



ارائه شده توسط:

سایت ترجمه فا

مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده

از نشریات معتبر

حذف فلزات سنگین توسط نانو جاذب ها: یک بررسی

چکیده

تخلیه فلزات سنگین از فاضلاب های صنعتی، شهری، کشاورزی و خانگی تبدیل به یک تهدید جدی برای اکوسیستم شده است. کلاس جدید از جاذب های توسعه یافته در طول چند دهه گذشته به غلبه بر این تهدید در حال رشد کمک کرده است. آنها با توجه به ویژگی های خاص خود، محبوبیت به دست آورده اند و پتانسیل بسیار عالی در تصفیه فاضلاب و پساب های صنعتی نشان داده اند که برای مقاصد مختلف توسعه پایدار جامعه در حال رشد مورد استفاده مجدد قرار گرفته اند. این مقاله یک بررسی علمی از نانو جاذب ها در زمان های اخیر برای حذف فلزات سنگین از فاضلاب، برجسته نمودن کارایی، مزایا و مکانیسم های درگیر در آنها را ارائه می دهد.

کلید واژه ها: جذب؛ فلزات سنگین؛ مکانیسم؛ نانو جاذب، کارایی (بازده) حذف

1. مقدمه

سرب، جیوه، نیکل، کروم، تالیوم، روی، مس، کبالت، سلنیوم، آرسنیک و کادمیوم فلزات سنگینی هستند که برای سمیت و تداوم خود شناخته شده هستند. بر خلاف آلاینده های آلی، آنها به راحتی تجزیه نمی شوند بلکه اغلب غیر قابل تجزیه زیستی هستند. آنها از طریق پالایشگاه ها، دفع لجن، عملیات معدنی، صنایع تولیدی مانند رنگ، دستگاه های الکترونیکی و الکتریکی، باتری، کود، آفت کش و غیره، راه خود را به اجرام آبی می یابند. حضور آنها در آب می تواند خطرات جدی را برای همه اشکال زندگی در بر داشته باشد، زیرا آنها ممکن است جهش زا و سرطان زا باشند. حضور آنها بالاتر از حدود مقرر در بدن می تواند به ارگان های حیاتی بدن، مانند کلیه، کبد و مغز، تولید مثل و سیستم عصبی (GOEL, 2006) آسیب برساند. روشهای مرسوم تصفیه فاضلاب به کار گرفته شده از چندین دهه قبل، مانند تعویض یون، انعقاد آهک، تبخیر، اسمز معکوس، روش های تصفیه الکتروشیمیایی، رسوب و تصفیه

شیمیایی استخراج حلال، واکنش های اکسایش و کاهش منجر به بازده حذف فلزی پایین برای هزینه های عملیاتی بالا شده است و از این رو این روش ها به عنوان روش های گران قیمت و ناکافی گزارش شده اند.

جذب یک پدیده شناخته شده در تصفیه آب از زمان های قدیم بوده است. این یک پدیده شایع در فاز گازی است، اما به طور موثر در تصفیه فاضلاب استفاده می شود. برای چندین دهه به دلیل خواص خود، از جمله ظرفیت جذب، انتخاب یونی، پایداری حرارتی، سهولت فعال سازی و بازسازی و مقاومت در برابر زیان های حمل و نقل، کربن فعال شده گرانولی (GAC) برای تصفیه فاضلاب استفاده می شود. گل قرمز، شن و ماسه سبز، سرباره ها، مواد جاذب موثر یافت شده برای مواد آلی و معدنی از جمله فلزات سنگین فاضلاب از زباله صنعتی (Moon و Vigneswaran، 1999) هستند. سلول های مرده یا زنده تولید شده توسط باکتری های دریایی استفاده شده برای جذب فلزات سنگین کمیاب، در سم زدایی فاضلاب (Lopez-Cortes و Ochoa، 1999) کمک کردند. اثبات شده که جاذب های کم هزینه تهیه شده از ضایعات کشاورزی حتی در غلظت های بسیار پایین در حذف فلزات سنگین از فاضلاب بسیار مؤثر بودند. همچنین، این جاذب ها در مدت زمان های طولانی امیدوارکننده بوده اند، زیرا بسیاری از مواد در دسترس به صورت محلی و فراوان وجود دارند که می توانند به عنوان جاذب های کم هزینه استفاده شوند (Babel و Kurniawan، 2003). غشاهای پلیمری مورد استفاده در تصفیه فاضلاب، پلی آمید متصل شده عرضی، پلی سولفون و مواد استات سلولز هستند و ویژگی های خاص مانند ثبات شیمیایی، نرخ شار بالا، یون فلزی بهتر اتصال دهنده با مکانیزم کیلیت و مقاومت در برابر اشعه ماوراء بنفش، ازن و کلر (Lakshmanan، 2013) را نشان می دهند. در طول چند دهه گذشته، کلاس های جدید از مواد توسعه یافته اند، مانند مشتقات کربن، مواد نانومتخلخل کربن، مواد نانو معدنی، مواد مغناطیسی و نانو مغناطیسی، شیشه های ریزحفره، غربال های مولکولی، پلیمر، سرامیک، نانوذرات سیلیس و غیره (Kumar، 2009). به علت دامنه گسترده پژوهش در تصفیه فاضلاب با استفاده از مواد با ویژگی های متمایز استفاده مجدد برای توسعه پایدار جامعه در حال رشد، آنها علاقه نسل جدیدی از پژوهشگران را به دست آورده اند. همچنین گزارش شده است که آنها ظرفیت جذب بالا را برای فلزات سنگین از فاضلاب در مقایسه با مواد سنتی و تجاری استفاده شده به عنوان جاذب از خود نشان می دهند.

