

نانوجاذب جدید GH-92 با استفاده از اسفنج‌های خلیج فارس برای جداسازی سرب و کادمیم

حسین غفوریان^۱

انسبه خداداد حسینی^۲

محمد ربانی^۳

(دریافت ۹۲/۳/۵)

(پذیرش ۹۳/۲/۱۸)

چکیده

حذف آلاینده‌ها در اکوسیستم‌های آبی به‌ویژه آب‌های آشامیدنی، همواره مورد نظر پژوهشگران بوده است. در دهه‌های اخیر، از ترکیبات طبیعی به‌عنوان جاذب در حذف آلاینده‌ها به‌فراوانی استفاده شده است. پژوهش‌های مختلف انجام گرفته در دنیا، نشان داده است که یکی از روش‌های مؤثر در زمینه حذف آلاینده‌ها، فناوری نانو است. در این پژوهش، برای اولین بار در دنیا از یک گونه از اسفنج‌های بومی خلیج فارس متعلق به رده *دموسپونژیا* که دارای حفره‌های نانو است برای حذف یون‌های کلسیم، منیزیم، کبالت، کادمیم و سرب از آب استفاده شد. میزان جذب در دانه‌بندی‌های مختلف اسفنج، زمان تماس و میزان pH بررسی شد. نتایج نشان داد که این نوع اسفنج قادر است مقادیر مختلفی از یون‌های یاد شده را جذب نماید. میزان جذب یون‌های کلسیم، منیزیم و کبالت توسط این نوع اسفنج بسیار ناچیز بود و بیشترین ظرفیت جذب مربوط به یون کادمیم در محدوده pH برابر ۵ و غلظت ۵ میلی‌گرم در لیتر، برابر ۲/۳۷ میلی‌گرم بر گرم و یون سرب در محدوده pH برابر ۴/۵ تا ۵ و غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر و اندازه ذرات با دانه‌بندی ۲۳۰ مش با ظرفیت جذب ۷۹/۱۹ میلی‌گرم، به‌ازای هر گرم جاذب به‌دست آمد.

واژه‌های کلیدی: اسفنج، نانو جاذب، خلیج فارس، فلزات سنگین، میکروسکوپ الکترونی روبشی

A Novel GH-92 Nano-Adsorbent Using the Sponge from the Persian Gulf for Lead and Cadmium Removal

H. Ghafourian¹

E. Khodadad Hosseini²

M. Rabbani³

(Received May 26, 2013)

Accepted May 8, 2014)

Abstract

Removing pollutants from aquatic ecosystems, especially from drinking water, has always been a major concern for scientists. Recent decades have witnessed the widespread application of natural compounds used as adsorbents to remove various pollutants. On the other hand, studies have proved nanotechnology to be an effective way of removing pollutants. A new type of sponge belonging to the family *Demospongiae* that has nano holes and is native to the Persian Gulf was investigated for the first time in the present study for use as an adsorbent to remove calcium, magnesium, cobalt, cadmium, and lead ions from water. For this purpose, adsorption in sponges of different aggregate sizes, contact time, particle size, and ambient pH were measured. The results showed that the proposed sponge is capable of adsorbing the above-mentioned metal ions to various degrees. While small amounts of calcium, magnesium, and cobalt were adsorbed by this sponge, cadmium recorded a higher adsorption of 2.37 mg/g at pH=5. The highest adsorption level of 79.19 mg per gram of adsorbent was recorded for lead at a pH range of 4.5-5 with a mesh size of 230. This is the highest adsorption ever recorded for lead in the literature on selective separation of lead from the other ions.

Keywords: Sponge, Nano-adsorbent, The Persian Gulf, Heavy Metals, Scanning Electron Microscopy.

1. Prof. of Chemistry, Faculty of Marine Sciences and Technology, Islamic Azad University, North Tehran Branch, Tehran
2. MSc Student of Marine Chemistry, Faculty of Marine Sciences and Technology, Islamic Azad University, North Tehran Branch, Tehran (Corresponding Author) 09125802256 ensiyehosainy@yahoo.com
3. Assist. Prof. of Chemistry, Faculty of Marine Sciences and Technology, Islamic Azad University, North Tehran Branch, Tehran

۱- استاد، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد شیمی دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال (نویسنده مسئول) ۰۹۱۲۵۸۰۲۲۵۶ ensiyehosainy@yahoo.com
۳- استادیار، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال

امروزه روش‌های متنوعی برای کاهش آلودگی‌های آب و حذف فلزات سنگین وجود دارد که از جمله می‌توان به روش‌هایی همچون فیلتراسیون، انعقادسازی، جذب سطحی، اکسیداسیون، اسمز معکوس، تبادل یونی، استفاده از جاذب‌های اصلاح شده، ترسیب و غیره اشاره نمود [۱ و ۲]. مطالعات مربوط به حذف فلزات سنگین به وسیله جاذب‌های ارزان قیمت و طبیعی از سال ۱۹۷۰ شروع شد. در این زمینه می‌توان به مطالعات لارسن و شوب اشاره کرد. در این مطالعات از کربن فعال حاصل از سوزاندن کاه، برای حذف کادمیم استفاده شده است [۳].

سزار و همکاران استفاده از پوسته شلتوک را برای حذف فلزاتی مثل سرب مطالعه کرده‌اند که در این مطالعات اصلاحاتی بر روی جاذب‌ها صورت گرفته است [۴ و ۵]. همچنین جاذب‌های ارزان قیمت دیگری مانند حلزون بی‌صدف، ضایعات فلزی، زغال پوسته برنج، آلومینای فعال، نمک دریا، پوست زیتون تلخ و چوب درخت ساج به‌منظور حذف فلزات سنگین به‌کار گرفته شده است [۶].

در مطالعه‌ای دیگر، از خاکستر برای تصفیه یون‌های فلزی سنگین استفاده شده و کارایی این جاذب با کربن فعال برای حذف فلزات سنگین از محلول آبی مقایسه شده است [۷]. از تفاله چای به‌عنوان یک جاذب ارزان که برای جذب مس و کادمیم مؤثر است، می‌توان نام برد [۸]. از جاذب‌های ارزان دیگر می‌توان به پوسته آفتاب‌گردان و پوست نارنگی اشاره کرد. امکان استفاده از جاذب‌های طبیعی و ارزان مانند کاج، بلوط، گردو و روده خشک شده گوسفند نیز مطالعه شده است [۹-۱۶].

مطالعات گسترده‌ای نیز بر روی بعضی جاذب‌ها مانند زئولیت اصلاح شده با اسید، نانوذرات کیتوزان و جاذب نانوحفره MCM-41 اصلاح شده، در دنیا انجام شده است [۱۷، ۱۸ و ۱۹].

