

حذف یون‌های مس از پساب صنعتی توسط جاذب هیدروژل بر پایه اکریلیک اسید / سبوس گندم / موفت موریلوینیت

محمد رضا وصالی ناصح^۱، ابوالفضل براتی^۲، مسعود وصالی ناصح^۳، الهام عبدالهی مقدم^۴

مقاله پژوهشی

چکیده

مقدمه: جذب سطحی یکی از کارامدترین روش‌های حذف فلزات سنگین به عنوان یکی از مهم‌ترین آلاینده‌های منابع آبی به شمار می‌رود. هدف از انجام مطالعه حاضر، حذف یون‌های مس از پساب صنعتی توسط جاذب هیدروژل بود.

روش‌ها: در این مطالعه، جاذب هیدروژل بر پایه اکریلیک اسید، سبوس گندم و نانو ساختار مونت موریلوینیت به روش پلیمریزاسیون درجا ساخته شده و کارایی آن در جذب کاتیون‌های مس از محلول‌های آبی مورد بررسی قرار گرفت. سپس، تأثیر پارامترهای مختلف نظیر غلظت اولیه مس، pH و درصد وزنی مونت موریلوینیت ارزیابی گردید. در نهایت، رفتار جذبی این جاذب توسط مدل‌های ایزوترم Langmuir و Freundlich بررسی شد.

یافته‌ها: افزایش غلظت اولیه یون‌های مس در محلول، باعث افزایش میزان جذب آن‌ها گردید. بیشترین کارایی جاذب در حذف یون مس با مقدار ۳ درصد وزنی نانو ساختار مونت موریلوینیت در ساختار هیدروژل به دست آمد. جاذب هیدروژل بیشترین مقدار جذب را در pH حدود ۷ نشان داد. تطابق داده‌های جذب ایزوترم این جاذب با مدل Langmuir همبستگی مناسبی با ضریب $R^2 = 0.99$ داشت.

نتیجه‌گیری: جاذب هیدروژل سنتر شده بر پایه اکریلیک اسید اصلاح شده با نانو ساختار مونت موریلوینیت قابلیت مناسبی در حذف فلز مس از پساب صنعتی دارد.

واژه‌های کلیدی: جذب سطحی، هیدروژل، مونت موریلوینیت، مس

ارجاع: وصالی ناصح محمد رضا، براتی ابوالفضل، وصالی ناصح مسعود، عبدالهی مقدم الهام، حذف یون‌های مس از پساب صنعتی توسط جاذب هیدروژل بر پایه اکریلیک اسید / سبوس گندم / مونت موریلوینیت. مجله تحقیقات نظام سلامت ۱۳۹۶؛ ۱۳: ۲۲۵-۲۳۰.

پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۱/۱۹

دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۹/۱۸

حمام‌های آب کاری الکتریکی دارد. با این وجود، مس در محیط زیست تجزیه نمی‌شود و می‌تواند در بدن موجودات زنده تجمع یابد و غلظت بیش از حد مجاز آن منجر به بروز مشکلاتی نظیر بیماری‌های معده و روده در انسان شود. برای حذف یون مس از محیط آبی، روش‌های مختلفی وجود دارد که از آن جمله می‌توان به فرایندهای ترسیب شیمیایی (۶)، تبادل یونی (۷)، الکترو دیالیز (۸)، فیلتراسیون غشایی (۹)، استخراج به کمک حلال (۶) و جذب سطحی (۱۰) اشاره نمود. روش جذب سطحی به دلیل ارزانی و سادگی فرایند آن و همچنین عدم تولید فراورده‌های جانبی مضر، در مقایسه با دیگر روش‌ها کاربرد بیشتری پیدا کرده است.

از مهم‌ترین جاذب‌های مورد استفاده در این روش، کربن فعال، زئولیت، خاکستر و خاک رس است. یکی از جاذب‌های نوظهور در این روش، ژلهای پلیمری است که با داشتن خواصی نظیر تورم پذیری بالا، فعالیت اسمزی، داشتن اتصالات عرضی و وزن مولکولی بالا، نظر بسیاری از محققان را به خود جلب کرده است (۱۱). یک نوع خاص از این ژلهای هیدروژل ها است که به دلیل

