آماده‌سازی و کاربرد زئولیت طبیعی کلینوپتیلولیت ایرانی در حذف روی از محلول‌های آبی و تعیین سنتیک و ایزوترم جذب

پرویز جوانمردی[1]، افشین تکدستان[2]*، رضا جلیل زاده[1]، محمد جواد محمدی[3]

[1] گروه مهندسی محیط زیست، واحد اهواز ، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

[2] گروه مهندسی بهداشت محیط و عضو مرکز تحقیقات فناوری‌های زیست محیطی، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز، اهواز، ایران

[2] گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده علوم پزشکی آبادان، آبادان، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۲/۱۳ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۵/۳۱

چکیده

زمینه و هدف: روش های مختلفی برای حذف فلزات سنگین وجود دارد اما استفاده از جاذب های ارزان قیمت برای حذف این فلزات در سال های اخیر توسط پژوهشگران مورد توجه قرار گرفته است. در این تحقیق حذف فلز روی توسط زئولیت طبیعی کلینوپتیلولیت سمنان مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها: آزمایش‌ها بصورت ناپیوسته با زئولیت طبیعی کلینوپتیلولیت انجام گردیده است. برای تعیین ویژگی‌های زئولیت از میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) و دستگاه پراش نگار اشعه X (XRD) استفاده شده است . تأثیر متغیرهای pH (۱و۳و۵و۷و ۱۰)زمان تماس (۱۵و۳۰و۴۵و۶۰و۹۰)مقدار جاذب (۱و۳و۵و۷و۱۰گرم) و غلظت یون روی (۷۰،۶۰،۵۰،۴۰،۲۰،۱۰، ۸۰ و۱۰۰میلی گرم بر لیتر) در دمای ثابت و سرعت همزن ۲۵۰ دور بر دقیقه بر کارایی حذف روی وایزوترم‌ها و سنتیک جذب مورد بررسی قرار گرفته اند.

یافته ها: بر اساس نتایج بدست آمده از فرآیند حذف روی شرایط بهینه برای حذف روی با زئولیت طبیعی به ترتیب شامل pH۷= دوز جاذب ۵گرم بر لیتر و زمان تماس ۳۰ دقیقه بدست آمد. مقدار فلز حذف شده با افزایش غلظت فلز کاهش، اما ظرفیت جذب افزایش یافت. مدل فروندلیچ برای روی(R2=/۹۸) تطابق بهتری با داده‌های آزمایشگاهی داشتند. همچنین برای مدل‌های سنتیکی، مدل سنتیک شبه درجه دوم بهتر از سایر مدل‌ها با داده‌های بدست آمده همخوانی داشت.

نتیجه گیری: نتایج این مطالعه نشان داده است که زئولیت طبیعی کلینوپتیلولیت می‌تواند به عنوان یک جاذب کارامد و ارزان جهت حذف فلزات سنگین روی از محیط‌های آبی به کار رود.

کلمات کلیدی: زئولیت طبیعی کلینوپتیلولیت، جذب سطحی، روی، ایزوترم جذب

* گروه مهندسی بهداشت محیط و عضو مرکز تحقیقات فناوری‌های زیست محیطی، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز، اهواز، ایران

ایمیل: afshin_ir@yahoo.com- **شماره تماس:**۰۹۱۶۵۸۸۲۲۵۶

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-14]

[DOI: 10.18869/acadpub.jehe.4.1.43]

مقدمه

آلودگی محیط زیست بـه فلـزات سـنگین از مسـائل مهـم زیست محیطی می‌باشد که متأسفانه به دلیل ورود بـی رویـه و کنترل نشده انواع فاضـلاب و پسـماندهای صـنعتی مختلـف، میزان ورود آن‌ها به هوا، آب، خاک رو به افـزایش اسـت.[۱-۳] فلزات سنگین غیرقابل تجزیه و تمایل به تجمع در اندام‌هـای زنده را دارند که باعث انواع بیماری‌ها واختلالات برای انسان می‌شوند[۴] همچنین باعث بـروز خطـر بـرای سـلامتی انسـان، موجودات زنده و اکوسیستم طبیعی می‌شود[۵] بنابراین حذف یا کنترل غلظت فلزات سنگین از محلول‌هـای آبـی، بـه علـت اختلال بسیار زیاد آنها در استفاده از منابع آب در اثر سمیت و همچنین بـزرگ نمـایی زیسـتی آنهـا کـه موضـوع مهمـی در بهداشت جامعه محسوب می‌شود، بسیار اهمیت دارد.[۶]

فلـز روی بـه عنـوان یـک آلیـاژ همـراه بـرنج ، نیکـل، برنزتجاری، لحیم قلع و لحیم آلومینیوم استفاده می‌شـود. روی جهت گالوانیزاسیون به منظور جلوگیری از خوردگی، در تهیه رنگ ها، محصولات لاستیکی، مـواد آرایشـی ،مـواد دارویـی، کـف پوشـش‌هـا ، پلاسـتیک‌هـا ، جـوهر چـاپ ، صـابون ،باطری‌های مخزنی ، منسوجات ، تجهیزات الکتریکی و سایر محصولات کاربرد دارد.کربنـات‌هـا ،اکسـیدها و سـولفیدهای روی در آب کم محلول هستند و به نوعی عامل غلظت پـائین روی در آب‌های طبیعی می‌باشند.[۶-۸]

بسیاری از نمک‌های روی در آب محلـول هسـتند برخـی هم مثل کربنات ، اکسید و سولفید نامحلولند. به همـین دلیـل روی در آب‌های طبیعی به مقدار اندک یافت مـی‌شـود البتـه آلودگی‌های صـنعتی بـه خصـوص در نـواحی معـدن کـاری روی،غلظت این ماده درآب تا 50mg/L می‌رسد . با توجه بـه اینکه روی در مقادیر کم (برای مثال کمتر از 20mg/L) تـاثیر فیزیولـوژیکی نـامطلوبی بـر انسـان نـدارد و نیـز عمـلاً در غلظت‌های پایین در آب آشامیدنی یافت می‌شود لذا مطالعات جـامعی در خصـوص ایـن مـاده از طـرف مراجـع بهداشـتی صورت نگرفته است.[۹-۱۱]

درآبهای سطحی خام، فرهنگستان ملـی علـوم، ۷۶/۵ ٪ از منـابع مـورد بررسـی را بـا غلظـت‌هـای حـداقل ۰/۰۰۲ ،مقـدارمیانگین ۰/۰٦٤ وحداکثرمقـدار 1/18mg/L گـزارش نموده است (در این بررسی ۱۵۷۷ منبع در ایالات متحده مورد بررسی قرار گرفت) . همچنین در بررسـی انجـام شـده روی ۳۸۰ منبع آب تصفیه شده در ایالات متحـده در ۷۷٪ از منـابع آزمون شـده مقـدار حـداقل، میـانگین و حـداکثر بـه ترتیـب 0/079,0/003 و2/01mg/L گـزارش گردیـده اسـت. مقـدار دریافتی معمول روزانه توسط انسـان 15mg/day- 10 تخمـین زده شده است.[۱۲-۱٤]

USEPA هیچگونه اثرات سوء بهداشتی ناشـی از روی را شناسایی ننموده و هیچگونه اسـتاندارد اولیـه و ثانویـه را نیـز برای آن ارائه ننمـوده اسـت. آب آشـامیدنی حـاوی 20mg/L روی بدون اینکه علایم بیماری گزارش گـردد مصـرف شـده است. غلظت‌های بالاتر روی (5-30mg/L) مـی‌توانـد ازجنبـه زیبایی شناسی باعث شکایت مصرف کنندگان گردد واین بـه علت ظاهر شیری رنگی که به آب می‌دهد و نیـز ایجـاد لایـه چربی در هنگام جوشیدن آب می‌باشـد. آب در غلظـت‌هـای بیش از 20-30mg/L مزه گس پیدا می‌نماید.

