومتر هستند.
- نانوذرات سالوادورا پرسیکا به صورت بی‌شکل و ناهموار می‌باشند و گاهی دارای ساختار لوله‌ای هستند. که مشابه با ساقه گیاه سالوادورا پرسیکا دارای ساختار لوله‌ای بسیار متخلخل است.

● آنالیز FT-IR

تنها گروه عاملی نانوجاذب سالوادورا پرسیکا که آلاینده‌های محلول را جذب می‌کند، گروه عاملی OH^- است.

● با توجه به تجزیه CNHS

کربن جزء اصلی تشکیل دهنده نانوجاذب سالوادورا پرسیکا است که حدوداً بیش از ۳۳/۲۵٪ این جاذب را تشکیل داده است.

۳-۱-۱- مطالعات آزمایشگاهی آلاینده‌های آلی

تأثیر پارامترهای pH، مقدار جاذب، غلظت محلول حاوی آلاینده‌ی آلی، زمان تماس و دما در فرآیند جذب مورد بررسی قرار گرفته است.

برای جذب رنگزاهای BB-41، BV-16 و CV توسط نانوجاذب سالوادورا پرسیکا مقدار بهینه pH=۷ تعیین شد.

با افزایش مقدار نانوجاذب مقدار جذب رنگزاهای BB-41، BV-16 و CV روند صعودی دارد.

نتایج نشان می‌دهد که با افزایش غلظت آلاینده، درصد جذب رنگزاهای فوق کاهش می‌یابد. افزایش دما باعث افزایش میزان جذب رنگزاهای BV-16 و CV و کاهش دما باعث افزایش جذب رنگزای BB-41 می‌شود.

در ادامه فرآیند جذب به صورت تعادلی و سینتیکی بررسی شد. در حالت تعادلی نتایج نشان می‌دهد که ایزوترم حاکم بر فرآیند جذب سطحی رنگزاهای BB-41، BV-16 و CV ایزوترم لانگمویر است و سینتیک فرآیندهای فوق شبه مرتبه دوم است. زیرا بیشترین ضریب همبستگی را با داده‌های آزمایشگاهی دارد.

بر اساس مطالعات ترمودینامیکی، مقادیر منفی انرژی گیبس نشان می‌دهد که جذب رنگزاهای مورد مطالعه با استفاده از نانوجاذب سالوادورا پرسیکا به صورت خود به خودی می‌باشد.

تغییر مقادیر آنتالپی به صورت مثبت نشان دهنده این است که فرآیند جذب سطحی رنگزای

BB-41 بر روی نانوجاذب سالوادورا پرسیکا یک واکنش گرماگیر است و آنتالپی منفی نشان می‌دهد که جذب سطحی رنگزاهای BV-16 و CV واکنش گرمازا است.

مقادیر مثبت و کوچک آنتروپی نشان دهنده تأثیر جزئی فصل مشترک تصادفی نانوجاذب/محلول در طول فرآیند جذب رنگزاهای BB-41، BV-16 و CV است.

از آنجا که $\Delta H > 0$ و $\Delta S > 0$ ، لذا پارامترهای ترمودینامیکی آنتالپی و آنتروپی به ترتیب به صورت نامطلوب و مطلوب در فرآیند جذب سطحی رنگزای BB-41 عمل می‌کند و $\Delta H < 0$ و $\Delta S > 0$ ، نشان می‌دهد که آنتروپی و آنتالپی در فرآیند جذب سطحی رنگزاهای BV-16 و CV به صورت مطلوب عمل می‌کند. پس می‌توان استنباط کرد که تغییرات مثبت آنتروپی در جهت افزایش جذب سطحی آلاینده‌ها عمل می‌کند و تغییرات مثبت آنتالپی در جهت کاهش جذب سطحی آلاینده‌ها عمل می‌کند.

۳-۱-۲- مطالعات آزمایشگاهی آلاینده‌های معدنی (فلزات سنگین) در پساب مصنوعی

تأثیر پارامترهای pH، مقدار جاذب، غلظت محلول حاوی آلاینده‌ی آلی، زمان تماس و دما در فرآیند جذب مورد بررسی قرار گرفته است.

برای جذب یون‌های مس (II) و منگنز (II) توسط نانوجاذب سالوادورا پرسیکا مقدار بهینه $pH=5$ تعیین شد یون‌های فلزی فوق در $pH=5/5$ شروع به رسوب کردن می‌کند. با افزایش مقدار نانوجاذب مقدار جذب یون‌های مس (II) و منگنز (II) روند صعودی دارد.

