

به نام خدا



# مرکز دانلود رایگان مهندسی متالورژی و مواد

[www.Iran-mavad.com](http://www.Iran-mavad.com)



# فن آوری نانو و برخی کاربردهای آن در صنعت آب

سید حسین بنی طبّا<sup>۱</sup>، جواد صفری<sup>۲\*</sup>، شیوا دهقان خلیلی<sup>۳</sup>

ایمیل: sh.dehghankhalili@kashanu.ac.ir, Safari@kashanu.ac.ir, banitaba\_h@yahoo.com

کاشان- کیلومتر 6 بولوار قطب راوندی- دانشگاه کاشان- دانشکده علوم- بخش شیمی- آزمایشگاه پژوهشی شیمی آلی- شناسه پستی 51167 - 87317  
تلفن : 0361-5555333-2354

## چکیده

استفاده از فن آوری های نوین به خصوص فن آوری نانو در راستای کاهش اثرات سوء آلودگی های زیست محیطی، به عنوان یکی از راه کارهای مدیریتی مطرح می باشد. یکی از مواردی که این فن آوری کاربرد خود را نمایان می سازد در ارتباط با منابع آب می باشد که در نظر گرفتن چالش های پیش رو ضرورت استفاده از آن را پررنگ تر نموده است. فقدان دسترسی به آب تمیز و بهداشتی در کشورهای در حال توسعه، اولویت توسعه فن آوری نانو را مطرح می کند. هواداران فن آوری نانو اظهار می دارند که مواد با پایه فن آوری نانو می توانند به فن آوری های تصفیه آب ارزان قیمت تر، بادوام تر و مؤثرتری منجر شوند که نیازهای کشورهای در حال توسعه را برآورده می سازند. تعدادی از روش ها و دستگاه های تصفیه آب که با موادی در مقیاس نانو کار می کنند، اکنون بصورت تجاری در دسترس هستند و بقیه در حال توسعه می باشند. این فرآوردها با پایه فن آوری نانو شامل فیلترهای آب، غشاهای فیلتراسیون (تصفیه)، کاتالیزورها و ذرات نانو برای اصلاح آب های سطحی می باشند. در این مقاله به برخی کاربردهای فن آوری نانو در صنعت آب اشاره شده است [1]

**کلید واژه:** نور کاتالیستی، صافی نانو، نانوبسپار، آرسنیک، نانوپوشش، نانولوله کربنی

<sup>1</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد شیمی آلی- دانشگاه کاشان

<sup>2</sup> هیات علمی دانشگاه کاشان- دانشیار بخش شیمی

<sup>3</sup> دانشجوی دکترای شیمی آلی- دانشگاه کاشان

## مقدمه

آب یکی از ضروری ترین عناصر حیات بر روی زمین است و اگر چه بیش از 70 درصد از سطح کره زمین با آب پوشیده شده است اما کمتر از 3 درصد از آن آب شیرین می باشد. از این مقدار 79 درصد به قله های یخی تعلق دارد، 20 درصد آن آب های زیر زمینی است که به راحتی قابل دسترسی نمی باشد و فقط 1 درصد آن شامل دریاچه ها و رودخانه ها و چاه ها می باشد که به راحتی 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. در دسترس بودن آب سالم و پاک یکی از مهم ترین مسائل پیش روی بشر می باشد و به تدریج که مقدار مصرف آب بیشتر می شود مواد آلاینده نیز به روش های گوناگون باعث آلوده کردن منابع آبی می گردند و این مسأله در آینده بحرانی تر خواهد شد.

مجمع عمومی سازمان ملل متحد به منظور افزایش آگاهی و ترغیب، برای اداره ی بهتر امور مربوط به آب و حراست بهتر از این منبع حیاتی، سال 2003 را سال بین المللی آب شیرین اعلام نمود. پذیرش حق برخورداری از آب به عنوان یک حق برای بشر ممکن است مهم ترین گام در بر طرف کردن دشواری، تأمین این بنیادی ترین عنصر زندگی مردم باشد [2].

## اهمیت کاربرد فن آوری نانو در صنعت آب [3]

فن آوری نانو طی مدت کوتاهی که از ظهور آن می گذرد کاربردهای مختلفی در صنایع گوناگون یافته است. در نتیجه صنعت آب، به عنوان یکی از پایه های حیات، از این مساله جدا نمی باشد و در بخش های گوناگون آن، شامل ساخت سدها، حفاظت خطوط لوله انتقال آب، تصفیه آب و پساب، شیرین سازی آب و غیره، فن آوری نانو کاربرد یافته است.