WHO مقدار مورد نیاز دریـافتی روزانـه را 4-10mg/day بسته به جنس و سن تعیین نموده است.[۱۵-۱۷]

WHO در سال ۲۰۰۵ مقدار 5mg/L را معرفی کرد. جامعه اروپایی مقدار 0/1mg/L و حداکثر مقدار 1/5mg/L بـه ازای ۱٦ ساعت مانـدگاری آب در لولـه‌هـای سـربی یـا مسـی) را توصیه نموده است. WHO (۲۰۰۵) مقـدار رهنمـودی معـادل 5mg/L را بر اساس مزه تعیین نمود. USEPA(۲۰۰۸) مقـدار نهایی غلظت روی را به عنوان استاندارد ثانویه آب آشـامیدنی (SDWS)معادل 5mg/L در تائید استاندارد ارائـه شـده معـادل همین مقدار در سال ۱۹۹۰ ارائه نمود.[۱۷و۱۸]

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-14]

[DOI: 10.18869/acadpub.jehe.4.1.43]

روی در صورتیکه با سرب و کادمیوم همراه شود ممکن است باعث تخریب لوله‌های آهنی گالوانیزه و نیز فرسودگی و خوردگی لایه "روی" لوله‌های برنجی گردد. وجود روی در آب ممکن است در اثر آلودگی صنعتی شود. کتاب روشهای استاندارد (۱۹۹۵)روشهای زیر را ثبت نموده است: روش شعله مستقیم هوا – استیلن،روش استخراج شعله ای هوا – استیلن و روش جفت پلاسمای القایی ((Inductively (ICP) Coupled Plasma.روی را می‌توان با استفاده از فرآیند سبک سازی با آهک یا تبادل کاتیون حذف نمود.[۱۹]

در دهه اخیر مطالعات فراوانی در زمینه جذب فلزات سنگین توسط زئولیت کلینوپتیلولیت انجام گرفته است. در این مطالعات فلزاتی چون سرب، کادمیوم، جیوه، مس، نیکل، روی، کبالت، کروم و منگنز با ظرفیتهای مختلفی توسط این نوع زئولیت جذب شده‌اند.[۲۰]

تعدادی از روش‌های شیمیایی و فیزیکوشیمیایی برای حذف فلزات سنگین ازقبیل ترسیب شیمیایی،جذب سطحی،تغلیظ محلول ، الترافیلتراسیون وتبادل یونی شناخته شده است.[۲۱] هریک از این روش‌ها دارای محاسن و نیز محدودیت‌هایی مانند عدم صرفه اقتصادی و عدم کارآیی بالا در مقادیر بسیار اندک آلاینده هستند. امروزه مطالعات گسترد ه ای در راستای استفاده ازانواع جاذب‌ها به دلیل خاصیت جذب سطحی و خاصیت تبادل یونی آن‌ها در حال انجام است . مزایایی نظیر ارزانی، امکان دسترسی بالا، جذب سریع و ظرفیت بالای جذب، قابلیت احیاء و استفاده مجدد سبب شده است که کاربرد جاذب‌ها برای حذف فلزات سنگین توسعه پیدا نماید.[۲۰] در دهه های اخیر تلاش هایی برای تولید و به کار بردن مواد ارزان قیمت برای حذف آلودگی ناشی از فلزهای سنگین از آب‌ها و پساب های صنعتی صورت گرفته است. از جمله مواد معدنی که کاربرد وسیعی برای حذف این آلودگی‌ها پیدا کرده اند، زئولیتها هستند .این مواد دارای ساختار سه بعدی آلومینو سیلیکاتی هستند.[۲۰] مهمترین مکانیسم حذف فلزات سنگین توسط زئولیت، تبادل یونی و در درجه بعد رسوب فازهای نامحلول است. چندین فاکتور موثر بر تبادل یونی توسط زئولیتها شامل غلظت و ماهیت کاتیونها ، pH و ساختار بلور زئولیتها می‌باشند.[۲۲]

یکی از مشکلات استفاده از رزین‌های مصنوعی محدودیت به کار بردن آنها است که برای محلول های شفاف با میزان کم نمک های محلول و یا مایعات صاف شده مناسب می باشد . همچنین مشکلات دفن و یا ذخیره رزین اشباع شده، پایداری کم در برابر تشعشع و حرارت ، ناپایداری در برابر عوامل شیمیایی اکسید کننده و نیز بالا بودن قیمت آنها باعث ایجاد محدودیت در استفاده ازآنها شده است.[۲۳و۲۴] انتخاب پذیری بالا برای یک یون بخصوص ، امتیاز ویژه زئولیت‌ها می‌باشد که می‌توان از این خصوصیت برای جداکردن یون‌های مضر از پساب‌های شهری،صنتی وکشاورزی استفاده نمود.[۲۰]

با توجه به وجود منابع عظیم زئولیت در ایران و بهره برداری از این منا بع در مناطقی از قبیل سمنان، این منابع می توانند به طور گسترده ای در حذف آلاینده های زیست محیطی مورد استفاده قرار گیرند.[۱۷و۲۴] این ترکیبات دارای ساختار چهار وجهی (چهار اتم اکسیژن حول یک اتم سیلیسیم) هستند که در آن حفره‌ها و کانال‌هایی با ابعاد ۱۰-۳ آنگستروم وجود دارد .در داخل این حفره‌ها به میزان ۲۰-۱۰ درصد آب وجود دارد. وجود این ساختمان در زئولیت به آن‌ها اجازه می‌دهد تبادل کاتیونی را با ظرفیت بین ۴/۷۳-۲/۱۶ meq/g داشته باشند. ابعاد حفرات و کانال‌های هر زئولیت از مشخصه‌های آن می‌باشد که باعث ایجاد پدیده جذب گزینشی یعنی جذب یک یون یا مولکول خاص در حضور گونه‌های دیگر می‌شود.[۱۵] مهمترین مکانیسم جذب فلزات سنگین توسط زئولیت، تبادل یونی و در درجه بعد رسوب فازهای نامحلول است. قابلیت‌های تبادل یونی و جذب سطحی این ساختارها را قادر به حذف بسیاری از ترکیبات کاتیونی ار محلول می‌نماید. زئولیت‌ها تمایل بسیار اندکی برای تبادل ترکیبات آنیونی

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-14]

[DOI: 10.18869/acadpub.jehe.4.1.43]

دارند. با توجه به خصوصیات فیزیکی و شیمیایی زئولیت ها، زئولیت ترکیبات نسبتاً متنوعی هستند. بنابراین به دلیل ساختار ویژه فضایی، ظرفیت تبادل کاتیونی بالا، پایداری شیمیایی، حرارتی و فیزیکی، قیمت پایین، عدم نیاز به بازیافت ، توزیع فراوان آن در جهان مورد توجه زیادی قرار گرفته است.[۱۵]

مشخصات جذب هر نوع زئولیتی به جزئیات ساختار شیمیایی آن جاذب بستگی دارد. این مشخصات توسط اصلاح با مواد شیمیایی مختلف جهت افزایش راندمان حذف قابل تغییر است. از آنجایی که سطح زئولیت‌ها دارای بار منفی می باشد، معمولا زئولیت‌های طبیعی خام (اصلاح نشده) میلی جهت جذب آنیون‌ها و مواد آلی موجود در محلول‌های آبی از خود نشان نمی دهند. اصلاح سطحی توسط اسید و سورفکتانت‌های مختلف برای جذب آنیون‌ها و مواد آلی، بسیار معمول می‌باشد.[۱۹]

علی‌رغم انجام کارهای تحقیقاتی متعدد زمین شناسی و شیمیایی بر روی زئولیت‌های نواحی مختلف ایران و به رغم گزارش‌های متعدد منتشره مبنی بر وجود منابع عظیم زئولیتی در ایران که می توان از آن به عنوان سرمایه عظیم ملی نام برد هنوز هم می‌توان گفت که کار اساسی و هدف‌دار گسترده‌ای در راستای استفاده صنعتی و با ارزش افزوده بالا بر روی این سرمایه عظیم ملی صورت نگرفته‌است. برخی از رخنمون های زئولیتی در ایران مختصراً ذکر می‌شود.[۳و۵]

