ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

ISSN ۲۹۸۰-۷۷۸۶

شماره مجوز مجله:۸۰۴۰۰ زمان چاپ:۱۴۰۲/۱۲/۲۰

کاربرد نانوکاتالیست ها و مکانیسم های آنها در حذف یون های نامطلوب از آب

ناهید لیراوی[۱], ژاله مهاجری برازجانی[۲]

۱:دانشجو کارشناسی ارشد،دانشگاه آزاد اسلامی واحد ، بوشهر،ایران،*nahid.liravi@gmail.com*

۲: گروه منابع طبیعی و شیلات، واحد بوشهر، دانشگاه آزاد اسلامی ، بوشهر، ایران

چکیده

تحقیقات حوزه نانوکاتالیست و یکی از بحث های جذاب در نانوشیمی و شیمی سبز بوده است. در این مطالعه با استفاده از روش تحقیقی توصیفی و با گردآوری منابع کتابخانه ای به بررسی کاربرد نانوکاتالیست ها و مکانیسم‌های آنها در حذف یون های نامطلوب از آب پرداخته شد. طبق نتایج یکی از راهکارهای نوین و جذاب در تصفیه آب، استفاده از مواد نانوساختار مانند نانوذرات و نانوکاتالیست‌ها است. تعدادی از روشهای تصفیه آب با استفاده از فناوری نانو شامل غشاهای فیلتراسیون نانومتری برای افزایش بازیابی آب، روشهای زیست‌سازگار برای تصفیه آبهای زیرزمینی با اجزای معدنی و آلی، استفاده از نانومواد برای بهبود کارایی فرآیندهای فوتوکاتالیستی و شیمیایی، نانوحسگرهای زیستی برای تشخیص آلودگی آب هستند. استفاده از روشهای سنتی با محدودیت‌هایی مانند هزینه بالا، بازده پایین و کیفیت پایین آب تصفیه شده همراه است. استفاده از فناوری نانو باعث کاهش قابل توجه هزینه فرآیند تصفیه آب می‌شود. آب تصفیه‌شده با مواد نانوساختار، از لحاظ کیفی ارزشی معادل با آب معدنی تصفیه شده دارد.

کلمات کلیدی: نانوکاتالیست، تصفیه آب، فناوری نانو، نانوذرات

ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

ISSN ۲۹۸۰-۷۷۸۶

مقدمه

کاتالیست ماده ای است که فعل و انفعالات شیمیایی را سرعت می بخشد بدون اینکه خودش در فعل و انفعال مصرف شود و به عبارتی دیگر کاتالیست ها ترکیبات شیمیایی هستند که به مقدار کم به واکنش اضافه شده و اثر تسریع دهندگی و جهت دهندگی را بر پیشرفت واکنش اعمال می کنند و در پایان بدون تغییر از محصولات واکنش خارج می شوند کاتالیست ها به دو دسته همگان و ناهمگن تقسیم می شوند. کاتالیست ها به دو دسته همگن و ناهمگن تقسیم می شوند. کاتالیست ها نسبت به مواد اولیه، دارای وزن کمی هستند ولی قلب بسیاری از واکنش ها محسوب می شوند و حتی بسیاری از فرایندهای شیمیایی بدون آن اقتصادی نیست. ورود نانوکاتالیست ها به عنوان قسمتی از علم نانو تکنولوژی به بازار جهان توانسته است بخش گسترده ای از بازار جهان را به خود اختصاص دهد. نانوکاتالیست ها توانسته اند بسیاری از چالش های موجود در کاتالیست ها را با داشتن سایت های فعال با یک هسته از اتم های فلزی، یون های فلزی و ایجاد حفره هایی در اطراف سایت ها برطرف نماید و پیش بینی می شود که نسل آینده کاتالیست ها، نانوکتالیست ها باشند و در تمام فرایندهای شیمیایی وارد شوند (قادری دهکردی، ۱۳۹۴) در واقع یکی از کاربردهای مهم فناوری نانو در پاکسازی آلایندههای شیمیایی موجود در منابع آب، خاک، هوا و پساب می باشد که توانایی حذف آلودگی های کوچک از منابع آبی در مقیاس کمتر از ۲۰۰ نانومتر و آلاینده های هوا در مقیاس کمتر از ۲۰ نانومتر را دارا است(زارعی و پدرام، ۱۳۹۱).

هدف از این مطالعه بررسی نانوکاتالیست ها و مکانیسم آن ها در حذف یون های نامطلوب از آب می باشد و فرض می شود که این فناوری نانو موجب عملکرد خوبی در حذف یون های نامطلوب از آب است.

ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

ISSN ۲۹۸۰-۷۷۸۶

۱- مفاهیم و مبانی نظری

۱-۱- مفهوم فناوری نانو

فناوری نانو به معنی کاربرد ذرات در ابعاد نانو است. در این فناوری ذرات مانند یک واحد مستقل، خواصی مجزا و متفاوت از ذرات با ابعاد بزرگتر را دارا می باشند. از طریق دنبال کردن مواد در مقیاس نانو، امکان طراحی و ساخت مواد جدید با ویژگی کاملا نو، کیفیت بالا و هزینه کم به وجود می آید(زارعی و پدرام، ۱۳۹۱).

۱-۲- مفهوم کاتالیز

کاتالیزو از دو صفت کاتا و لیزو تشکیل شده است در زبان یونانی کاتا به معنای پایین افتادن و لیزور به معنی قطعه قطعه کردن می باشد. در برخی زبان ها کاتالیزور را به معنی گردهم آوردن اجسام دور از هم معرفی کرده اند (قادری دهکردی، ۱۳۹۴).

۱-۳- مفهوم کاتالیست

پیشینه استفاده از کاتالیست به ۲۰۰۰ سال قبل بازمیگردد. یک کاتالیست تنها سرعت واکنش را تغییر می دهد و بر تعال تاثیری ندارد. کاتالیست گونه ای است که انرژی فعال سازی واکنش را کاهش داده و در نتیجه سرعت واکنش را افزایش می دهد. فلزات واسطه ای جدول تناوبی عناصر، رایج ترین کاتالیست ها هستند. کاتالیست ها به دو دسته همگن و ناهمگن تقسیم یم شود. کاتالیست (قادری دهکردی، ۱۳۹۴)

۱-۴- مفهوم نانوکاتالیست ها

کاتالیست، گونه ای است که سرعت واکنش را افزایش می دهد. ایمنی بالا و استفاده بهینه از مواد شیمیایی اولیه از مزایای نانوکاتالیست است. برای صرفه جویی اقتصادی و استفاده بهینه از نانوکاتالیست، معمولا آن را به صورت کامپوزیت می سازند و سطح آن را مورد اصلاح شیمیایی قرار می دهند. تحقیقات حوزه نانوکاتالیست یکی از بحث های جذاب در نانوشیمی و شیمی

ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

ISSN ۲۹۸۰-۷۷۸۶

سبز بوده است. یکی از شاخه های نانوتکنولوژی که امروزه در کشورهای بزرگ و پیشرفته مرکز توجه قرار گرفته و سهم بزرگی از بازار جهانی را در دست گرفته ورود نانوکاتالیست ها می باشد. نانوکاتالیست ها با داشتن سایت های فعال و ایجاد حفره های در اطراف سایت های فعال که باعث تسهیل انجام واکنش می شوند توانسته اند بسیاری از مشکلات و نواقص کاتالیست را برطرف نماید (قادری دهکردی، ۱۳۹۴).

استفاده از نانوکاتالیست ها امکان کنترل اندازه ذرات، مساحت سطح و توزیع مناسب نانوفلزها را مهیا می کند که در کاهش و کنترل مقدار قابل استفاده کاتالیست های با ارزش حائز اهمیت می باشد به عبارتی دیگر برای فلزات گران بهایی مانند پلاتین علاوه بر مصرف کمتر این فلز گران بها بازده آنها را نیز می توان افزایش داد در نتیجه به کاتالیستی موثرتر و ارزان تر دست یافت(Vivek et al 2010).

۲- پیشینه تحقیق

برخی از مطالعات صورت گرفته در خصوص موضوع مورد مطالعه به شرح ذیل می باشد:

روستا و رحیمی در سال ۱۳۹۹ به بررسی کاربرد نانوکاتالیست ها در فرایند تصفیه پرداختند و اشاره داشتند که استفاده از نانوذرات و نانوکاتالیست ها در تصفیه آلودگی از آب و پساب های صنعتی در طی چند سال اخیر رونق زیادی یافته است. با توجه به اینکه نانوذرات دارای سطح ویژه و ظرفیت بالایی هستند می توانند سینتیک جذب سریع تری را فراهم نمایند. این نانومواد جهت حذف اجزای آلی نظیر آلوده کننده های میکرونی و یون های چند ظرفیتی به کار برده می شود. از دیگر کاربردهای این مواد می توان به حذف مواد شیمیایی که به منظور کشتن موجودات مضر به آب اضافه شده اند. حذف فلزات سنگین، تصفیه آب های مصرفی، رنگ زدایی و حذف آلوده کننده ها و حذف نیترات ها اشاره کرد. همچنین استفاده از نانوکاتالیست ها می تواند برای فرآوری گستره وسیعی از آلودگی های متداول زیست محیطی، مثل متان کلردار، بنزن کلردار، ضدآفت ها، رنگ های آلی، تری هالومتان ها، آرسنیک، نیترات و فلزات سنگین از قبیل جیوه، نیکل و نقره استفاده شود. همچنین ممکن است توانایی کاهش پرتوهای رادیویی را داشته باشد. در این کار روش های متفاوتی جهت حذف فلزات سنگین از آب صنعتی ارائه خواهد شد، که در