امروزه در جهان بسیاری از مردم به دلایل بلاهای طبیعی، جنگ و زیر ساخت های ضعیف خالص سازی آب، به آب بهداشتی دسترسی ندارند. حدود یک میلیارد نفر به منابع آبی دسترسی ندارند. روزانه 5000 کودک به علت مبتلا شدن به امراض ناشی از مصرف آب غیر بهداشتی می میرند. تمام تلاش پژوهشگران این است که با کمک روش ها و فن آوری های جدید بتوانند این مشکل ها را کاهش دهند. یکی از این فن آوری ها، فن آوری نانو است. در مجموع کاربردهای متعددی را می توان در زمینه استفاده از فن آوری نانو متصور بود که اهم آنها در ذیل آمده است:

1- استفاده از ذرات نانو ساختار در تصفیه آلاینده‌ها

2- رنگ زدایی از آب آشامیدنی

3- نمک زدایی از آب

4- نانو پوشش‌ها

5- نانو لوله‌های جاذب گازهای سمی

6- نانو بسپارهای متخلخل

7- استفاده از نانو ذرات در تصفیه پس آب‌ها

8- صافی‌های نانو

9- حذف آرسنیک موجود در آب با استفاده از فن آوری نانو

در ادامه نگاهی به کاربردهای این فن آوری در صنعت آب خواهیم داشت.

### برخی کاربردهای فن آوری نانو در عرصه صنعت آب [3]

فن آوری نانو با روش‌های زیر می‌تواند در تهیه آب تمیز کمک کند؛

1. غشاهای صاف کننده نانومتری به منظور افزایش بازیابی آب

2. روش‌های سازگار با محیط زیست جهت تصفیه آب‌های زیر زمینی به وسیله اجزای معدنی و آلی

3. نانو مواد برای بهبود کارایی فرایندهای فتو کاتالیزتی و شیمیایی

4. نانو حسگرهای زیستی برای تشخیص سریع آلودگی آب.

در ادامه برخی موارد فوق توضیح داده می‌شود.

### تصفیه کننده‌های نانویی

صافی‌های نانو: یکی دیگر از کاربردهای مهم فناوری نانو در محیط زیست، استفاده از صافی‌های نانویی در تصفیه آب و پساب است. صافی‌های نانو می‌تواند تقریباً از هر منبع آبی، آب پاک به وجود آورد و تمام باکتری‌های موجود در آب را حذف کند. غشای مورد استفاده در فرایند تصفیه کننده‌های نانویی معمولاً مولکول‌های بزرگ را دفع می‌کند و در مقایسه با روش‌های دیگر قادر است با صرف انرژی کمتر آب چاه‌ها یا آب‌های سطحی را نیز به خوبی تصفیه کنند.

این فرایند قادر است انواع باکتری ها، ویروس ها، آفت کش ها، آلاینده هایی با منشا آلی و املاح کلسیم و منیزیم را از آب جدا کند. از دیگر کاربردهای تصفیه - کنند- های نانویی 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 نیترا ت ها اشاره کرد. نظر به این که در فرایند تصفیه کننده های نانویی از هیچ ماده شیمیایی برای سختی گیری آب استفاده نمی شود، بنابراین اثرات منفی زیست محیطی آن به مراتب کمتر از روش های شیمیایی معمول است روش نانوفیلتراسیون طی چند سال گذشته رونق گرفته است.

در تصفیه کننده های نانویی جدا سازی براساس اندازه مولکول صورت می گیرد و فرآیندی فشاری است.. در ضمن امکان استفاده ی آسان از روش های تصفیه را برای عموم فراهم می کند و بدون عمل شیمیایی تصفیه را انجام می دهد.

### استفاده از نانو لوله های کربنی

نانولوله های کربنی [لوله هایی در اندازه نانو از جنس کربن] می توانند به طور یکنواخت ردیف شوند تا غشاهای دارای منافذ با مقیاس نانو ( $10^{-9} \text{ m}$ ) تشکیل دهند. این غشاها می توانند آلاینده ها را حذف نمایند. منافذ با مقیاس نانویی این صافی ها نسبت به فن آوری های تصفیه دیگر، انتخابی تر عمل می کنند.