منطقه میانه (در مناطق اشلق چای در شمال رودخانه شهر چای و در ۹کیلومتری غرب میانه ونیز در جنوب شهر چای)، منطقه طبس (در نزدیکی روستای عرب آباد واقع درجنوب شرقی دیهوک از توابع طبس در استان خراسان)، منطقه نی‌باغی (منطقه میانه و نزدیکی نی‌باغی)، منطقه غرب‌آبادی مریم (در غرب‌آبادی مریم و در شمال شرقی صائین‌دژ)، منطقه جنوب شرقی سمنان (۱۸ کیلو متری شرق سمنان)، منطقه طلحه (کوه طلحه در فاصله ۱۴۰ کیلومتری شرق ورامین وحاشیه غربی کویر نمک)، منطقه رودهن، منطقه طالقان (در فاصله ۸۵ کیلومتری شمال غربی کرج و در منطقه طالقان)، منطقه کرمان (سرچشمه (مرغوئیه) قلعه عسگر و منطقه راین)، منطقه زاهدان (روستای حرمک در شمال زاهدان مابین جاده زاهدان و زابل)، سایر مناطق (مناطق علی‌آباد قم، کهریزک، گردنه نعل‌شکن در جنوب تهران، ناحیه چالوس، جنوب دماوند و منطقه فیروزکوه).[۵] لذا تحقیق حاضر به منظور کارایی زئولیت کلینوپتیلولیت در حذف برخی ناخالصی‌های فاضلاب و آب آشامیدنی و ارتقاء سطح کیفی آب و فاضلاب و ارائه یک روش مناسب و کارآمد برای حذف فلز سنگین روی از محیط‌های آبی با استفاده از زئولیت کلینوپتیلولیت طبیعی منطقه سمنان می‌باشد.

مواد و روش‌ها

تهیه و آماده‌سازی زئولیت

وجود معادن عظیم زئولیتی در کشورمان بویژه کلینوپتیلولایت، دلیل اصلی انتخاب این زئولیت به عنوان جاذب در این مطالعه بود. به این منظور و با توجه به مطالعات انجام شده، از نمونه زئولیت‌های معادن واقع در جنوب شرقی سمنان برای تهیه نمونه‌ها استفاده شد. پس از انتقال نمونه زئولیت به آزمایشگاه، فرایندهای مختلفی بر روی آن انجام شد تا برای انجام آزمایش‌ها آماده گردد. مراحل آماده‌سازی زئولیت به شرح زیر می‌باشد.

ابتدا زئولیت خرد شده توسط الک‌های استاندارد ASTM (۰/۲۵ تا ۰/۳ میلی‌متر)، مش ۴۰ الک شد. پس از مش‌بندی، به منظور حذف ذرات خاک و گرد و غبار، زئولیت را با آب معمولی شبکه آب شهری و سپس با آب مقطر شسته و در ادامه به مدت ۲۴ ساعت در تماس با آب مقطر قرار داده شد تا املاح و ناخالصی‌های محلول نمونه زئولیت حذف شود . در نهایت زئولیت در دمای ۱۰۰ درجه سانتی گراد در اون به مدت ۲۴ ساعت خشک شد[۴] درشکل ۱

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-14]

[DOI: 10.18869/acadpub.jehe.4.1.43]

تصویری از زئولیت خام و زئولیت مش بندی شـده و شسـته شده نشان داده شده است.



شکل ۱: تصویر زئولیت کلینوپتیولیت

نحوه انجام آزمایش ها

در این پژوهش کلیه آزمایش‌هـا جـذب در یـک سیسـتم ناپیوسته ، با نمونه‌هایی به حجم ۱۰۰ میلی لیتر حاوی روی با غلظت‌های تعیین شده (۱۰، ۵۰، ۱۰۰ میلی گرم در لیتر) انجام پذیرفته است. متغیرهای مورد بررسی در این فرآیند و در طی انجام آزمایش‌ها شامل زمان تمـاس، pH، غلظـت‌هـای اولیـه زئولیت‌های طبیعـی جـاذب و غلظـت اولیـه محلـول فلـزات سنگین می‌باشند. در این مرحله با ثابت نگه داشتن ۳ پـارامتر، تأثیر سایر پارامترها بر روی کارایی فرآیند بررسی شد. بـرای مثال برای تعیین تأثیر مقدار ماده جـاذب بـر روی فرآینـد، در pH ثابت برابر ۷و زمان تماس ثابت (۶۰دقیقه) و غلظت ثابت فلزسـنگین، غلظـت‌هـای مختلفـی از مـاده جـاذب (۱و۳و۵و۷و۱۰گرم در۱۰۰ میلی لیتر) به محلول اضافه گردید و کارایی حذف تعیین شد. تأثیر تمامی این متغیرهـا بـر روی حذف فلزات سنگین روی مورد بررسی و مطالعه قرار گرفت. برای تعیین غلظت باقی مانده فلزروی مورد نظر به وسـیله ی دستگاه اسپکتروفتومتری جذب اتمی شعله ایـی AAS انجـام شد.[۵]

تعیین ایزوترم‌های جذب

در این مطالعه برای تجزیـه و تحلیـل داده‌هـا و همچنـین تعیین ظرفیت جاذب از هـم دمـای جـذب کـه خـود شـامل چندین مدل هم دمایی است، استفاده می‌گردد. در ایـن روش از همدمای فروندلیچ ، لانگموئر،استفاده شده که نتایج حاصل از این همدمای باعث تعیین پارامترهای هر مدل مـی‌گـردد.در این آزمایش برای ایزوترم‌های فلز روی از pH برابر با ۷زمـان تماس ۳۰دقیقه،دوز جاذب ۵گرم و غلظت‌های اولیه ۱۰، ۲۰ ، ۴۰ ، ۵۰ ، ۶۰ ، ۷۰ ، ۸۰ و ۱۰۰میلی گرم در لیتر استفاده شده است.

روش‌های آزمایشگاهی انجام شده

در جدول ۱ تمام آزمایش‌هایی که برای تجزیـه و تحلیـل زئولیت و همچنین انجام آزمایش‌ها برای بدست اوردن نتـایج صورت گرفته است آورده شده است.

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-14]

[DOI: 10.18869/acadpub.jehe.4.1.43]

جدول ۱: روشهای آزمایشگاهی انجام شده

نوع آزمایش	روش آزمایشگاهی	وسیله سنجش	رفرنس
شناسایی مواد معدنی موجود در نمونه	XRD	X'Pert MPD	ASTM
مورفولوژی سطح زئولیت	SEM	میکروسکوپ الکترونی روبشی مدلXL30	ASTM
استاندارسازی غلظت فلز روی	جذب اتمی	دستگاه اسپکتروفتومتری جذب اتمی شعله ایی AAS	ASTM D 1687-92 D 3557-90
آزمایش تعیین میزان غلظت باقیمانده فلز روی	جذب اتمی	دستگاه اسپکتروفتومتری جذب اتمی شعله ایی AAS	ASTM D 1687-92 D 3557-90

یافته‌ها

تعیین خصوصیات فیزیکوشیمیایی و مشخصات سطحی زئولیت کلینوپتیلولیت

به منظور تعیین ترکیب شیمیایی زئولیت، آنالیز فلورسانس پرتو ایکس و همچنین مورفولوژی سطح زئولیت نیز توسط میکروسکوپ الکترونی روبشی SEM تعیین گردید..نتایج حاصل از سنجش به صورت اکسیدهای عناصر بیان می گردد. با توجه به نتایج آنالیز ارائه شده در جدول ۲- ملاحظه می شود که میزان SiO_2 بیشتر از ٦٧ درصد زئولیت را تشکیل داده است.