ISSN ۲۹۸۰-۷۷۸۶

ابتدا روش های استفاده بررسی شده است، سپس در انتهای هر روش تحلیلی بر مزایا و معایب آن روش و هزینه های اجرای آن ذکر شده و روش های برتر برای استفاده در صنایع آلوده کننده پیشنهاد شده است. (روستا و رحیمی، ۱۳۹۹).

حسنی و همکاران در سال ۱۳۹۰ به بررسی حذف فلزات سنگین از آب با استفاده از نانوذرات و نانوکاتالیست ها پرداختند و اشاره داشتند که استفاده از نانوذرات و نانوکاتالیست ها در تصفیه آلودگی از آب و پساب های صنعتی در طی چند سال اخیر رونق فراوانی یافته است،با توجه به اینکهنانوذرات دارای سطح ویژه و ظرفیت بالایی هستندمی توانند سینتیک جذب سریع‌تری را فراهم‌نمایند. این نانومواد جهت حذف اجزای آلی نظیر آلوده کنندههای میکرونی و یون های چند ظرفیتی به کار برده می شود. از دیگر کاربردهای این مواد می‌توان به حذف مواد شیمیایی که به منظور کشتن موجودات مضر به آب اضافه شده اند، حذف فلزات سنگین، تصفیه آبهای مصرفی، رنگ زدایی و حذف آلوده کننده ها و حذف نیترات ها اشاره کرد. همچنین استفاده از نانوکاتالیست‌ها می‌تواند برای فرآوری گستره وسیعی از آلودگی‌های متداول زیست‌محیطی، مثل متان کلردار، بنزن کلردار، ضدآفت ها، رنگ‌های آلی، تری‌هالومتانها،آرسنیک، نیترات و فلزات سنگین از قبیل جیوه، نیکل و نقره استفاده شود. همچنین ممکن است توانایی کاهش پرتوهای رادیویی را داشته باشد.در این کار روش های متفاوتی جهت حذف فلزات سنگین از آب صنعتی ارائه خواهد شد، که در ابتدا روش های مورد استفاده بررسی شده است سپس در انتهای هر روش تحلیلی بر مزایا و معایب آن روش وهزینه های اجرای آن ذکر شده و روشهای برتر برای استفاده در صنایع آلوده کننده پیشنهاد شده است. (حسنی و همکاران ، ۱۳۹۰).

برآبادی در سال ۱۳۹۰ به بررسی نانوکاتالیست پایه کبالت به روش رسوب دهی الکتروشیمیایی در کاربرد تجزیه آب پرداخت و اشاره داشت که در این تحقیق با سنتز فیلمی از کمپلکس فسفات کبالت به روش رسوبدهی الکتروشیمیایی با مرفولوژی نانو، میزان پتانسیل اضافی لازم برای الکترولیز آب به طور محسوسی کاهش و چگالی جریان نیز به مقدار قابل توجهی افزایش یافت. به منظور اثبات این ادعا با استفاده از تکنیک‌های ولتامتری چرخه‌ای، کرنوآمپرومتری، پلاریزاسیون بهبود الکتروکاتالیستی اثبات شد و با استفاده از آنالیز سطح SEM نانو بودن ساختار تایید گردید. نانوکاتالیست پایه کبالت ویژگی‌های زیادی دارد که بسیار شبیه به ویژگی‌هایی است که در فتوسنتز طبیعی وجود دارد. اول این‌که تهیه‌ی آن از یونهای فلزی است که فراوان در زمین یافت می‌شود، دوم این‌که فرآیند ساخت آن به صورتی است که می‌توان خودترمیمی را به وضوح مشاهده کرد، سوم این‌که این

ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

ISSN ۲۹۸۰-۷۷۸۶

کاتالیست به عنوان حامل پروتون در آب عمل می‌کند و در نهایت این‌که کاتالیست مورد بحث تحت pH خنثی، دمای اتاق و فشار یک اتمسفر کار می‌کند. با توجه به این‌که فعالیت الکتروکاتالیستی نانو کمپلکس فسفات کبالت در pH خنثی انجام می‌شود می‌توان ادعا کرد که نتایج گزارش شده در این پایان نامه از جدیدترین کارهای انجام شده می‌باشد. (برابادی ، ۱۳۹۰).

