حذف سرب از پساب فاضلاب سنتتیک صنایع باتری سازی توسط نانوذرات مگهمایت (γ-Fe_2O_3)

عباس خدابخشی [۱]، محبوبه کمالی [۲] ، محمدمهدی امین [۳]، مرتضی سدهی [۴]، ملوک هادی علیجانوند [۵]، مرضیه وحید دستجردی [۶]

مقاله پژوهشی

چکیده

مقدمه: سرب یکی از آلاینده‌های سمی اولویت‌دار محسوب می‌شود و از پساب صنایعی از قبیل باتری‌سازی، رنگ‌کاری،ساخت تسلیحات، شیشه‌سازی، صنعت چاپ و غیره وارد محیط زیست می‌گردد. در این تحقیق نانوذرات اکسید آهن مغناطیسی (مگهمایت γ-Fe_2O_3) به منظور ، حذف سرب از پساب سنتتیک صنایع باتری‌سازی مورد بررسی قرار گرفت.

روش‌ها: دراین مطالعه تأثیر عوامل مختلف شامل pH، غلظت اولیه سرب و زمان تماس بر حذف سرب از پساب سنتتیک توسط نانو ذرات مگهمایت مورد بررسی قرار گرفت و پس از جداسازی جاذب توسط میدان مغناطیسی، سنجش غلظت سرب باقیمانده در مایع رویی با دستگاه جذب اتمی مدل پرکین المر ۲۳۸۰ صورت گرفت. سپس نتایج توسط نرم افزار SPSS نسخه۱۸ آنالیز گردید.

یافته‌ها: نتایج این تحقیق نشان دادکه در شرایط pH معادل ۷، غلظت اولیه سرب ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر و نانو مگهمایت با دوز ۰/۱ گرم بر لیتر، زمان تماس ۴۰ دقیقه، سرعت اختلاط ۱۵۰ دور بر دقیقه، راندمان حذف سرب ۶۳/۹۱٪ و ظرفیت جذب نیز ۶۱mg/g است.

نتیجه‌گیری: در شرایط بهینه نانوذرات مگهمایت ظرفیت جذب بالا، سریع و مؤثر فلز سرب را داشته و راندمان حذف با pH و زمان رابطه مستقیم و با غلظت اولیه سرب رابطه عکس داشته و مدل جذب با ایزوترم فروندلیچ مطابقت دارد.

واژه‌های کلیدی: سرب، جذب سطحی، نانو ذرات مگهمایت، باتری سازی

ارجاع: خدابخشی عباس، کمالی محبوبه، امین محمدمهدی، سدهی مرتضی، علیجانوند ملوک هادی، وحید دستجردی مرضیه. **حذف سرب از پساب فاضلاب سنتتیک صنایع باتری سازی توسط نانوذرات مگهمایت** (γ-Fe_2O_3). مجله تحقیقات نظام سلامت ۱۳۹۴؛ ۱۱(۱): ۱۴۲-۱۳۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۷/۲۴ **تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۱/۲۸**

۱. استادیار گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد،شهرکرد،ایران(نویسنده مسؤول)
Email: khodabakhshi@hlth.mui.ac.ir
۲. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد، شهرکرد، ایران
۳. دانشیار گروه مهندسی بهداشت محیط دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
۴. استادیار گروه آمار و اپیدمیولوژی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد، ،شهرکرد ایران
۵. دانشجوی دکترای ،گروه آمارو اپیدمیولوژی دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد، شهرکرد، ایران
۶. کارشناس مرکز تحقیقات محیط زیست، دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

مقدمه

رشد فزاینده‌ی فعالیت‌های صنعتی و افزایش استفاده از مواد شیمیایی، آلودگی‌ها را در محیط زیست و عمدتا در اکوسیستم آبی افزایش داده است (۳-۱). پساب خروجی فاضلاب‌های صنعتی عمدتا حاوی فلزات متنوعی هستند که سمیت آن‌ها تهدید جدی برای محیط زیست و بهداشت عمومی می‌باشد (۱). فلزات سنگین از صنایع مختلفی همچون معدن کاری، پالایش فلزات، آبکاری و نساجی به محیط تخلیه می‌شوند.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-30]

تحمیل خطرات توسط فلزات سنگین در محیط زیست به گیاهان،حیوانات و حتی نوع بشر امری شناخته شده است (۵-۴).

سرب عنصری رادیواکتیو است و دو عدد اکسیداسیون ۲+ ، ۴+ و چهار ایزوتوپ طبیعی به ترتیب فراوانی: ۲۰۹، ۲۰۸، ۲۰۷ و ۲۰۴ دارد (۶). سرب از نظر انتشار،گسترده‌ترین عنصرسنگین و سمی در محیط زیست است.

به ویژه از زمان مصرف آن در بنزین، از پراکنش و سیعی در سطح جهان برخوردار شده است.به علاوه، مقادیر زیادی پساب حاوی سرب، توسط صنایعی از قبیل باتری‌سازی، رنگ‌کاری،ساخت تسلیحات، شیشه‌سازی، صنعت چاپ و غیره ایجاد می‌شود (۷). سرب یکی از سمی‌ترین فلزات سنگین است که در بافت‌های عضلات، استخوان‌ها، کلیه و مغز تجمع می‌یابد و باعث ناراحتی‌های کلیوی، هپاتیت،آنسفالوپاتی، آنمی، عدم کارایی ریه، آسیب‌های استخوان، فشارخون و سرطان می‌شود (۱۱-۸) .