جدول ۲: ترکیب شیمیایی زئولیت کلینوپتیلولیت

ترکیب	میانگین ترکیب
SiO_2	٦٨/٤
Al_2O_3	١١/٩
CaO	١/٢٤
K_2O	٣/٣
Na_2O	٤/٣٩
Fe_2O_3	٠/٨٤
MgO	/٢٣
TiO_2	/١
S	/٣٦
LOI(میزان مواد آلی)	١/٠٥

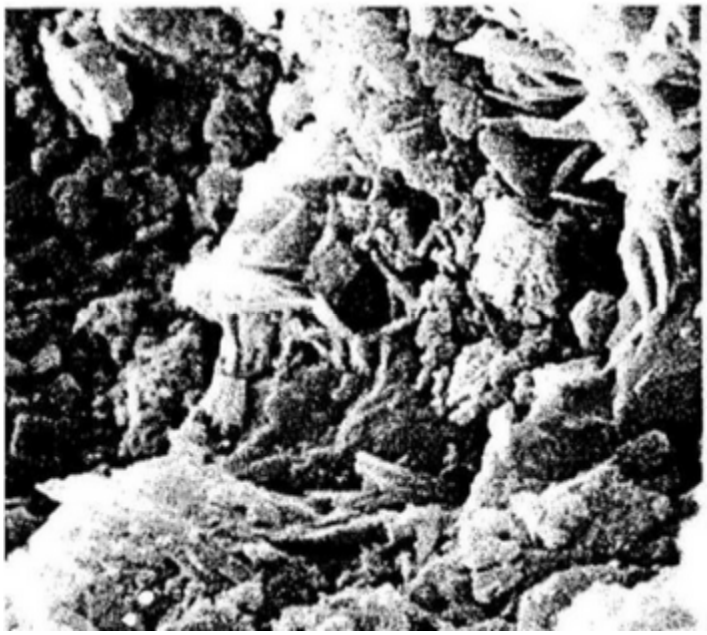
میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) یکی از ابزارهای مورد استفاده در فناوری نانو است که با کمک پرتوهای الکترونی تصاویر اجسامی به کوچکی ١٥ نانومتر را برای مطالعه تهیه میکند. SEM اطلاعاتی از جمله توپوگرافی نمونه

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-14]

[DOI: 10.18869/acadpub.jehe.4.1.43]

شامل خصوصیات سطح؛ مورفولوژی شامل شکل، اندازه و نحوه قرارگیری ذرات در سطح جسم و ترکیب شامل اجزایی که نمونه را می‌سازند در خصوص نمونه در اختیار میگذارد.

در شکل ۲- تصاویرSEM زئولیت طبیعی پس از شستشو با آب مقطرآورده شده است.



شکل ۲: تصویر میکروسکوپ الکترونی SEM زئولیت پس از شستشو با آب مقطر

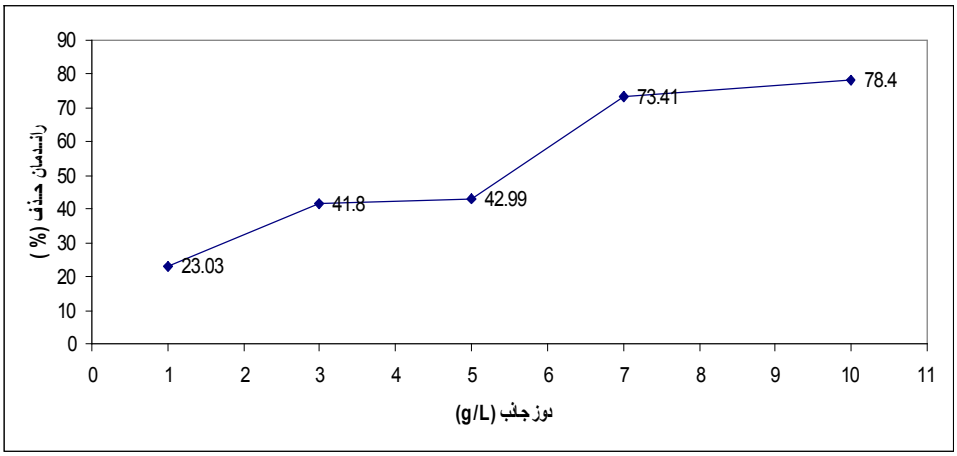
نتایج شامل یافته‌های بدست آمده از انجام آزمایش های مختلف برای بررسی کارایی زئولیت کلینوپتیلولیت در حذف فلزات سنگین روی مورد مطالعه در زمان‌های تماس، pH و غلظت‌های متفاوت از جاذب و جذب شونده و نیز ایزوترم های جذب فلز روی بوسیله زئولیت کلینوپتیلولیت که بر اساس معادلات لانگمویر و فروندلیچ تحلیل شده اند.

تعیین اثر دوز جاذب بر جذب فلز روی

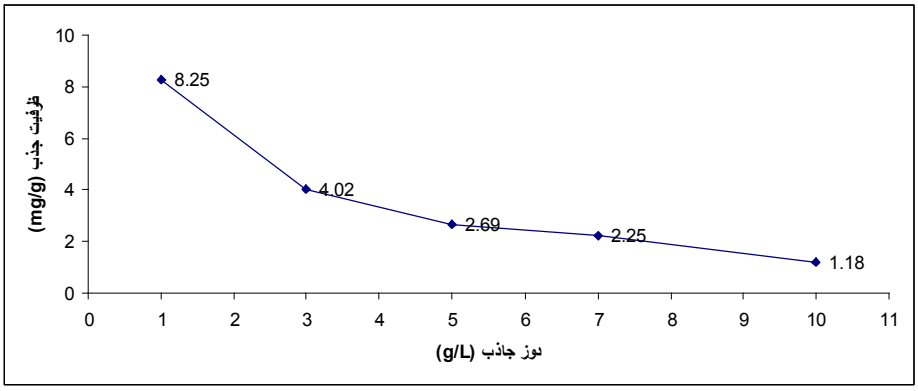
تغییرات غلظت باقی مانده، ظرفیت جذب و بازدهی حذف فلز روی در دوزهای مختلف جاذب در pH برابر۷و زمان تماس ٦٠ دقیقه برای غلظت ورودی mg/l ۵۰. انجام شد.براساس نمودار ۱، با افزایش دوز جاذب، بازدهی حذف روی افزایش می‌یابد و از دوز ۳ گرم بالاتر میزان درصد حذف با سرعت کمتری افزایش یافته است، بنابراین این دوز را به عنوان دوز بهینه در نظر گرفته ایم. بازدهی حذف در pH برابر ۷ و ظرفیت جذب در این دوز به ترتیب برابر۷۳/٤۱درصد و mg/g ۲/۲۵بدست امده است.

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-14]

[DOI: 10.18869/acadpub.jehe.4.1.43]



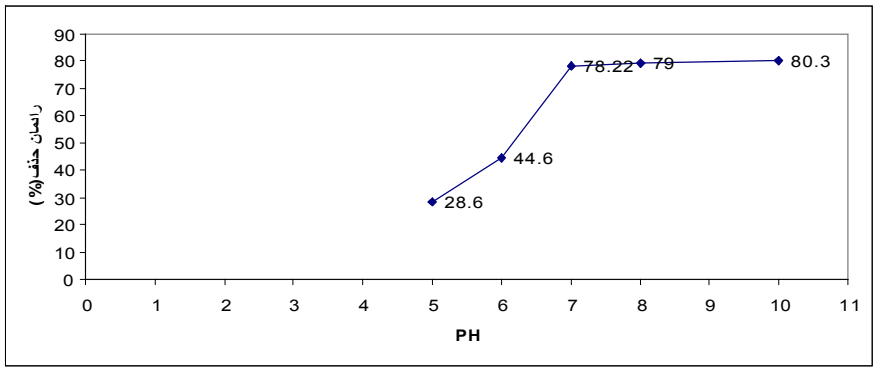
نمودار ۱: میزان بازدهی حذف فلز روی در دوزهای مختلف جاذب،غلظت ورودی ۵۰ mg/l در pH برابر ۷ و زمان تماس ۶۰ دقیقه



نمودار ۲: میزان ظرفیت جذب حذف فلز روی در دوزهای مختلف جاذب،غلظت ورودی **mg/l** ۵۰در **pH** برابر ۷ و زمان تماس ۶۰ دقیقه

تعیین اثر pH محلول بر جذب فلز روی

نمودار ۳- اثر pH در جذب روی توسط زئولیت طبیعی را نشان می‌دهد بطوریکه در PH برابر با ۷ حذف توسط زئولیت کلینوپتیلولیت ۷۸/۲۲ درصد رسیدند .