مقدمه

رشد و توسعه روزافرون فعالیت‌های شهری و صنعتی در طی چند دهه اخیر، منجر به آزادگی محیط زیست شده است. از جمله مهم‌ترین آلاینده‌های زیست محیطی که منابع آبی را به مخاطره می‌اندازد، می‌توان به فلزات سنگین اشاره نمود. فلزات سنگین موادی سمی به شمار می‌رود که به دلیل پایداری یون‌های محلول این فلزات در محیط آبی سلامت موجودات زنده را تهدید می‌کند. حضور این مواد همچنین، به دلیل بروز مشکلاتی نظیر تولید رسم، یکی از مهم‌ترین چالش‌های صنایع مختلف به حساب می‌آید. مطالعات و تحقیقات فراوان انجام شده در زمینه حذف فلزات سنگین از منابع آبی، بیانگر اهمیت موضوع می‌باشد (۱-۴). از متداول‌ترین فلزات یافته شده در فاضلاب و پساب‌های صنعتی می‌توان به سرب، مس، روی، کادمیوم، کروم و نیکل اشاره نمود (۵).

فلز مس یک عنصر مورد نیاز موجودات زنده به شمار می‌رود که کمبود آن می‌تواند منجر به بروز مشکلاتی برای آن‌ها شود. همچنین، این فلز و نمک‌های آن کاربرد گسترده‌ای در صنایع شیمیایی همچون قارچ‌کش‌های کشاورزی و

۱- استادیار، گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه اراک، اراک، ایران

۲- دانشیار، گروه مهندسی شیمی، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه اراک، اراک، ایران

۳- استادیار، گروه مهندسی شیمی، دانشگاه صنعتی همدان، همدان، ایران

۴- کارشناس ارشد، گروه مهندسی شیمی، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه اراک، اراک، ایران

نویسنده مسؤول: مسعود وصالی ناصح

Email: masood.vesali@hut.ac.ir

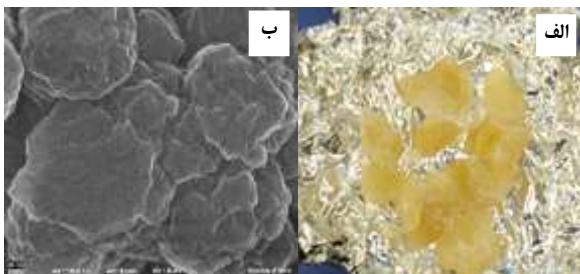
یون مس در محدوده $100-250 \text{ mg/l}$ با حجم های یکسان 100 ml تهیه شد. این محلول ها از محلول مرجع با غلظت 100 mg/l به دست آمده است. برای تنظیم pH محلول ها، از اسید کلریدریک و هیدروکسید سدیم استفاده شد. محلول ها پس از تنظیم pH و افزودن جاذب به آن ها، در شرایط یکسان هم زده شد. به منظور تعیین pH بهینه، مقدار آن در محدوده $2-12$ مورد بررسی قرار گرفت. زمان تماس جاذب و محلول ها در محدوده $30-180$ دقیقه در نظر گرفته شد. آزمایش های جذب به صورت ناپیوسته و در دمای محیط انجام گردید. مقدار باقی مانده مس در هر مرحله زمانی به روش اسپکتروفوتومتری با استفاده از دستگاه UV مدل 20 PerkinElmer Lambda در طول موج 800 nm اندازه گیری شد. به منظور حصول اطمینان از نتایج کلیه آزمایشات سه بار تکرار و از میانگین مقادیر اندازه گیری شده به عنوان غلظت مورد سنجش استفاده گردید.

$$q_e = [(C_0 - C_e) V] / m$$

حجم محلول (L) و جرم جاذب (g) می باشد.

عافته‌ها

شکل ۱ الف تصویر واقعی جاذب هیدرولیک سترن شده و شکل ۱ ب تصویر میکروسکوپ الکترونی آن را نشان می‌دهد. جاذب هیدرولیک با اندازه متوسط حدود ۲۰۰ نانومتر ساختار خفره‌داری با مساحت سطحی به نسبت بالا را نشان می‌دهد که قابلیت جذب یون‌های مرمر را دارد.



شکل ۱. الف) نمونه‌ای از هیدروژل ساخته شده و ب) تصویر میکروسکوپی الکترونی رویشی

شکل ۲ میزان جذب یون مس توسط جاذب هیدروژل را در دو غلظت اولیه و ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر در بازه زمانی ۰-۱۸۰ دقیقه نشان می‌دهد. ظرفیت جذب در غلظت اولیه 100 mg/l بعد از زمان ۴۰ دقیقه به مقدار تعادلی 14 mg/g و در غلظت اولیه 25 mg/l بعد از زمان ۳۰ دقیقه به مقدار تعادلی 3 mg/g رسید.

