

## کاربرد نانوتکنولوژی در تأمین آب شرب و بهداشتی

غلامحسین لکزائیان پور<sup>۱\*</sup>، عبدالاحد ربیکی<sup>۲</sup>، مریم رستمی<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی دکترا آبیاری و زهکشی دانشگاه زابل، معاون تأمین آب و آبرسانی شرکت آب و فاضلاب

Lakzaianpour@gmail.com، روستایی سیستان و بلوچستان،

۲- دانشجوی دکترا حسابداری دانشگاه آزاد چابهار، رئیس هیئت مدیره و مدیرعامل شرکت آب و فاضلاب

Aramhesab@yahoo.com روستایی سیستان و بلوچستان

۳- دانشجوی دکترا مدیریت محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

m.rostami331@gmail.com

### چکیده

در گذشته نه چندان دور، اهداف تصفیه‌خانه‌های آب آشامیدنی کاهش مواد معلق و زدودن عوامل زنده بیماری زا در آب بود که با روش‌های متداول فیلتراسیون و گندزدایی قابل حصول بوده‌اند. با افزایش غلظت مواد ریزدانه، ترکیبات ازته، مواد آلی و معدنی و فلزات سنگین به‌منابع آب روش‌های متعارف جوابگوی نیاز تصفیه‌خانه‌ها نبوده و لازم است از فرآیندهای نسبتاً جدید در تصفیه‌خانه‌ها استفاده شود. فناوری نانو از پتانسیل بسیار بالایی در تصفیه آب و فاضلاب، بهبود کارایی تصفیه، ضد عفونی کردن و تأمین آب مورد نیاز از منابع غیر متعارف، برخوردار است. برخی از کاربردهای فناوری نانو در عرصه صنعت آب شامل غشاهای فیلتراسیون نانومتری به‌منظور افزایش بازیابی آب، روش‌های سازگار با محیط زیست جهت تصفیه آب‌های زیر زمینی به‌وسیله اجزای معدنی و آلی، نانو مواد برای بهبود کارایی فرایندهای فتوکاتالیستی و شیمیایی و نانو حسگرهای زیستی جهت تشخیص سریع آلودگی آب است. در این تحقیق، به کاربردهای نانوتکنولوژی در حوزه آب شرب و بهداشتی پرداخته شده و راه کارهای نوین در صنعت آب و فاضلاب بررسی شده است.

واژه‌های کلیدی: نانوتکنولوژی، نمک زدایی، نانوحسگر، شیرین‌سازی، نانوفیلتراسیون، آب شرب، کنترل میکروبی

### ۱- مقدمه

نانوتکنولوژی یکی از جدیدترین علوم در حال توسعه می باشد که ماحصل پژوهش‌های فراوان در رابطه با جا به جایی ذرات ریزاتمی می باشد، ابعاد ذرات مورد مطالعه در نانو بین ۱ تا اندازه ۱۰۰ نانومتر می باشد (توجه هر نانومتر برابر با ۱۰ به توان منفی ۹ متر می باشد). در واقع نانو تکنولوژی فهم و به کارگیری خواص جدیدی از مواد و سیستمهایی در این ابعاد است که اثرات فیزیکی جدیدی - عمدتاً متأثر از غلبه خواص کوانتومی بر خواص کلاسیک - از خود نشان می دهند. نانوفناوری یک دانش به شدت میان رشته ای است و به رشته هایی چون مهندسی مواد، پزشکی، داروسازی و طراحی دارو، دامپزشکی، زیست شناسی، فیزیک کاربردی، ابزارهای نیم رسانا، شیمی ابرمولکول و حتی مهندسی مکانیک، مهندسی برق و مهندسی شیمی نیز مربوط می شود. تحلیل‌گران بر این باورند که فناوری نانو، فناوری زیستی (Biotechnology) و فناوری اطلاعات (IT) سه قلمرو علمی هستند که انقلاب سوم صنعتی را شکل می‌دهند. نانو تکنولوژی می‌تواند به عنوان ادامه دانش کنونی به ابعاد نانو یا طرح ریزی دانش کنونی بر پایه‌هایی جدیدتر و امروزی تر باشد. نانوتکنولوژی، توانمندی تولید مواد، ابزارها و سیستمهای جدید با در دست گرفتن کنترل در سطوح ملکولی و اتمی و استفاده از خواص است که در آن سطوح ظاهر می‌شود. از همین تعریف ساده برمی‌آید که نانوتکنولوژی یک رشته جدید نیست، بلکه رویکردی جدید در تمام رشته هاست. برای نانوتکنولوژی کاربردهایی را در حوزه های مختلف از غذا،

دارو، کشاورزی، تشخیص پزشکی و بیوتکنولوژی تا الکترونیک، کامپیوتر، ارتباطات، حمل و نقل، انرژی، محیط زیست، مواد، هوافضا و امنیت ملی برشمرده اند. کاربردهای وسیع این عرصه به همراه پیامدهای اجتماعی، سیاسی و حقوقی آن، این فناوری را به عنوان یک زمینه فرا رشته‌ای و فرا بخش مطرح نموده است.