نمودار۳: میزان بازدهی حذف فلز روی در **pH**های مختلف،غلظت ورودی **mg/l** ۵۰ در زمان۶۰ دقیقه و دوز جاذب **3L/g**

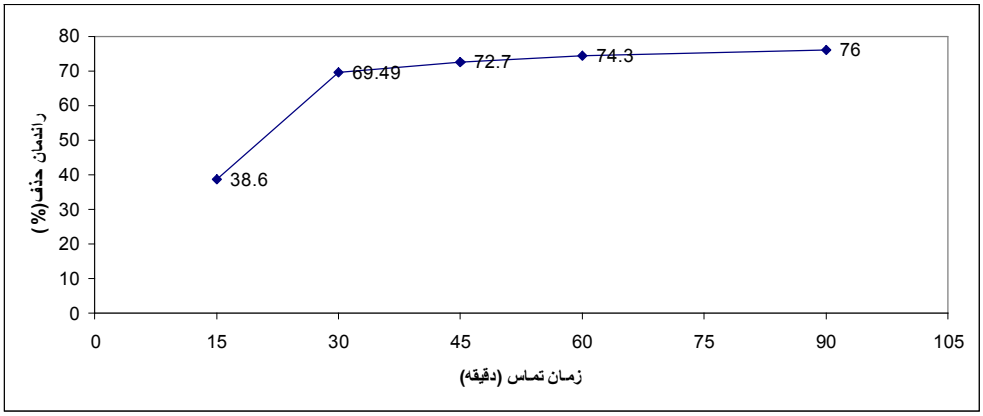
تعیین اثر زمان تماس بر جذب فلز روی

تغییرات غلظت باقی مانده، ظرفیت جذب و بازدهی حذف فلز روی در زمانهای تماس مختلف و pH برابر ۷ و

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-14]

[DOI: 10.18869/acadpub.jehe.4.1.43]

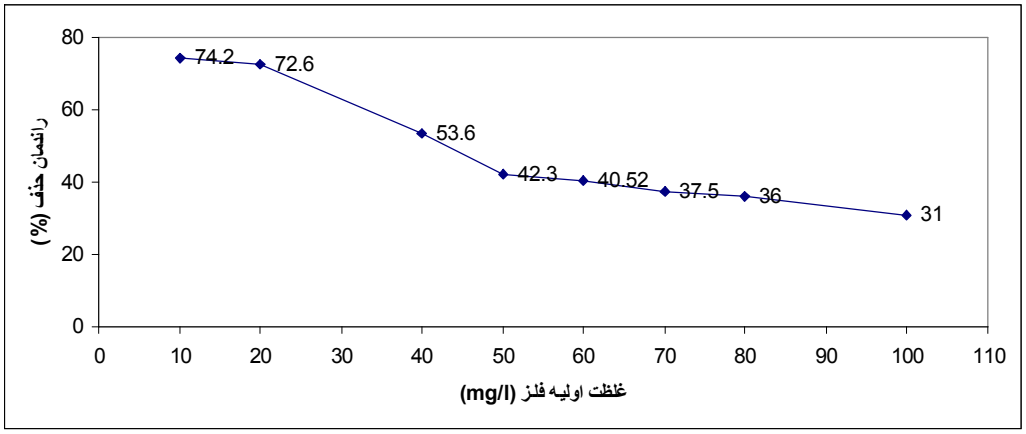
دوز جـاذب ۳g /L بـرای غلظـت ورودی ۵۰ mg/l.انجـام شد.براساس نمودار٤ مربوط، با افزایش زمان تماس، بـازدهی حذف روی افزایش می‌یابد ولـی در زمـان تمـاس ۳۰ دقیقـه تقریبا بازدهی حذف به تعادل می‌رسد و بـا سـرعت کمتـری افزایش یافته است ، بنابراین این زمان را به عنوان زمان بهینـه در نظر گرفته ایم.بازدهی حذف و ظرفیت جذب در این زمان به ترتیب برابر٦۹/٤۹درصد و ۲/۹٦ mg/g بدست امده است



نمودار٤: میزان بازدهی حذف فلز روی در زمانهای تماس مختلف،غلظت ورودی ۵۰ mg/l در pH برابر ۷ و دوز جاذب ۳ g/L

تعیین اثر غلظت اولیه فلز بر جذب فلز روی

تغییرات غلظت بـاقی مانـده، ظرفیـت جـذب و بـازدهی حذف فلز روی در غلظت‌های اولیه مختلف فلز در pH برابـر ۷و زمان تماس ۳۰دقیقه و دوز جـاذب برابـر ۳g /L صـورت گرفت. براساس نمودار۵ مربوط، با کاهش غلظت اولیـه روی، بازدهی حذف افزایش می‌یابد بطوریکه بازده حذف در غلظت mg/L ۱۰به ۷٤/۲درصد می‌رسد اما در غلظتmg/L ۱۰۰ در شرایط یکسان بازده حذف ۳۱درصد می‌باشد.



نمودار ۵: میزان بازدهی حذف فلز روی در غلظت‌های مختلف فلز ،دوز جاذب ۳ g/L، در pH برابر۷ و زمان تماس ۳۰ دقیقه

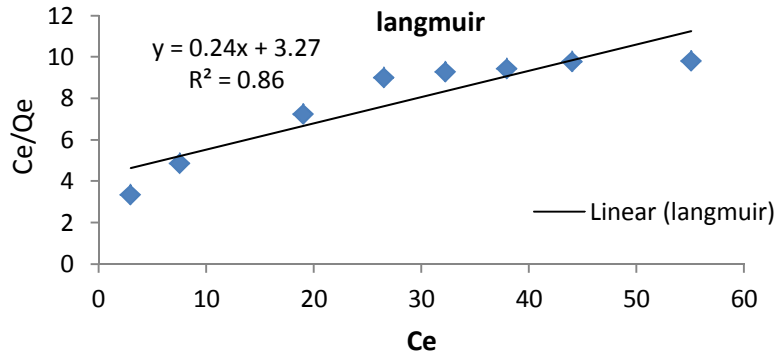
بررسی ایزوترم‌های لانگمویر ، فروندلیچ فلز روی

نوع جذب معمولا از طریق ایزوترم‌هایی بیان می‌گردد کـه معادل میزان ماده جذب شونده بر روی سطح جاذب است که تابعی از میزان فشار (در مورد گازها) و یـا غلظـت (در مـورد

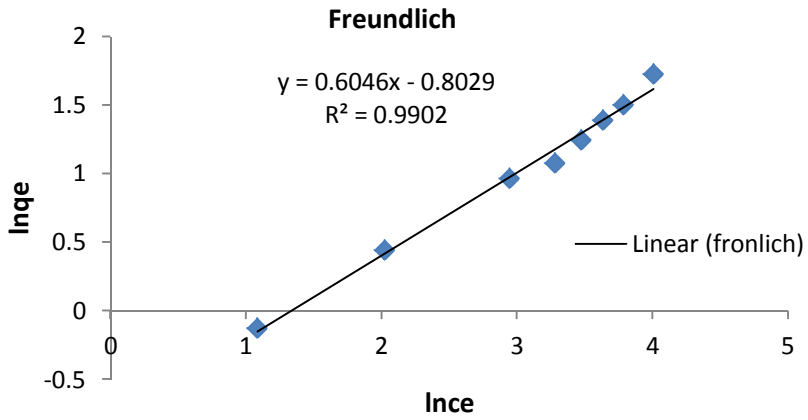
[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-14]