در این پژوهش برای اولین بار از یک نوع اسفنج به‌عنوان جاذب برای جذب یون‌های کلسیم، منیزیم، کبالت، کادمیم و سرب در آب استفاده شد. همچنین تأثیر فاکتورهای مؤثر در فرایند جذب بررسی و مطالعه شد. در گذشته از اسفنج‌های دریایی به‌عنوان منبعی برای یافته‌های دارویی و به‌عنوان یک شاخص زیستی در مواد نفتی و مشتقات آن استفاده شده است [۲۰-۲۳]. اسفنج‌ها جزء ساده‌ترین موجودات پرسلولی هستند که همه آنها با یکدیگر تفاوت داشته و شکل بدنی ثابت ندارند. بدن آنها توسط منافذی پوشیده شده است. همه اسفنج‌ها، در آب و دریاها موجوداند. بین سلول‌ها هماهنگی وجود ندارد، همه اسفنج‌ها می‌توانند از چند سلول مجزا دوباره به‌وجود آیند و قدرت ترمیمی بالایی دارند. اسفنج‌ها در سه رده

کالکارا^۱، هگزاکتین لیدا^۲ و دموسپونژیا^۳ طبقه‌بندی می‌شوند. اسفنج‌ها از دیرباز مورد استفاده انسان و سایر حیوانات بوده‌اند. اسفنج‌ها از طریق کشت پرورشی و یا برداشت از محیط‌های دریایی به‌دست می‌آیند. بعضی اسفنج‌ها از نظر اقتصادی مهم هستند؛ زیرا ساختار سیلیکونی خاصی دارند که می‌توانند جایگاه‌هایی برای جذب مواد دیگر و همچنین جایگاهی مناسب برای لارو بیشتر آبزیان باشند و از طرفی خوراک خوبی برای برخی ماهی‌ها هستند [۲۴]. هدف از این پژوهش بررسی کارایی اسفنج دموسپونژیا در جذب یون‌های سرب، کادمیم، کبالت، منیزیم و کلسیم و تأثیر پارامترهای مختلف، در ظرفیت و درصد جذب این یون‌ها بود که می‌تواند مبنای مناسبی برای کارایی اسفنج‌ها به‌عنوان یک جاذب طبیعی بیولوژیکی برای فرایند جذب یون‌های فلزی باشد.

۲- مواد و روش‌ها

برای تهیه استانداردها و محلول‌های شیمیایی مورد نیاز از نمک‌های عناصر محصول شرکت مرک^۴، با درجه خلوص تجزیه‌ای استفاده شد. نیترات کلسیم ۴، نیترات منیزیم ۶، نیترات کبالت دو ظرفیتی ۶، سولفات کادمیم ۸، نیترات سرب دو ظرفیتی، هیدروکسید پتاسیم، اسید نیتریک، اتیلن دی‌آمین تترااستیک اسید، شناساگر اریوکروم بلاکتی، شناساگر مورکسید^۵، محلول بافر (pH برابر ۱۰) و آب دی‌یونیزه استفاده شد. همچنین از دستگاه جذب اتمی محصول شرکت واریان^۶ استرالیا با شعله هوا استیلن و لامپ هالوکاتد، میکروسکوپ الکترونی محصول شرکت هیتاچی^۷، دستگاه تخلخل‌سنجی کوآنتاکروم^۸ مدل NOVA2000 محصول کشور آمریکا، pH متر مدل GP353 محصول شرکت ادت^۹ با الکتروده شیشه‌ای ساخت شرکت متروم^{۱۰}، EC متر مدل پرتابل مدادی محصول شرکت جنوی^{۱۱} انگلستان، شیکر^{۱۲} محصول شرکت فاطر الکترونیک ایران، ترازوی دیجیتالی محصول شرکت متلر^{۱۳}، الک با دانه‌بندی ۷۰، ۱۲۰ و ۲۳۰ مش، آسیاب مولینکس مدل جنیوس ۲۰۰۰ و سایر لوازم آزمایشگاهی شیشه‌ای استفاده شد.

¹ Calcare

² Hexactinellida

³ Demospongiae

⁴ Merck

⁵ Muroxide

⁶ Varian\AA240

⁷ Hitachi\S4160

⁸ Quantachrom

⁹ EDT

¹⁰ Metrohm

¹¹ Jenway

¹² Shaker\CB631 (INCUBATOR)

¹³ Mettler\AJ100

۱-۲- آماده کردن جاذب

در این پژوهش که برای اولین بار در ایران و جهان انجام شد با استفاده از یک نوع اسفنج از رده دموسپونژیا، خانواده *Niphatidot* و جنس و گونه *Amphimedon vividas* از خلیج فارس جزیره کیش تهیه شد (شکل ۱).

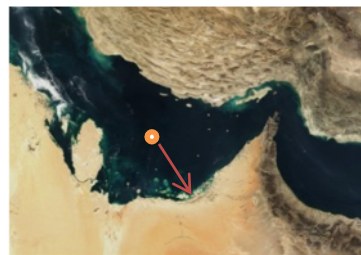


شکل ۱- اسفنج دموسپونژیا (*Niphatidot*)

نمونه برداری از اسفنج‌ها با غواصی و گشت زنی در عمق ۵ تا ۶ متری نزدیک جزیره کیش واقع در خلیج فارس، به فاصله ۱۸ کیلومتری کرانه جنوبی ایران، انجام شد. بین مختصات جغرافیایی ۰۵۴ درجه، ۱ دقیقه و ۱۰۸ ثانیه طول شرقی از نصف النهار گرینویچ و ۲۶ درجه، ۳۲ دقیقه و ۸۵۷ ثانیه عرض شمالی، در شهریور ۱۳۹۱ (شکل ۲- الف و پ).



(الف)



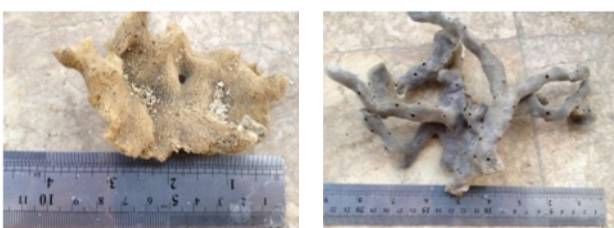
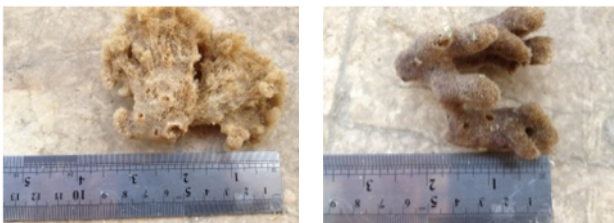
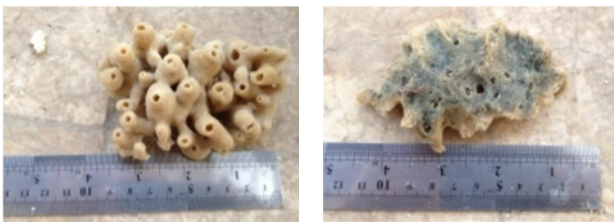
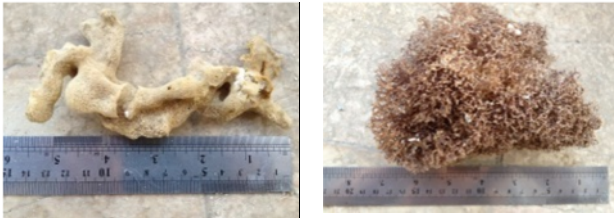
(ب)



(پ)

شکل ۲- منطقه خلیج فارس و جزیره کیش در حال جمع آوری اسفنج

اسفنج‌ها از روی بستری که به آن چسبیده بودند، جدا شدند فقط از یک نوع اسفنج که در میان گونه‌های جمع آوری شده، فراوانی بیشتر داشت و گونه غالب منطقه بود، شناسایی و برای انجام آزمایش‌ها استفاده شد (شکل ۳).