سرب به همراه برخی دیگر از فلزات سنگین نظیر کادمیم و کروم توسط سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا در دسته آلاینده‌های سمی اولویت‌دار طبقه‌بندی شده است. سازمان حفاظت محیط زیست امریکا حداکثر غلظت مجاز (MCL) Maximum concentration limit سرب را ۰/۰۱۵ میلی‌گرم بر لیتر و حداکثر غلظت مطلوب (MCLG) Maximum concentration limit goal را در سال ۲۰۱۳، صفر تعیین نموده است (۱۲) . استاندارد سازمان محیط زیست ایران برای دفع سرب به محیط زیست میزان ۱ میلی‌گرم در لیتر است (۱۳) .

از روش‌های متداولی که برای تصفیه پساب‌های آلوده به سرب مورد استفاده قرار می‌گیرد می‌توان روش فیزیکی-شیمیایی (شامل خنثی‌سازی ترسیبی به کمک آهک و کربنات‌سدیم) و روش زیستی و صافی غشایی، کواگولاسیون و جذب سطحی را نام برد (۱۴) . رایج‌ترین روش‌ها شامل روش ترسیب شیمیایی، تعویض یونی و جذب سطحی روی کربن فعال است (۱۵) . این روش‌ها با وجود کارایی نسبتا مطلوب دارای معایب نیز هستند که در زیر به آن‌ها اشاره شده است.

۱- بالا بودن هزینه مواد شیمیایی و تجهیزات مورد استفاده

۲- احتمال افزایش آلودگی به صورت ثانویه در صورت عدم تکمیل واکنش بین مواد شیمیایی و فلز

۳- بازیابی دشوار و اغلب غیر عملی فلز جدا شده به دلیل امکان ایجاد ترکیب پایدار بین سرب و ماده شیمیایی افزوده شده

۴- راهبری پیچیده و پرهزینه سامانه‌های زیستی به دلیل حساسیت بالای میکروارگانیسم‌ها به تغییرات ناگهانی pH، دما و اکسیژن محلول

۵-امکان ایجاد پدیده تورم لجن و اختلال در سیستم و کاهش ناگهانی راندمان سیستم

۶- تحمیل هزینه‌های بالای دفع لجن

۷- عدم امکان کاربرد در پساب‌های با بار آلودگی بالای سرب به دلیل عدم امکان حیات و فعالیت میکروارگانیسم‌های موجود

۸- افزایش شدت جریان پساب روزانه به علت رقیق‌سازی فاضلاب (۱۴) .

امروزه در نتیجه پیشرفت در نانوتکنولوژی، اکسیدهای آهن در مقیاس نانو تبدیل به مواد خاصی برای تصفیه فاضلاب‌ها ، تسریع انعقاد پساب، حذف رادیو نوکلوئیدها، جذب رنگ‌های آلی و پاک‌سازی خاک‌های آلوده و حذف ترکیبات مقاوم هچون بنزن شده‌اند (۱۷-۱۶) و مطالعات مشابهی جهت حذف سرب و دیگر آلاینده‌ها توسط اکسیدهای آهن مغناطیسی گزارش شده توسط محققانی همچون Nassar,N ،N مدرکیان،P.Yuanو Hu, J., G. Chen صورت گرفته است. امروزه انواع نانومواد جهت تصفیه آلاینده‌های زیست محیطی وجود دارند، اما نانوذرات مگهمایت جاذب بسیار مناسبی هستند که در آن‌ها خواص جداسازی مغناطیسی با ظرفیت تبادل یون جهت حذف آلاینده‌های فلزی سنگین همراه می‌گردد (۱۸). لذا در این تحقیق با توجه به مزایای نانو

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-30]

ذرات سعی گردید به منظور حذف سرب از پساب سنتتیک صنایع باتری سازی از نانوذرات مگهمایت استفاده شود.

روش‌ها

در این مطالعه نانومگهمایت خریداری شده از شرکت Nano Amor مورد استفاده قرار گرفت که دارای مساحت سطح ۵۰-۲۰ متر مربع در هر گرم بودند،سایر ویژگی‌های این نانو ذرات در جدول ۲ بیان شده است. آزمایشات با استفاده از روش full factorial با در نظر گرفتن فاکتورهای pH به مقادیر ۳،۴،۵،۶،۷،۸ غلظت اولیه سرب (با توجه به محدوده غلظت سرب در پساب صنایع باتری‌سازی) ۳۰۰،۲۰۰،۴۰۰ ، ۱۰۰، ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر، زمان تماس ۱۰،۲۰،۳۰،۶۰،۵۰،۴۰ دقیقه و دوز جاذب ۰/۱ گرم بر لیتر و سرعت اختلاط ۱۵۰ دور بر دقیقه و با احتساب ۳ بار تکرار صورت پذیرفت (جدول ۱).

ابتدا محلول استوک ۱ گرم در لیتر نیترات سرب (مرک) تهیه گردید،سپس رقت‌های مختلف سرب از این محلول با حجم نمونه ۵۰ میلی‌گرم در لیتر ساخته شد و پس از تنظیم pH توسط سود و اسید نیتریک ۰/۱ مولار ، ۰/۱گرم بر لیتر جاذب مگهمایت اضافه گردید و بدین وسیله شرایط بهینه برای جذب توسط نانومگهمایت تعیین گردید. در پایان توسط یک میدان مغناطیسی با شدت ۰/۳۱ تسلا اقدام به جداسازی جاذب گردید و غلظت سرب باقیمانده در محلول نیز توسط دستگاه جذب اتمی مدل پرکین المر ۲۳۸۰ اندازه‌گیری شد. لازم به ذکر است که آزمایشات در دمای اتاق (۲۸°C) و به صورت ناپیوسته انجام گرفت. راندمان حذف و ظرفیت جذب از معادلات ۱ و ۲ تعیین شدند.