[DOI: 10.18869/acadpub.jehe.4.1.43]

مایعات) ماده جذب شونده در شرایط دمای ثابت می‌باشد.در همه انواع ایزوترم‌های جذب، با افزایش فشار جزئی ماده جذب شونده، مقدار ماده ای که جذب می‌شود افزایش می‌یابد تا زمانی که یک تک لایه روی سطح بوجود آید. ایزوترم لانگمویر که به ندرت در مواد غیر متخلخل دیده می‌شود و برای ترکیباتی که دارای حفره‌های بسیار ریزی هستند(۲nm >)، مناسب است. ایزوترم لانگمویر در واقع جذب در سطوح کاملا همگن با فعل وانفعالات ناچیز بین مولکول‌های جذب شده را بیان می‌کند. اما ایزوترم فروندلیچ جذب چند لایه به کار گرفته می‌شود.[۷] در ایزوترم در این آزمایش برای فلز روی pH برابر با ۷زمان تماس ۳۰ دقیقه،دوز جاذب ۳گرم و غلظت‌های اولیه ۱۰، ۲۰ ، ۴۰ ، ۵۰ ، ۶۰ ، ۷۰ ، ۸۰ و ۱۰۰میلی گرم در لیتر استفاده شده است.در نمودار ۶ و ۷ داده‌های بدست امده از این دو ایزوترم برای فلز روی نشان داده شده است.براساس دادهای بدست امده برای فلز روی ایزوترم فروندلیچ (R^2 = ۰/۹۹) مطابقت بیشتری نسبت به دیگر ایزوترم‌ها دارند.جدول ۳- پارامترهای مربوط به ایزوترم‌های جذب فلز روی توسط جاذب کلینوپتیولیت را نشان می‌دهد.



نمودار ۶: منحنی ایزوترم لانگمویر جذب روی با استفاده از زئولیت طبیعی ،زمان تماس برابر ۳۰دقیقه و۷=pH و دوز جاذب ۳g/L



نمودار ۷: منحنی ایزوترم فروندلیچ جذب روی با استفاده از زئولیت طبیعی،زمان تماس برابر ۳۰دقیقه و۷=pH و دوز جاذب ۳ g/L

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-14]

[DOI: 10.18869/acadpub.jehe.4.1.43]

جدول ۳: پارامترهای مربوط به ایزوترم‌های جذب فلز روی توسط زئولیت کلینوپتیولیت

پارامتر	لانگمویر			فروندلیچ		
	q_{max} (mg/g)	K_L (L/mg)	R^2	N	K_f (mg/g)	R^2
فلز روی	۷/۱۸	۰/۰۸	۰/۸۳٤	۱/٦٥	۲/۲۲	۹/۹۰

بحث

با توجه به اینکه عوامل مختلفی مانند مدت زمان تماس جاذب با محلول فلز، pH اولیه محلول، دوز جاذب و غلظت اولیه محلول فلز در جذب فلزات توسط زئولیت تأثیر گذار هستند، اثر تغییرات هر یک از این عوامل بر میزان حذف فلز روی از محلول مورد بررسی قرار گرفت.

اثر دوز جاذب بر روی راندمان حذف فلز روی

مطابق نمودار ۲-تأثیر پارامتر دوز جاذب را بر روی راندمان جذب (٪) فلز روی نشان می‌دهد که با توجه به تغییرات نمودار می‌بینیم که از دوز جاذب۱تا۳ گرم افزایش سریع در راندمان جذب دیده می‌شود و پس از آن تا میزان ۷گرم راندمان با سرعت کمتری افزایش می‌یابد. بنابراین دوز جاذب ۳با راندمان حذف ۷۳/٤۱درصد و ظرفیت جذب ۲/۲۵میلی گرم بر گرم به عنوان میزان جاذب بهینه در نظر گرفته ایم.

در تحقیقی که توسط موسوی و همکاران برای حذف اسید هیومیک‌های با استفاده از زئولیت طبیعی اصلاح نشده انجام گرفت نتایج مشابهی بدست آمد و آن‌ها دریافتند که با افزایش دوز ماده جاذب از ۲ گرم در لیتر به ۱۰ گرم در لیتر راندمان حذف از ۳۰ به ۸۰ درصد افزایش یافت. آن‌ها دلیل افزایش راندمان حذف را با افزایش دوز ماده جاذب این‌گونه بیان نمودند که افزایش نیروی‌های جذب واندروالس و نیروهای جذب الکترو استاتیکی بین زئولیت طبیعی و مولکول‌های اسید هیومیک باعث افزایش راندمان حذف می‌شوند.[۱۳و۱٤]

- اثر pH بر روی راندمان حذف فلز روی بوسیله زئولیت کلینوپتیلولیت

مطابق نمودار ۳- تأثیر پارامتر pH بر روی راندمان جذب (٪) فلز روی بوسیله زئولیت را نشان می‌دهد که در اینجا برخلاف سایر فلزات در pH پایین تریعنی۷ بیشترین راندمان حذف را دارا می‌باشند در pH برابر ۷ راندمان حذف برابربا۷۸/۲۲و ظرفیت جذب آن برابر با ۲/۷٦میلی گرم بر گرم بدست امده است.

- اثرمدت زمان تماس زئولیت با محلول فلز روی بر راندمان حذف

مطابق نمودار ٤- تأثیر پارامتر مدت زمان بر روی راندمان جذب (٪) فلز روی را نشان می‌دهد با توجه به نمودار با افزایش زمان تماس، راندمان حذف روی افزایش می‌یابد.اما بدلیل اینکه در زمان ۳۰ دقیقه راندمان به تعادل رسید زمان‌های کمتر از ۳۰ دقیقه نیز مورد آزمایش قرار گرفت تا صحت زمان رسیدن به تعادل بدست آید.همانطور که در جدول مشخص شده است در زمان ۳۰ دقیقه راندمان حذف برابر با ٦۹/٤۹درصدظرفیت جذب آن برابر با mg/g ۲/۹٦می باشد.

با افزایش زمان تماس بالاتر از ۳۰ دقیقه راندمان حذف با سرعت پایینی افزایش پیدا می‌کند میزان حذف فلز در مراحل

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-14]

[DOI: 10.18869/acadpub.jehe.4.1.43]

ابتدایی بیشتر می‌باشد که این به خاطر تماس بیشتر جاذب با محلول فلزی می‌باشد و تعداد محل‌های خالی بر روی سطح جاذب بیشتر می‌باشد که با گذشت زمان تعداد این محل‌ها کاهش می‌یابد و با اشغال تدریجی این محل‌ها توسط ماده فلز نیروی دافعه بین مولکول‌های ماده جذب شونده بیشتر می‌شود و میزان حذف یا همان جذب فلز کاهش می‌یابد.[11] در تحقیقی که عادل اصفهانی و زمان شامحمدی حیدری برای حذف منگنز توسط زئولیت طبیعی و سدیمی شده انجام شده است با افزایش زمان تماس از صفر تا ۲۵ دقیقه، برای هر دو جاذب، سرعت جذب بسیار زیاد است بعد از زمان ۲۵ دقیقه، سرعت جذب کاهش می یابد تا به مقداری ثابت می رسد . سرعت ثابت برای هر دو جاذب در زمان ٦۰ دقیقه که به آن زمان تعادل گفته می شود، اتفاق می افتد.[۲۲]