2. نانو مواد به عنوان جاذب ها

علم و فن آوری نانو، در سال 1980 با معرفی علم خوشه و STM (اسکن میکروسکوپ تونل)، محبوبیت به دست آورد (Mehta و همکاران، 2015). مواد در محدوده اندازه نانو (1-100 نانومتر)، به دلیل تعداد زیادی از ذرات، نسبت مساحت سطح بالا به حجم، خاصیت برای آلاینده ها، جداسازی مغناطیسی، خاصیت شیمیایی سطح و فعل و انفعالات سطح (لاکشانان، 2013)، خواص متمایز و پارامترهای موثر بر فرآیند را نمایش می دهند. مواد نانوی مختلف سنتز شده در زمان های اخیر، نانولوله های کربنی، نانوقفسه ها، نانوبلورها، نانوسیم ها، اکسید نیکل، نانوذرات سیلیس، نانوبلورهای سلولز و نانو فیبرهای فولرن، هیدروکسی فولرن ها و هترو فولرن ها هستند. آنها می توانند از فلزات، اکسیدهای خود و هیدروکسیدها (هیدروکسید کبالت)، پلیمرها و پلیمرهای زیستی، سرامیک و مشتقات کربن و غیره (Dabrowski, 2001; Jaronec and Sayari, 2002; Knetch and Wright, 2004; Kumar, 2009; Oaki and Imai, 2007; Chwastowska et al., 2008; El Saliby et al., 2008; Donald, 2010; Fi and Li, 2010; Liu et al., 2012; Srivastava, 2013; Heimann et al., 2015) با روش سل-ژل، رسوب همزمان، میکرو امولسیون، اکسیداسیون مستقیم، تجزیه حرارتی، شیمیایی، فیزیکی و تجزیه بخار الکتریکی، کلئیدی مایکروویو، روش پلی ال و یا هیدروترمال و غیره سنتز شوند (Chen and Mao, 2007). آنها استفاده گسترده ای در الکترونیک به صورت فلزات، نیمه هادی ها و مقره ها و در زمینه پزشکی یافتند. کاربرد نانوذرات در حال کسب توجه در تصفیه فاضلاب به خاطر نمایش ظرفیت جذب بالا برای یون های فلزات سنگین از فاضلاب با توجه به پتانسیل شیمیایی و فعالیت بالای آنهاست. پتانسیل شیمیایی و فعالیت ترمودینامیکی، پارامترهای مهم برای تعریف غلظت های تعادلی و ثوابت بین فازها و همچنین سرعت واکنش بین فازها هستند (Kaufman, 2002).

2.1. نانوذرات اکسید فلزی

نانوذرات را می توان از اکسیدهای فلزات مختلف از جمله آهن، مس، تیتانیوم، منگنز، منیزیم، روی، سیلیس و آلومینیوم سنتز نمود. عناصر فلزی دارای یک ویژگی متمایز برای تشکیل اکسیدها با انواع زیادی از خواص ساختاری و الکترونیکی هستند. در فناوری نانو، هدف، به دست آوردن نانوساختارهای نمایش دهنده خواص متمایز فیزیکی و

شیمیایی، از صورت ذرات ساختاریافته حجمی و یا واحد است. این به خاطر این واقعیت است که باندگپ بین ذرات اکسید با کاهش در اندازه متوسط ذرات کاهش می یابد که منجر به تغییر در رسانایی و واکنش شیمیایی (Fernández-Garcia and José، 2007) می شود.

با توجه به رسوب فلزی-لیگاند یا تشکیل لیگاند سه تایی (Stietiya و Wang، 2014)، نانوذرات اکسید فلزی، حد بالاتر جذب را در مقایسه با اکسید با اندازه نرمال نشان می دهد. مکانیسم جذب فلزات سنگین در اکسیدهای روی، مس و آهن به عنوان نانو جاذب ها، وابستگی بازده حذف فلزات به pH محلول را نشان داد. به دلیل فعل و انفعالات الکترواستاتیک، رسوب و تشکیل ترکیبات فلزی ناشی از پیوند یونی و یا کووالانسی، وابسته خواص شیمیایی بین فلز و حلال و یا ماهیت این گروه عملکردی، حذف یون های فلزات سنگین از محلول، با pH افزایش یافت. افزایش در pH محلول به نفع پروتون زدایی سطح نانو جاذب است که موجب افزایش محل های باردار منفی می شود و از این رو موجب جاذبه بین یون های فلزی با بار مثبت و محل های باردار منفی بر روی جاذب ها می شود. در کاهش pH، جذب رقابتی بین یون های رقابت کننده فلزی و یون های H^+ در محلول (Mahdavi و همکاران، 2012) رخ داد.