در حال حاضر، حدود ۲۰۰ شرکت در سراسر جهان در زمینه تحقیقات فناوری نانو فعال هستند و انتظار می رود که تعداد آنها بسرعت افزایش یابد و به موازات آن، کاربردهای بیشتر، جدیدتر و پیچیده تری از این فناوری پدیدار شود. نانو ریشه یونانی "نانس" به معنی کوتوله می باشد. فناوری نانو موج چهارم انقلاب صنعتی، پدیده‌ای عظیم می باشد که در تمامی گرایش‌های علمی راه یافته است. ماهیت فناوری نانو توانایی کارکردن در تراز اتمی، مولکولی و فراتر از آن در ابعاد بین ۱ تا ۱۰۰ نانومتر، با هدف ساخت و دخل و تصرف در چگونگی آرایش اتم‌ها یا مولکول‌ها با استفاده از مواد، وسایل و سیستم‌هایی با توانایی‌های جدید و با تغییر این ساختارها و رسیدن به بازدهی بیشتر مواد می باشد. فناوری نانو فرایند دستکاری مواد در مقیاس اتمی و تولید مواد و ابزار، به وسیله کنترل آنها در سطح اتم‌ها و مولکول‌هاست.

در واقع اگر همه مواد و سیستم‌ها ساختار زیربنایی خود را در مقیاس نانو ترتیب دهند؛ آنگاه تمام واکنش‌ها سریع تر و بهینه تر صورت می گیرد و توسعه پایدار پیش گرفته می شود. طبق گزارش مرجع آماری فناوری نانو در دنیا (statnano)، ایران از ابتدای سال ۲۰۱۷ تا ماه می (اردیبهشت ۹۶) با تولید ۲۵۲۹ مقاله ISI درباره فناوری نانو توانسته مقام پنجم دنیا را کسب کند، این در حالیست که ایران در سال ۹۲ رتبه هشتم دنیا را داشت. آمار تولید علم ایران در حوزه فناوری نانو اعجاب انگیز است. در این حوزه، در حالیکه دانشمندان به نشر مقالات علمی اقدام می کنند، تجاری سازی این حوزه از علوم نیز متداول شده و جنبه کاربردی پیدا کرده است.

## ۲- سابقه استفاده از نانوتکنولوژی در صنعت آب

آب یکی از ضروری ترین عناصر حیات بر روی زمین بوده و اگر چه بیش از ۷۰ درصد از سطح کره زمین با آب پوشیده شده اما کمتر از ۳ درصد از آن آب شیرین است. از این مقدار ۷۹ درصد به قله های یخی تعلق داشته، ۲۰ درصد آن را آب های زیر زمینی تشکیل می دهد که به راحتی قابل دسترسی نیستند و فقط ۱ درصد آن شامل دریاچه ها و رودخانه ها و چاهها است که به آسانی به دست می آید. در مجموع در هر زمان تنها یک ده هزارم از کل آب های کره زمین به سادگی در دسترس انسان قرار دارد. با نگاهی به مشکلات تأمین آب شرب در ایران و نیاز مبرم کشور به منابع جدید، می توان از فناوریهای نوین در این راه بهره جست. این مهم در سایه انجام نیاز سنجی و مطالعه دقیق اولیه تحقق می یابد. با توجه به این که در سال‌های اخیر، ایران در حال اوج گیری در زمینه تحقیقات نانو است، عقلانی به نظر می برنام رسد که در سمت و سودهی های کلان آب در کشور از فناوری نانو به عنوان یک پشتیبان قوی استفاده گردد.

سعیدپناه و همکارش در سال ۲۰۱۵ در تحقیقی تحت عنوان «کاربرد نانوتکنولوژی در پاکسازی آب های زیرزمینی» با استفاده از ترکیبات و روش های نانو، مشکلات و کمبودهای حاضر در تصفیه آب های زیرزمینی را مورد بررسی قرار دادند. برخی از روش های متداول پاسخگوی مشکلات تصفیه آب نبوده و نیاز به صرف هزینه های سنگین دارند. علاوه بر آن بعضی از میکروارگانیسم های موجود در آب شرب قابل حذف نیستند و نانوتکنولوژی کلیه این موانع و مشکلات را برطرف می نماید. نانوذرات در تجزیه آلاینده هایی که تمایل چندانی برای واکنش با ذرات بزرگ ندارند موثر می باشند. پاکسازی نانو نه تنها این پتانسیل را دارد که هزینه کلی پاکسازی سایت های آلوده بزرگ را کاهش دهد بلکه مدت زمان پاکسازی را نیز کاهش می دهد و غلظت بعضی از آلودگی ها نظیر حلال های کلرینه را نیز به صفر می رساند. هرچند نانوتکنولوژی امتیازات فراوانی دارد اما مطالعات نشان می دهد که ذرات نانو دارای اثرات زیانبخش نیز می باشد که از جمله مهمترین این اثرات بر روی محیط زیست و جانوران بزرگ نظیر دلفین ها و تک سلولی ها نظیر باکتری

وپرتوزاهاست. تحقیقات نشان می دهد که این ذرات در چربی بدن موجودات ذخیره شده و در زنجیره غذایی به مرور انباشته می شوند.

