فصلنامه انسان و محیط زیست، شماره ۲۱، تابستان ۹۱

کاربردهای نانوتکنولوژی در تصفیه آب های سطحی،زیرزمینی و پساب ها

مرجان حسین شاهی بندری[1*]

SULMAZ_3000@YAHOO.COM

چکیده

مشکلات متعددی در زمینه تصفیه آب وجود دارد و روش های متداول جوابگوی کلیه نیازهای ما در این زمینه نبوده و ضعف و کاستی هایی دارد . لذا باید در صدد رفع این کاستی ها برآمد. تحقیق حاضر نگاهی بر آن دارد تا با استفاده از نانو تکنولوژی مشکلات رایج در زمینه تصفیه آب های سطحی، زیرزمینی و پساب ها را برطرف کند. نانوتکنولوژی مهندسی و مهارت استفاده از مواد در مقیاس نانو(nm ۱۰۰-۱) است . در این پژوهش چندین روش براساس نانو مورد بررسی قرار گرفت که عبارتند از:

- نانوتیوب کربن(CNTs): برای حذف اکسیدهای فلزی , ترکیبات آلی و آلاینده های میکروبی
- فیلتراسیون نانو یا NF(Nano filtration): حذف یونها و کدورت درمقیاس وسیعتر, گندزایی و نرم سازی
- فتوکاتالیز خورشیدی که به خاطر استفاده از نور خورشید بسیار ارزان تر از روش های معمول درتصفیه آب بوده و قابل اجرا در مناطق فاقد جریان برق نیز هست.
- Tio2 (Titanium Dioxide): برای حذف ارگانیسم هایی مثل کلاستریدیوم که در مقابل کلر مقاوم است بسیار کارآمد است.

همچنین با کمک نانوتکنولوژی می توان فلزات سنگین، حشره کش ها، علف کش ها، باکتری ها، نیترات، ارسنیک و. . . را از آب های سطحی،زیرزمینی و پساب ها حذف کرد.نتایج حاصله نشان دادند که استفاده ازکلیه روش های ذکر شده بر اساس نانو در تصفیه آب این امکان را می دهد که منابع آبی را حفاظت کرده و کیفیت آن را بهبود بخشیده و نقایص روش های متداول را برطرف سازیم. به جرات می توان گفت که نانو تکنولوژی نه تنها کلیه مشکلات موجود در صنعت آب را برطرف می سازد، بلکه بسیار مقرون به صرفه بوده و در هر محلی حتی مناطق دور از دسترس وفاقد جریان برق نیز قابل اجراست.

کلمات کلیدی: جاذب های نانو، کاتالیزورهای نانو، نانوتیوب کربن، غشاهای نانو.

۱- کارشناس ارشد علوم محیط زیست ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران *(نویسنده مسئول)

مقدمه

کمبود منابع آب هم از نظر کیفی و هم از نظر کمی تهدیدی جدی برای جمعیت دنیا به ویژه برای کشورهای در حال توسعه محسوب می شود. ۱۳٪ از جمعیت جهان هنوز به منابع آب سالم دسترسی ندارند واز طرفی روش های متداول تصفیه آب پاسخگوی مشکلات موجود نبوده و این پژوهش سعی بر آن دارد تا با روش ها و ترکیبات نانوتکنولوژی این مشکل را برطرف سازد. در سال های اخیر ذرات نانو جهت تصفیه آب در سراسر دنیا توسعه یافته اند. تصفیه آب به دو بخش فیلتراسیون و گندزدایی تقسیم می شود که نانوتکنولوژی در هردو بخش کاربرد دارد(۱). نانوتکنولوژی مواد نانویی بسیاری را برای تصفیه آب های سطحی، زیرزمینی و پساب ها و حذف آلودگی های فلزی سمی و آلی، غیرآلی و میکروارگانیسم ها ارایه می دهد. این تحقیق براساس مواد نانو مختلف مشکلات موجود در زمینه تصفیه آب را حل می کند.به وسیله فیلتراسیون نانو می توان مواد آلی طبیعی، آلودگی های میکروبی و آلی، نیترات و ارسنیک را از آب های سطحی و زیرزمینی حذف کرد(۲). به وسیله اسمزمعکوس می توان ترکیبات آلی، غیرآلی و آلودگی های میکروبی را از آب حذف و همچنین نمکزدایی کرد(۳). با مواد نانو می توان آلودگی های یون های فلزی سمی، ترکیبات غیرآلی و آلی و میکروارگانیسم های آب های سطحی، زیرزمینی و پساب ها را از بین برد(۴). با کمک جاذب های نانو، کاتالیزورها و غشاهای نانو می توان آلودگی های میکروبی و شیمیایی آب را حذف کرد(۵) و اما مواد نانو دارای اثرات سو نیز می باشند و برای تک سلولی ها و جانوران دریایی (دلفین و ماهی) سمی است(۶).