نانو جاذب های Fe_3O_4 سنتز شده توسط Nassar (2012) به صورت دسته دسته برای مطالعه حذف یون های سرب (II) از محلول آبی استفاده شد. حداکثر ظرفیت جذب سرب (II)، 36 میلی گرم / گرم بود. تعادل در عرض 30 دقیقه به دست آمد و داده های تعادل به خوبی با مدل های ایزوترم Langmuir و Freundlich متناسب بود. فرآیند جذب، گرماگیر بود زیرا دما به میزان سرب (II) جذب شده افزایش یافت. مطالعات ترمودینامیکی نشان داد که این فرآیند خودجوش است. Kocabas-Atkali and Yurum (2013)، نانو جاذب آنتاز را با استفاده از روش سل-ژل پس از کالسیناسیون در دمای 400 درجه سانتی گراد به منظور مطالعه حذف سرب، مس و آرسنیک موجود در منابع آب سنتز نمودند. جاذب، حداکثر ظرفیت های جذب برای سرب، مس و آرسنیک را به صورت 31.25، 23.74 و 16.98 میلی گرم / گرم نشان داد. ظرفیت جذب با pH برای سرب و مس افزایش یافت و برای آرسنیک ثابت باقی ماند. داده های تعادل به خوبی با معادلات مدل سازی هم دمای Langmuir، Freundlich، Redlich-Peterson and Sips متناسب بود و از معادله جنبشی شبه مرتبه دوم پیروی می نمود. Tang و همکاران (2013) یک نانو جاذب بسیار

ریز، نانوکریستالیت های فریت منیزیم ($Mg_0.27Fe_2.5O_4$) را برای از بین بردن آرسنیک از آب، توسط تغلیظ حدود 10٪ غلظت Mg_2 + به $\alpha-Fe_2O_3$ توسط فرایند حرارتی حلال با نمک طعام خود-تشکیل شده در محل برای محدود کردن رشد بلور سنتز نمودند. اندازه متوسط ماده نانو حدود 3.7 نانومتر به دست آمد، مساحت سطح خاص $438.2 \text{ m}^2/\text{g}$ بود و مقدار مغناطش خاص، 32.9 emu/g بود که جداسازی راحت برای بازسازی و استفاده مجدد را میسر می سازد. ظرفیت های جذب 127.4 میلی گرم / گرم و 83.2 میلی گرم / گرم به ترتیب برای آرسنیک (III) و آرسنیک (V) در pH 7 بود. فروکسیهیت منگنز ($\delta-Fe_{0.76}Mn_{0.24}OOH$) توسط Tresintsi و همکاران (2013) توسط رسوب همزمان $FeSO_4$ و $KMnO_4$ در حضور عامل اکسید کننده قوی برای تولید فروکسیت منگنز ($\delta-Fe_{0.76}Mn_{0.24}OOH$) آماده شد که در آن منگنز (IV) به طور همگن درون ساختار بلوری توزیع می شود. این نانو جاذب اکسی هیدروکسید تک فاز آهن / منگنز به صورت دسته دسته برای حذف آرسنیک، به صورت آرسنیک (III) و آرسنیک (V)، که در آب آشامیدنی حاضر است، مورد مطالعه قرار گرفت. آزمایش ها نشان دادند که در pH 7، ظرفیت جذب 11.7 میکروگرم / میلی گرم و 6.7 میکروگرم / میلی گرم به ترتیب برای آرسنیک (V) و آرسنیک (III) است. اکسید کامپوزیت Fe-La توسط Zhang و همکاران (2014a) به صورت نانو جاذب برای حذف آرسنیک (III) از محلول های آبی سنتز شد. ساختار اکسید کامپوزیت Fe-La، همان ساختار بلوری $La(OH)_3$ به صورت نشان داده شده توسط تکنیک های SEM و TEM بود. ظرفیت جذب حداکثر برای به آرسنیک (III)، 58.2 میلی گرم / گرم در pH بهینه 7 و زمان تعادل 240 دقیقه بود؛ داده های تعادل به خوبی با مدل ایزوترم Langmuir متناسب بود. نانو جاذب آلومینای سنتز شده توسط روش سنتز ترکیب حلال برای از بین بردن یون های روی (II) و رنگ G سیاه از فاضلاب استفاده شد. زمان تعادل به دست آمده برای هر دو یون های روی و رنگ، حدود 4.5 ساعت بود. حداکثر ظرفیت جذب به دست آمده توسط نانو جاذب آلومینا برای یونهای روی (II)، 1047.83 میلی گرم / گرم در pH 7 بود و برای رنگ، 263.16 میلی گرم / گرم در pH 2 بود. داده های جنبشی با مدل شبه مرتبه-اول بهتر متناسب بود و داده های تعادل با استفاده از مدل ایزوترم Langmuir برای هر دو آلاینده (Bhargavi و همکاران، 2015) متناسب بود.

2.2. نانوذرات مغناطیسی (MNPها)

ذرات اکسید آهن در اندازه نانو، ویژگی های پارامغناطیسی فوق العاده را نشان می دهند، یک خاصیت ویژه اضافی از نانوذرات رایج. نانوذرات سوپر پارامغناطیسی دارای مساحت سطح بزرگ، زیست سازگار، دارای سمیت کمتر و از نظر شیمیایی بی اثر هستند و مقاومت کم در برابر نفوذ را ارائه می دهند و سطح آنها را می توان با مولکول های آلی، یون های معدنی و یا برخی از گروه های عاملی اصلاح نمود که به آنها سطوح دارای پتانسیل خوبی برای حذف فلزات سنگین می دهد. تغییرات سطح نانوذرات آنها را (a) به واسطه جلوگیری آنها از اکسیداسیون، پایدار می سازد و (b) به واسطه ارائه سایت های واکنش های خاص و گروه های عملکردی، برای جذب یون های فلزات سنگین انتخابی و خاص می سازد. گروه های عاملی $-COOH$ ، $-NH_2$ ، $-OH$ و گروه های $-SH$ و غیره، سایت های فعال برای تبادل یون های فلزی را فراهم می کنند. فعل و انفعالات فیزیکی (مانند تعاملات الکترواستاتیک و واندروال) و فعل و انفعالات شیمیایی (مانند اتصال شیمیایی، تشکیل ترکیب و ترکیبی لیگاند اصلاح شده) مسئول جذب یونهای فلزی در سطح جاذب هستند (Wang و همکاران، 2012؛ Patwardhan، 2012).