تحقیقات دانشگاه Lehigh آمریکا نشان می دهد که نانو پودرها می توانند به عنوان ابزاری مناسب برای پاک سازی خاک های آلوده و آب های زیرزمینی مورد استفاده واقع شوند. شاید مشکل هزار میلیارد دلاری آب های زیرزمینی آمریکا که دارای ۱۵۰ هزار مخزن زیرزمینی (این منابع در منطقه ممنوعه ای واقع شده اند که دارای ضایعات خطرناک است) و تعداد زیاد گورستان های زباله، معدن های ممنوعه و مناطق صنعتی است، با کمک این نانو ذرات حل شود (ستاری نجف آبادی، ۱۳۹۰). نانو ذرات آهن موجب اکسیده و درهم شکستگی ترکیبات آلوده کننده مانند تری کلرواتن، تتراکلرید کربن، دیوکسین ها و PCB ها شده و آنها را به ترکیبات کربنی با درجه سمیت بسیار پایین تر تبدیل می کند. تحقیقات دیگری در مرکز فناوری نانو بیولوژیکی و زیست محیطی (CBEN) نشان داده است که ذرات نانومقیاس اکسید آهن در پاک سازی آب های زیرزمینی از آرسنیک (چیزی که بر آب مصرفی بسیاری از کشورهای در حال توسعه تأثیر منفی دارد و برای آن راه حلی کارا تر از این وجود ندارد) مؤثر هستند. (Peterson, 2002).

Brame و همکارانش در سال ۲۰۱۴ در تحقیقی با استفاده از نانو تکنولوژی، گندزدایی آب را در یک منطقه مورد بررسی قرار دادند. این تحقیق اهمیت سیستم های تصفیه آب POU را برجسته می کند و نشان می دهد که قابلیت های بالقوه و محدودیت استفاده از راکتورهای کوچک برای استفاده از فناوری نانو برای کمک به کاهش بیماری های مرتبط با آب بالا و میزان مرگ و میر در کشورهای در حال توسعه زیاد می باشد. آنها بایک نمونه ی آزمایشی فوتوراکتور کورس مایع، اصلاح شده با نانوذره  $TiO_2$  با دانه های سیلیکا (۶۰ وات) و با نور UV (۲۵۴ نانومتر) نشان دادند که با استفاده از نانو تکنولوژی می توان به حذف ۹۹/۹٪ باکتری ها و ویروس ها در آب با کمتر از ۶۰ ثانیه زمان تماس دست یافت. پژوهشگران دانشگاه زابل (خواجه و همکار، ۲۰۱۴) به منظور استخراج مقادیر کم اورانیوم از محیط های آبی، موفق به طراحی و تولید نوعی نانو ذرات جاذب شدند. این نانو جاذب علاوه بر توانایی تشخیص غلظت های پایین اورانیوم در آب قادر بود بالغ بر ۹۴/۵ درصد از اورانیوم را از محیط های مختلف استخراج نماید. حضور مواد اورانیومی در آب ها و پساب های صنعتی یکی از معضلات کشور های رو به توسعه است. اهمیت پاک سازی این مواد از منابع آبی روز به روز در حال افزایش است. این مواد در جریان های آبی و غیر آبی خروجی از راکتور های هسته ای، به مقدار کم یافت می شود. اما همین مقادیر کم هم می تواند بسیار خطرناک باشد. لذا این جریان های خروجی باید قبل از دفع تا حد ممکن عاری از هر گونه اورانیوم شوند تا از مضرات زیست محیطی آن جلوگیری شود.

### ۳- نقش فناوری نانو در صنعت آب

فناوری نانو طی مدت کوتاه ای که از ظهور آن می گذرد کاربردهای مختلفی در صنایع گوناگون یافته است. بالطبع صنعت آب نیز بعنوان یکی از پایه های اساسی حیات از این مسئله مستثنی نبوده و امروزه شاهد آن هستیم که نانو تکنولوژی در بخش های مختلف صنعت آب، از جمله؛ ساخت سدها، حفاظت خطوط لوله انتقال آب، تصفیه آب و پساب ها، شیرین سازی آب و ... کاربرد یافته است.

امروزه در جهان بسیاری از مردم به دلیل بلاهای طبیعی، جنگ و زیر ساخت های ضعیف خالص سازی آب، به آب بهداشتی دسترسی ندارند. بر طبق آمار های موجود و به نقل از سازمان جهانی بهداشت؛ حدود یک میلیارد نفر به منابع آبی سالم و بهداشتی دسترسی نداشته و این میزان چیزی حدود یک ششم جمعیت کره زمین را در بر می گیرد. طی اعداد و ارقام موجود دیگر، روزانه ۵۰۰۰ کودک به علت مبتلا شدن به امراض ناشی از مصرف آب غیر بهداشتی می

میرند. امروزه تمام دغدغه و تلاش محققین و دانشمندان این عرصه آن است که با کمک روشها و فناوری های جدید این مشکلات را کاهش دهند، که یکی از فناوریهای مورد نظر، فناوری نوظهور نانو است.

آنچه در این مبحث، بیش از پیش دنبال آن هستیم، ایجاد بستری مناسب، برای دستیابی به آبی سالم، با کیفیت و مقرون به صرفه است. به یمن استفاده از شیوه های جدید، مخصوصاً نانو تکنولوژی در تصفیه آب، شرایط ذکر شده برای ما میسر گردیده است، بطوریکه با توجه به حذف موثر آلاینده ها و کاهش هزینه های تمام شده تولید آب سالم، استفاده از این فناوری ها، نسبت به روشهای قدیمی بیشتر مورد توجه و استقبال قرار گرفته است. البته از آنجا که هیچ یک از تکنولوژی های موجود را نمی توان بطور مطلق پاک و ایمن دانست، در کنار اهداف تولید باید به جنبه های زیست محیطی و پتانسیل های بالقوه آسیب رسان آنها نیز توجه شود.