$$R = [(C0 - Ce)/ C0] \times 100 \qquad (۱)$$

$$\left[\frac{(C0 - Ce)V}{m}\right] = qe \qquad (۲)$$

C_0=غلظت اولیه سرب، mg/L

C_e=غلظت باقیمانده سرب پس از جذب، mg/L

R= درصد حذف

V= (حجم نمونه)

q_e= ظرفیت جذب mg/g

m=جرم جاذب g

همچنین نانو ذرات مورد استفاده در این تحقیق برای تشخیص ساختار بلوری تشکیل شده و ترکیب آن مورد آزمایش پراش پرتو ایکس (XRDیا X-ray diffraction) توسط دستگاه 8-ADVANCE Bruker D ساخت آلمان با طول موج ۱/۷۸۹ انگستروم، و لتاژ ۴۰ کیلوولت، جریان ۴۰ میلی‌آمپر و (X-rayfluorescence یا XRF) -S4 PIONEER با شرایط کاری ولتاژ ۱۰ کیلوولت و فاصله کاری ۹mm و۱/۵۸۰۶ انگستروم قرارگرفتند که نتایج آن در نمودار ۱ و جدول ۲ بیان شده است. نانوذرات دارای اندازه ۴۰-۲۰ نانومتر و مساحت سطحی ذرات ۵۰-۲۰ m^2/g هستند.

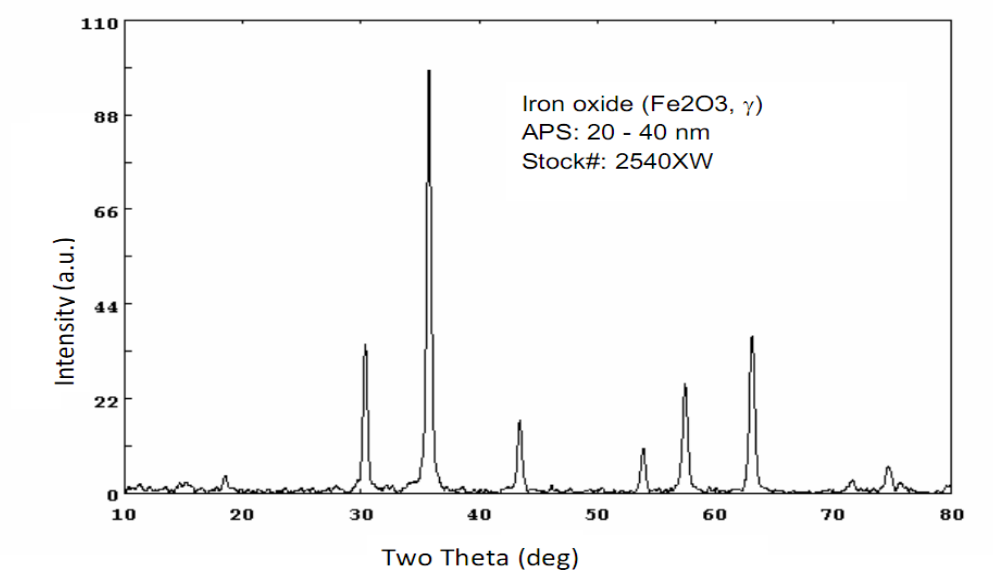
جدول ۱. دامنه پارامترهای آزمایش شده

متغیر مرحله	pH	غلظت اولیه (ppm)	زمان (دقیقه)
اثر غلظت اولیه سرب	۷	۵۰-۴۰۰	۳۰
اثر pH	۳-۸	۱۰۰	۳۰
اثر زمان تماس	۷	۱۰۰	۱۰-۶۰

جدول ۲. نتیجه آنالیز XRF نانومگهمایت‌های استفاده شده در این تحقیق

محتوا	ترکیبات
Fe_2O_3	>۹۹
Ca,	۰/۰۰۳
Cr	۰/۰۱۵
SiO_2	۰/۰۹۱
SO_4^{2-}	۰/۸

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-30]



نمودار ۱. میکروگراف XRD نانوذرات Fe_2O_3-استفاده شده در این تحقیق

یافته‌ها

اثر pH بر جذب سطحی سرب

نمودار ۲، نتایج تأثیر pH بر حذف سرب توسط نانو ذرات مگهمایت را نشان می‌دهد. مطابق این نمودار کارایی حذف سرب از ۱/۵۶±۳۷/۶۲ درصد در pH =۳ به ۲/۲۵±۷۷/۴۴ درصد در pH =۸ افزایش می‌یابد.از آن‌جا که هدف بررسی اثر جذب سطحی است و این عمل در pH بالاتر از ۷ به دلیل تداخل با عمل ترسیب قابل بررسی نیست لذا علی رغم راندمان بالاتر در pH۷،۸ pH با کارایی۲/۴۲±۶۱/۷۳ درصد به عنوان بهینه منظور گردید.

اثر زمان تماس بر جذب سطحی سرب

نمودار ۳ اثر زمان تماس را بر جذب سطحی سرب نشان می‌دهد. مطابق این نمودار راندمان حذف سرب با افزایش زمان افزایش می‌یابد و با راندمان ۱/۹۹±۴۶/۳۵٪ در زمان ۴۰ دقیقه به تعادل می‌رسد.