با افزایش غلظت آلاینده، درصد جذب یون‌های فوق کاهش می‌یابد. افزایش دما باعث افزایش میزان جذب یون‌های مس (II) و منگنز (II) می‌شود.

در حالت تعادلی نتایج نشان می‌دهد که ایزوترم حاکم بر فرآیند جذب سطحی یون‌های مس (II) و منگنز (II) ایزوترم فروندلیچ است و سینتیک فرآیندهای فوق شبه مرتبه دوم است. زیرا بیشترین

ضریب همبستگی را با داده‌های آزمایشگاهی دارد.

مقادیر منفی انرژی گیبس نشان می‌دهد که جذب یون‌های مورد مطالعه با استفاده از نانوجاذب سالوادورا پرسیکا به صورت خود به خودی می‌باشد.

تغییر مقادیر آنتالپی به صورت منفی نشان دهنده این است که فرآیند جذب سطحی یون‌های مس (II) و منگنز (II) بر روی نانوجاذب سالوادورا پرسیکا یک واکنش گرمازا است.

مقادیر مثبت و کوچک آنتروپی نشان دهنده تأثیر جزئی فصل مشترک تصادفی نانوجاذب/محلول در طول فرآیند جذب یون‌های مس (II) و منگنز (II) است.

$\Delta S > 0$ ، لذا آنتروپی به صورت مطلوب در فرآیند جذب سطحی یون‌های مس (II) و منگنز (II) عمل می‌کند.

۳-۱-۳- مطالعات آزمایشگاهی زهاب اسیدی معدن در سیستم ناپیوسته

در سیستم ناپیوسته تأثیر پارامترهای مقدار جاذب و دما در فرآیند جذب سطحی فلزات مس (II) و منگنز (II) به ترتیب با غلظت‌های ۱۸/۵۷ و ۹/۳ ppm موجود در زهاب واقعی معدن با pH=۴/۷ مورد بررسی قرار گرفته و میزان حذف یون‌های فلزی بعد از گذشت ۶۰ دقیقه ارائه شده است.

با افزایش مقدار جاذب، غلظت یون‌های محلول موجود در زهاب کاهش می‌یابد.

تأثیر پارامتر دما بر میزان جذب سطحی یون‌های مس (II) و منگنز (II) موجود در زهاب اسیدی مورد بررسی توسط ۰/۱ گرم نانوجاذب سالوادورا پرسیکا بررسی شد. افزایش دما باعث افزایش جذب یون‌های فوق می‌شود.

فرآیند جذب به صورت تعادلی و سینتیکی بررسی شد. نتایج فرآیند جذب به صورت تعادلی

نشان می‌دهد که جذب از ایزوترم فروندلیج تبعیت می‌کند، زیرا بیشترین همبستگی را با داده‌های آزمایشگاهی دارد. نتایج مطالعات سینتیکی نشان می‌دهد که سینتیک حاکم بر واکنش شبه‌مرتب دوم و نفوذ درون ذره‌ای است.

بر اساس مطالعات ترمودینامیکی، مقادیر منفی انرژی گیبس نشان می‌دهد که جذب یون‌های مس (II) و منگنز (II) با استفاده از نانوجاذب سالوادورا پرسیکا از پساب اسیدی معدن به صورت خود به خودی است.

تغییر مقادیر آنتالپی به صورت منفی نشان می‌دهد که فرآیند جذب سطحی یون‌های مس (II) و منگنز (II) با استفاده از نانوجاذب سالوادورا پرسیکا از زهاب اسیدی معدن یک فرآیند گرمازا است. مقادیر مثبت و کوچک آنتروپی نشان دهنده تأثیر جزئی فصل مشترک تصادفی نانوجاذب/محلول در طول فرآیند جذب یون‌های مس (II) و منگنز (II) است.

از آنجا که $\Delta H < 0$ و $\Delta S > 0$ ، لذا پارامترهای ترمودینامیکی آنتالپی و آنتروپی به صورت مطلوب در فرآیند جذب سطحی یون‌های مس (II) و منگنز (II) عمل می‌کنند.