پلیمرهای مغناطیسی نانو- Fe_3O_4 مرکاپتو عاملدار ($SH-Fe_3O_4-NMPs$) برای حذف جیوه (II) که از فاضلاب آماده شد، مقادیر بهینه دما و pH 308 K و 3.0 را نشان داد. بازده جذب با pH افزایش یافت. تعادل در عرض 1 ساعت به دست آمد. داده های تجربی به خوبی با معادله ایزوترم Freundlich متناسب بود. خواص ترمودینامیکی نشان داد که فرآیندهای جذب، گرماگیر هستند (Pan و همکاران 2012). نانوبلورهای مگنتیت-تک پراکندگی کربوکسی متیل- β -سیکلودکسترین (CMCD) با اندازه متوسط ذرات 10 نانومتر توسط تجزیه حرارتی $FeOOH$ برای اصلاح آرسنیک (III)، آرسنیک (V)، نفتول، و نفتالین تهیه شد. این نانوبلورها، کاربرد بالقوه در بازسازی فاضلاب را با جداسازی مغناطیسی تک مرحله (Chalasanani و VASUDEVAN، 2012) نشان دادند. نانوکامپوزیت های سوپرپارامغناطیسی Fe_3O_4 پوشش داده شده با اسید اسکوربیک برای حذف آرسنیک از فاضلاب به روش هیدروترمال سنتز شدند. این نانو جاذب ها دارای قطر کمتر از 10 نانومتر، مساحت سطح حدود 179 مترمربع /

گرم، مقدار اشباع مغناطیسی 40 EMU / g و ویژگی سوپرپارامغناطیس در دمای اتاق بودند. ظرفیت جذب حداکثر به ترتیب 16.56 میلی گرم / گرم و 46.06 میلی گرم / گرم برای آرسنیک(III) و آرسنیک(V) بود و داده های تعادل، از ایزوترم Langmuir (Feng و همکاران، 2012) پیروی نمودند.

بازده های حذف فلزی (Parham و همکاران، 2012) برای جیوه (II) و برای نانوذرات اصلاح نشده مغناطیسی Fe_3O_4 و نانو ذرات Fe_3O_4 اصلاح شده با $\text{mercaptobenzthiazole-2}$ مقایسه شدند. برای غلظت اولیه جیوه (II) به اندازه 50 نانوگرم / میلی لیتر، نانوذرات اصلاح نشده، حذف 43.47% را نشان دادند، در حالی که نانوذرات اصلاح شده تا حدود 98.6 درصد از جیوه (II) را در عرض 4 دقیقه حذف نمودند. نانوذرات تمایل به تجمع و تغییر خواص خود دارند. نانوذرات سنتز شده MnFe_2O_4 توسط پوشش با پوسته های اکسید آمورف منگنز-کبالت، بار بار قوی منفی بر روی سطوح خود را روی طیف گسترده ای از PH به نمایش گذاشتند. این موجب جلوگیری از تجمع آنها در محلول آبی و منجر به ظرفیت های جذب بسیار خوبی از 481.2 میلی گرم / گرم برای سرب (II)، 386.2 میلی گرم / گرم برای مس (II) و 345.5 میلی گرم / گرم برای کادمیم (II) (ME و همکاران، 2013) شد. Moussa و همکاران (2013)، نانوجاذب مغناطیسی آپاتیت پوشش داده شده با فریت را به روش هم رسوبی برای حذف یون های EU(III) از محلول های آبی سنتز نمودند. این نانوذرات دارای یک ساختار کریستالی با اندازه ذرات متوسط 63 نانومتر، مساحت سطح ویژه $85.11 \text{ M}^2 / \text{g}$ و یک مقاومت حرارتی بالا تا حدود 600 درجه سانتی گراد بودند. با دوز جاذب 5 میلی گرم، تعادل در عرض 12 ساعت به دست آمد. حداکثر ظرفیت جذب شده 157.14 میلی گرم / گرم در pH برابر با 2.5 بود. نانوکامپوزیت های سلولز Fe_2O_3 توسط Yu و همکاران (2013) توسط روش هم رسوبی شیمیایی برای حذف آرسنیک از محلول آبی سنتز شدند. نانوذرات دارای مساحت سطح $113 \text{ m}^2/\text{g}$ بودند و دارای یک رفتار مغناطیسی حساس بودند که آن را به راحتی با استفاده از میدان مغناطیسی قابل جداسازی می ساخت. ظرفیت های جذب برای حذف آرسنیک(III) و آرسنیک (V) به ترتیب برابر با 23.16 ، 32.11 میلی گرم / گرم بود. داده ها به خوبی متناسب با معادلات مدل ایزوترم Langmuir و Freundlich بود.