سلیم زاده در سال ۱۳۹۵ به بررسی حذف آلاینده های آلی از آب با استفاده از نانوکاتالیست بر پایه گرافن پرداخت و اشاره داشت که یکی از دلایل بحران کم آبی، آلودگی شدید منابع آبی به آلایندههای آلی ناشی از گسترش صنایع می‌باشد. از دیرباز تا کنون روشهای مختلفی به منظور حذف آلودگی از منابع آب ابداع شده است که می‌توان این روشها را در پنج دسته کلی قرار داد: جذب سطحی، اسمز معکوس، تبادل یونی، روشهای بیولوژیکی و شیمیایی. اما روشهای ذکر شده دارای معایبی هستند که از جمله آنها می‌توان به غیراقتصادی بودن این روشها، عدم سهولت در انجام این مراحل و تولید مواد زائد اشاره نمود. به همین دلیل، بایستی به دنبال فناوری‌هایی بود که مشکلات بیان شده را نداشته باشد. به همین منظور فناوری نانو توجه محققان محیط زیست را به خود جلب کرده است. این فناوری‌ها شامل غشاهای مورد استفاده در اسمز معکوس، نانوفیلتراسیون و اولترافیلتراسیون و فیلترهای ساخته شدهاز نانوالیاف، نانولوله‌های کربنی و نانوذرات، نانوجاذبها (کربنی، فلزی و پلیمری) و نانوکاتالیست‌ها است. به عنوان مثال TiO2 می‌تواند از طریق اکسیداسیون فتوکاتالیستی، آلایندههای آلی را در پساب ها تجزیه کند. با این حال هیچ یک از دو نوع دی اکسید تیتانیوم معمولی و نانومقیاس در مراکز بزرگ تصفیه آب آشامیدنی مورد استفاده قرار نگرفته‌اند. بر اساس تحقیقات انجام گرفته یکی از آلوتروپهای تازه کشف شدهی کربن به نام گرافن می‌تواند در افزایش راندمان این نانوکاتالیست در تصفیه‌ی آب تاثیر قابل توجهی داشته باشد. با توجه به گسترش قابل توجه کاربرد گرافن در فرایندهای کاتالیستی و قابلیت عاملدار کردن آن، به نظر می‌رسد که نانو کاتالیست‌هایی بر پایه‌ی گرافن جهت دستیابی به اهداف مورد نظر در زمینه‌ی محیط زیست و حل چالش‌های موجود برای آلایندههای آلی متفاوتی موثر واقع شوند. در این راستا با هدف آشنایی با زوایای مختلف موضوع از طریق جستجو و مطالعه می‌توان پارامترهای تاثیرگذار در فرآیند را شناسایی کرد. در نتیجه دربارهی توانایی کاتالیست در حذف آلایندههای متفاوتی قضاوت کرد. لذا بعد از تکمیل فاز مطالعاتی و انتخاب آلاینده آلی که در حجم گستردهای مشکل‌آفرین است ، اقدام به خرید تجهیزات و مواد اولیه‌ی مورد نیاز برای سنتز نانوکاتالیست‌ها خواهد شد. کاتالیستهای سنتزی مورد آنالیز و تحلیل

ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

ISSN ۲۹۸۰-۷۷۸۶

ساختاری قرار خواهند گرفت. کاتالیست مناسب برای انجام تست-های راکتوری به کار خواهد رفت و در نهایت تحلیل نتایج، نگارش مقاله و پایان نامه صورت خواهد گرفت (سلیم زاده، ۱۳۹۵).

۳- روش کار

در این مطالعه با استفاده از روش تحقیقی توصیفی و با گردآوری منابع کتابخانه ای به بررسی کاربرد نانوکاتالیست ها و مکانیسم های آنها در حذف یون های نامطلوب از آب پرداخته شد و نتایج به شرح ذیل گردآوری گردید:

۴- یافته ها

در گذشته نه چندان دور اهداف تصفیه خانه های آب آشامیدنی کاهش مواد معلق و زدودن عوامل زنده بیماری‌زا در آب بود که با روش های متداول فیلتراسیون و گندزدایی قابل حصول بوده اند. لیکن با افزایش غلظت مواد ریزدانه، ترکیبات ازته، مواد آلی و معدنی و فلزات سنگین به منابع آب روش های متعارف جوابگوی نیاز تصفیه خانه ها نبوده و لازم است از فرایندهای نسبتا جدید در تصفیه خانه ها استفاده شود. اخیرا با ورود فناوری های نوین از قبیل نانو فناوری، مواد و راهکارهای جدید برای تصفیه آب وجود دارد(حاجی محمدی و پیری، ۱۳۹۰).