- مطالعه تأثیر غلظت اولیه روی بر راندمان حذف

مطابق نمودار ۵- تأثیر پارامتر غلظت اولیه روی را بر روی راندمان حذف (٪) فلز نشان می‌دهد که با توجه به تغییرات نمودار می‌بینیم با افزایش غلظت اولیه فلز راندمان حذف کاهش می‌یافت به نحوی که ماکزیمم حذف در غلظت ۱۰ mg/l بدست آمد. اگر چه با افزایش غلظت اولیه فلز میزان فلز جذب شده به ازای واحد جرم ماده جاذب افزایش یافت. زمانی که غلظت فلز از ۱۰ میلی گرم بر لیتر به ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر افزایش یافت راندمان حذف از ۷٤/۲درصد به ۳۱درصد کاهش یافت ولی میزان فلز جذب شده به ازای واحد جرم جاذب از ۰/۸۸ میلی گرم بر گرم به ۵/٦۱ میلی گرم بر گرم افزایش یافت ،مقدار دوز ماده جاذب ۸ گرم در لیتر بود.در تحقیقی توسط اسپرینسکی و همکارانش در سال ۲۰۰٦ کارایی زئولیت کلینوپتیلولیت در حذف فلزات سنگین، حداکثر ظرفیت جذب سرب ٤/۲۲mg/g در غلظت اولیه ۸۰mg/Lو برای سرب ، مس و نیکل mg/g ۲۷/۷، ۲۵/۷٦و ۱۳/۰۳ در غلظت اولیه mg/L ۸۰۰ آمده بود.[۱۲و۱٤]

- بررسی ایزوترم‌های جذب فلز روی

ایزوترم جذب معادله و یا منحنی ارتباط غلظت فلز در فاز جامد با غلظت فلز در محلول در درجه حرارت ثابت در تعادل جذب می‌باشد.[۸] استفاده از داده‌های تجربی در توصیف معادلات همدمای در پیش بینی عملکرد سیستم و استفاده از نتایج بهینه جاذب ارزشمند است. ایزوترم جذب داده‌های اساسی فیزیکی برای ارزیابی استفاده از فرآیندهای جذب به عنوان یک واحد عملی را فراهم می‌کند. ایزوترم جذب که معمولا توسط یک معادله ایزوترم که پارامترهای مانند خواص سطح و تمایل جاذب، در درجه حرارت و pH ثابت را توصیف می‌کند. از این رو، شرح دقیق ریاضی ایزوترم تعادل، در یک مکانیسم جذب صحیح ، برای طراحی موثر سیستم‌های جذب ضروری است.معمولا استفاده از ایزوترم‌های فروندلیچ و لانگمویر بیشتر رایج می‌باشد.[۸و۲۵] در بررسی‌های جذب فلز توسط زئولیت ، ایزوترم‌های فروندلیچ، لانگمویر، مورد بررسی و آنالیز قرار گرفت. جهت تعیین مدل‌های ایزوترمی مقدار غلظت‌های۱۰، ۲۰،٤۰،۵۰،٦۰،۷۰،۸۰ و ۱۰۰ میلی گرم در لیتر زمان تماس ۳۰ دقیقه برای روی تعیین مقدار گردید.

در تحقیقی که رمضانعلی دیانتی تیلکی و همکاران در سال ۱۳۸۱ بر روی حذف سرب بوسیله کربن فعال دانه ای انجام شد نتایج به دست آمد به طوری که R^2 بدست آمده از مطالعات ایزوترمی جاذب برای مدل لانگمویر بیش از فروندلیچ بوده است که نشان دهنده این است که ایزوترم آن از مدل لانگمویر بهتر تبعیت می‌کند.[۱٤] درمطالعه ای توسط بکتا و کارا در ترکیه در حذف سرب با زئولیت طبیعی کلینوپتیلولیت از محلول‌های ابی را مورد بررسی قرار دادند. نتایج این تحقیق نشان داد که فرایند تعادل به خوبی با مدل ایزوترم لانگمویر توصیف شد.[۲۰] جدول٤ مقایسه میزان ظرفیت جذب روی توسط زئولیت کلینوپتیولیت سمنان در

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-14]

[DOI: 10.18869/acadpub.jehe.4.1.43]

مقایسه با سایر جاذب‌های مختلف برای جذب الاینده‌های مختلف را نشان می‌دهد.

جدول ۵: مقایسه میزان ظرفیت جذب روی توسط زئولیت کلینوپتیولیت سمنان در مقایسه با سایر جاذب‌ها در حذف فلزات سنگین

جاذب	آلاینده	ظرفیت جذب	رفرنس
کلینوپتیلولیت لهستانی			۱۵
کلینوپتیلولیت ترکیه	کادمیوم	٤/۲۲	۱۸
کلینوپتیلولیت ترکیه	روی	۱۷/۸٦	۱۱
کلینوپتیلولیت سدیمی	کادمیوم	۷	۱۷
کلینوپتیلولیت طبیعی	سرب	٦/۹۵	۲۰
کلینوپتیلولیت اصلاح شده	منگنز	۷/٦۹	۲۱
کلینوپتیلولیت طبیعی	کادمیوم	۵/۵۵	۲۳
زئولیت طبیعی	آمونیوم	٦/۳۲	۲٦
زئولیت سدیمی	منگنز	۳/٦۷	**۲٤**
کلینوپتیلولیت اصلاح شده	منگنز	۵/۳۲	۷
زئولیت طبیعی	فسفات	۲۲/۷۳	۸
زئولیت همراه با بیوفیلم	کادمیوم	۸/۲۹	۲۵
بنتونیت	کادمیوم	۲۰/۸۳	۱۲
کائولین	سرب	۲۹/۱۷	۱۱
کلینوپتیلولیت	سرب	٤/۱٦	۱۳
بنتونیت	روی	٤/٤	۱۹
چابازیت	روی	۱۸/٦٦	۲۲
کلینوپتیلولیت	روی	۸۹/۵۸	۲۸
ایرانی(تحقیق حاضر)			تحقیق حاضر

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج و یافته‌های این پژوهش نتایج زیر قابل برداشت و استخراج است:

- جاذب کلینوپتیلولیت طبیعی معدنی مورد استفاده در این مطالعه راندمان مناسبی در جهت حذف فلزات سنگین روی دارد که این خود از مزیت بسیار مهم در فرایند جذب می‌باشد از طرفی دیگر این جاذب‌ها به صورت طبیعی در طبیعت وجود دارند و با قیمت ارزان تر از جاذب‌های دیگر در حذف آلاینده‌ها می‌توانند استفاده شود.
- افزایش بازدهی حذف با افزایش دوز جاذب، ممکن است بدلیل افزایش مساحت سطحی جاذب و همچنین افزایش سایت‌های غیر اشباع روی سطح جاذب باشد.
- برای فلز روی pH برابر ۷ بیشترین بازدهی حذف داشتیم.
- جذب با زئولیت کلینو پتیلولیت با سرعت بالایی اتفاق افتاده است به طوری که در زمان‌های ابتدایی بیشترین بازدهی حذف را برای فلز روی حاصل شد.
- به افزایش غلظت فلزات میزان بازدهی حذف کاهش می‌یابد این ممکن است بدلیل کاهش سطح جاذب و از طرفی افزایش نیروی‌های دافعه بین مولکول‌های فلز

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-14]

[DOI: 10.18869/acadpub.jehe.4.1.43]

جذب شده بر روی سطح جاذب باشد.

- ایزوترم جذب فلز روی از مدل فرونـدلیچ بیشـتر تبعیـت می‌کند.