Li و همکاران (2013)، حذف کروم (VI) از آب را از طریق آزمایش های دسته ای با نانوذرات مورد مطالعه قرار دادند. جاذب توسط دوپینگ کربن متخلخل با نیتروژن (CN-mag-RHC) تهیه شد که مشخص شد دارای مساحت ویژه 1136 M2 / g و مشخصات سوپرپارامغناطیسی است. حذف حداکثر کروم (VI) برابر با 16 میلی گرم / گرم در pH برابر با 3 بود. بود مدل ایزوترم Langmuir، این فرآیند را توصیف می نمود. Zargoosh و همکاران (2013) نانوذرات اصلاح شده را توسط بیحرکتی کووالانسی تیوسالیسیل هیدرازید بر روی سطوح نانو ذرات $\text{Fe}_3\text{O}_4 \text{ NP}$ برای از بین بردن یون های فلزات سنگین از فاضلاب های صنعتی سنتز نمودند. ظرفیت های حداکثر جذب عالی به دست آمده 188.7، 107.5، 76.9، 51.3، 27.7 میلی گرم / گرم برای سرب (II)، کادمیم (II)، مس (II)، روی (II)، و کبالت (II) بود. دیگر مزایای افزوده نانو جاذب های اصلاح شده، قابلیت استفاده مجدد، سهولت جداسازی پس از تصفیه، ترکیب محیط زیست دوستانه، و عدم دخالت یونهای فلزی رده فلزات حاکی قلیایی بودند که آنها را به جاذب های کامل برای حذف فلزات سنگین از فاضلاب تبدیل می ساخت. Zhang و همکاران (2014b)، جاذب مغناطیسی نانوکامپوزیت Fe_3O_4 مغناطیسی پوشش داده شده با اکسید دو فلزی Fe-Ti را توسط رسوب همزمان برای حذف فلوراید از آب آشامیدنی دارای هسته Fe_3O_4 مغناطیسی با قطر 10-20 و پوسته جاذب آمورف با چند نانومتر ضخامت تهیه نمودند. این مورد، ظرفیت بالای جذب (57.22 میلی گرم / گرم) و خاصیت پارامغناطیسی فوق العاده را با مقدار بالای مغناطیسی شدن اشباع (18.4 emu/g) نشان داد که جداسازی مغناطیسی آسان آن را پس از تصفیه آب میسر نمود. تعادل در عرض 2 دقیقه به دست آمد و داده ها با ایزوترم Langmuir متناسب بودند.

2.3. نانو لوله های کربن (CNT)

نانولوله های کربنی، مواد مهندسی شده ای هستند که خواص منحصر به فردی را نمایش می دهند، مانند هدایت الکتریکی، فعالیت نوری، مقاومت مکانیکی و مورفولوژی سطحی. تخلخل بالا، شدت توده نور، مساحت سطح ویژه بزرگ، ساختار توخالی و فعل و انفعالات قوی با مولکول های آلاینده، آنها را به جاذب های خوب تبدیل ساخته است

(Dresselhaus و همکاران، 2001). سایت های جذب در بسته های CNT، سایت های داخلی، کانال های بینابینی، شیارها و سطح بیرونی می باشند. تعادل در سایت های خارجی در مقایسه با سایت های داخلی سریعتر به دست می آید. مکانیسم جذب عمدتاً منسوب به فعل و انفعالات شیمیایی بین گروه های عاملی سطح نانولوله های کربنی و یونهای فلزی است. بسته به فرآیند سنتز و تصفیه، نانولوله های کربنی به طور کلی شامل گروه های $-OH$ ، $-C=O$ and $-COOH$ می شوند. گروه های کاربردی تر را می توان توسط اکسیداسیون با Pd، نیکل و یا پلاتین به عنوان کاتالیزور به نانولوله های کربنی اضافه نمود و توسط عملیات حرارتی در دمای بالا مانند 2200 درجه سانتیگراد، از نانولوله های کربنی حذف نمود. نانولوله های کربنی، اولویت بالایی را برای گروه های آبگریز، مانند بنزن، هگزان و سیکلوهگزان نسبت به دو گروه آبدوست مانند الکل نشان می دهند. به دلیل تغییر در ترشوندگی سطوح نانولوله های کربنی، این اولویت را می توان در کاربردی سازی معکوس نمود، زیرا اتم های H- از گروه های عاملی نانولوله های کربنی توسط یون های فلزی جایگزین می شوند که منجر به کاهش pH محلول می شود، زیرا یون های H^+ بیشتری در حلال آزاد می شوند (Lu و همکاران AL، 2006؛ Gotovac و همکاران، 2007؛ Gadhave و Waghmare 2014).

نانولوله های ماگمیت سنتز شده به روش تابش مایکروویو برای حذف مس (II)، روی (II)، و سرب (II) استفاده شدند. نانو ذرات دارای مساحت سطح $321.6 \text{ m}^2/\text{g}$ بودند و اشباع مغناطیسی $68.7 \text{ EMU} / \text{g}$ بود. آنها حداکثر ظرفیت های جذب 111.11 میلی گرم / گرم، 71.42 میلی گرم / گرم و 84.95 میلی گرم / گرم را برای مس (II)، سرب (II) و روی (II) نشان دادند. داده های جنبشی، معادله شبه مرتبه دوم را نشان داد (Roy and Bhattacharya، 2012). نانو جاذب مغناطیسی مبتنی بر- نانوکامپوزیت های کربن چند جداره نانولوله-مگنتیت تهیه شده برای مطالعه حذف سرب (II) و جیوه (II)، حداکثر ظرفیت جذب 65.40 میلی گرم / گرم و 65.52 میلی گرم / گرم را نشان دادند. مساحت سطح به دست آمده $97.16 \text{ m}^2/\text{g}$ (Zhang و همکاران، 2012) بود. Ge و همکاران (2014) نانولوله های کربنی چند دیواره سولفون (s-MWCNTs) را توسط تصفیه نانولوله های کربنی چند دیواره خالص سازی شده (p-MWCNTs) در دمای بالا با اسید سولفوریک غلیظ شده برای حذف یون های Cu(II) جذب از