۳-۲- جمع بندی

با توجه به کارهای انجام شده در مقیاس آزمایشگاهی، ثابت شد که نانوجاذب سالوادورا پرسیکا می‌تواند جاذبی با بازده بالا و هزینه کم جهت تصفیه آلاینده‌های آلی و آلاینده‌های معدنی از پساب‌های آلوده باشد. با توجه به محدوده زیستگاه سالوادورا پرسیکا که در ایران و کشورهای همجوار رشد می‌کند هزینه تهیه و آماده سازی این نانوجاذب پایین است. پایین بودن هزینه خود مزیتی بزرگ برای توسعه بیشتر این نانوجاذب برای مصارف صنعتی با دبی زهاب بالا است.

۳-۳- پیشنهادها

در این پایان نامه پیشنهادهای زیر ارائه می‌شود:

- با توجه به اهمیت محیط زیست و نیاز روز افزون به جاذب‌های ارزان و در دسترس، پیشنهاد می‌شود از نانوجاذب سالوادورا پرسیکا در مقیاس صنعتی برای تصفیه زهاب‌های معدنی و پساب‌های دیگر صنایع استفاده شود.

- پیشنهاد می‌شود قابلیت حذف آلاینده‌های آلی و معدنی از پساب‌های آلوده در سیستم پیوسته مورد مطالعه قرار گیرد.

- بررسی کارایی نانوجاذب سالوادورا پرسیکا در حذف آلاینده‌های فلزی دیگر به صورت منفرد و مخلوط با یکدیگر.

- بررسی کارایی نانوجاذب سالوادورا پرسیکا در حذف آلاینده‌های آلی دیگر.

- بررسی قابلیت حذف آلاینده‌های آلی در حالت مخلوط.

- مطالعه پتانسیل جایگزینی نانوجاذب سالوادورا پرسیکا با کربن فعال.

- بررسی قابلیت بازیابی مجدد نانوجاذب.

- بررسی قابلیت بازیابی فلزات سنگین جذب شده بر روی نانوجاذب سالوادورا پرسیکا و استفاده از فلزات.

منابع:

سیف پناهی شعبانی، ک، (۱۳۹۲)، رساله دکتری: "مطالعات آزمایشگاهی و مدل سازی عددی حذف آلاینده های فلزی سنگین با استفاده از نانوذرات دیاتومیت/پرلیت از زهاب اسیدی خروجی دمپ ۳۱ معدن مس سرچشمه"، دانشگاه شاهرود، دانشکده معدن، نفت و ژئوفیزیک.

شریفی س، پور رجب م، سخائی ف، علیا م "بکارگیری پوست موز در حذف فلزات سنگین سرب، مس و نیکل از پساب".

حجت، آ، (۱۳۸۱)، پایان نامه ارشد: "آلودگی های زیست محیطی ناشی از باطله های معدنی و ارزیابی آنها با استفاده از روش های ژئوالکتریک"، دانشگاه شاهرود، دانشکده معدن، نفت و ژئوفیزیک.

دولتی ارده جانی، ف. شفائی تنکابنی، ض. میرحبیبی، ع و بدیعی خ، (۱۳۸۴). "بیوتکنولوژی، ژئوشیمی زیست محیطی و مدیریت پسابها، جلد اول: پساب های معدنی"، تهران، پژوهشکده صنایع رنگ ایران، چاپ اول.

حیدر طائمه، م، (۱۳۹۰)، پایان نامه ارشد: "حذف آلاینده های رنگی آلی و فلزی از پساب با استفاده از نانوپرلیت" دانشگاه شاهرود، دانشکده معدن، نفت و ژئوفیزیک.

فرهادی، ف، (۱۳۸۶)، پایان نامه ارشد: "مدلسازی فرایند جذب رنگزاهای سنتزی از پسابها با استفاده از جاذب دیاتومیت" دانشگاه شاهرود، دانشکده معدن، نفت و ژئوفیزیک.

محبوبی، ن، (۱۳۸۳)، سمینار ارشد: "آلودگی آب های زیر زمینی در اثر فعالیت های معدنی" دانشگاه شاهرود، دانشکده معدن، نفت و ژئوفیزیک.

Aguado J., Arsuaga J. M., Arencibia A., Lindo M. and Gascon V. (2009) "Aqueous heavy metals removal by adsorption on amine-functionalized mesoporous silica" J. of . **Hazardous Materials**. Vol. 163, pp. 213–221.