شکل ۳- انواع اسفنج جمع آوری شده از جزیره کیش

برای انجام آزمایش‌ها، اسفنج مورد نظر به قطعات ۱۰ گرمی تقسیم شد و پس از چندین بار شستشوی کامل با آب مقطر برای حذف یون‌های جذب‌شده آب دریا، در مقابل نور آفتاب خشک شد. اسفنج‌ها به دو شیوه تکه‌ای و پودر شده با دانه‌بندی ۷۰، ۱۲۰ و ۲۳۰ مش برای حذف یون‌های یاد شده، استفاده شدند.

۲-۲- روش کار

وزن مشخصی از اسفنج خشک شده برداشته شد و به دو صورت قطعات کوچک اسفنج و اسفنج پودر شده با دانه‌بندی ۷۰، ۱۲۰ و ۲۳۰ مش در یک بشر ریخته شد و سپس حجم ۵۰ میلی‌لیتر از محلول حاوی یون‌های فلزی سرب، کادمیم، کبالت، منیزیم و کلسیم در تماس با جاذب قرار داده شد. این محلول‌های حاوی یون‌های فلزی به دو روش هم‌زدن و بدون هم‌زدن به مدت ۱، ۲، ۳، ۴، ۶، ۱۲ و ۲۴ ساعت مطالعه شدند. محلول‌های مورد مطالعه، صاف شده و میزان یون‌های فلزی موجود در محلول‌های زیر صافی به وسیله دستگاه جذب اتمی با شعله اندازه‌گیری شد. همه آزمایش‌های انجام‌شده در این پژوهش با توجه به وضعیت موجود، دو تا سه بار تکرار شد و از میانگین نتایج در محاسبات استفاده شد. pH محیط نیز اندازه‌گیری شد. برای جلوگیری از هرگونه خطا، همه ظرف‌های مورد استفاده، اسیدشویی و در نهایت با آب مقطر دی‌یونیزه، شسته شدند. تمامی آزمایش‌ها در دمای اتاق و در محدوده 25 ± 1 درجه سلسیوس انجام شد.

۲-۳- تعیین ساختار جاذب GH-92

برای تعیین اندازه ذرات اسفنج در ابعاد نانو، از میکروسکوپ الکترونی محصول شرکت هیتاچی^۱ در دانشگاه تهران استفاده شد. اسفنج به صورت پودر آماده شد و تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی^۲ آن، که اندازه نانو ساختار را نشان می‌دهد، به دست آمد. همچنین BET در مرکز انرژی اتمی نیز تهیه شد.

۲-۴- مطالعه اثر زمان

به منظور بررسی اثر زمان و رسیدن به زمان تعادل جذب، مقدار مشخصی از جاذب مورد مطالعه در زمان‌های مختلف در تماس با غلظت‌های معینی از یون‌های فلزی قرار داده شد و درصد و ظرفیت جذب یون‌های فلزی توسط جاذب ارزیابی شد.

۲-۵- مطالعه اندازه ذرات

به منظور مطالعه تأثیر اندازه ذرات اسفنج بر روی کارایی جاذب، ابتدا اسفنج شسته و خشک‌شده مورد نظر، آسیاب شد و از الک‌هایی

با دانه‌بندی ۷۰، ۱۲۰ و ۲۳۰ مش عبور داده شد. از آنجایی که کادمیم در محیط‌های طبیعی مقادیر کمی دارد و با در نظر گرفتن شرایط آزمایشگاهی موجود در آزمایشگاه، محلول‌های کادمیم با مقادیر غلظتی کم استفاده شد، به این ترتیب که ۰/۱ گرم پودر اسفنج ۷۰ مش به ۵۰ میلی‌لیتر محلول حاوی یون فلزی کادمیم با غلظت‌های مختلف ۳ و ۵ میلی‌گرم در لیتر افزوده شد [۲۵ و ۲۶]. همچنین ۰/۱ گرم پودر اسفنج ۷۰، ۱۲۰ و ۲۳۰ مش به ۵۰ میلی‌لیتر محلول حاوی یون فلزی سرب با غلظت‌های مختلف ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر افزوده شد. بعد از آن محلول‌های مورد مطالعه صاف شده در pH محیطی ۴ تا ۵ و میزان یون‌های فلزی موجود در محلول‌های زیر صافی به وسیله دستگاه جذب اتمی با شعله اندازه‌گیری شد.

۲-۶- مطالعه اثر هم‌زدن

برای بررسی تأثیر هم‌زدن بر روی جذب یون‌های فلزی، ارلن حاوی اسفنج ۰/۱ گرم و محلول‌های یونی مورد نظر ۱، ۲، ۳ و ۵ میلی‌گرم در لیتر مربوط به یون کادمیم و ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر مربوط به یون سرب بر روی دستگاه شیکر، به مدت یک ساعت با دور ۱۵۰ قرار گرفت. سپس محلول‌های مورد مطالعه، صاف شده و میزان یون‌های فلزی موجود در محلول‌های زیر صافی به وسیله دستگاه جذب اتمی با شعله اندازه‌گیری شد.

۲-۷- تأثیر یون‌ها بر یکدیگر

به منظور مطالعه تأثیر یون سرب بر جذب یون کادمیم توسط این جاذب، محلول‌هایی حاوی هر دو یون کادمیم و سرب با غلظت ۱، ۲ و ۳ میلی‌گرم در لیتر تهیه شد و همچنین برای مطالعه تأثیر یون کادمیم بر جذب یون سرب توسط این جاذب، محلول‌هایی حاوی هر دو یون کادمیم و سرب با غلظت ۱۰، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر تهیه شد. سپس ۰/۱ گرم اسفنج به ۵۰ میلی‌لیتر از هر یک از این محلول‌ها افزوده شد و به مدت یک ساعت در این محلول‌ها باقی ماند، سپس محلول‌های مورد مطالعه، صاف شده و میزان یون‌های فلزی موجود در محلول‌های زیر صافی به وسیله دستگاه جذب اتمی با شعله اندازه‌گیری شد.

۲-۸- محاسبه درصد و ظرفیت جذب

برای تعیین درصد و ظرفیت جذب مورد نظر، مقدار ۰/۱ گرم اسفنج برداشته شد و غلظت‌های متفاوتی از یون‌های فلزی Cd^{2+} و Pb^{2+} در شرایط مختلف به آن افزوده شد، سپس محلول‌ها صاف شدند و جذب محلول زیر صافی اندازه‌گیری شد. برای محاسبه ظرفیت جذب از رابطه ۱ استفاده شد

$$q_e = \frac{(C_0 - C_1)V}{m} \quad (1)$$

¹ Hitachi S4160

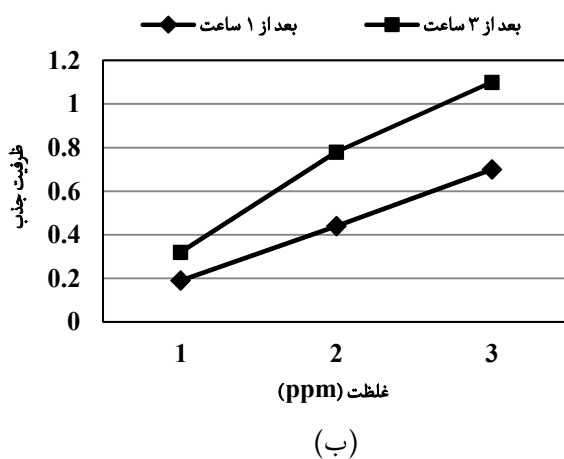
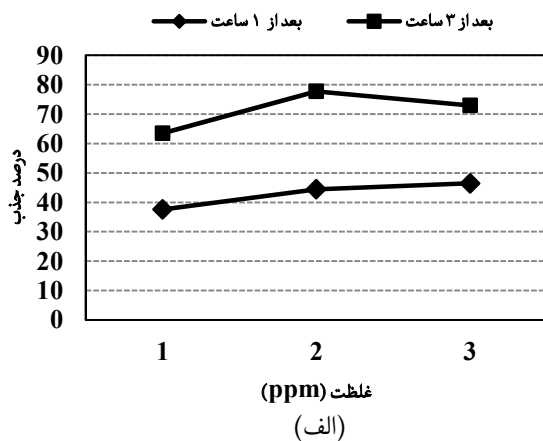
² Scanning Electron Microscope (SEM)