در تصفیه آب دو شیوه سنتی و جدید شامل استفاده از غشاها و فناوری نانو وجود دارد.

۴-۱- نانوکاتالیست‌ها در تصفیه آب

نانوذرات آهن صفرظرفیت[1]، دی‌اکسید تیتانیوم[2]، اکسید آهن نانوساختار جاذب[3]، نانوذرات مغناطیسی[4]، نانوذرات نقره[5]، دی‌اکسید

[1] Zerovalent Iron; nZVI
[2] TiO_2
[3] Fe_3O_4
[4] Magnetoferritin
[5] Ag

ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

ISSN ۲۹۸۰-۷۷۸۶

تیتانیوم آلاییده شده با نیتروژن [۶] و غیره ازجمله نانوکاتالیست‌های متداول به‌کار رفته در تصفیه آب به شمار می‌روند(آذرنیا و همکاران، ۱۳۹۳).

۴-۱-۱- نانوذرات آهن صفرظرفیتی

از نانوکاتالیست‌هایی مانند مواد نیمه‌رسانا، فلزات صفرظرفیتی و نانوذرات دوفلزی به‌دلیل دارا بودن سطح ویژه بالا و خواص مرتبط با شکل، به‌طور گستردهای برای کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی مانند آفت‌کش‌ها و رنگ‌های آزو استفاده می‌شود. نانوذرات آهن صفرظرفیتی برای تصفیه درجا و غیردرجای آبهای زیرزمینی مورد استفاده قرار می‌گیرند. برای کاربردهای درجا، پودر نانوذرات آهن صفرظرفیتی با آب مخلوط شده و سپس به محل موردنظر تزریق می‌شود. در تصفیه غیردرجا، نانوذرات آهن صفرظرفیتی در زمینه‌ای مانند کربن فعال، زئولیت، نانولوله‌های کربنی و غیره جاسازی می‌شوند. نانوذرات آهن صفرظرفیتی به‌طور هم‌زمان نقش جاذب و عامل احیاکننده را ایفا می‌کنند. همچنین، استفاده از این نانوذرات باعث شکسته‌شدن آلودگی‌های آلی به ترکیباتی با درجه سمیت کم‌تر شده که این موضوع باعث چسبیدن فلزات سنگین کلوخه‌ای‌شده به سطح خاک می‌شود. از نانوذرات آهن صفرظرفیتی می‌توان علاوه بر استفاده در تصفیه درجا با ورود به آبهای زیرزمینی، در غشاها برای کاربردهای خارجی نیز استفاده کرد. امکان افزایش فعالیت آهن موجود در نانوذرات آهن صفرظرفیتی با پوشاندن آنها توسط فلزاتی مانند پالادیوم وجود دارد. نانوذرات آهن صفرظرفیتی از سطح ویژه و فعالیت بسیار بالاتری نسبت میکروذرات آهن صفرظرفیتی برخوردار هستند. با اینکه نانوذرات آهن صفرظرفیتی گرانتر از میکروذرات آهن صفرظرفیتی هستند، اما به‌دلیل سطح ویژه و واکنش‌پذیری بسیار بالاتر آنها، استفاده از آنها به‌عنوان کاتالیست در فرآیند تصفیه آب توجیه اقتصادی دارد. از نانوذرات آهن صفرظرفیتی برای فرآوری تعداد زیادی از آلودگی‌های متداول زیست‌محیطی مانند متان کلردار، بنزن کلردار، رنگ‌های آلی، تری‌هالومتانها، آرسنیک، نیترات و فلزات سنگین مانند جیوه، نیکل و نقره استفاده می‌شود. همچنین، نانوذرات آهن صفرظرفیتی توانایی کاهش آلودگی‌های ترکیبات آلی کلردار شده سمی مانند ۲و۲-دی‌کلروبیفنیل را دارد.