شکل ۳ تأثیر درصد وزنی نانو ذرات مونت موریلوئنیت را بر فرایند جذب یون مس نشان می‌دهد. با افزایش درصد وزنی مونت موریلوئنیت تا ۳٪ وزنی، میزان جذب یون مس افزایش یافته است.

وجود حلال آبی در شبکه سه بعدی خود دارای خاصیت جذب فوق العاده آب در محلول های رقیق الکتروولیت ها و همچنین، دفع آن در شرایط متفاوت با مرحله جذب از نظر دما و pH است. کابرد هیدروژل های پلیمری در تصفیه پساب به دلیل قیمت نسبی ارزان آن ها در مقایسه با رزین های یونی اهمیت روزافزونی یافته است. برای بهبود کارایی هیدروژل ها در جذب فلزات سنگین، می توان از افزودن مواد نانو ساختار نظیر مونت موریلوئیت به شبکه آن ها استفاده کرد. مونت موریلوئیت یک نوع خاک رس است که به دلیل ارزان و در دسترس بودن و همچنین، داشتن ساختار لایه ای و متخلخل با مساحت سطحی بالا می تواند جذب یون های فلزی را افزایش دهد (۱۲، ۱۳).

در تحقیق حاضر، جاذب هیدروژل بر پایه اکریلیک اسید، در حضور سبوس گندم و نانو ساختار مونت موریلوئیت به روش پلیمریزاسیون درجا (In-situ polymerization) ساخته شد. سپس، درصد جذب یون های مس از محلول آبی توسط این جاذب در شرایط مختلف مورد بررسی قرار گرفت. برای تعیین رفتار ایزوتورمی جاذب هیدروژلی مورد استفاده مدل های جذب Freundlich و Langmuir به کار گرفته شد.

دوشها

مونت موریلوینیت (CAS 1318-93-0) از شرکت سوتون کلی (Southern clay) و سبوس گندم (CAS 116469-86-4) از شرکت گودستن (Good scents) و دیگر مواد شیمیایی مورد استفاده در تحقیق از شرکت مرک خریداری شد. تمامی محلول های آبی مورد استفاده توسط آب دیونیزه تهیه گردید.

به منظور تعیین پارامترهای بهینه جهت سنتز جاذب هیدروژل، طراحی آزمایشات به روش Taguchi صورت گرفت. توسط این روش ۱۶ آزمایش جهت تعیین مقدار اکریلیک اسید، محلول هیدروکسید سدیم، متیلن بیس اکریل آمید، سبوس گندم و آمونیوم پرسولفات انجام شد. برای ساخت جاذب هیدروژل پایه، محلول همگنی از اکریلیک اسید با غلظت 1 mol/l ۲/۶ تهیه و به منظور هیدرولیز کردن آن، 5 ml محلول هیدروکسید سدیم (غلظت 1 mol/l) به صورت قطره ای به آن افزوده گردید. سپس، 5 g متیلن بیس اکریل آمید به عنوان اتصال دهنده عرضی به آن اضافه شده تا محلول همگنی حاصل شود. این محلول به سوسپانزیون از سبوس گندم که با افزودن 5 g از آن به 100 ml آب دیونیزه تهیه شده و به مدت ۱ ساعت درون حمام آب گرم در دمای 70°C قرار گرفته، اضافه شد. با افزودن $1/2\text{ ml}$ از ماده آغازگر آمونیوم پرسولفات به محلول مذکور تحت هم زدن شدید، در مدت ۱ ساعت واکنش پلیمریزاسیون انجام گردید. در ادامه، هیدروژل تهیه شده به مدت 12 h داخل آون در دمای 70°C خشک شد. به منظور ساخت هیدروژل اصلاح شده با نانو ساختار مونت موریلوینیت، ابتدا محلول همگن مونومر همانند هیدروژل پایه تهیه و سپس، مقدار بهینه 3 درصد وزنی محلول مونومر از نانو ساختار مونت موریلوینیت به آن افزوده و بعد از هم زدن به مدت 15 دقیقه در حمام اولتراسونیک، $1/2\text{ ml}$ از ماده آغازگر آمونیوم پرسولفات تحت هم زدن به آن اضافه شد. بعد از 1 ساعت واکنش پلیمریزاسیون درجا، هیدروژل تهیه شده در دمای 70°C خشک گردید. برای تعیین مقدار بهینه مونت موریلوینیت، مقدار آن در محدوده $1\text{--}5$ درصد مورده بررسی قرار گرفت.