اثر غلظت اولیه سرب بر میزان جذب سطحی

آزمایشات ناپیوسته بررسی اثر غلظت سرب نشان می‌دهد که با افزایش غلظت اولیه محلول سرب راندمان حذف و ظرفیت جذب کاهش می‌یابد و حداکثر راندمان حذف معادل ۱۰/۶۷±۶۳/۹۱٪ در غلظت سرب اولیه ۵۰mg/l به‌دست آمد.

جدول ۳ تغییرات راندمان حذف و ظرفیت جذب را با افزایش غلظت اولیه سرب نشان می‌دهد. با افزایش غلظت اولیه از ۵۰ به۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر راندمان حذف از۶۳/۹۱٪ به ۳۷/۶۷٪ درصد کاهش و ظرفیت جذب از ۱۵/۸ به۷۵/۳۴٪ افزایش می‌یابد.

جدول ۴ پارامترهای ایزوترم‌های فروندلیچ و لانگمویر را نشان می‌دهد.

جهت بررسی ایزوترم‌های جذب از مدل‌های لانگمویر، و فروندلیچ استفاده شد. داده‌های حاصل از آزمایش جذب با نرم‌افزار اکسل تجزیه و تحلیل شد.نتایج به‌دست آمده در نمودار ۴ (a وb) آورده شده است. ایزوترم‌های جذب رابطه تعادلی ثابت–حرارت بین مقدار جذب‌شونده در واحد جاذب (**Qe**) و غلظت تعادلی محلول (Ce) است.

ایزوترم‌های جذب

ایزوترم جذب رابطه تعادلی بین آلاینده جذب شده در واحد جرم جاذب و غلظت تعادلی باقیمانده از محلول را در دمای ثابت بیان می‌کند. معادلات مختلفی برای بررسی مدل ایزوترم جذب توسط محققین مورد استفاده قرار گرفته است.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-30]

ازجمله متداول‌ترین این ایزوترم‌ها مدل لانگمویرو فروند لیخ است.که معادلات خطی آن‌ها (۳و۴) به صورت زیر بیان شده است.

مدل خطی فروندلیخ معادله(۳)

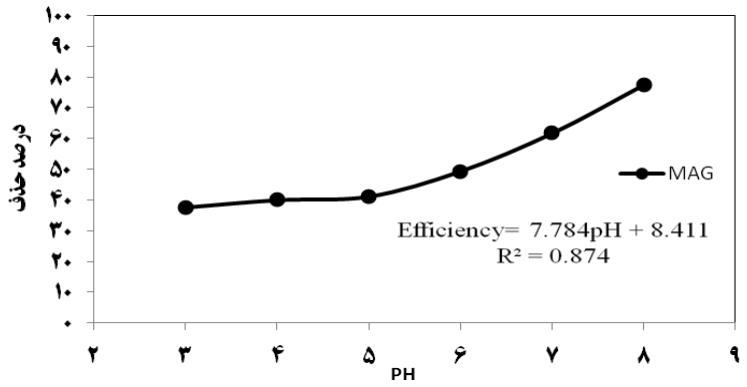
$$\mathrm{Ln}\ q = \mathrm{Ln}\ K_f + \tfrac{1}{n} \times \mathrm{LNn}\ C$$

مدل خطی لانگمویر معادله(۴)

$$\tfrac{1}{q} = \tfrac{1}{q_{max}} + \tfrac{1}{bq_{max}} \times \tfrac{1}{C}$$

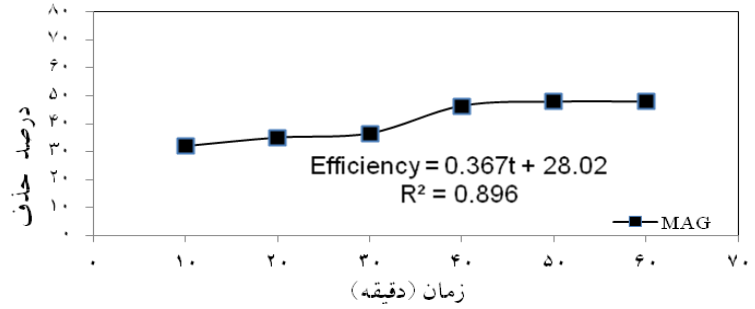
پارامترهای استفاده شده در این معادلات

m= مقدار جاذب (گرم) ، C غلظت باقیمانده سرب (میلی گرم در لیتر)، q ظرفیت جذب جاذب(میلی گرم بر گرم)، q_{max} حداکثر ظرفیت جذب (میلی‌گرم بر گرم)، b ثابت معادله لانگمویر، n ثابت تعادل فروندلیچ، k_f ثابت ایزوترم فروندلیچ، ایزوترم لانگمویر و فروندلیخ برای توصیف جذب تعادلی برقرار شده بین یون‌های فلزی جذب شده بر روی جاذب (q) و یون‌های فلزی باقیمانده در محلول (c) در دمای ثابت به کار برده می‌شود (۱۹) . در مدل لانگمویر ذکر شده است که جذب یون‌های فلزی بر روی سطح هموژن و به صورت تک‌لایه‌ای، در حالی‌که در مدل فروندلیخ جذب بر روی سطح هتروژن که دارای انرژی نابرابر است رخ می‌دهد (۲۰).