[6] Nitrogen-doped TiO_2

ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

ISSN ۲۹۸۰-۷۷۸۶

۴-۱-۲- دی‌اکسید تیتانیوم

از نانومواد اکسید فلزی مانند دی‌اکسید تیتانیوم و اکسید سریوم[۷]، به‌عنوان کاتالیست برای افزایش سرعت واکنش‌های منجر کاهش آلودگی‌های آلی در فرآیندهای اُزندهی استفاده می‌شود. دی‌اکسید تیتانیوم به‌عنوان عامل احیای فوتوکاتالیستی و نیز به‌عنوان یک جاذب عمل کرده و توانایی تصفیه آب به‌صورت درجا و غیردرجا را دارد. خاصیت فوتوکاتالیستی دی‌اکسید تیتانیوم، بیشتر از ویژگی کاتالیستی آن مطرح است، به‌طوری‌که دی‌اکسید تیتانیوم توانایی تولید رادیکالهای آزاد در حضور پرتو فرابنفش، آب و اکسیژن را دارد. این رادیکالها آلودگی‌های مختلف موجود در آب را به ترکیبات کربنی با سمیت کمتر تجزیه می‌کنند. آلودگی‌هایی که فوتوکاتالیست دی‌اکسید تیتانیوم توانایی حذف آنها را دارند شامل بیفنیل پلی‌کلردارشده [۸] ، بنزنها و آلکانهای کلردارشده می‌شود. همچنین، از نانوذرات ی‌اکسید تیتانیوم برای حذف کامل کربن آلی از پساب و کاهش میکروسیستین‌ها [۹] از رآکتور لایه‌ریزان[۱۰] استفاده می‌شود.

استفاده از نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم باعث افزایش سطح ویژه و فعالیت فوتوکاتالیستی نسبت به ذرات میکرومتری می‌شود. از دی‌اکسید تیتانیوم یا به‌شکل نانوپودر در سوسپانسیونها و یا به‌صورت فیلترهای دانه‌ای در فرآیندهای تصفیه آب استفاده می‌شود. همچنین، امکان استفاده از این نانوذرات به‌عنوان پوشش برای غشاهای ثابت، میکروکرههای نانوکریستالی و غشاهای ترکیبی با سیلیکا (کامپوزیت مزومتخلخل سیلیکا/دی‌اکسید تیتانیوم) وجود دارد. هر کدام از این سیستم‌ها مزایا و معایبی داشته و سرعت و بازده تصفیه آب توسط آنها با یک‌دیگر متفاوت است. به‌عنوان مثال، بازده نانوپودرهای دی‌اکسید تیتانیوم سوسپانسیونشده بالاتر از سیستم‌های دیگر است. دلیل این موضوع، قرارگرفتن سطح داخلی این نانوپودرها در معرض تابش اشعه فرابنفش و آلودگی‌هاست. چالش اصلی در استفاده از این نانوذرات، بازیافت و جداسازی بسیار دشوار آنها پس از اتمام فرآیند تصفیه است. جداسازی نانوذرات موجود در سوسپانسیون، معمولاً با روشهای اولترافیلتراسیون یا میکروفیلتراسیون انجام می‌پذیرد. استفاده از این روشها باعث از بین‌رفتن مقدار زیادی از نانوذرات می‌شود. راهکار مناسب برای کاهش اتلاف این نانوذرات، استفاده

[7] CeO_2
[8] Polychlorinated biphenyl; PCBs
[9] microcystins
[10] Falling Film Reactor

ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

ISSN ۲۹۸۰-۷۷۸۶

از میکروکرههای نانوکریستالی است. این دسته از نانوکریستالها با حبابسازی هوا در آب به‌صورت سوسپانسیون درآمده و در طرف آب ته‌نشین می‌شوند (آذرنیا و همکاران، ۱۳۹۳).

آلاییدن نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم با فلزات نجیب مانند سیلیسیوم باعث افزایش تجزیه ترکیبات آلی می‌شود. دلیل این موضوع، افزایش تولید رادیکالهای هیدروکسیل است. به‌عنوان مثال، آلاییدن نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم با سیلیسیوم با افزایش سطح ویژه و بلورینگ[11] نانوذرات، کارایی آنها را بهبود می‌بخشد. همچنین، آلاییدن نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم با نیتروژن و آهن سه‌ظرفیتی به‌ترتیب بازده آن در کاهش رنگ‌های آزو و فنول را افزایش می‌دهد. استفاده از نانولوله‌های دی‌اکسید تیتانیوم به‌جای دی‌اکسید تیتانیوم بالک، باعث کاهش هرچه بیشتر تولوئن می‌شود. همچنین، این نانولوله‌ها بازده بیشتری از نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم در کاهش ترکیبات آلی دارند.