هدف از این تحقیق ارزیابی کارایی نانوتکنولوژی در مراحل مختلف تصفیه آب(فیلتراسیون و گندزدایی) می باشد.

روش بررسی

این تحقیق تلاش می کند تا روش های نانوتکنولوژی را جایگزین روش های متداول تصفیه آب کند و با کمک گرفتن از خصوصیات منحصر به فرد مواد و ذرات نانو کاستی های روش های موجود را برطرف سازد. این تحقیق از نوع کتابخانه ای بوده و همچنین از مقالات انگلیسی از سایت های مرتبط با منابع آب نیز کمک گرفته است . این تحقیق مقالات و کتب انگلیسی را از سال ۲۰۰۸ تا سال ۲۰۱۱ مورد بررسی قرار داده و مشخص گردید که توسط فیلتراسیون نانو (Nano filtration)، نانوتیوب کربن(CNTs)، Tio_2 (Titanium Dioxide)و فتوکاتالیز خورشیدی می توان نقایص موجود در روش های تصفیه آب را حل کرد.

نتایج

استفاده از نانوتکنولوژی جهت جلوگیری از آلودگی های آب در سطح بسیار وسیع تر بر مواد رایج ارجحیت دارد. مواد و روش های مختلفی با ساختار نانو برای تصفیه آب های سطحی، زیرزمینی و همچنین پساب ها مورد استفاده قرار گرفته اند که عبارتند از:

- نانوتیوب کربن(CNTs) که شکل خاصی از کربن است. این مولکوهای کربن استوانه ای خصوصیات بدیعی دارند که آن ها را در کاربردهای نانوتکنولوژی مفید می سازد. (شکل۱)آن ها قدرت فوق العاده و خصوصیات الکتریکی منحصر به فردی دارند و هادی الکتریکی و گرمایی خوبی نیز هستند.ذرات نانو دارای دو خصوصیت کلیدی هستند که آن ها را جاذب های ویژه ای ساخته است :۱- آن ها سطح وسیع تری نسبت به ذرات حجیم دارند .۲- ذرات نانو همچنین با گروه های شیمیایی مختلفی جهت افزایش ترکیب آن ها با ترکیبات هدف کار می کند . تحقیقات متعددی خصوصیت منحصر به فرد ذرات نانو راجهت جاذب های انتخابی برای یون های فلزی و آنیون ها کشف کردند. نانوتیوب به دو دسته تقسیم می شوند : نانوتیوب یک جداره یا SWNTs (Single-walled nanotube) و نانوتیوب چند جداره یا MWNTs (Multi-walled nanotube) که ۴-۳ برابر بیشتر از کربن فعال پودری و کربن فعال بلوری(دو جاذب معمول در تصفیه آب) ظرفیت جذب یون های فلزی را دارد.

- از دیگر مواد جاذب موثر زئولیت است که واسطه تبادل یونی برای یون های فلزی است. (شکل۱)

- محلول(CNTs) و ذرات نانو مغناطیسی برای حذف ترکیبات آروماتیک از آب کاربرد داشته است و این دو به آسانی از آب قابل جدا شدن و استفاده مجدد هستند.