نمودار۲. تأثیر pH محلول بر کارآیی حذف سرب توسط نانومگهمایت

(غلظت اولیه سرب: ۵۰mg/L، دوز جاذب: ۰/۱g/L، شدت اختلاط: ۱۵۰ rpm ، زمان تماس: ۳۰ min و pH (۸-۳)



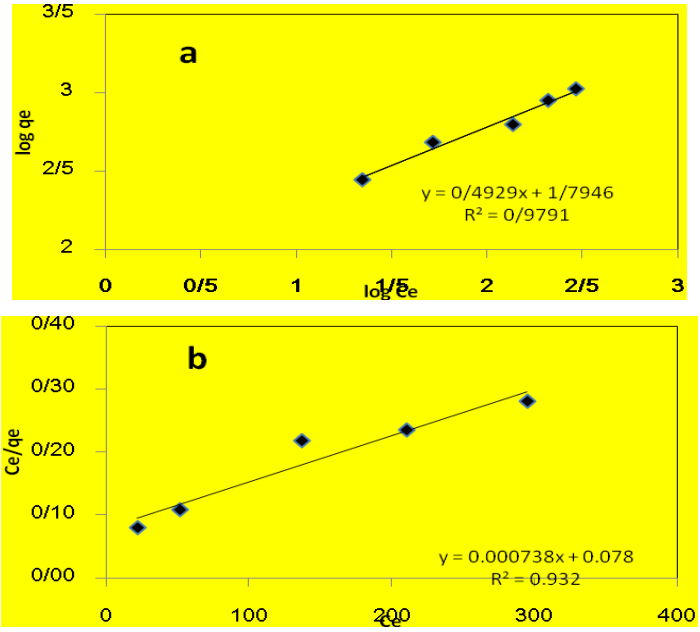
نمودار۳. اثر زمان تماس بر کارآیی حذف سرب توسط نانومگهمایت

(غلظت اولیه سرب: ۵۰ mg/L، دوز جاذب: ۰/۱g/L، شدت اختلاط: ۱۵۰ rpm ،pH=۷ و زمان تماس ۶۰-۱۰ دقیقه)

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-30]

جدول۳. اثرغلظت اولیه یون سرب بر راندمان حذف وظرفیت جذب

غلظت اولیه (ppm)	غلظت باقیمانده (ppm)	راندمان حذف (٪)	ظرفیت جذب (mg/g)
۵۰	۱۸/۰۴	۶۳/۹۱ ±۱۰/۶۷	۱۵/۸
۱۰۰	۴۴/۵۲	۵۵/۴۸±۱۶	۲۷/۷۴
۲۰۰	۱۱۰/۲	۴۴/۹±۱۶	۴۴/۹
۳۰۰	۱۷۳/۷۳	۴۲/۰۹±۱۶	۶۳/۱۳۵
۴۰۰	۲۴۹/۳۲	۳۷/۶۷±۱۶	۷۵/۳۴



نمودار۴. ایزوترم فروندلیچ (a)و لانگمویر(b) جذب سرب بر روی نانومگهمایت (دوز جاذب: ۰/۱g/L، شدت اختلاط: ۱۵۰ rpm ،pH=۷ و زمان تماس ۴۰ دقیقه)

جدول۴. پارامترهای ایزوترم‌های فروندلیچ و لانگمویر

ایزوترم	معادله	R^2	پارامتر
فروندلیچ	$Ln\ q = Ln\ K_f + \frac{1}{n} \times LNn\ C$	۰/۹۷	K_f=۶۲/۳۱
			1/n=۰/۴۹
لانگمویر	$\frac{1}{q} = \frac{1}{q_{max}} + \frac{1}{bq_{max}} \times \frac{1}{C}$	۰/۹۳	k_L=۰/۰۰۸۹
			q_m=۱۴۲۷/۵۷

بحث

اثر pH بر جذب سطحی سرب تأثیر می‌گذارد. نتایج نشان داد که راندمان حذف با افزایش pH، افزایش می‌یابد. افزایش پروتون‌زدایی ناشی از افزایش pH منجر به افزایش سایت‌های بار منفی شده که نیروهای جذب بین سطح جاذب و یون‌های Pb^{2+} را ارتقا می‌دهد (۲۱) .لذا منجر به افزایش ظرفیت جذب

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-30]

در مقادیر pH بالا گردید جایی که گونه‌های غالب سرب $Pb(OH)$ و $Pb(OH)_2$ هستند و چون انرژی آزاد پایینی دارند برای جذب مطلوب می‌باشند (۲۲). از طرف دیگر در یک نمونه آبی با pH پایین‌تر، سایت‌های بار مثبت غالب شده و این امر نیروی دافعه‌ی موجود بین سطح جاذب و یون‌های Pb^{2+} را افزایش می‌دهد، به علاوه یون‌های هیدروژن با یون‌های سرب بر سر اشغال سایت‌های جذب رقابت نموده و در نهایت باعث کاهش جذب سطحی یون‌های سرب در مقادیر pH پایین گردیدند (۲۲).

طبق بررسی AF. Danil de Namor و همکارانش، این مطلب که حذف سرب در مقادیر pH بالاتر از ۷ مربوط به جذب شیمیایی یا ترسیب است به وضوح مشخص نیست. لذا pH مطلوب جهت حذف سرب توسط نانومگهمایت ۷ در نظر گرفته می‌شود که با مطالعه انجام شده توسط A F.Danil de Namor و همکارانش (۲۳) و هم‌چنین محمدی (۲۴) مطابقت دارد. از لحاظ آماری بین مقدار pH و درصد حذف سرب رابطه مستقیم وجود دارد (P-value=۰/۰۳) . S.Z. Lee و همکارانش و نیز Martín-LaraM.Aنتایج مشابهی از اثرpH بر جذب سطحی سرب بر روی توده اکسید آهن در نمونه‌های آبی مشاهده نمودند (۲۶-۲۵).