به منظمه، درست، کارا، جاذب هیدروژل؛ بستن شده، محلمه، همگن؛ از

جدول ۱. ضرایب مدل‌های ایزووترم

| Freundlich ایزووترم | | | Langmuir ایزووترم | | |
|---------------------|------|----------------|-------------------|----------------|------|
| R ² | n | K _F | R ² | q _m | b |
| ۹۳/۰ | ۶۷/۱ | ۷۴/۴ | ۹۹/۰ | ۶۴/۱۷ | ۴۵/۰ |

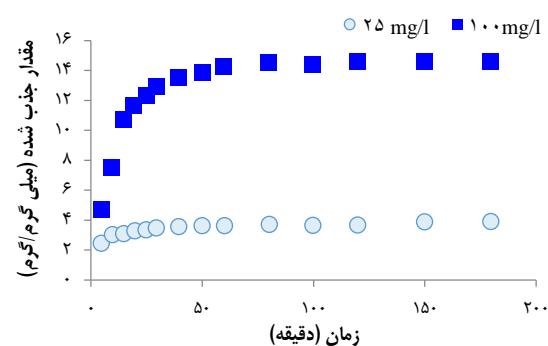
بحث

همان طور که از شکل ۲ مشهود است، طرفیت جذب مس در غلظت اولیه بالاتر، بیشتر است. با توجه به آنیون بودن شبکه هیدروژل، کاتیون‌های مس قابلیت جذب توسط این شبکه را دارد. با افزایش اختلاف غلظت یون مس درون محلول، نیرو محركه انتقال جرم نیز افزایش یافته و در نتیجه جذب این یون‌ها توسط جاذب افزایش می‌یابد (۱۲). Chen و همکاران نیز در بررسی جذب فلزات گوناگونی نظیر مس، کیالت و کادمیم توسط ساختارهای مختلف مونت موریلوبنیت گزارش کردند که افزایش غلظت یون اولیه فلزات در محلول موجب افزایش میزان جذب آن‌ها می‌شود (۱۴). زمان متوسط اشباع شدن جاذب هیدروژل اصلاح شده با نانو ساختار مونت موریلوبنیت حدود ۳۵ min است که در محدوده زمان تعادل جاذب‌های نانو رسی مورد استفاده در تحقیقات دیگر می‌باشد (۱۵).

مونت موریلوبنیت به دلیل مساحت سطح بالایی که دارد، می‌تواند میزان جذب یون‌های مس را افزایش دهد. این نانو ساختار همچنین، با داشتن ساختار لایه‌ای، قادر است که استحکام شبکه جاذب را بالا ببرد و نفوذ و به دام انداختن یون‌های مس را شدت بخشد. از آنجایی که نانو ساختار مونت موریلوبنیت طرفیت جذب معینی دارد، افزودن بیشتر از ۳ درصد وزنی آن به شبکه جاذب، میزان جذب مس بر واحد جرم جاذب را کاهش داده است (۱۶). در تحقیق مشابهی، مشاهده شد که افزودن مقدار بهینه کاتالیست آهن، مقاومت فرایند آب‌گیری از لجن فعال توسط نانو ساختار اکسید کلسیم اصلاح شده با مونت موریلوبنیت را مینیمم می‌کند (۱۳).