جدول ۱- نتایج به دست آمده از single point BET

اسفنج	سطح (مترمربع برگرم)	حجم منافذ (میلی لیتر برگرم)	قطر منافذ (نانومتر)
دموسپونژیا	۶/۸۳۶	۰/۰۲۱	۲/۷۶۵

۳-۲- سینتیک واکنش

با افزایش زمان تماس، به دلیل افزایش فرصت و شانس برخورد یون‌های فلزی با ذرات جاذب، مقدار جذب افزایش یافت. چنین عملکردی در زمان‌های تماس بین ۱ تا ۳ ساعت برای یون کادمیم مشاهده شد، که بیشترین ظرفیت جذب مربوط به غلظت ۳ میلی‌گرم در لیتر بعد از گذشت ۳ ساعت، به میزان ۱/۱ میلی‌گرم بر گرم بود (شکل ۵).



شکل ۵- الف- تأثیر زمان تماس بر روی درصد و ب- تأثیر زمان تماس بر ظرفیت جذب یون کادمیم

که در این رابطه

q_e عبارت است از مقدار یون فلزی جذب شده در واحد جرم جاذب، C_0 غلظت اولیه یون فلزی، C_1 غلظت ثانویه یون فلزی در زمان t برحسب میلی‌گرم در لیتر، V حجم محلول برحسب لیتر و m جرم جاذب برحسب گرم است. برای محاسبه درصد جذب از رابطه ۲ استفاده شد

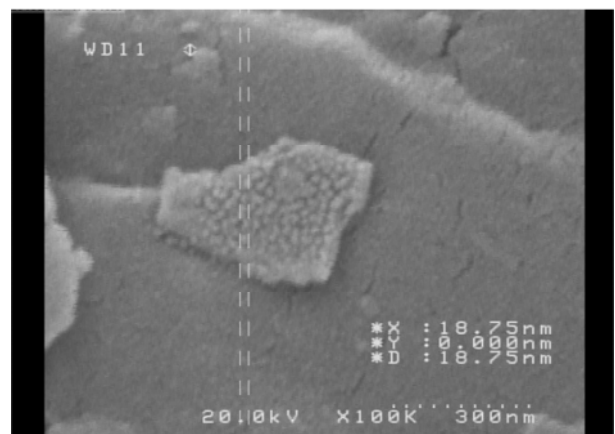
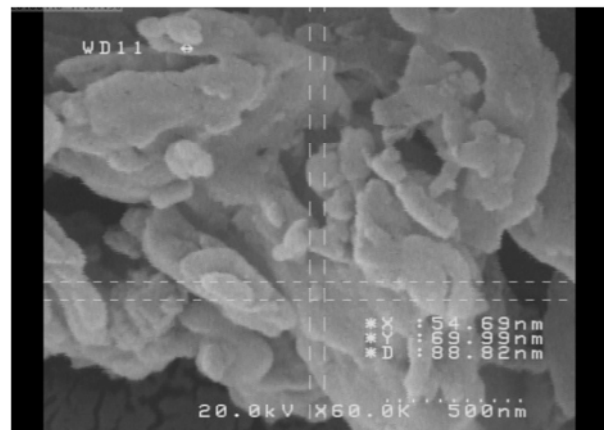
$$P = \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100 \quad (2)$$

که در این رابطه P درصد جذب است.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- تعیین نانو ساختار اسفنج

تصاویر SEM به دست آمده از اسفنج نشان می‌دهد که اندازه کلی ذرات اسفنج در محدوده ۵۰۰ نانومتر قرار دارد. بر روی ساختار کلی، حفره‌های کوچک تری نیز وجود دارد که قطر آنها در حدود ۱۸ تا ۸۰ نانومتر است (شکل ۴). تصاویر BET نیز، نانو ساختار بودن اسفنج‌ها را تأیید می‌کند (جدول ۱).



شکل ۴- تصاویر SEM تهیه شده از اسفنج با دانه بندی ۱۲۰ مش

در لیتر و کبالت با غلظت‌های ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر، میزان جذب بسیار جزئی مشاهده شد.

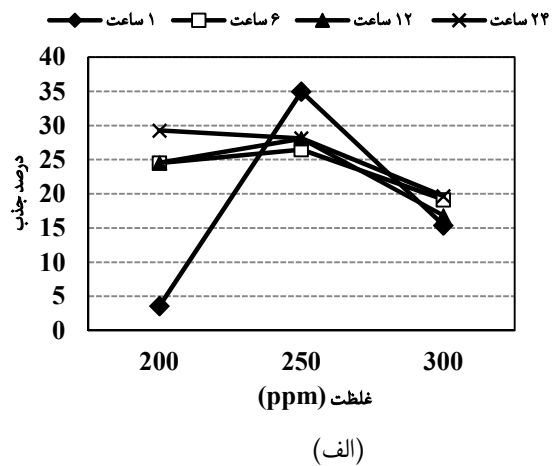
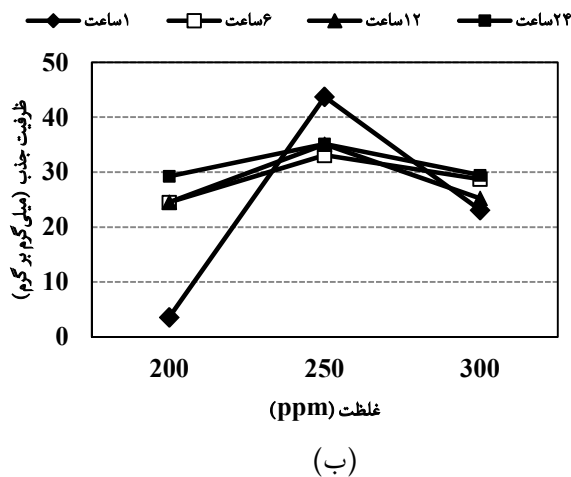
۳-۳- اندازه ذرات

با افزایش سطح جذب، تعداد جایگاه‌های قابل دسترس افزایش یافت و کارایی جذب برای حذف یون‌های فلزی بالا رفت. از مقایسه مقدار جذب شده یون‌های فلزی کادمیم و سرب، توسط اسفنج پودر شده، مشخص می‌شود که جذب GH-92 توانایی بیشتری برای جذب یون سرب دارد. بیشترین ظرفیت جذب مربوط به غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر، بعد از گذشت ۴ ساعت با اسفنج پودر شده با دانه‌بندی ۲۳۰ مش به میزان ۷۰/۴۴ میلی‌گرم بر گرم بود که علت را می‌توان به عوامل متعددی همچون خواص شیمیایی جذب، ساختار فیزیکی جذب، تخلخل، مساحت سطح، اندازه ذرات و نیز ماهیت شیمیایی سرب، وزن مولکولی و اندازه شعاع یونی آن نسبت داد (شکل‌های ۷ تا ۱۰).