تاثیرزمان تماس بر جذب سطحی سرب

تأیر زمان تماس بر میزان جذب بامقدار غلظت اولیه سرب: ۵۰mg/L، دوز جاذب: ۰/۱g/L، شدت اختلاط: ۱۵۰rpm، pH=۷ و زمان تماس ۶۰-۱۰ دقیقه مورد بررسی قرار گرفت. به‌دلیل اهمیت نقش زمان در هزینه‌های تصفیه فاضلاب، انتخاب زمان ۶۰ دقیقه با افزایش تنها ۱ درصدی راندمان نسبت به دقیقه ۴۰ از لحاظ اقتصادی به صرفه به نظر نمی‌رسد لذا زمان ۴۰ دقیقه به‌عنوان زمان بهینه منظور گردید. مطابق نمودار ۲، راندمان حذف با افزایش زمان تماس افزایش یافت این امر می‌تواند نتیجه سایز کوچک نانوذرات باشد که برای انتشار یون‌های سرب از توده محلول بر روی سایت‌های فعال سطح جامد مطلوب است، که با نتایج Nassar,N N و مدرکیانو P.Yuan و Hu, J.,. و همکارش مطابقت دارد (۲۹-۲۷،۲۱).

اثر غلظت اولیه سرب بر میزان جذب سطحی

بر اساس نتایج به دست آمده با افزایش غلظت اولیه راندمان حذف کاهش می‌یابد، کاهش راندمان حذف جذب با افزایش غلظت محلول سرب نتیجه‌ای از افزایش تعداد یون‌های سرب جهت پیوند به سایت‌های جذب می‌باشد، بالا بودن راندمان حذف در غلظت‌های پایین‌تر نیز ناشی از خالی بودن سایت‌های جذب می‌باشد که سریعا اشغال می‌شود لیکن در غلظت‌های بالاتر به‌دلیل رقابت بر سر اشغال سایت‌های جذب راندمان کاهش می‌یابد. غلظت اولیه آلاینده جذب‌شونده به طور مستقیم با میزان جذب در فرایند جذب ارتباط دارد. بر اساس نتایجNashaat N. Nassar وS.R. Chowdhury وهمکاران میزان آلاینده جذب شده در واحد جرم با افزایش غلظت افزایش می‌یابد که این نتیجه در مطالعه حاضر نیز به‌دست آمده است (۳۰، ۲۱، ۱۲) .

ایزوترم جذب سطحی

یکی از مهم‌ترین مشخصات یک جاذب، مقدار قدرت جذب شونده‌ای است که قادر به تجمع آن است و از ایزوترم‌های جذب محاسبه می‌گردد.

برای بررسی حالت تعادل بین ظرفیت جذب و غلظت باقیمانده آلاینده در فاز جامد جاذب و محلول از مدل‌های جذب استفاده می‌شود.مدل جذب بستگی به نوع آلاینده و جاذب مورد استفاده دارد.نتایج این مطالعه نشان داد که جذب سرب بر روی نانوذرات مغناطیسی از ایزوترم فروندلیخ (R^2=0.97) تبعیت بیشتری دارد مقادیر n و K_f, در مدل فروندلیخ به ترتیب نشان‌دهنده‌ی انرژی جذب، و ظرفیت جذب می‌باشند، که از جدول ۲ به ترتیب برابر ۲/۰۴و ۶۲/۳۱ میلی‌گرم بر گرم به دست آمد که بیانگر ظرفیت جذب مناسب با انرژی بالای نانو ذرات مگهمایت در جذب سرب است.

قابل ذکر است که ایزوترم لانگمویر با این فرض است که جذب سطحی روی سطح همگن رخ می‌دهد در حالی که مدل فروندلیچ بیانگر جذب سطحی را در سطح غیرهمگن با

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-30]

انرژی‌های جذب متفاوت است (۲۱).جدول ۵ مقایسه ظرفیت جذب جاذب‌های مختلف را برای فلز سرب نشان می‌دهد که ملاحظه می‌گردد نانومگهمایت مورد مطالعه دارای ظرفیت جذب بیشتر از دیگر جاذب‌های ذکرشده است. علت این امر را می‌توان به توزیع سایز ذره، مساحت سطح، مورفولوژی، خواص و ساختار سطح نسبت داد.

جدول ۵. مقایسه ظرفیت جذب سرب در جاذب‌های مختلف

رفرنس	ظرفیت جذب سرب(میلی گرم بر گرم)	جاذب
[۲۲]	دیاتومه	۲۵/۰۱
[۲۲]	دولومیت	۱۹/۶۹
[۲۲]	پیرولیت	۸/۹
[۳۱]	خاک اره	۲۱/۰۵
[۳۲]	بنتونیت	۱۶/۶۶
[۳۳]	کائولینت	۱۱/۵۲
[۳۴]	رس	۱۸/۰۸
[۳۵]	کلسیت	۱۹/۹۲
این تحقیق	مگهمایت	۶۲/۳۱

نتیجه‌گیری

نتایج این بررسی نشان داد که نانوجاذب‌های مگهمایت به‌خوبی قادر به حذف یون‌های فلزی از فاضلاب می‌باشند و بالاترین راندمان حذف در pH=۷ به‌دست آمد. راندمان حذف سرب با pH رابطه مستقیم و با غلظت اولیه سرب رابطه عکس دارد و از ایزوترم فروندلیچ تبعیت می‌کند. با توجه به جداسازی آسان نانوذرات از محلول‌های آبی توسط میدان مغناطیسی می‌توان از نانوذرات به عنوان یک جایگزین مناسب به جای جاذب‌های متداول جهت حذف سریع و مؤثر یون‌های سرب از فاضلاب استفاده کرد.