منابع

1. Mirzaei A, Takdastan A, Alavi Bakhtiarvand N. Survey of PAC Performance for Removal of Turbidity, COD, Coliform Bacteria, Heterotrophic Bacteria from Water of Karoon River. Iranian J Health Environ. 2011;4(3):267-76.
2. Mahvi AH, Vosoughi M, Mohammadi MJ, Asadi A, Hashemzadeh B, Zahedi A, Pourfadakar S. Sodium Dodecyl Sulfate Modified-Zeolite as a Promising Adsorbent for the Removal of Natural Organic Matter From Aqueous Environments. Health Scope. 2016;5(1): e29966.
3. Takdastan A, Nazarzadeh A, Ramezani Z. Performance evaluation of dried powder activated sludge on adsorption of nickel and determining the adsorption isotherm. J Ilam Univ Med Sci. 2015;23(1):11-7.
4. Niri MV, Mahvi AH, Mohammadi MJ, Takdastan A, Zahedi A, Hashemzadeh B. Kinetic study of the adsorption of natural organic matter from aqueous solution by surfactant modified zeolite. Jundishapur J Health Sci. 2015;7(3): e29867.
5. Niri MV, Mahvi AH, Alimohammadi M, Shirmardi M, Golastanifar H, Mohammadi MJ, Naeimabadi A, Khishdost M. Removal of natural organic matter (NOM) from an aqueous solution by NaCl and surfactant-modified clinoptilolite. J Water Health. 2015;13(2):394-405.
6. Mirzaiy A, Takdastan A, Alavi N, Mohamadian H. Removal of Turbidity, Organic Matter, Coliform and Heterotrophic Bacteria by Coagulants Poly Aluminium Chloride from Karoon River Water in Iran. Asian J Chem. 2012;24(6):2389.
7. Günay A, Arslankaya E, Tosun I. Lead removal from aqueous solution by natural and pretreated clinoptilolite: adsorption equilibrium and kinetics. J Hazard Mater. 2007;146(1):362-71.
8. Sprynskyy M, Buszewski B, Terzyk AP, Namieśnik J. Study of the selection mechanism of heavy metal (Pb^{2+}, Cu^{2+}, Ni^{2+}, and Cd^{2+}) adsorption on clinoptilolite. J Colloid Interface Sci. 2006;304(1):21-8.
9. Inglezakis V, Grigoropoulou H. Effects of operating conditions on the removal of heavy metals by zeolite in fixed bed reactors. J Hazard Mater. 2004;112(1):37-43.
10. Tao YF, Qiu Y , Fang SY, Liu ZY, Wang Y, Zhu JH. Trapping the lead ion in multi-components aqueous solution by natural clinoptilolite. J Hazard Mater. 2010;180(1):282-8.
11. Trgo M, Perić J, Medvidović NV. A comparative study of ion exchange kinetics in zinc/lead—modified zeolite-clinoptilolite systems. J Hazard Mater. 2006;136(3):938-45.
12. Gedik K, Imamoglu I. Removal of cadmium from aqueous solutions using clinoptilolite: Influence of pretreatment and regeneration. J Hazard Mater. 2008;155(1):385-92.
13. Nadeem R, Hanif MA, Shaheen F, Perveen S, Zafar MN, Iqbal T. Physical and chemical modification of distillery sludge for Pb (II) biosorption. J Hazard Mater. 2008;150(2):335-42.
14. El Nemr A. Potential of pomegranate husk carbon for Cr (VI) removal from wastewater: Kinetic and isotherm studies. J J Hazard Mater. 2009;161(1):132-41.
15. Ghadiri S, Nabizadeh R, Mahvi A, Nasseri S, Kazemian H, Mesdaghinia A, et al. Methyl tert-butyl ether adsorption on surfactant modified natural zeolites. Iranian J Environ Health Sci Engin. 2010;7(3):241.
16. Zhan Y, Zhu Z, Lin J, Qiu Y, Zhao J. Removal of humic acid from aqueous solution by cetylpyridinium bromide modified zeolite J Environ Sci. 2010;22(9):1327-34.
17. Sari A, Tuzen M. Biosorption of total chromium from aqueous solution by red algae (Ceramium virgatum): equilibrium, kinetic and thermodynamic studies. J Hazard Mater. 2008;160(2-3):349-55.
18. Hegazi HA. Removal of heavy metals from wastewater using agricultural and industrial wastes as adsorbents. HBRC J. 2013;9(3):276-82.
19. Ouadjenia-Marouf F, Marouf R, Schott J, Yahiaoui A. Removal of Cu (II), Cd (II) and Cr (III) ions from aqueous solution by dam silt. Arabian J Chem. 2013;6(4):401-6.
20. Malamis S, Katsou E. A review on zinc and nickel adsorption on natural and modified zeolite, bentonite and vermiculite: Examination of process parameters, kinetics and isotherms. J Hazard Mater. 2013;252:428-61.
21. Kołodyńska D. Chitosan as an effective low-cost sorbent of heavy metal complexes with the polyaspartic acid. Chem Engin J. 2011;173(2):520-9.
22. Muthukumaran K, Beulah S. Removal of chromium (VI) from wastewater using chemically activated Syzygium jambolanum nut carbon by batch studies. Proc Environ Sci. 2011;4:266-80.
23. Dimirkou A, Doula MK. Use of clinoptilolite and an Fe-overexchanged clinoptilolite in Zn^{2+} and Mn^{2+} removal from drinking water. Desalination. 2008;224(1):280-92.
24. Karapanagioti HK, Sabatini DA, Bowman RS. Partitioning of hydrophobic organic chemicals (HOC) into anionic and cationic surfactant-modified sorbents. Water Res. 2005;39(4):699-709.
25. Bektaş N, Kara S. Removal of lead from aqueous solutions by natural clinoptilolite: equilibrium and kinetic studies. Sep Purif Technol. 2004;39(3):189-200.

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-14]

[DOI: 10.18869/acadpub.jehe.4.1.43]

Study the Efficiency and Effective Factors on the Application of Clinoptilolite Zeolite for Removal of Zn from Aqueous Solutions, Determination of the Adsorption Kinetics and Isotherms

Parviz Javanmardi[1], Afshin Takdastan[*2], Reza Jalilzadeh[1], Mohammad Javad Mohammadi[3]

1. Department of Environmental Engineering, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran
2. Department of Environmental Health Engineering, and Environmental Technologies Research Center, Ahvaz JundiShapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran (Corresponding author)
3. Abadan School of Medical Sciences, Abadan, Iran

E-mail: afshin_ir@yahoo.com

Received: 2 Apr 2016 ; Accepted: 21 Aug 2016

ABSTRACT

Background and objective: The industrial wastewaters are considered to be one of the main sources of heavy metal impurities. The removal of toxic heavy metals from wastewaters is of great importance from an environmental point of zn are the most concerning heavy metals in aqueous solutions due their high toxicity in low concentrations and bioaccumulation in live tissues. Among various removal methods, adsorption through inexpensive adsorbents has been highly considered by researchers. The zn removal by natural clinoptilolite zeolite was defined as the main purpose of the current study.

Methods: The experiments were carried out in batch mode operation with natural zeolite. The zeolite characteristics were analyzed with SEM and XRD. The effect of pH (5, 6, 7, 8, 10), contact time (15, 30, 45, 60,90min), adsorbent dosage (1, 3, 5, 7, 10) and pb and zn concentrations (10, 20, 40, 50, 60, 70, 80 and 100 mg/L) on removal efficiency of zn, adsorption isotherms and kinetics were studied in constant temperature.

Results: Based on the findings, optimum conditions of zn removal by natural zeolite, included pH, 7, adsorbent dose of 5g/L and contact time of 30 minutes. The metal removal was decreased along with metal concentration, but the absorption capacity was increased. Of the two studied models, the Langmuir isotherm was better fitted Freundlich for zn (R2=0.98). Also for Zn, the pseudo second order kinetics was consistent with results.

Conclusion: The results of current study indicated that natural clinoptilolite zeolite can be considered as an efficient and cost effective adsorbent for zn removal from aqueous solutions.

Keywords: Natural Zeolite Clinoptilolite, Adsorption, Zn, Isoterm

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-14]

[DOI: 10.18869/acadpub.jehe.4.1.43]