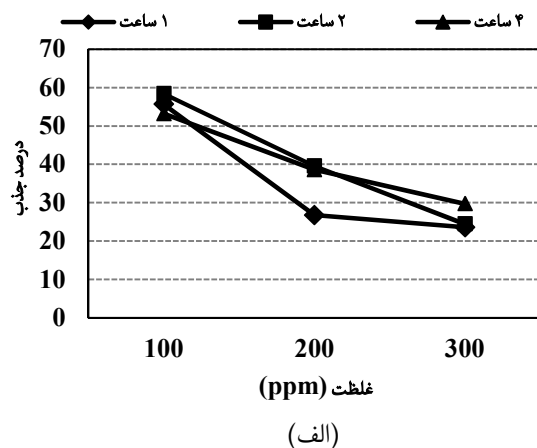
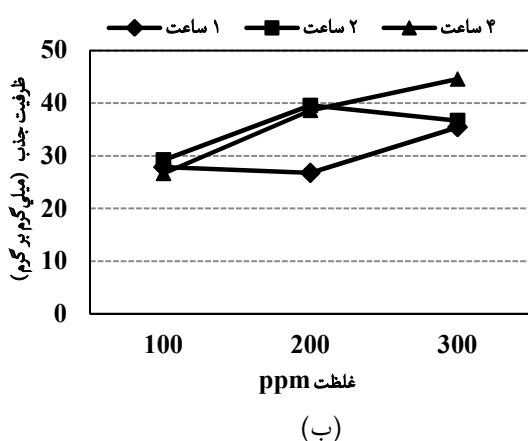
با افزایش غلظت تا ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر، روند افزایش جذب مشاهده شد و با بیشتر شدن غلظت، روند کاهشی در درصد جذب مشاهده شد که می‌تواند به دلیل رسیدن به مرحله واجدبی باشد.

در خصوص یون سرب، زمان تماس جاذب با یون فلزی بین ۱ تا ۲۴ ساعت در نظر گرفته شد، که بیشترین ظرفیت جذب مربوط به غلظت ۲۵۰ میلی‌گرم بر گرم بعد از گذشت ۱ ساعت با اسفنج تکه شده، به میزان ۴۳/۷۲ میلی‌گرم بر گرم بود. این جاذب مانند اکثر جاذب‌ها در دقایق اول تماس، بیشترین جذب را با بیشترین سرعت از خود نشان داد که به تدریج با گذشت زمان، روند افزایشی جذب کاهش یافته و سرعت آهسته‌تری پیدا کرد. از طرفی، کاهش جذب در غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر می‌تواند ناشی از واجدبی یون‌ها باشد (شکل ۶).

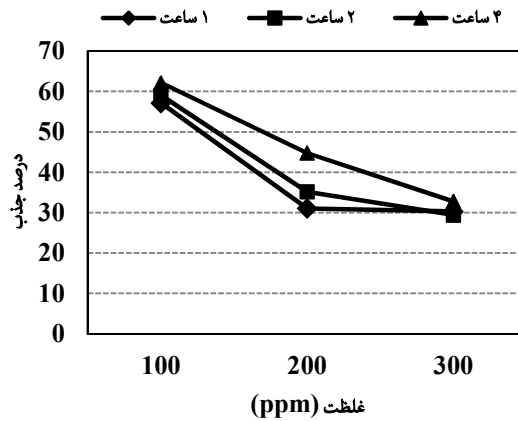
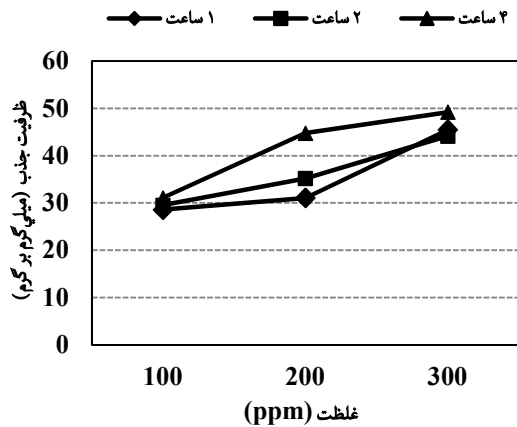
ولی برای یون‌های کلسیم با غلظت‌های ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر، منیزیم با غلظت‌های ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم



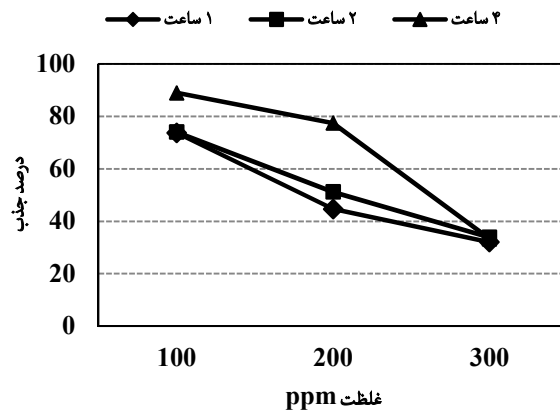
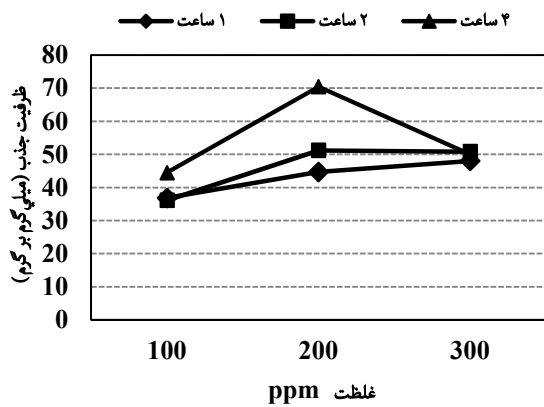
شکل ۶- الف- تأثیر زمان تماس بر روی درصد و ب- تأثیر زمان تماس بر ظرفیت جذب یون سرب (جاذب تکه‌های اسفنج)



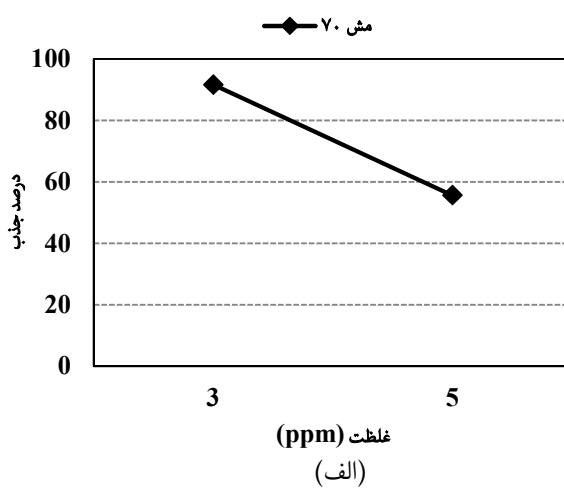
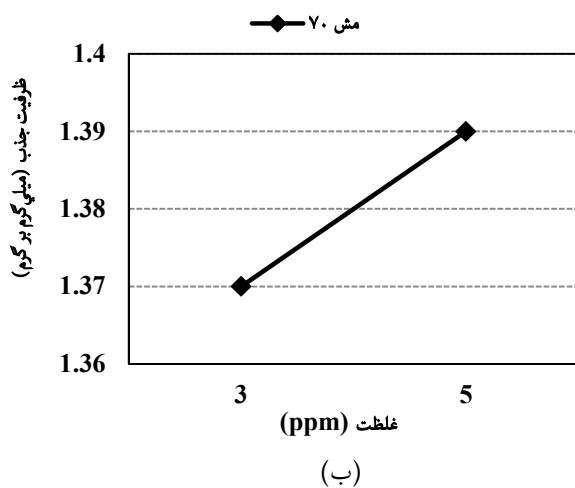
شکل ۷- الف- تأثیر اندازه ذرات و زمان تماس بر روی درصد و ب- تأثیر اندازه ذرات و زمان تماس بر ظرفیت جذب یون سرب (جاذب اسفنج ۷۰ مش)