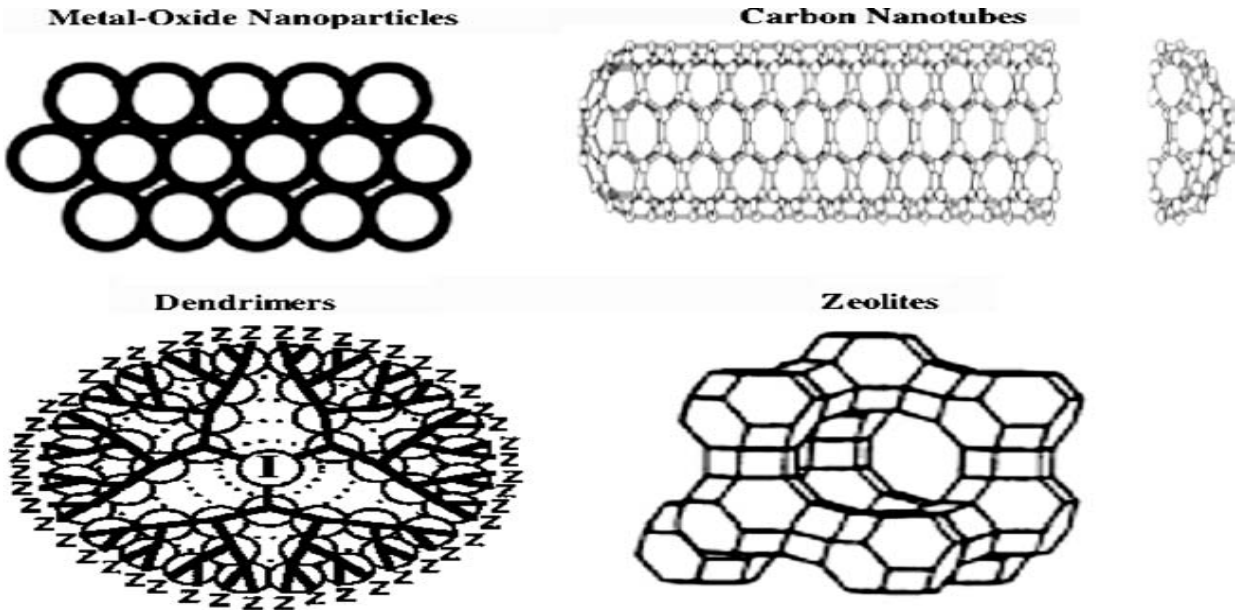
- استفاده از نانومغناطیسی روشی قابل اطمینان و موثر برای حذف آلودگی های فلزات سنگین از پساب با استفاده ازتکنیک جدایی مغناطیسی است.ذرات نانومغناطیسی بر ذرات نانوغیرمغناطیسی ارجحیت دارند زیرا آن ها می توانند با استفاده از میدان مغناطیسی به آسانی جذب و بازیافت شوند.

- روش دیگر استفاده از فیلتراسیون نانو یا NF(Nanofiltration) است. این غشاها از نانوتیوب کربن ساخته می شوند. این نوعی از فیلتراسیون است که بر اساس سایر منافذ غشاها عمل می کند که آب با فشاراز غشا عبور می کند و این غشاها برای فیلتراسیون مکانیکی مناسب هستند زیرا منافذشان بسیار ریز و در حدود 10nm است. از فیلتراسیون نانو بیشتر برای حذف یون ها استفاده می شود. در مقیاس وسیع تر تکنیک فیلتراسیون غشا، اولترا فیلتراسیون نامیده می شود که منافذش بین 10-100nm است.غشاهای اولترا فیلتراسیون یا UF (Ultra filtration) و نانو فیلتراسیون یا NF(Nano filtration) ترکیبات کلیدی در تصفیه آب و گندزدایی پیشرفته هستند. برای غشاهای NFفشار بالایی لازم است در حالی که غشاهایUF نیاز به فشار کمتری دارند ومتاسفانه این غشاها برای حذف ترکیبات غیرآلی و آلی نامحلول چندان موثر نیستند.

- فتو کاتالیز بر اساس نانو یک روش قابل اعتماد برای حذف آلاینده های آب است. دو نوع مختلف از کاربردهای فتوکاتالیزی در تصفیه آب قابل تشخیص است : فتوکاتالیز خورشیدی و فتوکاتالیز ماورای بنفش(۴و۳). هر دو سیستم می توانند در دمای محدود برای کاهش آلودگی های میکروبی و شیمیایی آب بکار روند.

- دندریمرها و پلیمرهای ویژه ای نیز بخاطر توانایی در جذب فلزات و میکروارگانیسم ها مورد استفاده قرارمی گیرند. (شکل۲و۱)

- ترکیب دیگرTio2 (Titanium Dioxide) است که نیمه هادی بوده و برای حذف و یا اکسیداسیون آلاینده های آلی بسیار مورد توجه است. درآب ابتدا اکسیداسیون نوری بخاطر رادیکال های هیدروکسیل رخ می دهد زیراTio2 برای برانگیخته شدن نیاز به نور ماورای بنفش دارد.