- Ahluwalia S S and Goyal D. (2007) "Microbial and plant derived biomass for removal of heavy metals from waste water" **J. of. Bioresour Technol.** Vol. 12, pp. 2243-2257.
- Almas K. (2001) "The effects of extracts of chewing sticks (*Salvadora persica*) on healthy and periodontally involved human dentine. a SEM study" **J. of . Indian J Dent Res.** Vol. 12, pp. 27–32.
- Aoife M., John P., David A., John R., Justin D. and Michael A. (2009) "Large pore bi-functionalised mesoporous silica for metal ion pollution treatment" **J. of . Hazardous Materials.** Vol. 164, pp. 229-234.
- Bakatula E.N., Cukrowska E.M., Weiersbye I.M., Mihaly-Cozmuta L., Peter A. and Tutua H. (2014) "Biosorption of trace elements from aqueous systems in gold mining sites by the filamentous green algae (*Oedogonium* sp)" **J. of. Geochemical Exploration.**
- Boraphech P. and Thiravetyan P. (2014) "Trimethylamine (fishy odor) adsorption by biomaterials: effect of fatty acids, alkanes, and aromatic compounds in waxes" **J. of . Hazardous Materials.**
- Cima F. (2011) "Tin: Environmental Pollution and Health Effects" **J. of . Encyclopedia of Environmental Health.** Vol. 21, pp. 351-359.
- Chunnu G., Yangjun G., Dan L., Xuping J. and Qinhong H. (2014) "Contamination investigation and risk assessment of molybdenum on an industrial site in China" **J. of . Geochemical Exploration.** Vol. 144, pp. 273-281.
- Claudio A., Francesca R., Alejandra M., John M. and Murray T. (2014) "Copper-induced intra-specific oxidative damage and antioxidant responses in strains of the brown alga *Ectocarpus siliculosus* with different pollution histories" **J. of . Aquatic Toxicology.**
- Eiteman wuj., Lawse MA. (1998) "Evaluation of membrane filtration and azonation processes for treatment of reactive dye wastewater" **J. of . Environmental Engineering.** Vol.124, pp. 272-77.
- El-Ashtoukhy E., Amin K. and Abdelwahab O. (2008) "Removal of lead (II) and copper (II) from aqueous solution using pomegranate peel as a new adsorbent." **J. of. Desalination** .vol. 223, pp. 162–173.
- Equeenuddin Sk. Md., Tripathy S., Sahoo P.K. and Panigrahi M.K. (2009) "Hydrogeochemical characteristics of acid mine drainage pollution at Makum Coalfield India, Accepted Manuscript" **Geochem. Explo.**, 4. pp1.
- Fang F., Lingtao K. and Jiarui H. (2014) "Removal of cobalt ions from aqueous solution by an amination graphene oxide nanocomposite" **J. of . Hazardous Materials.** Vol. 270, pp. 1-10.
- Frandegard P., Krook J and Svensson N. (2015) "Integrating remediation and resource

recovery: On the economic conditions of landfill mining” **J. of. Waste Management.**

Gutha Y., Nettem K., Munagapati V. and Abburi K. (2014) “Biosorption of Pb(II) from aqueous solution by Solanum melongena leaf powder as a low-cost biosorbent prepared from agricultural waste” **J. of. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces.** Vol. 114, pp. 75-81.

Halawany Suliman H. (2012) “A review on miswak (Salvadora persica) and its effect on various aspects of oral health” **J. of . The Saudi Dental.** Vol. 24, pp. 63–69.

Hanan Balto a., Basma G. and Al-Sulaiman H. (2012) “The efficacy of Salvadora persica extract in the elimination of the intracanal smear layer: A SEM study” **J. of . The Saudi Dental.** Vol. 24, pp. 71–77.

Hassan Suliman H. (2012) “A review on miswak (Salvadora persica) and its effect on various aspects of oral health” **J. of . The Saudi Dental.** Vol. 24, pp. 63-69.

<http://www.kew.org/science-conservation/plants-fungi/salvadora-persica-toothbrush-tree>

Isabel C., Juan B., Jaume B. and Charlotte P. (2014) “Antimony accumulation and toxicity tolerance mechanisms in Trifolium species” **J. of . Geochemical Exploration.** Vol. 147, pp. 167-172.

James J., Martin G., John B. and Timothy E.H. (2007) “Scale-dependent spatial variability in peatland lead pollution in the southern Pennines, UK” **J. of . Environmental Pollution.** Vol. 145, pp. 111-120.