۴-۱-۳- اکسیدآهن نانوساختار

در سالهای اخیر اکسیدآهن نانوساختار AD33 برای حذف آرسنیک موجود در محیط‌های مختلف مورد استفاده قرار گرفته است. این ماده دارای ترکیبی از خواص کاتالیستی و جذبی نشأت گرفته از اکسیدآهن بوده و توانایی تبدیل آرسنیک به موادی با سمیت کم‌تر را دارد. امکان حذف بیش از ۹۹٪ آرسنیک موجود در آب با استفاده از این اکسید نانوساختار وجود داشته و AD33 می‌تواند به‌طور هم‌زمان این ترکیبات غیرسمی را از آب جدا کند. کاهش آرسنیک، تنها کاربرد AD33 نیست، بلکه امکان کاهش آلودگی‌هایی مانند سرب، روی، کروم و مس نیز با استفاده از آن وجود دارد. اکسیدآهن نانوساختار AD33 مصرفشده برای کاهش آلودگی‌ها از لحاظ زیست‌محیطی خطرناک نبوده و می‌توان پس از استفاده آن را در زمین دفن کرد. محدودیت اصلی این نانوکاتالیست‌ها، ضرورت تعویض (جایگزینی) مکرر آنها است.

[11] Crystallinity

ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

ISSN ۲۹۸۰-۷۷۸۶

٤-١-٥- نانوذرات مغناطیسی

از نانوذرات مغناطیسی به‌عنوان جاذب و نانوکاتالیست در فرآیند تصفیه آب استفاده می‌شود. این نانوذرات برای ایجاد بازده انرژی برای اسمز معکوس مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این سیستم‌ها از نانوذرات مغناطیسی برای تولید فشار اسمزی مورد نیاز برای هدایت آب از میان یک غشای فیلتراسیون استفاده می‌شود. همچنین، از نانوذرات مغناطیسی با توانایی اسمز پیش‌رونده در نمک‌زدایی استفاده می‌شود. مزیت اصلی استفاده از این نانوذرات به‌عنوان کاتالیست، عمر طولانی و قابلیت استفاده مجدد از آنها است(آذرنیا و همکاران، ۱۳۹۳).

۴-۱-۶- سایر نانومواد

سایر نانومواد‌ی که از آنها به‌عنوان کاتالیست استفاده می‌شود شامل فیلم‌های نانوساختار اکسیدروی[۱۲]()، نانوذرات نقره و فیبرهای آمیدوکسیم[۱۳] ، نانوکامپوزیت دوفلزی پالادیوم-مس/آلومینا (گاما)، نانوذرات پالادیوم، نانوذرات دوفلزی (پالادیوم/نقره)، نانوذرات اکسید منگنز[۱۴] ، نانوذرات تک‌آنزیم و غیره است. در ادامه به تعدادی از کاربردهای نانوکاتالیست‌های اشاره شده پرداخته می‌شود. فیلم‌های نانوساختار اکسیدروی برای کاهش آلاینده های آلی (۴-کلروکاتکول)؛ نانوذرات نقره و فیبرهای آمیدوکسیم برای کاهش رنگ‌های آلی؛ نانوکامپوزیت دوفلزی پالادیوم-مس/آلومینا (گاما) برای کاهش نیترات؛ نانوذرات اکسید منگنز برای تسریع معدنی‌شدن رنگ‌های آلی و نانوذرات تک‌آنزیم برای پاکسازی گستره وسیعی از آلودگی‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند (آذرنیا و همکاران، ۱۳۹۳).