شکل ۱- ساختمان ذرات نانواکسید فلزی،نانوتیوب کربن،دندریمر و زئولیت(۲)

شکل ۲- طرح پایلوت دستگاه گندزدای فتوکاتالیز خورشیدی(۸)

بحث و نتیجه گیری

در این تحقیق سعی بر آن بوده است تا با استفاده از ترکیبات و روش های نانو مشکلات و کمبودهای حاضر در تصفیه آب های سطحی،زیرزمینی و پساب ها حل شود زیرا برخی از این روش های متداول پاسخگوی مشکلات درزمینه تصفیه آب نبوده و به علاوه این روش ها نیاز به صرف هزینه های سنگین داشته و در برخی مناطق دور از دسترس که فاقد جریان برق نیز هستند قابل اجرا نیست .علاوه بر آن بعضی میکرو ارگانیسم های موجود در آب با روش های معمول گندزدایی و کلرزنی از آب شرب حذف نمی شوند که نانوتکنولوژی کلیه این موانع و مشکلات را برطرف می سازد، این روش ها عبارتند از:

- نانو تیوب کربن هیدروکسیل و اکسید می تواند به عنوان جاذب های خوبی برای فلزات و سایر یون های آلی خصوصاً اکسیدهای فلزی استفاده شود و این برای فلزاتی مثل مس- نیکل- کادمیوم و سرب قابل استفاده است و همچنین از نانو تیوب کربن به خاطر جاذب قوی بودن می توان برای حذف ترکیبات آلی از آب مثل دی اکسین- هیدروکربن های آروماتیک- ددت- کلروبنزن- کلروفنل- تری هالومتان- حشره کش و علف کش ها استفاده کرد. نانوتیوب کربن همچنین به علت داشتن خصوصیات ویژه برای ساخت سنسورهای نانوشیمیایی به ویژه سنسورهای الکتروشیمیایی مورد توجه قرار می گیرد.این سنسورها برای گلوکز- اتانول- سولفید و آنالیز DNA توسعه یافته اند و نانوتیوب کربن می تواند DNA باکتری ها را مورد هجوم قرار داده و باعث حذف آلاینده های میکروبی از آب شود.از محلول نانو کربن همراه با ذرات نانو مغناطیسی می توان برای حذف ترکیبات آروماتیک استفاده کرد و این ذرات نانومغناطیسی می توانند Fe_3o_4 -Fe_2o_3- $MnFe_2o_4$ برای حذف کروم از پساب باشند.

- از ذرات نانو مثل CO_0-Fe_0-Ni_0 می توان برای کاهش آلودگی های آلی آب مثل آلکانهای کلرینه- آلکانها- بنزن های کلرینه- حشره کش ها و آنیون های غیرآلی استفاده کرد. Fe0 در حذف یون های فلزی مثل کروم بسیار کارآمد بوده است. همچنین از ذرات نانو اکسید منیزیم می توان در از بین بردن اشرشیا کولی و باسیلوس مگاتریم استفاده کرد.

- غشاهای نانو فیلتراسیون (NF) می توانند مواد آلی طبیعی، آلودگی های میکروبی و آلی، نیترات و ارسنیک را از آب های سطحی و زیرزمینی حذف کنند. این غشاها برای سختی گیری و حذف کاتیون های چند ظرفیتی بسیار موثربوده و همچنین در تصفیه آب شرب و پساب نیز استفاده می شوند. همچنین این غشاها، غشای رانش فشاری با خصوصیتی شبیه اسمز معکوس هستند که با منافذ۰/۲تا ۴nm برای حذف کدورت- میکروارگانیسم ها و یون های غیرآلی مثل کلسیم و سدیم کاربرد دارند. آن ها همچنین برای نرم سازی آب های زیرزمینی و حذف مواد آلی غیر محلول وآلودگی های ناچیزاز آب های سطحی و تصفیه پساب ها (حذف آلودگی های آلی، غیرآلی و کربن آلی) مورد استفاده قرار می گیرند.ترکیب نانوفیلتراسیون با اسمز معکوس می تواند در نمکزدایی آب بسیار موثر باشد.

اسمز معکوس با سایز منافذ بین۱nm-۰/۱در حذف ترکیبات آلی و غیرآلی نامحلول باقی مانده بسیار موثر است.