محلول های آبی تهیه نمودند. s-MWCNTs ظرفیت جذب افزایش یافته است از 58.9 درصد برای مس (II) در سولفوناسیون را نشان دادند. فرایند جذب به خوبی توسط مدل ایزوترم Freundlich و D-R داده شد. نانوکامپوزیت مغناطیسی CNT چند جداره (MMWCNTs-C) برای حذف یون های نیکل (II) از محلول آبی مورد بررسی قرار گرفت. داده های تعادلی نشان داد که فرایند جذب به خوبی توسط مدل جنبشی شبه مرتبه دوم و مدل ایزوترم Langmuir از مدل ایزوترم Freundlich توضیح داده می شود. ظرفیت جذب تک لایه حداکثر به اندازه 2.11 میلی گرم / گرم محاسبه شد. فرآیند جذب نیکل (II) در MMWCNTs-C خود به خودی و از نظر ترمودینامیکی مناسب بود. پارامترهای ترمودینامیکی نشان داد که نوع فرآیند جذب، جذب فیزیکی بوده است (Konicki و همکاران، 2015).

حذف سون های مس (II) از محلول های آبی با استفاده از ورق های CNT سنتز شده توسط رسوب شیمیایی بخار فروسن و سیکلوهاگزانول با در 750 درجه سانتی گراد در حضور نیتروژن سنتز و عاملدار شده با کیتوزان و HNO₃ تغلیظ شده انجام شد. عاملدار شدن، ظرفیت جذب در ورق های CNT از 23.32-57.34 میلی گرم / گرم برای غلظت اولیه مس یون های (II) 800 mg/L بهبود بخشید. رفتار جذب توسط مدل Freundlich و Langmuir توصیف شد و داده تعادل به خوبی در معادلات شبه مرتبه اول و شبه مرتبه دوم (Mohammadi و Tofighy، 2015) توضیح داده شد. Huang و همکاران (2015)، نانولوله های کربنی چند دیواره مغناطیسی (MMWCNTs) را توسط فرایند تصفیه شیمیایی مرطوب به منظور مطالعه حذف یون های کروم (VI) در محلول های آبی تهیه نمودند. نتایج نشان داد که ظرفیت جذب MMWCNTs با غلظت یون فلزی و زمان اتصال افزایش یافت و با دوز جاذب کاهش یافت. داده جذب از مدل جنبشی شبه مرتبه دوم و مدل ایزوترم Langmuir پیروی می نمود. محاسبات انرژی آزاد گیبس نشان داد که این فرایند، خودبخودی و گرماگیر است. بر اساس یافته های فوق، چنین نتیجه گیری شد که MMWCNT پتانسیل قابل توجهی برای جذب یون های فلزات سنگین از فاضلاب را نشان می دهد.

2.4. کیتوزان

کیتوزان که از زباله صنعت فرآوری سخت پوستان به عنوان یک محصول جانبی به دست می آید یک پلیمر زیستی متشکل از پلی ساکاریدهای طبیعی است و به دلیل ویژگی های خاص، مانند فراوان، ارزان، شیمیایی پایدار، زیست تخریب پذیر، غیر سمی، زیست سازگار، تجدید پذیر بودن و آبدوست بودن، یک جاذب بسیار مطلوب است. این ماده، واکنش پذیری خوبی را نسبت به طیف گسترده ای از آلاینده ها نشان می دهد. ظرفیت جذب آن برای یون های فلزی سمی، با توجه به حضور گروه آمین، $(-NH_2)$ ، در ماتریس پلیمر و بار مثبت بسیار عالی است که یونهای فلزی را توسط ارتباط هماهنگی و یا با تبادل یونی در محلول جذب می کند. نانوذرات مگنتیت پوشش داده شده با کیتوزان، به نام نانوذرات کیتوزان مغناطیسی (MNCPS)، نرخ های بالاتری از جذب را نشان دادند. زیرا کیتوزان، بر روی سطح نانوذرات مغناطیسی غیر فعال است و فعل و انفعالات یون های فلزات سنگین-کیتوزان برگشت پذیر هستند. بنابراین بازیابی MCNPS پس از تصفیه آب تحت اثر میدان مغناطیسی خارجی راحت تر است و آنها ابزاری مفید، بالقوه و قابل بازیافت برای حذف یون های فلزات سنگین از فاضلاب هستند (Liu و همکاران، 2009؛ Jassal و همکاران، 2015).

اکسیدهای دوتایی کیتوزان سنتز شده با روش قالب برای حذف AS (III) از آب مورد مطالعه قرار گرفتند. این اکسیدها، حداکثر ظرفیت جذب 16.94 میلی گرم / گرم را نشان دادند. کلسیم (II) و منیزیم (II) موجود در آب، فرایند جذب را به طور چشمگیری تحت تاثیر قرار داد. pH محلول، هیچ اثراتی را در محدوده 3-9 نشان نداد. نتایج نشان داد که غلظت (III) از 983.7 به 7.44 گرم / لیتر در طول آزمایش کاهش یافت (Dhoble و همکاران، 2011). Rahbar و همکاران (2014)، نانوذرات مگنتیت پوشش داده شده با-کیتوزان و کم هزینه (CCMN) را به عنوان جاذب برای حذف یون های جیوه (II) از محلول های آبی با استفاده از یک روش صرفه جویی کننده در زمان و موثر به نام Box_Behnken سنتز نمودند. مطالعه جذب با استفاده از این روش، حذف 99.91٪ جیوه (II) را در pH بهینه 5، غلظت یون فلزی اولیه 6.2 میلی گرم / لیتر، و دوز جاذب 0.67 گرم با یک زمان تعادل بسیار کوتاه نشان داد. داده های تجربی به بهترین شکل توسط مدل جنبشی شبه مرتبه اول و مدل های ایزوترم Langmuir و