استفاده از نانو لوله ها برای تصفیه آب از آلاینده ها، شیرین سازی آب های شور و تأمین آب از رطوبت موجود در هوا از جمله مواردی اند که جنبه تحقیقاتی آن شروع شده و امید است در آینده ای نزدیک به مرحله کاربرد برسند. از آنجاییکه ۹۵ درصد از آب های موجود در جهان را آب های نامتعارف تشکیل می دهد لذا می توان با استفاده از نانوذرات و نانوفیلترها، امکان تصفیه و بهسازی آب را با سرعت و دقت بیشتر فراهم کرد. نانو فیبرهای اکسید آلومینیوم با اندازه های ۲ نانومتر، قادرند ویروس، باکتری و کیست های درون آب را از بین ببرند. کشورهای چین هند و آفریقای جنوبی با همکاری آلمانی خود و با تخصیص منابع مالی هنگفت چند میلیون دلاری از بودجه تحقیقاتی خود، توانسته اند گام های موثری را در این مسیر بردارند.

نمک زدایی و تصفیه اقتصادی تر آب ها، جهت شرب و کشاورزی با استفاده از فناوری نانو نیز مدنظر قرار گرفته است. سازمان ملل پیش بینی کرده که در سال ۲۰۲۵ میلادی، ۴۸ کشور جهان (معادل ۳۲ درصد جمعیت جهان) دچار کمبود آب آشامیدنی و کشاورزی می شوند، لذا تخلیص و نمک زدایی آب به کمک فناوری نانو اهمیت زیادی دارد. سامانه های نانویی طراحی شده می توانند آب دریا را با صرف انرژی ۱۰ برابر کمتر از دستگاه اسمز معکوس، و ۱۰۰ برابر کمتر از دستگاه تقطیر، نمک زدایی کنند.

در چند سال اخیر یکی از شرکت هایی که در زمینه نانو تکنولوژی فعالیت دارد به نام شرکت نانولابز (Nanolabs) فناوری های نوینی برای کاهش مصرف آب و افزایش بهره وری زمین های کشاورزی ارائه داده است. این شرکت برای این کار از فناوری نانو استفاده کرده و موفق به کاهش ۵۰ درصدی مصرف آب با استفاده از این فناوری شده است.

#### ۴- کاربردهای نانو در تصفیه ی آب و ادوات توزیع آب

فناوری نانو را می توان بطور کلی در سه حوزه اصلی آب بشرح ذیل تقسیم بندی کرد:

۱- حوزه تصفیه و بازیابی آب

۲- حوزه نظارت بر آلاینده ها و کنترل کیفیت آب

۳- حوزه توزیع آب و تاسیسات وابسته.

استفاده از فناوری نانو در این حوزه ها می تواند منجر به افزایش راندمان و کاهش مصرف انرژی نسبت به سامانه های تصفیه کنونی، کاهش تجهیزات جانبی، کاهش تولید پساب و در نهایت ایجاد سهولت و ارزانی در صنعت آب و فاضلاب گردد. در ادامه نگاهی اجمالی به کاربردهای گسترده ی فناوری نانو در حوزه آب و آبیاری خواهیم داشت:

##### - نمک زدایی و تصفیه ی اقتصادی تر آبها جهت شرب و کشاورزی

استفاده از نانو ذرات و نانوفیلترها امکان تصفیه و بهسازی آب را با سرعت و دقت بیشتر فراهم می کند، همچنین استفاده از نانو فیلترها در حذف آلودگیهای میکروبی آب (Bioremediation) کاربری گسترده ای دارد.

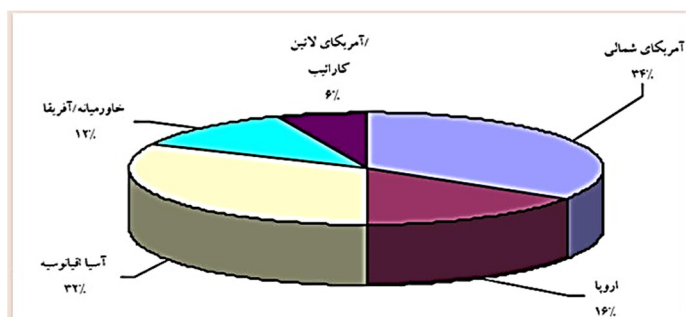
### - بی خطر ساختن مواد آلاینده آب و خاک و قابلیت بازیافت آنها

### - ساخت مواد پوششی جدید و کارا برای پوشش درون لوله‌های فلزی

این مواد پوششی به منظور جلوگیری از خوردگی ناشی از سیالات و کاهش زبری جداره لوله‌ها به کار می‌روند. تاکنون انواع مختلفی از نانوذرات برای مقاصد تصفیه آب مورد آزمایش قرار گرفته‌اند. از میان همه موارد، نانوذرات آهن صفر ظرفیتی رایج ترین ماده مورد استفاده برای تصفیه در جای خاک و آب زیرزمینی بوده است. در حال حاضر کاربرد روش درجا با استفاده از نانوذرات آهن به سرعت در حال رشد است و بسیاری از فناوری‌های تصفیه غیر درجا را منسوخ کرده است. آهن نانو مقیاس با ظرفیت صفر یا نانو ذرات آهن فلزی می‌توانند در رفع آلودگی آب‌های زیرزمینی و خاک‌های آلوده مفید باشند. این ذرات به دلیل دارا بودن مساحت سطحی زیاد، بسیار فعال هستند. در حضور اکسیژن و آب این ذرات اکسید شده و به یون‌های آزاد آهن تبدیل می‌شوند. استفاده از آهن نانومقیاس در تصفیه درجا آب‌های زیرزمینی و حذف VOC‌های کلردار، ترکیبات آروماتیک هالوژنه، علف کش‌ها و آفت کش‌ها PCB‌ها، کرومات، پرکلرات و آرسنیک به طور روزافزونی مورد توجه قرار دارد (سعیدپناه، ۲۰۱۵).