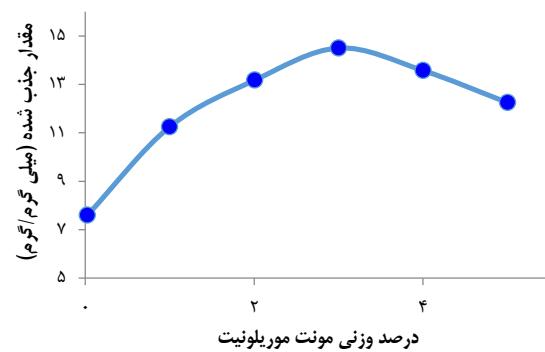
pH محلول یکی از مهم‌ترین پارامترهای مؤثر بر جذب یون‌های فلزی است که با تغییر بار سطحی جاذب و همچنین، میزان یونبزه شدن، مقدار جذب را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۱۷). همان طور که شکل ۴ نشان می‌دهد، نرخ جذب یون مس با افزایش pH بین ۲ تا ۷، از ۲ تا ۱۴ میلی گرم بر گرم افزایش یافت. در محدوده اسیدی به دلیل غلظت بالای یون‌های مثبت هیدروژن و رقابت آن‌ها با یون‌های مس در جذب بر روی سایتهاي آنیونی فعال جاذب، میزان جذب یون‌های مس کم بود. در واقع با تغییر pH، جاذبه کترواستاتیکی افزایش و به تبع آن تبادل یونی و مقدار جذب یون مس بهبود پیدا کرد. با افزایش بیشتر pH از مقدار ۷، به دلیل احتمال تشکیل رسوب یون‌های هیدروکسید فلزات و همچنین، انقباض شبکه هیدروژل، میزان جذب یون‌های مس کاهش یافت (۱۲). Yu و همکاران نیز pH بهینه را در جذب یون‌های مس توسط جاذب خاک ارde در مقدار ۷ به دست آورده‌اند (۱۸). همچنین، Akpomie و همکاران در بررسی جذب فلز نیکل از محلول‌های آبی توسط جاذب مونت موریلوبنیت، مقدار بهینه pH را در محدوده ۷–۸ گزارش کردند (۱۲).

ایزووترم‌های جذب، داده‌های تعادلی مربوط به ماده جذب شونده درون محلول و روی سطح جاذب در دمای ثابت است. از مهم‌ترین مدل‌های جذب ایزووترم می‌توان به مدل‌های Freundlich و Langmuir اشاره نمود (۱۹، ۲۰). مدل جذب Langmuir بر پایه این فرض استوار است که همه



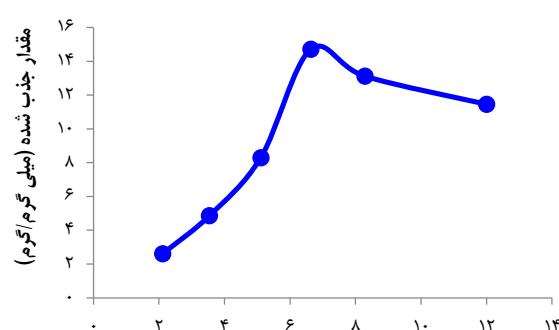
شکل ۲. میزان جذب یون‌های مس توسط جاذب هیدروژل در دو غلظت اولیه متفاوت یون مس

نتایج مربوط به تأثیر pH محلول در بازه ۲–۱۲، بر حذف یون مس از محلول آبی در شکل ۴ آمده است.



شکل ۳. تأثیر درصد وزنی نانو ساختار مونت موریلوبنیت بر جذب یون‌های مس توسط جاذب هیدروژل

جدول ۱ مقدار ثابت‌های مدل‌های ایزووترم و Langmuir را نشان می‌دهد.



شکل ۴. تأثیر pH محلول بر میزان جذب یون‌های مس توسط جاذب هیدروژل

موریلونیت عملکرد مناسبی برای جذب یون‌های مس دارد. به طور کلی، داده‌های ایزوترم جذب مربوط به جاذب هیدروژل با هر دو مدل Langmuir و Freundlich همبستگی مناسبی داشت. با این حال، مدل ایزوترم Langmuir با ضریب همبستگی بالاتر، تناسب بیشتری نسبت به مدل ایزوترم Freundlich نشان داد.

نتیجه‌گیری

جادب هیدروژل بر پایه اکریلیک اسید و سیوس گندم اصلاح شده با نانو ساختار مونت موریلونیت به روش پلیمریزاسیون درجا ساخته شد و رفتار جذبی آن در حذف یون‌های مس مورد بررسی قرار گرفت. ظرفیت بیشینه جذب در مقدار بهینه 3 mg/g درصد وزنی مونت موریلونیت و در $\text{pH} = 7$ داد. فرایند جذب یون مس از هر دو مدل Langmuir و Freundlich پیروی کرده و مدل Langmuir همبستگی بیشتری نشان داد. جاذب هیدروژل اصلاح شده با نانو ساختار مونت موریلونیت کارایی قابل قبولی در حذف فلز مس از پساب‌های صنعتی دارد.