- فتوکاتالیز چه خورشیدی وچه ماورای بنفش در دمای محدود می تواند برای کاهش آلودگی های میکروبی و شیمیایی آب بکار رود.روش فتوکاتالیز خورشیدی بخاطر استفاده از نور خورشید بسیار ارزان تر از روش های معمول است و قابل اجرا در مناطق دور از دسترس حتی بدون وجود الکتریسیته است.

- Tio_2 (Titanium Dioxide) با سایز نانو, ۲۰-۱/۶ برابر بیشتر از ذره Tio_2 توده ای موادآلی و رنگی آب را کاهش می دهد. همچنین این ترکیب برای حذف ارگانیسم هایی مثل کلاستریدیوم که در مقابل کلر مقاوم است کارایی خوبی دارد.

- زئولیت های NaP1 ($Na_6\ Al_6\ Si_{10}\ O_{32}\ ,12H_2O$) دارای چگالی بالایی برای تبادل یون Na است. اینها به عنوان واسطه های تبادل یونی برای حذف فلزات سنگین از معدن های اسیدی تعیین شده اند. زئولیت های NaP_1 همچنین برای حذف کروم- نیکل- منگنز- مس و کادمیوم از پساب ها ترکیب بسیارخوبی است.

- اخیراً فیلترهای نانو تیوب کربن جدیدی با موفقیت ساخته شده است. غشاهای این فیلتراسیون شامل سیلندرهای توخالی با جداره های نانو تیوب کربن شعاعی هستند. این فیلترها برای حذف باکتری ها(اشرشیاکولی واستافیلوکوکوس) بسیار موثرند.این فیلترها به راحتی به وسیله نوسانات مکانیکی و اتوکلاو قابل پاک شدن هستند و غشاهای این فیلترها با استفاده از ذرات نانوآمینnm ۲۵-۷ در سطح وسیع مواد رنگی را از آب حذف می کنند. پیش بینی می شود که تا سال۲۰۲۰استفاده از غشاهای نانو در تصفیه آب یک گزینه کلیدی خواهد بود.

- و بالاخره هرچند که نانو تکنولوژی امتیازات فراوانی دارد اما مطالعات نشان می دهد که ذرات نانو دارای اثرات زیانبخش نیز می باشند زیرا ذرات نانو توسط سلول های پستانداران جذب شده و از غشای سلولیشان عبور کرده و توسط پروتئین های سلولی جانداران پوشیده شده و جایگزین ذرات اولیه می شوند. این ذرات همچنین برای ارگانیسم های آبی، هم برای تک سلولی ها (باکتری و پروتوزوآ) و هم برای جانوران بزرگ(دلفین وماهی) سمی است.این ذرات همچنین در چربی بدن موجودات ذخیره شده و در زنجیره غذایی به مرور انباشته می شوند. بنابراین انتظار می رود قدم بعدی در زمینه نانوتکنولوژی ارزیابی خطرات ذرات نانو بر محیط زیست باشد ولی ازآنجایی که نانوتکنولوژی فرصت های جدیدی را برای گسترش تصفیه و نمکزدایی آب فراهم کرده است می تواند در آینده جایگزین بهتر و مقرون به صرفه تری نسبت به مواد و روش های متداول در صنعت آب باشد.

منابع

1. Harald Krug, 2008, Nanotechnology. Volume 2: Environmental Aspects, WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim ISBN: 978-3-527-31735-6
2. Nora Savage and Mamadou S. Diallo, 2009, Nanomaterials and water purification: Opportunities and challenges,National Center for Environmental Research, Protection Agency , Materials and Process Simulation Center, Beckman Institute 139-74 California Institute of Technology.
3. T. Eugene Cloete, Michele de Kwaadsteniet, Marelize Botes and J. Manuel López-Romero, 2010 , Nanotechnology in Water Treatment , viii + 196 pp,ISBN 978-1-904455-66-0, Published by: Caister Academic Press, www.caister.com
4. Keya Sen and Nicholas J. Ashbolt , 2010,Current Technology and Water Applications,c. 310 pp, ISBN: 978-1-904455-70-7

5. John F. Sargent Jr 2011, Nanotechnology and Environmental, Health, and Safety Congressional Research Service, 7-5700, www.crs.gov
6. http://www.who.int/water_sanitation_health/monitoring/water
7. http://ec.europa.eu/environment/water
8. http://www.nanowerk.com/nanotechnology/reports 101.PDF