تشکر وقدردانی

این مقاله حاصل نتایج پایان‌نامه شماره ۱۲۴۲ مصوب معاونت محترم تحقیقات و فن‌آوری ، دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد است. بدین وسیله از حمایت‌کنندگان مالی قدردانی می‌گردد .

References

1. Bhatnagar A, Minocha A, Jeon B-H, Park J-M. Adsorptive removal of cobalt from aqueous solutions by utilizing industrial waste and its cement fixation. Separation Science and Technology.2007;42 (6): 1255-66.
2. Evangelista SM, Deoliveira E, Castro GR, Zara LF, Prado AGS: Hexagonal mesoporous silica modified with 2-mercaptothiazoline for removing mercury from water solution. Surf Sci 2007, 601:2194-2202
3. Torres J D, Faria E A, Prado A G. Thermodynamic studies of the interaction at the solid/liquid interface between metal ions and cellulose modified with ethylenediamine. Journal of hazardous materials 2006;129(1-3): 239-43.
4. Singh OV, Labana S, Pandey G, Budhiraja R, Jain RK. Phytoremediation: An overview of metallic ion decontamination from soil. Applied Microbiology and Biotechnology 2003; 61(5-6). P. 405-12.
5. Trivedi P, Axe L. Modeling Cd and Zn sorption to hydrous metal oxides. Environmental science & technology 2000;34(11): 2215-23.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-30]

6. Moore JW, Ramamoorthy S. Heavy metals in natural waters. Applied monitoring and impact assessment. Springer-Verlag;1984. P 125-60.
7. Nayyeri R. Evaluation of Bacteria Isolated from Industrial Wastewaters in Removal of Lead. Qom University of Medical Sciences Journal 2012;5(1).
8. Bulut Y, Baysal Z. Removal of Pb (II) from wastewater using wheat bran. Journal of Environmental Management 2006; 78(2): 107-13.
9. Hizal J, Apak R. Modeling of copper (II) and lead (II) adsorption on kaolinite-based clay minerals individually and in the presence of humic acid. Journal of colloid and interface science 2006: 295(1): 1-13.
10. Nasir Khalid, Saqib Ali, Arif Iqbal , Shahid Pervez. Sorption Potential of Styrene-Divinylbenzene Copolymer Beads for the Decontamination of Lead from Aqueous Media. Separation Science and Technology, 2007. 42(1): p. 203-222.
11. Srinivasa Rao K, Dash PK, Sarangi D, Roy Chaudhury G. Misra VN. Treatment of wastewater containing Pb and Fe using ion-exchange techniques. Journal of Chemical Technology and Biotechnology 2005 80(8): 892-8.
12. Susan T. Glassmeyer, Elizabeth K. Hinchey, Susan E. Boehme, Christian G. Daughton, Ilene S. Ruhoy, Octavia Conerly, et al., Disposal practices for unwanted residential medications in the United States. Environment international, 2009. 35(3): p. 566-572.
13. Khodabakhshi, A., M. Amin, and M. Mozaffari, Synthesis of magnetite nanoparticles and evaluation of its efficiency for arsenic removal from simulated industrial wastewater. Iranian Journal of Environmental Health Science & Engineering 2011;8(3): 189-200.
14. Alizadeh R, N.b.G. , Removal of lead from battery effluent by iron magnetic nanoparticle. Iranian Journal of Chemistry and Chemical Engineering 2012; 30(60): 71-7.
15. Caliskan, N., Kul, A R. Alkan, S .Sogut, E G. Alacabey, I . Adsorption of Zinc (II) on diatomite and manganese-oxide-modified diatomite: A kinetic and equilibrium study. Journal of hazardous materials 2011; 193: 27-36.
16. Lo I M, J. Hu, and G. Chen, Iron-based magnetic nanoparticles for removal of heavy metals from electroplating and metal-finishing wastewater. In: Zhang TC, Surampalli RY; Lai KCK; Hu Z, Tyagi R. D; M. C. Lo I. Nanotechnologies for water environment applications, 1st ed. USA: American Society of Civil Engineers (ASCE); 2009. P. 213-68.
17. Amin MM. Benzene removal by nano magnetic particles under continuous condition from aqueous solutions. Frontiers of Environmental Science & Engineering 2014. 8(3): 345-56.
18. Wang X, Zhao C, Dou P. Ding Y, xu p, Gellan gel beads containing magnetic nanoparticles: An effective biosorbent for the removal of heavy metals from aqueous system. Bioresource technology 2009;100(7): 2301-04.
19. Wei S, D Li, Huang Z, Huang Y, Wang F, High-capacity adsorption of Cr (VI) from aqueous solution using a hierarchical porous carbon obtained from pig bone. Bioresource technology 2013; 134: 407-11.
20. Deveci H, Kar Y. Adsorption of hexavalent chromium from aqueous solutions by bio-chars obtained during biomass pyrolysis. Journal of Industrial and Engineering Chemistry 2013; 19(1):190-6.
21. Nassar NN. Rapid removal and recovery of Pb (II) from wastewater by magnetic nanoadsorbents. Journal of hazardous materials 2010;184(1): 538-46.
22. Irani M, Amjadi M, Mousavian M A. Comparative study of lead sorption onto natural perlite, dolomite and diatomite. Chemical Engineering Journal 2011; 178: 317-23.
23. Danil de Namor AF, El Gamouz A, Frangie S, Martinez V, Valiente L, Webb OA. Turning the volume down on heavy metals using tuned diatomite. A review of diatomite and modified diatomite for the extraction of heavy metals from water. Journal of hazardous materials 2012; 241: 14-31.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-30]