فناوری نانو قابلیت تشخیص و جداسازی و حذف بسیاری از آلاینده‌های آلی و معدنی و مواد سمی و مضر را از آب دارد که این موارد به شرح زیر می‌باشند:

- جداسازی و یا از بین بردن انواع ویروس‌ها و باکتری‌ها و پاتوژن‌ها (ضد عفونی کردن آب)
- جداسازی و حذف فلزات سنگین (سرب، کادمیوم، نیکل، پالادیوم و...)
- جداسازی و حذف انواع آلاینده‌های آلی و مواد سمی (نیترات، مواد آلی و...) DDT علف کش‌ها، آفت کش‌ها، شیرین‌سازی آب



شکل ۱- درصد سهم هر یک از مناطق جغرافیایی جهان از بازار محصولات تصفیه آب مبتنی بر فناوری نانودر سال ۲۰۱۰ (منبع: bccresearch)

## ۵- ضد عفونی کردن و کنترل میکروبی آب

فناوری نانو، مهندسی و هنر دستکاری مواد در مقیاس نانو (۱ تا ۱۰۰ نانومتر)، پتانسیل جدید نانومواد را برای گندزدایی آب‌های سطحی، آب‌های زیرزمینی و فاضلاب‌های آلوده به یونهای فلزات سمی، محلول‌های آلی و معدنی و میکروارگانیسم ارائه می‌دهد (Theron, 2008). در روش‌های مرسوم، جهت ضد عفونی نمودن آب از موادی چون کلر، کلرآمین، دی‌اکسید کلر، گاز کلر و ازن استفاده می‌شود. استفاده از این ترکیبات در آب، منجر به تولید مواد سمی و سرطان‌زا نظیر هالومتان‌ها، نیتروزآمین، برومات و... می‌شود که یکی از معضلات صنعت آب محسوب می‌گردد. تابش اشعه فرابنفش تولید این قبیل مواد را به حداقل می‌رساند اما این روش فقط برای ویروس‌های خاصی

کاربرد دارد. ضدعفونی کردن آب با کمک فناوری نانو به دو طریق صورت می گیرد:

#### ۱- از بین بردن ویروس ها و باکتریهای موجود در آب:

در این روش موادنانونی با اتصال به پروتئین های حیاتی و تخریب آنزیمی ویروس و باکتری و با جلودگیری از تکثیر مواد ژنتیکی و تغییر ساختار آن ها، موجب از بین رفتن و یا غیرفعال شدن ویروس ها و باکتری ها در محیط آبی می شوند. نانو موادی چون نانو نقره، نانو دی اکسید روی، نانو اکسید کلسیم، نانو اکسید منیزیم، کیتوزان، نانو ذرات آهن صفر ظرفیتی، نانو دی اکسید آلومینیوم، نانو دی اکسید تیتانیوم و نانو لوله های کربنی تاکنون بدین منظور مورد استفاده قرار گرفته اند که خاصیت ضد میکروبی و اکسید کنندگی قوی از خود نشان می دهند.

#### ۲- جداسازی ویروس ها و باکتری ها از آب با استفاده از فیلترها و مواد نانویی:

چون غشاهای نانو فیلتراسیون، نانو لوله های کربنی، نانو زئولیت ها، نانوکامپوزیت ها، سرامیک های نانومتری که قابلیت به دام انداختن ویروس ها و باکتری ها را دارند این فیلترها می توانند اندوتوکسین های میکروبی، مواد ژنتیکی و ذرات کوچک تا ابعاد میکرو را از آب جدا کنند. مزایا و ویژگی های استفاده از فناوری نانو در ضدعفونی کردن و کنترل میکروبی آب شامل موارد زیر است:

- توانایی ضد میکروبی گسترده در دمای محیط و زمان کوتاه

- عدم تولید ترکیبات مضر و سمی در حین استفاده و بعد از آن

- بی خطر بودن آن برای سلامتی انسان

- کاربرد آسان و مقرون به صرفه

- عدم خاصیت خوردگی سطوح

جداسازی و حذف انواع آلاینده های آلی و معدنی در تصفیه آب بابه کار گیری فناوری نانو برای کشاورزان به ویژه در کشورهای در حال توسعه بسیار مقرون به صرفه می باشد. خالص سازی و تصفیه آب با این فناوری بر اساس استفاده از فیلترهای غشایی (نانولوله های کربنی و سرامیک های متخلخل نانویی) و نانو ذرات مغناطیسی است. فیلترهایی که با نانولوله کربنی ساخته شده اند، قابلیت به کار گیری در حذف آلاینده ها و مواد سمی از آب قابل شرب را دارا می باشند. همچنین این مواد قدرت بالایی در حذف فلزات سنگین از قبیل سرب، کادمیوم، اورانیوم و آرسنیک دارند. نانو بلورهایی چون مگنتیت ضمن حفظ خصوصیات مغناطیسی خود، قابلیت ایجاد یک پیوند قوی و غیر قابل برگشت با آلاینده هایی نظیر آرسنیک دارند. حذف آرسنیک و ارگانسیم های موجود در آب با به کار گیری نانو کانی رس مصنوعی و بدون استفاده از تجهیزات گران قیمت امکان پذیر می باشد، بدین ترتیب که تنها با عبور دادن آب از ستون های حاوی این کانی، آلاینده های موجود در آب حذف می شود. از دیگر مواد نانومتری مورد استفاده در حذف آلاینده های فلزی و آلی از منابع آب می توان به نانو ذرات آهن صفر ظرفیتی اشاره نمود. نانو زئولیت، اکسیدهای فلزی، فیبرها، آنزیم ها و دی اکسید تیتانیوم نیز برای از بین بردن آلودگی در آب مورد استفاده قرار گرفته اند. این فناوری کارایی بالایی در حذف ذرات آلی و آفت کش ها، اندوسولفان ها و مالاتیون از محیط های آبی دارد.

#### ۶- شیرین سازی آب

از فناوری های مرسوم در زمینه شیرین سازی آب، استفاده از اسمز معکوس می باشد که مقرون به صرفه نبوده و هزینه نگهداری بالایی دارد. به همین دلیل امروزه سعی بر این است از روش هایی استفاده گردد که این مشکلات را نداشته و به کار گیری آن نیز بسیار ساده و آسان باشد. از فناوری نانو می توان برای شیرین سازی

و نمک زدایی آب نیز استفاده کرد. بعضی از نانو ساختارهای به کار گرفته شده در این زمینه عبارتند از:

#### – غشاهای نانوفیلتر

از غشاهای نانوفیلتر برای نرم سازی آب استفاده می شود که در آن سختی آب کم شده و مواد آلی، رنگ ها، باکتری ها و ناخالصی های دیگر از آب خام جدا می شوند. در این فرایند بخشی از مواد معدنی از آب جدا شده و بین ۱۰ تا ۹۰ درصد نمک های نامحلول نیز از آب حذف می شوند.

#### – غشاهای اولترافیلتر

در اولترافیلتراسیون از یک غشای نیمه تراوا برای فیلتر کردن یک محلول که حاوی عناصر مطلوب و نامطلوب است، استفاده می شود. این غشاها دارای حفراتی به قطر ۱ تا ۱۰۰ نانومتر می باشند و می توانند اجزایی با وزن ملکولی ۳۰۰ تا ۱۰۰۰۰۰ دالتون را از آب جدا کنند. نمک ها و اجزای دارای وزن ملکولی پایین از این غشاها عبور کرده و جامدات معلق بزرگ تر در سمت دیگر باقی مانده و امکان عبور ندارند.

#### – غشاهای نانوکامپوزیتی آلی یا معدنی

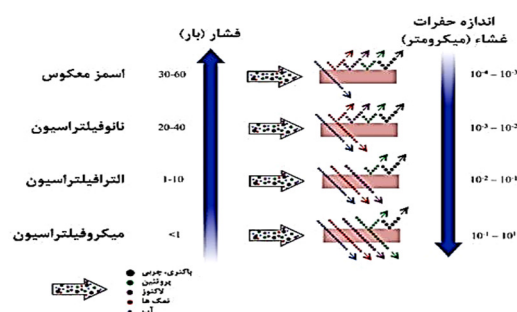
در این روش نمک زدایی از آب با استفاده از بستر پلیمری حاوی نانو ذرات (زئولیت) و یا با بهره گیری از فیلم های نازک غشاهای نانوکامپوزیتی، صورت می گیرد. استفاده از این غشاها موجب کاهش مصرف انرژی تا حدود ۴۰ درصد می شود. همچنین میزان دفع نمک و دبی جریان عبوری از غشا افزایش یافته و میزان کثیف شدگی و گرفتگی غشا نیز کاهش می یابد.

#### – غشاهای نانولوله کربنی

سطح بسیار صاف و آبگریز داخلی این نانو لوله ها امکان جریان سریع سیالات در آن ها را فراهم می کند. اما سایر آلاینده ها و به ویژه نمک ها، به دلیل باری که در انتهای نانولوله ها وجود دارد، قابلیت عبور از این منافذ را نداشته و دفع می گردند. این مواد را می توان به گونه ای طراحی کرد که دارای خاصیت گزینش پذیری در عبور مواد از خود باشند و یون ها و نمک های نامطلوب را از آب حذف نمایند. ویژگی هایی چون مصرف کم انرژی (کاهش مصرف انرژی به میزان ۷۵ درصد)، خاصیت ضد رسوب و خود تمیز شوندگی این نانولوله ها، از دیگر برتری های آن، نسبت به دیگر روش ها محسوب می شود.

#### – غشاهای نانولوله نیتريدبور

این غشاها می توانند با دارا بودن جریان آب معادل چهار برابر جریان آب غشاهای موجود، نمک موجود در آبی با شوری دو برابر آب دریا را صد در صد تصفیه کنند.