شکل ۸- الف- تأثیر اندازه ذرات و زمان تماس بر روی درصد و ب- تأثیر اندازه ذرات و زمان تماس بر ظرفیت جذب یون سرب (جاذب اسفنج ۱۲۰ مش)



شکل ۹- الف- تأثیر اندازه ذرات و زمان تماس بر روی درصد و ب- تأثیر اندازه ذرات و زمان تماس بر ظرفیت جذب یون سرب (جاذب اسفنج ۲۳۰ مش)

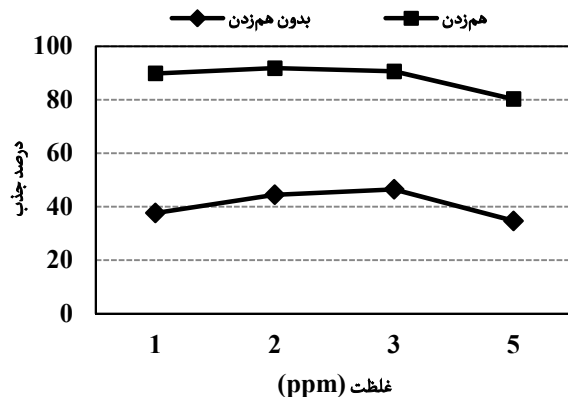
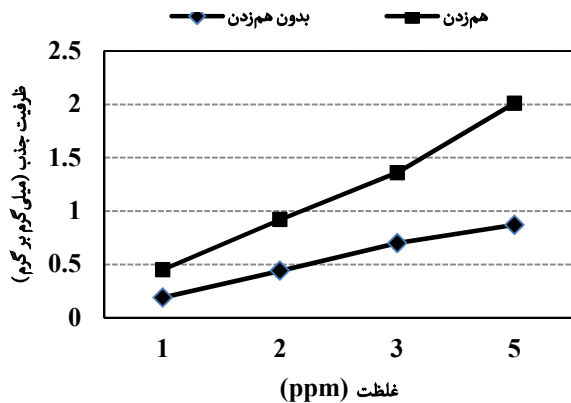


شکل ۱۰- الف- تأثیر اندازه ذرات بر روی درصد و ب- ظرفیت جذب یون کادمیم (جاذب اسفنج ۷۰ مش)

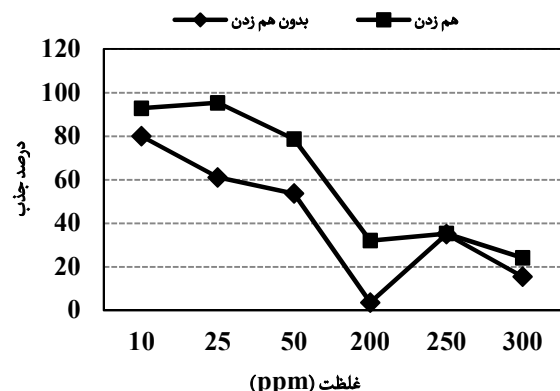
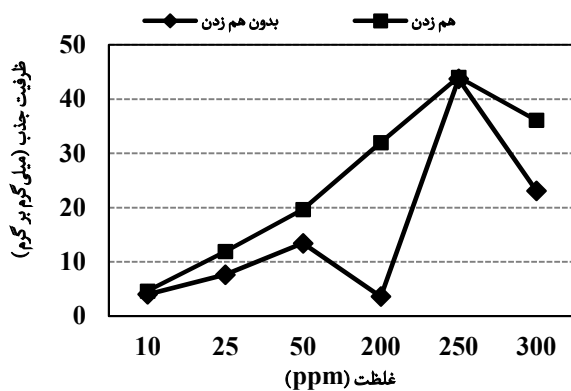
۴-۳- اثر هم‌زدن

در هنگام هم‌زدن، به دلیل افزایش فرصت و شانس برخورد یون‌های فلزی با ذرات جاذب، میزان جذب افزایش یافت. همان‌طور که در شکل‌های ۱۱ تا ۱۳ نشان داده شده است، بیشترین ظرفیت جذب برای یون کادمیم $2/01$ میلی‌گرم بر گرم بود (شکل ۱۱). همچنین بیشترین ظرفیت جذب برای یون سرب در غلظت 250 میلی‌گرم در لیتر، $44/05$ میلی‌گرم بر گرم به دست آمد (شکل ۱۲).

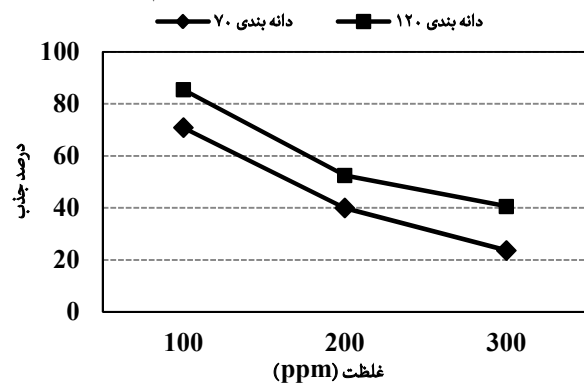
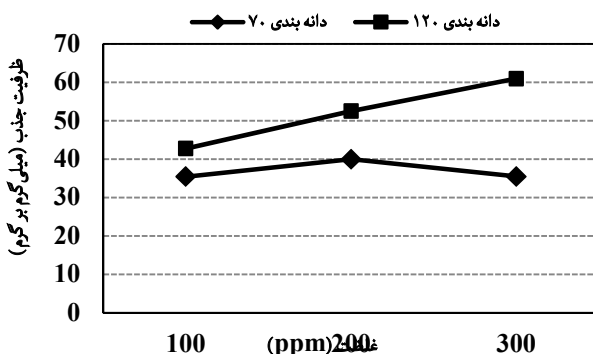
بیشترین ظرفیت جذب مربوط به یون سرب با غلظت 300 میلی‌گرم در لیتر، بعد از گذشت ۱ ساعت همراه هم‌زدن در مجاور اسفنج پودر شده با دانه‌بندی 230 مش بود که میزان آن $79/19$ میلی‌گرم بر گرم بود (شکل ۱۳ و ۱۴). می‌توان برای این افزایش جذب، این‌گونه بیان کرد که افزایش فضای بیشتر در سطح جاذب (230 مش)، سطح مؤثر بیشتری را برای جذب یون‌های سرب امکان‌پذیر ساخته است.