تشکر و قدردانی

مطالعه حاضر در قالب پایان نامه کارشناسی ارشد انجام شده است و نویسنده‌گان بر خود لازم می‌دانند از معاونت پژوهشی دانشگاه اراک به جهت همکاری در انجام پژوهش تشکر و قدردانی به عمل آورند.

مکان‌های جذب یکسان بوده و یک جذب تک لایه در سطح جاذب رخ می‌دهد. شکل خطی مدل Langmuir به شرح زیر است:

$$1/q_e = (1/bq_m)(1/C_e) + 1/q_m$$

با ظرفیت جذب و نرخ جذب می‌باشد. ظرفیت و نرخ جذب جاذب مورد استفاده در پژوهش (جدول ۱) در مقایسه با تحقیق مشابه Akpomie و همکاران که مقادیر ثابت‌های فوق را به ترتیب $g/\text{mg/l}$ و $1/\text{mg/l}$ و 0.32 mg/l به دست آورده‌اند (۱۲)، نشان دهنده رفتار جذبی مناسب جاذب هیدروژل اصلاح شده با مونت موریلونیت است (۱۲). مدل ایزوترم Freundlich برای توصیف جذب غیر یdeآل بر روی سطح جاذب ناهمگن به کار می‌رود. شکل خطی معادله Freundlich به صورت زیر است:

$$\ln q_e = (1/n)(\ln C_e) + \ln K_F$$

که K_F و n ثابت‌های معادله Freundlich بوده و مقدار آن‌ها در جدول ۱ نشان داده شده است. به طور کلی هر چقدر مقدار K_F افزایش یابد، ظرفیت جذب جاذب نیز افزایش می‌یابد. n نیز مشخصه یک جذب مطلوب است و اگر مقدار آن در محدوده $1-10$ قرار گیرد، بیانگر یک جذب مناسب است. با مقایسه مقادیر ثابت‌های K_F و n مربوط به جاذب هیدروژل پژوهش حاضر و تحقیق Akpomie و همکاران که مقادیر K_F و n را به ترتیب 0.95 mg/l و $1/6$ گزارش کرده‌اند (۱۲)، می‌توان نتیجه گرفت که جاذب هیدروژل اصلاح شده با مونت

References

1. Salomons W, Forstner U. Metals in the hydrocycle. Berlin, Germany: Springer-Verlag; 1984.
2. Fang TH, Hong E. Mechanisms influencing the spatial distribution of trace metals in surficial sediments off the south-western Taiwan. Mar Pollut Bull 1999; 38(11): 1026-37.
3. Bellucci LG, Frignani M, Paolucci D, Ravanelli M. Distribution of heavy metals in sediments of the Venice Lagoon: The role of the industrial area. Sci Total Environ 2002; 295(1-3): 35-49.
4. Yuan CG, Shi JB, He B, Liu JF, Liang LN, Jiang GB. Speciation of heavy metals in marine sediments from the East China Sea by ICP-MS with sequential extraction. Environ Int 2004; 30(6): 769-83.
5. Elzahabi M, Yong RN. pH influence on sorption characteristics of heavy metal in the vadose zone. Eng Geol 2001; 60(1): 61-8.
6. Kurniawan TA, Chan GY, Lo WH, Babel S. Comparisons of low-cost adsorbents for treating wastewaters laden with heavy metals. Sci Total Environ 2006; 366(2-3): 409-26.
7. Ruixia L, Jinlong G, Hongxiao T. Adsorption of fluoride, phosphate, and arsenate ions on a new type of ion exchange fiber. J Colloid Interface Sci 2002; 248(2): 268-74.
8. Amor Z, Bariou B, Mameri N, Taky M, Nicolas S, Elmidaoui A. Fluoride removal from brackish water by electrodialysis. Desalination 2001; 133(3): 215-23.
9. Ndiaye PI, Moulin P, Dominguez L, Millet JC, Charbit F. Removal of fluoride from electronic industrial effluent by RO membrane separation. Desalination 2005; 173(1): 25-32.
10. Ku Y, Chiou HM. The adsorption of fluoride ion from aqueous solution by activated alumina. Water Air Soil Pollut 2002; 133(1-4): 349-61.
11. Zhou G, Liu C, Chu L, Tang Y, Luo S. Rapid and efficient treatment of wastewater with high-concentration heavy metals using a new type of hydrogel-based adsorption process. Bioresour Technol 2016; 219: 451-7.
12. Akpomie KG, Dawodu FA, Adebawale KO. Mechanism on the sorption of heavy metals from binary-solution by a low cost montmorillonite and its desorption potential. Alexandria Eng J 2015; 54(3): 757-67.
13. Wu B, Su L, Dai X, Chai X. Development of montmorillonite-supported nano CaO₂ for enhanced dewatering of waste-activated sludge by synergistic effects of filtration aid and peroxidation. Chem Eng J 2017; 307: 418-26.
14. Chen C, Liu H, Chen T, Chen D, Frost RL. An insight into the removal of Pb(II), Cu(II), Co(II), Cd(II), Zn(II), Ag(I), Hg(I), Cr(VI) by Na(I)-montmorillonite and Ca(II)-montmorillonite. Appl Clay Sci 2015; 118: 239-47.
15. Ozdemir G, Yapar S. Adsorption and desorption behavior of copper ions on Na-montmorillonite: Effect of rhamnolipids and pH. J Hazard Mater 2009; 166(2-3): 1307-13.