شکل ۲- عملکرد انواع غشا های مختلف در تصفیه آب

## ۷- حوزه های نو در فیلتراسیون

فناوری نانو با کوچک تر کردن ابعاد، خواصی مانند خواص سطحی را به شدت تحت تأثیر قرار می دهد. این خصوصیات در برخی زمینه های کاربردی مانند فیلتراسیون به قدری مهم هستند که تأثیر بالایی در کیفیت و کمیت کار آنها می گذارند. مهم ترین عامل اهمیت تأثیر فناوری نانو در فیلتراسیون افزایش نسبت سطح به حجم و میزان تخلخل ماده و در نهایت مساحت سطحی است. برای مثال مواد بسیارمتخلخل از جمله آئروژل ها با ۹۷ درصد فضای خالی از مواد پیشرفته ای هستند که پیش بینی می شود از سودمندترین مواد در آینده باشند. با توجه به کاربردها، لازم است محققین حوزه فیلتراسیون با کارایی های جدید آشنا باشند. در ادامه بعضی از روش های نوین فیلتراسیون را مورد بررسی قرار می دهیم:

#### - نانورس

رس یک ماده نانو ساختار شامل ذراتی با ابعاد نانومتری است که همه جایافت می شود و در بسیاری از فرآیندهای ساخت از آنها استفاده می شود. این ساختارهای معدنی بلورهای نانومتری دوبعدی هستند. آنها مساحت سطحی و خواص تبادل یون مثبت بالایی دارند که آنها را برای محدوده وسیعی از کاربردهای جذب مانند جمع آوری نفت، فلزات سنگین و ترکیبات آلی از آب و تصفیه آب آلوده استفاده می کنند. این رس به راحتی جدا و بدون هیچ هزینه بالایی خالص می شود. روی این رس می توان فرآیندهایی انجام داد که کارایی بیشتری پیدا کند. از محصولاتی که در این زمینه تولید شده است، رسی به نام هیدرو تالکیت است. با این محصول می توان فلوریدها و آرسنیک را از آب جدا کرد.

#### - نانوکاتالیست

یک کاتالیست ماده ای است که به عنوان بستر و یا افزایش دهنده سرعت در واکنش های شیمیایی شرکت می کند و خود وارد واکنش نمی شود. نانوکاتالیست ها شامل آنزیم ها، فلزات و مواد دیگر هستند که به خاطر افزایش خواص کاتالیستی شان در ابعاد نانومتری اهمیت دارند. کنترل ابعاد و ساختار نانومتری مواد می تواند در تأثیر گذاری، قابلیت گزینش مواد و عمر بیشتر فیلترها مؤثر باشد. با استفاده از فعالیت کاتالیستی نانوذرات و سطح بالای آن عوامل شیمیایی آلوده به مواد غیر مضر شکسته می شوند.

#### - فوتوکاتالیست

کاتالیزگری است که توسط نور فعال می شود، یعنی تابش نور نیروی محرکه فعالیت کاتالیستی آن ماده است.

### ۸- نانوحسگرها

حسگر ابزاری است که تغییرات فیزیکی یا شیمیایی را اندازه گیری کرده و آن را به پیام الکتریکی تبدیل می کند. نانوحسگرها، حسگرهایی در ابعاد نانومتری هستند که به دلیل اندازه نانومتری، از دقت و واکنش پذیری بسیار بالایی برخوردارند، به طوری که می توانند حضور مقادیر بسیار کمی از یک گاز را در محیط نشان دهند. بر همین اساس، نانوحسگر وسیله ای است بسیار ظریف و در عین حال دقیق و حساس که قادر به شناسایی و ارائه پاسخ به محرک های فیزیکی، شیمیایی و زیستی است. نانوحسگرها قادر به تشخیص تغییرات فیزیکی و شیمیایی در آب بوده و به دلیل اندازه بسیار کوچک و ساختار نانومتری از دقت و واکنش پذیری بسیار بالایی برخوردارند. کاربردها و قابلیت های این نانوحسگرها در آب عبارتند از:

- تشخیص نوع و میزان آلودگی در آب

- تشخیص آلایندهی قبل از شیوع آلودگی در کل آب

- حساسیت بسیار بالا به میزان تغییرات PH آب



## ۹- نتیجه گیری

بررسی های صورت گرفته در زمینه فناوریهای نانوشان می دهد که نانوتکنولوژی در آینده نزدیک منجر به تغییراتی شگرف در استفاده از منابع طبیعی، انرژی و آب خواهد شد و پساب و آلودگی را کاهش خواهد داد. همچنین فناوری های جدید، امکان بازیافت و استفاده مجدد از مواد، انرژی و آب را فراهم خواهند کرد. از جمله کاربردهای نانو که در آینده نزدیک ممکن است تحولات شگرفی در بخشهای آب شرب و کشاورزی ایجاد کند، تأمین آب شرب و بهداشتی خواهد بود. به عنوان مثال استفاده از نانو لوله ها برای تصفیه آب از آلاینده ها، شیرین سازی آب های شور و تأمین آب از رطوبت موجود در هوا از جمله مواردی اند که جنبه تحقیقاتی آن شروع شده و امید است در آینده ای نزدیک به مرحله کاربرد برسند. جداسازی و حذف انواع آلاینده های آلی و معدنی در تصفیه آب بابه کارگیری فناوری نانو برای کشاورزان به ویژه در کشتورهای در حال توسعه بسیار مقرون به صرفه می باشد. از فناوری نانو می توان برای شیرین سازی و نمک زدایی آب نیز استفاده کرد. نتیجه مطالعات صورت گرفته نشان می دهد که استفاده از نانوتکنولوژی برای تأمین آب و نمکزدایی و شیرین سازی آب نسبت به روشهای اسمز معکوس، تقطیر و... مقرون ب صرفه تر می باشد.