Freundlich شرح داده شد. جذب جیوه (II) بالا در زمان کوتاه به سایت های فعال با چگالی بالا بر روی سطح جذب نسبت داده شد. Jassal و همکاران (2015) از MCNPs برای حذف روی (II)، کادمیم (II)، سرب (II) و مس (II) استفاده نمودند. مشاهده شد که MCNPs، یونهای فلزی را تا حد خوبی جذب نمودند و غلظت آنها از محلول در موعد مقرر زمانی به محض جذب بر روی MCNPs به طور چشمگیری کاهش یافت. نانوذرات کیتوزان تهیه شده توسط دی اکتیلاسیون کیتین برای حذف یونهای فلزی آهن (II)، منگنز (II)، روی (II) و مس (II) از آب مورد استفاده قرار گرفتند. شرایط بهینه مطالعه، نانوذرات کیتوزان 2 گرم / لیتر، زمان ترکیب 30 دقیقه و مقدار pH برابر با 7 برای 20 میلی گرم / لیتر در هر یون فلزی بود. کیتوزان، بازده های حذف فلز 99.94٪ را برای آهن (II)، 80.85٪ منگنز (II)، 90.49٪ برای روی (II) و 95.93٪ مس (II) به نمایش گذاشت (Abd-Elhakeem و همکاران، 2015). نانو فیبرهای کامپوزیت کیتوزان / TiO₂ به عنوان جاذب های سنتز شده توسط (1) روش پوشش (روکشی) (نانوفیبرهای کیتوسان پوشش داده شده با نانوذرات TiO₂) و (2) روش به دام انداختن (الکتروریسی محلول های کیتوزان / TiO₂) به صورت دسته دسته برای حذف یون های سرب (II) و مس (II) مورد مطالعه قرار گرفتند. داده های تجربی برای هر دو یون با استفاده از هر دو نانوفیبرهای کیتوزان / TiO₂ به بهترین شکل توسط مدل های ایزوترم Redlich-Peterson شبه مرتبه اول توضیح داده شد. حداکثر ظرفیت های جذب، 710.3 میلی گرم / گرم و 579.1 میلی گرم / گرم برای یون های مس (II) و سرب (II) برای روش به دام انداختن در 30 دقیقه زمان تعادل و 526.5 میلی گرم / گرم و 475.5 میلی گرم / گرم برای مس (II) و سرب (II) در روش پوشش با 45 دقیقه زمان تعادل بود. مطالعه نشان داد که نانو فیبرهای تهیه شده توسط روش به دام انداختن می تواند بعد از پنج چرخه از دفع بدون زیان قابل توجهی در کارایی مورد استفاده مجدد قرار گیرد. از سوی دیگر، نانوفیبرهای تهیه شده توسط روش پوشش، جذب کمتر از 60 درصد از یونهای فلزی را در چرخه اول داشت (Razzaz و همکاران، 2016).

2.5. نانوذرات سیلیس

سیلیس به طور گسترده ای در روکشی (پوشش) نانوذرات در روش های تصفیه آب استفاده می شود. پوشش سیلیس، سطوح نانوذرات دارای گروه های مختلف عملکردی را به دلیل حضور فراوان گروه های سیلانول بر روی لایه

سیلیس فعال می سازد. همچنین نانوذرات را در برابر شستشوی وضعیت های pH پایین محافظت می کند. همچنین موجب تسهیل نانوذرات با بخش های غیرخاص، لیگاندهای بالا و خاص گروه می شود. نانوکامپوزیت های سیلیکات لایه بندی پلیمری دارای خواص بهبودیافته در محتویات پرکننده کم است. در pH خنثی، اسیدیته SiNPs با افزایش اندازه ذرات افزایش می یابد که منجر به یونیزاسیون 5-20٪ گروههای سیلانول می شود که باعث می شود که سطح Si آنیونی، کاتیونها را توسط جفت شدن یون جذب نمایند (Wang و همکاران، 2012؛ Patwardhan، 2012).

Sheet و همکاران (2014) از روش جذب دسته ای برای حذف یون های روی (II)، نیکل (II)، کروم (VI)، سرب (II) و کادمیم (II) از محلول های آبی با کمک اکسید گرافیت نانوساختاری، نانوذرات سیلیس و کامپوزیت های سیلیس / اکسید گرافیت استفاده نمودند. مطالعه نشان داد که اکسید گرافیت نانوساختاری، فلزات سنگین را با این ترتیب نیکل < روی < سرب < کادمیوم < کروم جذب می کند. اکسید گرافیت، نتایج خوبی را برای حذف یون های نیکل (II) مطابق با مدل جذب هم دمای Langmuir و دیگر یون های فلزات سنگین نشان داد. مدل ایزوترم Freundlich، جذب نوع تک لایه را نشان داد. کامپوزیت سیلیس / اکسید گرافیت (2:3) به صورت جاذب کارآمد برای تصفیه فاضلاب نسبت به دو جاذب دیگر توصیه شد. حذف سرب، کادمیوم، نیکل، کروم و روی از آب با میکروذرات کربن فعال (AC μ Ps) (با متوسط اندازه ذرات 25 μ m)، نانوذرات سیلیس (که به صورت توده سفید در بزرگنمایی 10 میکرومتر به نظر می رسد) و نانوکامپوزیت سیلیس / کربن فعال (2:3) (با اندازه متوسط ذرات 12 نانومتر) مورد مطالعه قرار گرفت. از این تعداد، نانوکامپوزیت سیلیس / AC (2:3) بهترین بازده را در حذف یون های نیکل نسبت به AC μ Ps و نانوذرات سیلیسی نشان داد. در غلظت یون 30 میلی گرم / لیتر نیکل، حذف٪ توسط AC μ P، SINP و Si / AC (2: 3) NC به ترتیب 99.4، 70.3 و 92.1 درصد بود و در غلظت 200 mg / L، بازده های حذف، 84.1، 60.1 و 87.6 میلی گرم / لیتر توسط AC μ P، SINP و Si / AC (2: 3) NC بود. داده های تجربی با ایزوترم Langmuir پیشنهادی به عنوان ضرایب همبستگی چندان متناسب نبود، در حالی که به خوبی با مدل ایزوترم Freundlich متناسب بود (Karnib و همکاران، 2014). نانوذرات سیلیس اصلاح شده آمینو مورد