16. Shukla A, Zhang YH, Dubey P, Margrave JL, Shukla SS. The role of sawdust in the removal of unwanted materials from water. *J Hazard Mater* 2002; 95(1-2): 137-52.
17. Vinod VT, Sashidhar RB, Sukumar AA. Competitive adsorption of toxic heavy metal contaminants by gum kondagogu (*Cochlospermum gossypium*): A natural hydrocolloid. *Colloids Surf B Biointerfaces* 2010; 75(2): 490-5.
18. Yu B, Zhang Y, Shukla A, Shukla SS, Dorris KL. The removal of heavy metal from aqueous solutions by sawdust adsorption-removal of copper. *J Hazard Mater* 2000; 80(1-3): 33-42.
19. Shen L, Liu Y, Paul E. A simple geometric approach for simplification of Langmuir kinetics for adsorption. *Colloids Surf A Physicochem Eng Asp* 2009; 349(1): 78-82.
20. Azizian S, Haerifar M, Basiri-Parsa J. Extended geometric method: A simple approach to derive adsorption rate constants of Langmuir-Freundlich kinetics. *Chemosphere* 2007; 68(11): 2040-6.

Copper Removal from Industrial Wastewater Using Acrylic-Based Wheat Bran/Montmorillonite Hydrogel

Mohammad Reza Vesali-Naseh¹, Aboulfazl Barati², Masoud Vesali-Naseh³, Elham Abdollahi-Moghaddam⁴

Original Article

Abstract

Background: Adsorption method has been considered as one of the most effective approaches for removal of heavy metals, as hazardous pollutants, in water resources.

Methods: In this study, a hydrogel nanocomposite based on the acrylic acid, wheat bran, and montmorillonite was synthesized using in-situ polymerization and utilized for the removal of Cu cations from aqueous solution. The effect of various parameters such as initial Cu concentration, pH, and amount of montmorillonite on the amount of adsorbed ion was investigated. The adsorption behavior of the nanocomposite hydrogel was studied using Langmuir and Freundlich isotherm models.

Findings: Increasing initial Cu concentration tended to increased adsorption capacity of the hydrogel. The maximum adsorption capacity of the adsorbent occurred in pH of 7.0, and 3% weight nano-sized montmorillonite in hydrogel structure. The Langmuir model showed a correlation coefficient of $R^2 = 0.99$.

Conclusion: The synthesized acrylic-based montmorillonite hydrogel has a considerable capacity in Cu removal from industrial wastewater.

Keywords: Adsorption, Hydrogel, Montmorillonite, Copper

Citation: Vesali-Naseh MR, Barati A, Vesali-Naseh M, Abdollahi-Moghaddam E. **Copper Removal from Industrial Wastewater Using Acrylic-Based Wheat Bran/Montmorillonite Hydrogel.** J Health Syst Res 2017; 13(2): 230-5.

1- Assistant Professor, Department of Civil Engineering, School of Engineering, Arak University, Arak, Iran
 2- Associate Professor, Department of Chemical Engineering, School of Engineering, Arak University, Arak, Iran
 3- Assistant Professor, Department of Chemical Engineering, Hamedan University of Technology, Hamedan, Iran
 4- Department of Chemical Engineering, School of Engineering, Arak University, Arak, Iran
Corresponding Author: Masoud Vesali-Naseh, Email: masoud.vesali@hut.ac.ir