[12] ZnO
[13] Amidoxime
[14] MnO_2

ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

ISSN ۲۹۸۰-۷۷۸۶

۵- بحث و نتیجه گیری

در سالهای اخیر، استفاده از نانوذرات و نانوکاتالیست‌ها در تصفیه آلودگی‌های مختلف از آب و پسابهای خانگی و صنعتی، گسترش چشم‌گیری داشته است. ویژگی‌های بارز و منحصربه‌فرد این نانوساختارها مانند سطح ویژه و ظرفیت بالا، امکان افزایش سینتیک جذب توسط آنها را فراهم کرده است. از این نانومواد در حذف اجزای آلاینده آلی مانند آلودهکنندههای میکرونی و یونهای چندظرفیتی استفاده می‌شود. همچنین، حذف مواد شیمیایی افزودهشده به آب برای ازبین‌بردن موجودات مضر، تصفیه آب مصرفی، رنگ‌زدایی، حذف نیتراتها، حذف فلزات سنگین و غیره از دیگر کاربردهای نانوذرات و نانوکاتالیست‌ها در این زمینه به‌شمار می‌روند .استفاده از نانوذرات و نانوکاتالیست‌ها در تصفیه آلودگی‌های مختلف از آب و پسابهای خانگی و صنعتی، گسترش چشم‌گیری یافته است. یکی از راهکارهای نوین و جذاب در تصفیه آب، استفاده از مواد نانوساختار مانند نانوذرات و نانوکاتالیست‌ها است. تعدادی از روشهای تصفیه آب با استفاده از فناوری نانو شامل غشاهای فیلتراسیون نانومتری برای افزایش بازیابی آب، روشهای زیست‌سازگار برای تصفیه آبهای زیرزمینی با اجزای معدنی و آلی، استفاده از نانومواد برای بهبود کارایی فرآیندهای فوتوکاتالیستی و شیمیایی، نانوحسگرهای زیستی برای تشخیص آلودگی آب هستند. استفاده از روشهای سنتی با محدودیت‌هایی مانند هزینه بالا، بازده پایین و کیفیت پایین آب تصفیه شده همراه است. استفاده از فناوری نانو باعث کاهش قابل توجه هزینه فرآیند تصفیه آب می‌شود. آب تصفیه‌شده با مواد نانوساختار، از لحاظ کیفی ارزشی معادل با آب معدنی تصفیه شده دارد. نانوذرات آهن صفرظرفیتی، دی‌اکسید تیتانیوم، اکسید آهن نانوساختار جاذب، نانوذرات مغناطیسی، نانوذرات نقره، دی‌اکسید تیتانیوم آلاییدهشده با نیتروژن و غیره ازجمله نانوکاتالیست‌های متداول به‌کاررفته در تصفیه آب به شمار می‌روند. استفاده از نانوذرات آهن صفرظرفیتی باعث شکسته‌شدن آلودگی‌های آلی به ترکیباتی با درجه سمیت کمتر شده که این موضوع باعث چسبیدن فلزات سنگین کلوخه‌شده به سطح خاک می‌شود. خاصیت فوتوکاتالیستی دی‌اکسید تیتانیوم، بیشتر از ویژگی کاتالیستی آن مطرح است، به‌طوری‌که دی‌اکسید تیتانیوم توانایی تولید رادیکالهای آزاد در حضور پرتو فرابنفش، آب و اکسیژن را دارد. از نانوذرات مغناطیسی نیز به‌عنوان جاذب و نانوکاتالیست در فرآیند تصفیه آب استفاده می‌شود.

ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

ISSN ۲۹۸۰-۷۷۸۶

منابع و مأخذ

۱- آذرنیا، امیر، صفوی، میرسامان، آذرنیا، ابوالفضل، ۱۳۹۳، کاربرد نانوکاتالیست ها در تصفیه آب، سیستم جامع آموزش فناوری نانو.

۲- برآبادی، هادی، ۱۳۹۰، ساخت نانوکاتالیست پایه کبالت به روش رسوب دهی الکتروشیمیایی در کاربرد تجزیه آب، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی خواجه نصیر طوسی.

۳- حاجی محمدی، رضا، پیری، آیلا، ۱۳۹۰، حذف آلاینده های آب با استفاده از فناوری نانو، فصلنامه کاربرد شیمی در محیط زیست، سال دوم، شماره ۸.

۴- حسنی، احسان و معتمدی، زهرا و شیری، رسول و فرنام، میثم،۱۳۹۰،حذف فلزات سنگین از آب با استفاده از نانوذرات و نانوکاتالیست ها،دومین همایش ملی مدیریت پساب و پسماند در صنایع نفت و انرژی،تهران

۵- روستا، مهدی و رحیمی، آرش،۱۳۹۹،کاربرد نانوکاتالیست ها در فرآیند تصفیه،سومین کنگره ملی شیمی و نانوشیمی از پژوهش تا فناوری،تهران،

۶- زارعی، علیرضا، پدرام، افروز، ۱۳۹۱، حذف آلاینده های زیست محیطی با استفاده از نانوذرات، سومین همایش میریت پساب و پسماند صنعتی، تهران.

۷- سلیم زاده، ففریبا، ۱۳۹۵، بررسی حذف آلاینده های آلی از آب با استفاده از نانوکاتالیست ها بر پایه گرافن، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی سهند.

۸- قادری دهکردی، مهرداد، ۱۳۹۴، نقش و کاربرد کاتالیست ها و نانوکاتالیست ها در صنایع پالایش، دومین کنفرانس بین المللی پژوهش در علوم تکنولوژی، ترکیه.

9- Vivek Polshettiwar, Rajender S. Varma (2010). " Green chemistry by nano -catalysis", Green Chem, Vol. 12, pp. 743-754