Jinlong Y., Guixiang Q. and Cheng D. (2013) “Effects of the Combined Pollution of Lead and Cadmium on Soil Urease Activity and Nitrification” **J. of. Procedia Environmental Sciences.** Vol. 18, pp. 78-83.

Joke V., Kim N., Ivan A., Reinhart C. and Ivan N. (2011) “Does the stress tolerance of mixed grassland communities change in a future climate? A test with heavy metal stress (zinc pollution)” **J. of . Environmental Pollution.** Vol. 159, pp. 3294-3301.

Khatak M., Khatak S., Siddqui A., Vasudeva N., Aggarwal A. and Aggarwal P. (2010) “Salvadora persica, Pharmacogn Rev” **J. of . Jul-Dec.** Vol. 4(8), pp. 209–214.

Khan T A., Khan E K. (2015) “Removal of basic dyes from aqueous solution by adsorption onto binary iron-manganese oxide coated kaolinite: Non-linear isotherm and kinetics modeling” **Applied Clay Science** 2015; 107: 70–77

Kislova E. V., Imetkhenovb A. B. and Sandakovab D. M. (2010) “The Yermakovskoye fluorite-beryllium deposit: avenues for improving ecological security of revitalization of the mining operations” **J. of. Geography and Natural Resources.** Vol. 31, pp. 324-329.

- Martin J. (2014) “Future strategies for tackling mercury pollution in the artisanal gold mining sector: Making the Minamata Convention work” **J. of Futures**. Vol. 62, pp. 106-112.
- Liu X. and Jong Lee G. (2014) “Thermodynamic parameters for adsorption equilibrium of heavy metals and dyes from wastewaters” **J. of . Bioresource Technology**.
- Marta L., Pablo L., Roberto H., Jose L., Barriada C., Calin D., Manuel E. and Sastre V. (2013) “Experimental evidences for a new model in the description of the adsorption-coupled reduction of Cr(VI) by protonated banana skin” **J. of. Bioresource Technology**. Vol. 139, pp. 181-189.
- Najafi M., Yousefi Y., Rafati A. (2012) “Synthesis, characterization and adsorption studies of several heavy metal ions on amino-functionalized silica nano hollow sphere and silica gel” **J. of. Separation and Purification Technology**. Vol. 85, pp. 193–205.
- Njoku V.O. (2014) “Biosorption potential of cocoa pod husk for the removal of Zn(II) from aqueous phase” **J. of. Environmental Chemical Engineering**. Vol. 2, pp. 881-887.
- Phattara B. P (2014) “ Trimethylamine (fishy odor) adsorption by biomaterials: Effect of fatty acids, alkanes, and aromatic compounds in” **J. of. Hazardous Materials**.
- Rachana S., Samiksha S., Parul P. and Vijay P. (2015) “Arsenic contamination, consequences and remediation techniques: A review” **J. of . Ecotoxicology and Environmental Safety**. Vol. 112, pp. 247-270.
- Ramoliya P. J., Patel H. M. and Pandey A. N. (2004) “Effect of salinization of soil on growth and macro- and micro-nutrient accumulation in seedlings of *Salvadora persica* (Salvadoraceae)” **J. of . Forest Ecology and Management**. Vol. 202, pp. 181-193.
- Rangabhashiyam S. and Selvaraju N. (2014) “Evaluation of the biosorption potential of a novel *Caryota urens* inflorescence waste biomass for the removal of hexavalent chromium from aqueous solutions” **J. of. Taiwan Institute of Chemical Engineers**.
- Rollin H. B. (2011) “Manganese: Environmental Pollution and Health Effects” **J. of . Encyclopedia of Environmental Health**. Vol, 56. pp. 617-622.
- Ronda A., Martin-Lara M., Calero M., Blazquez G. (2013) “Analysis of the kinetics of lead biosorption using native and chemically treated olive tree pruning” **J. of . Ecological Engineering**. Vol. 58. pp. 278-255.
- Ronse D., Craene L. and Wanntorp L. (2009) “Floral development and anatomy of *Salvadoraceae*” **J. of . Ann Bot**. Vol. 104,pp. 913–2.
- Sanogo R., Monforte M. T., dAquino A., Rossitto A., Mauro D. Di. and Galati E. M.