شکل ۱۱- الف- اثر هم‌زدن بر روی درصد و ب- ظرفیت جذب یون کادمیم



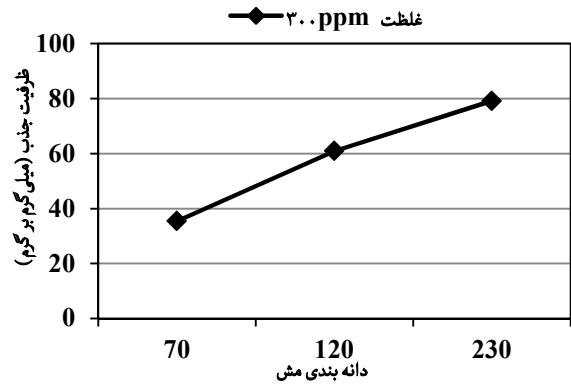
شکل ۱۲- الف- اثر هم‌زدن بر روی درصد و ب- ظرفیت جذب یون سرب



شکل ۱۳- الف- اثر هم‌زدن بر روی درصد و ب- ظرفیت جذب یون سرب (با پودر اسفنج)

۲/۳۷ میلی‌گرم بر گرم در غلظت ۵ میلی‌گرم در لیتر و برای سرب، ۴۳/۸۹ میلی‌گرم بر گرم در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر است (شکل‌های ۱۵ و ۱۶).

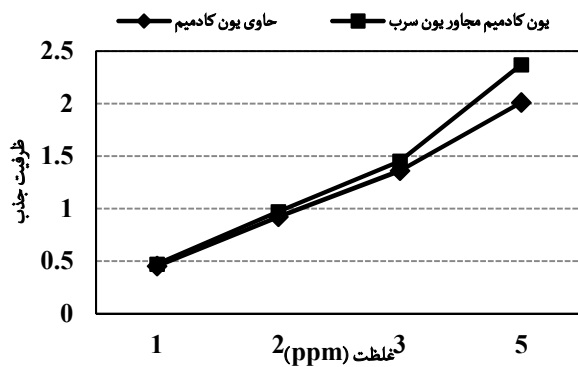
این افزایش جذب می‌تواند ناشی از افزایش قدرت یونی محلول با حضور دو یون کادمیم و سرب باشد. جذب یون‌ها در حضور یون‌های دیگر می‌تواند کاهشی یا افزایشی باشد. شعاع یونی، اندازه یون‌ها، بار یونی و پتانسیل شیمیایی هر یون، می‌تواند در میزان جذب مؤثر باشد. در پژوهش حاضر اثر یون کادمیم باعث افزایش جذب یون سرب بر روی جاذب شد و همچنین یون سرب باعث افزایش جذب یون کادمیم بر روی جاذب شد که این پدیده رقابت یون‌ها را بر سر قرار گرفتن سطح جاذب نشان می‌دهد. احتمالاً زیاد شدن یون‌های فلزی در محلول، سبب افزایش جذب یون‌های فلزی به دلیل افزایش تعداد برخوردها بین یون‌ها و جاذب می‌شود که این پدیده به نوبه خود می‌تواند فرایند جذب را بیشتر نماید.



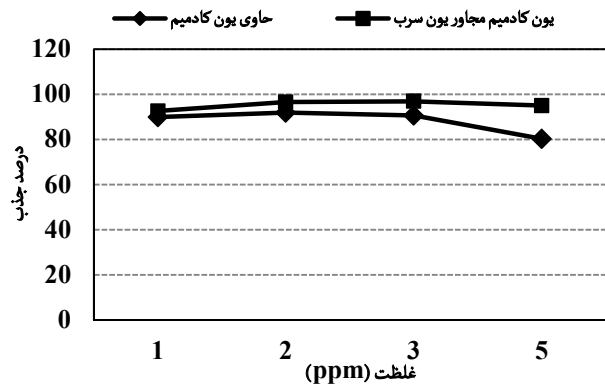
شکل ۱۴- ظرفیت جذب یون سرب با اسفنج پودر شده با دانه بندی مختلف

۳-۵- اثر یون‌ها بر یکدیگر

شکل‌های ۱۵ و ۱۶ میزان ظرفیت جذب یون‌های فلزی کادمیم و سرب را نشان می‌دهد و بیانگر این مطلب است که این یون‌ها در مجاور هم، جذب بهتری دارند که بیشترین جذب برای کادمیم

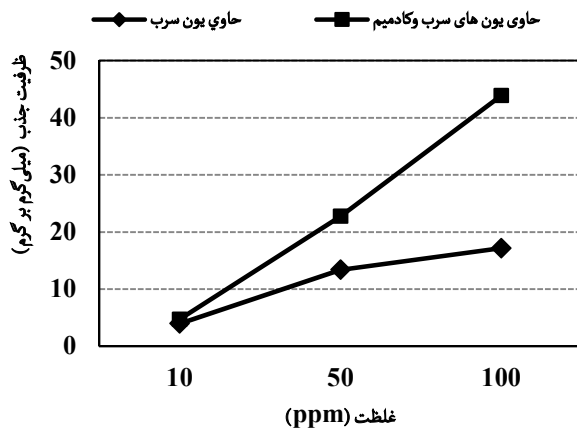


(ب)

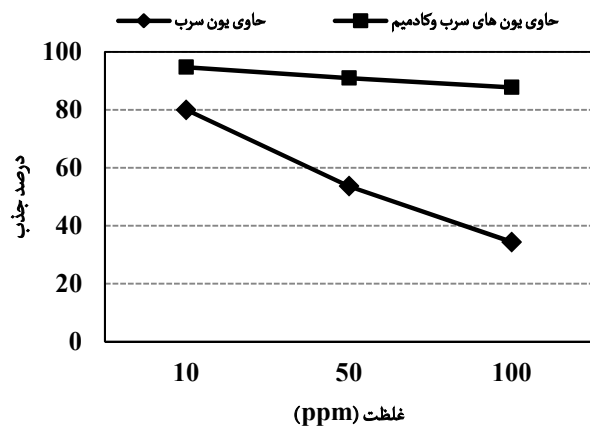


(الف)

شکل ۱۵- الف- اثر یون سرب بر درصد و ب- ظرفیت جذب یون کادمیم



(ب)



(الف)

شکل ۱۶- الف- اثر یون کادمیم بر درصد و ب- ظرفیت جذب یون سرب

۴- نتیجه گیری

آمده، به نظر می رسد که جاذب GH-92 بالاترین جذب را در مورد یون سرب از خود نشان داده است و بیشترین ظرفیت جذب ۷۹/۱۹ میلی گرم بر گرم مربوط به یون سرب با غلظت ۳۰۰ ppm بعد از گذشت ۱ ساعت همراه هم زدن در مجاور اسفنج پودر شده با دانه بندی ۲۳۰ مش بود. در پایان نتیجه گیری می شود که جاذب GH-92 در مقایسه با نانو جاذب زئولیت با حداکثر ۵۸/۷۳ میلی گرم بر گرم، نانوحفره NH₂-MCM-41 با حداکثر ۵۷/۷۴ میلی گرم بر گرم و نانوذرات کیتوزان با حداکثر ۲۵/۸ میلی گرم بر گرم، بالاترین جذب را در حال حاضر برای سرب نشان می دهد. پس می توان با توجه به نتایج به دست آمده، اقدام به ساخت ستون های جذب یا فیلترهای جاذب از این نوع اسفنج را ارزیابی کرد.

۵- قدردانی

به این وسیله نویسندگان این مقاله از خانم مهندس وکیلی، مسئول آزمایشگاه تحقیقاتی دانشکده علوم و فنون دریایی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال و خانم مهندس رضازاده، مسئول آزمایشگاه تحقیقاتی دانشکده شیمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال تشکر و قدردانی می نمایند.