## ۱۰- مراجع

- ستاری نجف آبادی، م. (۱۳۹۰). "کاربردهای فناوری نانو در کشاورزی دقیق برای مقابله با تهدیدات نوپدید. دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهر ری".
- سعیدپناه، پناهی، ف. (۲۰۱۵). "کاربرد نانوتکنولوژی در پاکسازی آبهای زیرزمینی". کنفرانس بین المللی مهندسی و تکنولوژی. دانشگاه تهران.
- خوش کلام، ا.، طالبی اتویی، م.، بخشی گنجیه، م. (۱۳۹۴). "فناوری نانو و توسعه آن در کشاورزی". ویرایش نخست. مجموعه گزارش های صنعتی فناوری نانو. گزارش شماره ۴۵.
- فریدی، ا.، سروری، م. (۱۳۹۴). "کاربرد فناوری نانودر صنعت آب". ویرایش نخست. مجموعه گزارش های صنعتی فناوری نانو. گزارش شماره ۶۵.
- خواجه، م. جهان بین، ا. (۲۰۱۴). "پاکسازی محیط های آلوده به اورانیوم با نانوذرات". جلد ۱۳۵. صفحات ۷۰ تا ۷۵. مجله ی Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems
- Ram Prasad<sup>1\*</sup>, Vivek Kumar<sup>1</sup> and Kumar Suranjit Prasad<sup>2</sup> (2014). Nanotechnology in sustainable agriculture: Present concerns and future aspects. African Journal of Biotechnology. Vol. 13(6), pp. 705-713, 5 February, 2014 DOI: 10.5897/AJBX2013.13554 ISSN 1684-5315 ©2014 Academic Journals <http://www.academicjournals.org/AJB>.
- Patricia De La Cueva Bueno<sup>a</sup>, Leonid Gillerman<sup>b</sup>, Ronald Gehr<sup>c</sup>, Gideon Oron. (2017). Nanotechnology for sustainable wastewater treatment and use for agricultural production: A comparative long-term study. Water Research. Volume 110, 1 March 2017, Pages 66-73.
- Jon Brame<sup>1</sup>, Vittorio Fattori<sup>2</sup>, Renata Clarke<sup>2</sup>, Yuri Mackeyev<sup>3</sup>, Lon J. Wilson<sup>3</sup>, Qilin Li<sup>1</sup> & Pedro Alvarez<sup>\*1</sup>. (2014). WATER DISINFECTION USING NANOTECHNOLOGY FOR SAFER IRRIGATION: A DEMONSTRATION PROJECT IN SWAZILAND. Environmental Engineer & Scientist. Spring 2014 | V 50, N 2.
- Siddhartha S Mukhopadhyay. (2014). Nanotechnology in agriculture: prospects and constraints. Journal List. *Nanotechnol Sci Appl*. v.7; 2014. PMC4130717.
- j. Theron (2008). Nanotechnology and Water Treatment: Applications and Emerging Opportunities. Journal. Critical Reviews in Microbiology. Volume 34, 2008 - Issue 1 .

## Application of Nanotechnology in the supply of drinking water and

## sanitation

**Gholam Hossein Lakzaianpour\*<sup>1</sup>, Abdul Ahad Reiki<sup>2</sup>, Maryam Rostami<sup>3</sup>**

**1- Ph.D. student of irrigation and drainage of Zabol University. Assistant to Water and Water Supply Company, Vafzelab Water Company, Sistan & Baluchestan, Lakzaianpour@gmail.com**

**2- Ph.D. student of Accounting at Azad-e-Chahbahar University, Chairman of the Board of Directors and Managing Director of Rafzelab Water Company, Sistan & Baluchestan, Aramhesab@yahoo.com**

**3- Ph.D. student in environmental management at Islamic Azad University, Science and Research Branch of Tehran, m.rostami331@gmail.com**

## Abstract

In the past, not too long ago, the goals of drinking water treatment plants were to reduce the amount of suspended solids and to eliminate pathogens in water, which could be obtained by conventional filtration and disinfection methods. However, by increasing concentrations of fine grain, nitrogen compounds, organic matter, and minerals and heavy metals to water resources, conventional methods do not meet the needs of refineries, and relatively new processes need to be used in refineries. Nanotechnology has a very high potential for water and wastewater treatment, improves the efficiency of treatment, disinfection and water supply required for unconventional functions. Some of the nanotechnology applications in the water industry include: 1. Nanometer filtering membranes to enhance water retrieval. 2. Eco-friendly methods for underground water treatment by organic and inorganic components. 3. Nano-materials to improve the efficiency of photo processes. Catalytic and Chemical 4. Biological nanosensors for rapid detection of water pollution. In this research, the applications of nanotechnology in drinking water and sanitation and new technologies in the water and sewage industry are examined.

**Key words: Nanotechnology, Desalination, Nanoscience, Sweetening, Nanofiltration, Drinking water, Microbial control**