24. Mohammadi S Z, Karimi M A, Afzali D, Mansouri F, Removal of Pb (II) from aqueous solutions using activated carbon from Sea-buckthorn stones by chemical activation. Desalination 2010; 262 (1-3): 86-93.
25. Lee S-Z, Chang L, Yang H.-H, Chen C.-M, Liu M.-C, et al., Adsorption characteristics of lead onto soils. Journal of hazardous materials, 1998. 63(1): p. 37-49.
26. Martín-Lara ,Martín-Lara, María Ángeles Rico, Iván Leandro Rodríguez.Vicente, Inés de la Caridad Alomá García, Gabriel Blázquez. de Hoces, Mónica Calero, Modification of the sorptive characteristics of sugarcane bagasse for removing lead from aqueous solutions. Desalination 2010; 256(1-3): 58-63.
27. Hu J, G. Chen, and I. Lo, Removal and recovery of Cr (VI) from wastewater by maghemite nanoparticles. Water Research 2005; 39(18): 4528-36.
28. Madrakian T, Afkhami A, Ahmadi M. Simple in situ functionalizing magnetite nanoparticles by reactive blue-19 and their application to the effective removal of Pb2+ ions from water samples. Chemosphere 2013;90(2): 542-7.
29. Yuan P, Liu D, Fan M, Yang D, Zhu R, Ge F, et al. Removal of hexavalent chromium [Cr (VI)] from aqueous solutions by the diatomite-supported/unsupported magnetite nanoparticles. Journal of hazardous materials 2010; 173(1): 614-21.
30. Chowdhury, S.R. and E.K. Yanful, Arsenic and chromium removal by mixed magnetite–maghemite nanoparticles and the effect of phosphate on removal. Journal of Environmental Management 2010; 91(11): 2238-47.
31. Li, Qin. Zhai, Jianping. Zhang, Wenyi.Wang, Mingmei. Zhou, Jun. Kinetic studies of adsorption of Pb (II), Cr (III) and Cu (II) from aqueous solution by sawdust and modified peanut husk. Journal of Hazardous Materials, 2007. 141(1): p. 163-167.
32. Bereket, G., A.Z. Arog, and M.Z. Özel, Removal of Pb (II), Cd (II), Cu (II), and Zn (II) from aqueous solutions by adsorption on bentonite. Journal of Colloid and Interface Science, 1997. 187(2): p. 338-343.
33. Gupta, S.S. and K.G. Bhattacharyya, Interaction of metal ions with clays: I. A case study with Pb (II). Applied clay science, 2005. 30(3): p. 199-208.
34. Orumwense, F.F., Removal of lead from water by adsorption on a kaolinitic clay. Journal of Chemical Technology and Biotechnology, 1996. 65(4): p. 363-369.
35. Yavuz, O .Guzel, R.Aydin, F.Tegin, IZiyadanogullari, R, Removal of cadmium and lead from aqueous solution by calcite. Polish Journal of Environmental Studies, 2007. 16(3): p. 467

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-30]

Lead removal from battery industry synthetic wastewater by nano maghemite

Abbas Khodabakhshi [1], Mahbubeh kamali [2], Mohammad Mehdi Amin [3], Morteza Sedehi [4], Moluk Hadialijanvand [5], Marzieh Vahid Dastjerdi [6]

Original Article

Abstract

Background: Lead is one of the priority toxic pollutants of industrial wastewater which is discharged to the environment by some of industries such as battery, paint, weapons and glassmanufacturing. In this study, use of magnetic iron oxide nanoparticles (maghemite) for the removal of lead from synthetic wastewater of battery industry was investigated.

Methods: The influence of various factors such as pH, initial concentration of lead and contact time on lead removal from synthetic wastewater by the nanoparticles was valuated. After separating the adsorbent by magnetic field, remaining lead concentration was measured by atomic absorption spectroscopy (Perkin Elmer 2380). The results were analyzed by the SPSS software, Version 18.

Findings: Results showed that in the pH value of 7, initial concentration lead of 50 mg/L , 0.1 g/L nano maghemite dose, contact time of 40 min and stirring speed of 150 rpm, 63.91% lead removal was obtained. Adsorption capacity of the nano maghemite was 61mg/g.

Conclusion: In optimum condition, maghemite nanoparticles show high adsorption capacity; and rapidly and effectively eliminates lead ions from watewater. Its efficiency for lead removal was directly related to pH and contact time and reversely related to initial concentration of lead. The absorption model was fit well to the Freundlich isotherm.

Key Words: Lead, Adsorption, Maghemite nanoparticles, Battery industry

Citation: Khodabakhshi A, kamali M, Amin M M, Hadialijanvand M, Vahid Dastjerdi M. **Lead removal from battery industry synthetic wastewater by nano maghemite.** J Health Syst Res 2015; 11(1):132-142

Received date: 16.10.2014 **Accept date: 17.02.2015**

1. Assistant Professor of Environmental Health Engineering, Health faculty, Shahrekord University of Medical Sciences, Shahrekord, Iran (Corresponding Author) Email: khodabakhshi@hlth.mui.ac.ir.
2. MSc of Environmental Health Engineering, Health Faculty, Student Research Committee, Shahrekord University of Medical Sciences, Shahrekord, Iran
3. Associate Professor, Environment Research Center, and Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran
4. Assistant Professor of Biostatistics and Epidemiology, Health faculty, Shahrekord University of Medical Sciences, Shahrekord, Iran
5. Student PhD of Biostatistics and Epidemiology, Health Faculty, Shahrekord University of Medical Sciences, Shahrekord, Iran
6. Environment Research Center, and Department of environmental health engineering, School of Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-30]