در این پژوهش میزان جذب یون های کلسیم با غلظت های ۲۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۰۰ میلی گرم در لیتر، منیزیم با غلظت های ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۱۰۰ میلی گرم در لیتر و کبالت با غلظت های ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ میلی گرم در لیتر اندازه گیری شد. میزان جذب در تمام موارد بسیار جزئی بود. برای سنجش دقت و صحت آزمایش های بالا از روش تیتراسیون با EDTA در حضور معرف E.C.B.T و معرف مورکسید نیز استفاده شد که نتیجه آزمایش های قبلی تأیید شد. آزمایش ها نشان دادند که این نوع اسفنج برای جداسازی کلسیم، منیزیم و کبالت مناسب نیست. جذب نشدن یون کلسیم به خاطر وجود مقادیر زیادی کلسیم در ساختار اسفنج است که دائماً می تواند در حال تعادل با حلال یعنی آب دریا باشد. جذب بسیار کم یون منیزیم توسط این نوع اسفنج می تواند به دلیل وجود میزان فراوان منیزیم در آب دریا و در ساختمان اسفنج باشد. با توجه به رنگ آبی کمپلکس های کبالت به خصوص کمپلکس های $[Co(H_2O)_4]^{2+}$ و $CoCl_4^{4-}$ و $CoSCN_4^{2-}$ و قدمت ۳۴۰ ساله وجود کبالت در دریاها و با توجه به مقدار $3 \times 10^{-5} \text{ mmol.kg}^{-1}$ کبالت در آب دریا، می توان علت جذب نشدن کبالت را توجیه نمود. با توجه به نتایج به دست

۶- مراجع

1. Mozafarian, K., Madaeni, S., and Khoshnodie, M. (2006). "Evaluating the performance of reverse osmosis in Arsenic removal from water." *J. of Water and Wastewater*, 60, 22-28. (In Persian)
2. Mosaferi, M., and Mesdaghinia, M. (2005). "Removal of Arsenic from drinking water using modified Activated Alumina." *J. of Water and Wastewater*, 55, 2-14. (In Persian)
3. Larson, V.J., and Schierup, H.H. (1981). "The use of straw for removal of heavy metals from wastewater." *J. of Environ. Qual.*, 10(2), 188-193.
4. Cesar, R.T.T., Sergio, L.C.F., and Marco, A.Z. (2004). "Use of modified rice husks as a natural solid adsorbent of trace metals: Characterization and development of an on-line pre concentration system for cadmium and lead determination by FAAS." *J. of Micro. Chem.*, 77, 163-175.
5. Shamohammadi, Z., Mazed, H., Jaafarzadeh, N., and Haghghat Jou, P. (2008). "Removal of low concentrations of cadmium from water using improved rice husk." *J. of Water and Wastewater*, 67, 27-33. (In Persian)
6. Bhattacharya, A.K., Naiya, T.K., Mandel, S.N., and Das, S.K. (2008). "Adsorption, kinetics and equilibrium studies on removal of Cr (VI) from aqueous solutions using different low-cost adsorbents." *J. of Chem. Eng.*, 137, (3), 529-541.
7. Cetin, S., and Pehliean, E. (2007). "The use of fly ash as a low cost, environmentally friendly alternative to activated carbon for the removal of heavy metals from aqueous solutions." *J. of Colloid Surface*, 298(1-2), 87.
8. Cay, S., Uyanik, A., and Ozasik, A. (2004). "Single and binary component adsorption of copper from aqueous solution using tea- industry waste." *J. of Sep. Purif. Technol.*, 38(3), 237-280.
9. Namasivaym, C., Kumar, M.D., and Begum, R.A. (2001). "Waste coir pith-a potential biomass for the treatment of dyeing wastewaters." *J. of Biomass Bioenerg*, 21(6), 477-483.

10. Annadurai, G., Juang, R.S., and Lee, D.J. (2002). "Use of cellulose-based wastes for adsorption of dyes from aqueous solutions." *J. of Hazard Mater.*, 92(3), 263-274.
11. Batzia , F.A. (2004). "Dye adsorption by calcium-chloride treated beech sawdust in batch and fixed- bed system." *J. of Water Res.*, 38(13), 2967-2972.
12. Ozacar, M., Sidiras, D.K., and Sengil, I.A. (2005). "Adsorption of metal complex dyes from aqueous solutions by pine sawdust." *J. of Bioresour. Technol.*, 96(7), 791-795.
13. Seader, J.D., and Henly, E.J. (2006). *Separation process principles*, 2nd Ed., John Wiley and Sons, New York.
14. Odoemelam, S.A., and Eddy, N.O. (2009). "Studies on the use of oyster snail and periwinkle shells as adsorbents for the removal of Pb²⁺ from aqueous solution." *J. of Chemistry*, 6(1), 213-222
15. Saeedi, M., Jamshidi, A., Abessi, O., and Bayat, J. (2009). "Removal of dissolved cadmium by adsorption onto walnut and almond shall Charcoal: comparison with granular activated carbon (GAC)." *J. of Water and Wastewater*, 70, 16-22. (In Persian)
16. Zavvar Mousavi, S., and Arjmandi, A. (2009). "Removal of heavy metals industrial wastewater by sheep gut waste." *J. of Water and Wastewater*, 73, 63-68. (In Persian)
17. Maleki, A. (2011). "Potential of acid modified Zeolite for Cadmium adsorption in aqueous environment." *J. of Mazandaran University Med Science*, 22(86), 74-84. (In Persian)
18. Ekhlasi, L., Younesi, H., Mehraban, Z., and Bahramifar, N. (2011). "Synthesis and application of chitosan of lead ions from aqueous solutions." *J. of Water and Wastewater*, 85, 10-18. (In Persian)
19. Heidari, A., Younesi, H., and Mehraban, Z. (2009). "Removal of Cd (II), Ni (II) and Pb (II) ions in an aqueous Solution by chemically modified nano-porous" *J. of Water and Wastewater*, 73, 25-32. (In Persian)
20. Bhimba, V., Vinod, V., and Beulah, C. (2013). "Marine sponge sigmadocia pumila a potential supply for drug findings." *J. of Pharmacy Research*, 6(4), 401-403.
21. Lunder, M., Drevensek, G., Hawlina, S., Sepcic, K., and Ziberna, L. (2012). "Cardiovascular effects induced by polymeric 3-alkylpyridinium salts from the marine sponge Reniera sarai." *J. of Toxicon*, 60(6), 1041-1048.
22. Senthilkumar, K., Venkatesan, J., Manivasagan, ., and Se-Kwon, K. (2013). "Antiangiogenic effects of marine sponge derived compounds on cancer." *J. of Environmental Toxicology and Pharmacology*, 36(3), 1097-1108.
23. Batista, D., Tellini, K., Nudi, A.H., Massone, T.P., de, L., Scofield, A., de, L.R., and Wagener, A. (2013). "Marine sponges as bioindicators of oil and combustion derived PAH in coastal waters." *J. of Marine Environmental Research*, 92, 224-234.
24. Kotpal, R.L. (1998). *Porifera*, Rastogi Pub. Meerut, India.
25. Rajaei,Q., Hasanpour, M., and Mehdinejad, M.H. (2012). "Heavy metals concentration (Zinc, Lead, Chrome and Cadmium) in water and sediments of Gorgan Gulf and estuarine Gorganroud river." *Iran J. of Health System Research*, 5, 748-756. (In Persian)
26. Buasri, A., Chaiyut, N., Phattarasirichot, K., Yongbut, Ph., and Nammueng, L. (2008). "Use of natural clinoptilolite for the removal of lead (II) from wastewater in batch experiment." *J. of Chiang mai.*, 35(3), 447-456.