استفاده برای مطالعه جذب روی (II)، کادمیم (II)، جیوه (II)، مس (II) و سرب (II) از محلول های آبی، از تصفیه دوده های سیلیس صنعتی در 80 ° C توسط HNO₃ به دست آمد. عوامل تزویج سیلان برای عاملدار کردن سطح آنها مورد استفاده قرار گرفت و اصلاح با استفاده از Diaminoaphalene-1,8 و کلرید کلرو استیل انجام شد. نتایج نشان دادند که نانوذرات عاملدار، نتایج خوبی را برای یون های مس (II)، جیوه (II) و سرب (II) به همراه دارند (Kong و همکاران، 2014). Araghi و همکاران (2015)، نانوذرات سیلیس مزوپور را توسط تعبیه نمودن نانوذرات مغناطیسی سیلیس توسط برمید cetyltrimethylammonium و سپس اصلاح توسط عامل تزویج سیلان 3-aminopropyltriethoxysilane به منظور حذف یون های کروم (VI) از محلول های آبی سنتز نمودند. داده های تجربی نشان داد که جذب با pH متغیر است. مدل ایزوترم Langmuir، افزایش در حداکثر ظرفیت جذب را با درجه حرارت نشان داد. مکانیسم جذب با استفاده از روش مکانیک کوانتومی تفهیم شد که نقش پیوندهای H- و تعامل الکترواستاتیک بین یون ها و گروه های عاملی سطح را نشان داد. نانوذرات، جذب سریع، بازسازی، جدایی آسان از حلال در کاربرد میدان مغناطیسی خارجی و استفاده مجدد را نشان داد. نانوذرات سیلیس مزوپور MCM-41، با پیوند از مشتق پلی آمید استفاده شده به عنوان ماتریس حمایتی، برای جداسازی جیوه (II) از محلول های آبی سنتز شد. این مورد توسط منافذ مرتب بزرگ و مساحت سطح بسیار زیاد مشخص شد. این ماده جدید، یون های جیوه کمیاب را از محلول های آبی در کمتر از 3 دقیقه در محدوده pH برابر با 3-11 بدون تاثیر بر اجزای دیگر حلال استخراج و جداسازی نمود (He و همکاران، 2015).

3. نتیجه گیری

تصفیه فاضلاب بارگذاری شده با زباله های سمی و خطرناک برای قابلیت استفاده مجدد از آن، بزرگترین چالش برای رشد پایدار جامعه در سناریوی کنونی است. جذب با نانومواد به عنوان یکی از فن آوری های بالقوه برای رسیدگی به این موضوع پدید آمده است. خواص متمایز نانو جاذب ها، مانند خواص فیزیکی و شیمیایی منحصر به فرد ناشی از اندازه محدود و تراکم بالا، آنها را برای متحول نمودن فن آوری های تصفیه فاضلاب توانمند ساخته است و سودمندی آن را نسبت به روش های مرسوم تصفیه آب نشان می دهد. تحقیقات ثابت برای توسعه روش های کارآمد برای سنتز

هزینه جاذب موثر در تصفیه فاضلاب مورد نیاز است. دانش در مورد سمیت و ویژگی های دفع آنها برای استفاده مجدد و بازیابی فلزات سنگین پس از تصفیه، بهره وری آنها را نشان داده است و کاربرد آنها را در مقیاس کامل در فاضلاب و پساب صنعتی میسر ساخته است. علاوه بر این، یک محدوده وسیع برای کشف امکان سنجی های مواد دیگر مانند فیبرهای کربن فعال، غربال های مولکولی، شیشه متخلخل، غشاهای، مهره های سرامیکی، مواد پلیمری، نانواسکرول های کربن و غیره به عنوان جاذب ها در تصفیه فاضلاب، بازسازی، استفاده مجدد و بهبود فلزات سنگین وجود دارد.

این مقاله، از سری مقالات ترجمه شده رایگان سایت ترجمه فا میباشد که با فرمت PDF در اختیار شما عزیزان قرار گرفته است. در صورت تمایل میتوانید با کلیک بر روی دکمه های زیر از سایر مقالات نیز استفاده نمایید:

لیست مقالات ترجمه شده ✓

لیست مقالات ترجمه شده رایگان ✓

لیست جدیدترین مقالات انگلیسی ISI ✓

سایت ترجمه فا ؛ مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده از نشریات معتبر خارجی