- (1999) "Antiulcer activity of *Salvadora persica* L structural modification" **J. of . Phytomedicine**. Vol. 6(5), pp. 363-366.
- Seifpanahi Shabani K., Doulati Ardejani F., Badii K. and Olya M. (2013) "Preparation and characterization of novel nano-mineral for the removal of several heavy metals from aqueous solution: Batch and continuous systems." **J. of. Arabian Journal of Chemistry**, article in press.
- Senthilkumar R., Velan M. and Feroz S. (2014) "Removal of Heavy Metals by Seaweeds in Wastewater Treatment" pp. 165.
- Shanker A. K and Venkateswarlu B. (2014) "Chromium: Environmental Pollution, Health Effects and Mode of Action" **J. of . Encyclopedia of Environmental Health**. Vol.58 , pp. 650-659.
- Sohaili K. (2010) "The Impact of Improvement in Iran Iron and Steel Production Technology on Environment Pollution" **J. of . Procedia Environmental Sciences**. Vol. 2, pp. 262-269.
- Tasar S., Kaya F. and Ozer A. (2014) "Biosorption of lead(II) ions from aqueous solution by peanut shells: Equilibrium, thermodynamic and kinetic studies" **J. of. Environmental Chemical Engineering**. Vol. 2, pp. 1018-1026.
- Vilar J. P., Botelho M. S. and Boaventura. (2007) "Methylene blue adsorption by algal biomass based materials: Biosorbents characterization and process behavior" **J. of. Hazardous Materials**. Vol. 147, pp. 120–132.
- Villaa M., Manjone G. and Hurtadoa R. (2011) "Uranium pollution in an estuary affected by pyrite acid mine drainage and releases of naturally occurring radioactive materials" **J. of . Marine Pollution Bulletin**. Vol. 62, pp. 1521-1529.
- Volesky B. (2001) "Detoxification of metal-bearing effluents: biosorption for the next century" **J. of. Hydrometallurgy**. Vol. 59, pp 203–216.
- World Agroforestry Centre (2013) *Salvadora persica*, Agroforestry database.
- Yargıç A. S., Yarbay R.Z., Ozbay N. and Onal E. (2014) "Assessment of Toxic Copper(II) Biosorption from Aqueous Solution by Chemically- Treated Tomato Waste (*Solanum lycopersicum*)" **J. of. Cleaner Production**.
- Young-Chan K., Won-Hwa H. and Yuan-Long Z. (2015) "Development of a model to calculate asbestos fiber from damaged asbestos slates depending on the degree of damage" **J. of. Cleaner Production**. Vol. 86, pp. 88-9.

Abstract:

This research consist of the application *Salvadora Persica* nanoparticles for removal of water pollutants such as: organic (dyes), toxic elements and also treatment of acid mine drainage of Sarcheshme Copper mine. In order, the physical and chemical characterization of the nanoadsorbent, SEM, XRD, FT-IR and CNHS analyses have been done. The adsorbent nanoparticles are shapeless and with the size of less than 100 nm. The CNHS and FT-IR analyses show that 33.25 percent of nanoparticles consist of carbon and the only agent which removes the pollution is -OH, being at 3775 band. The removal of basic blue 41, basic violet 16 and crystal violet dyes, Cu(II) and Mn(II) ions, respectively. from synthetic in single system and waste as well as Sarcheshme`s AMD binary system have been studied using a batch system. The results show the removal of dyes, Cu(II) and Mn(II) are more than 90, 80 and 50%, respectively. The study of kinetics shows that the adsorption of dyes follows pseudo-second order and pore diffusion model as well as toxic elements and equilibrium isotherms are Langmure and Frenlduich respectively. The ICP analyze of Sarcheshme`s AMD indicates contamination of Fe(II), Cu(II) and Mn(II) ions with a concentration of 1.5, 18.57 and 9.3 (mg/l). The treatment process was held using a batch system with an output of 86 and 44 for Cu(II) and Mn(II) ions in binary system, respectively.

Key words:

Adsorption, *Salvadora Persica* Plant nanoadsorbent, acid mine drainage, toxic elements, dyes.



University of Shahrood

Faculty of Mining, Petroleum and Geophysics

Mineral Engineering Department

Ms. Thesis

**Feasibility Study on the Application of *Salvadora Persica* Plant nanopartiecl for
Wastewater Treatment, Case study: Sarcheshmeh Copper mine.**

Ali Hamidi

Supervisors:

Dr. M. Karamoozian

Dr. K. Seifpanahi Shabani

September 2015