نانولوله های کربنی، مساحت سطح بالا، نفوذپذیری بالا و پایداری مکانیکی و گرمایی خوبی دارند. نانو لوله های کربنی یکی از سفت ترین مواد به شمار می آیند و در عین استحکام بالا بسیار انعطاف پذیر هستند. مقاومت یک نانو لوله نسبت به وزنش 500 برابر آلومینیوم است. نانو لوله ها مقاومت خوبی در برابر مواد شیمیایی داشته و از پایداری گرمایی بالایی برخوردارند. نانو لوله های کربنی از لحاظ کاتالیز گری فعال می باشند [5].

نانو لوله ها خاصیت موینگی بالایی دارند و می توانند گازها و مایعات را در خود جای دهند. غشاهای نانولوله های کربنی می توانند به وسیله پوشاندن یک کاغذ سیلیکونی یا ذرات نانوی کاتالیزور فلزی ساخته شوند که سبب ایجاد نانولوله های کربنی می شود که بصورت عمودی ردیف شده و بصورت فشرده بسته بندی می شوند. سپس، فضاهای بین نانوتیوب های کربنی می توانند با مواد سرامیکی پر شوند تا پایداری غشا را افزایش دهند.

تحقیقات آزمایشگاهی گزارش می‌دهد که غشاهای نانوتیوب کربنی می‌توانند تقریباً تمام انواع آلاینده‌های آب را که شامل کدري، باکتری‌ها، ویروس‌ها و آلاینده‌های آلی می‌باشند، حذف نمایند. همچنین، این غشاها بعنوان وسیله امید بخشی برای نمک‌زدایی و جایگزینی غشاهای اسمز معکوس، تعیین شده‌اند. مقدار آبی که تصفیه می‌شود با وجود آنکه منافذ غشاهای نانوتیوب کربنی بسیار کوچکند، سرعت جریان در آنها همانند یا حتی بیشتر از منافذ بسیار بزرگ است که این امر، احتمالاً به علت نرم بودن درون نانوتیوبها می‌باشد.

گرچه غشاهای نانولوله‌های کربنی نمونه‌های امیدبخشی برای تصفیه ناخالصی‌های کوچک و مواد آلی مانند DNA و پروتئین‌ها از آب به حساب می‌آیند، ولی آب‌گریز هستند؛ یعنی آب را به شدت دفع می‌کنند. هم‌اکنون نیکیل کوراتکار<sup>1</sup> و همکارانش در مؤسسه پلی‌تکنیک رنسلار<sup>2</sup> کشف کرده‌اند که با اعمال ولتاژ کوچکی می‌توان جریان آب از میان غشاها را دستکاری کرد و خاصیت آب‌گریزی ذاتی این سطوح را به خاصیت آب‌دوستی تبدیل کرد.

این اولین بار است که از اعمال ولتاژ برای کنترل برهم‌کنش آب با سطوح این نانومواد استفاده می‌شود. پژوهش‌گران دریافتند زمانی که ولتاژ کوچک مثبتی در حدود  $1/7$  ولت به غشاء نانولوله‌ای اعمال شود و آب دارای پتانسیل منفی گردد، نانولوله‌ها سریعاً از حالت دفع‌کننده آب به حالت پمپ‌کننده تغییر وضعیت می‌دهند. هنگامی که بار الکتریکی آب زیاد شود، سرعت جریان آب نیز به طور نمایی افزایش می‌یابد و برعکس، هنگامی که نانولوله‌ها دارای بار منفی شوند، ولتاژ خیلی بیشتری (90 ولت) برای جریان آب درون لوله‌ها نیاز است.

پژوهشگران همچنین دریافتند که می‌توان جریان آب درون نانولوله‌ها را از طریق معکوس کردن قطبیت نانولوله‌ها قطع یا وصل کرد. هنگامی که بار مثبت کوچکی اعمال شود آب در درون نانولوله جریان می‌یابد و هنگامی که بار الکتریکی عوض شود، جریان آب متوقف می‌شود. علاوه بر این، آنها کشف کردند که دیواره‌های نانولوله‌های کربنی در اثر برق کافت<sup>3</sup> آب به طور برق شیمیایی اکسید می‌شوند. بدین معنی که اتم‌های اکسیژن سطح نانولوله‌های کربنی را می‌پوشانند. این پدیده به مولکول‌های آب اجازه می‌دهد تا به راحتی از درون لوله‌ها عبور کنند. به محض این که بار الکتریکی معکوس شود، فرایند اکسایش متوقف شده، آب نمی‌تواند بیش از آن، از درون بخش‌های اکسید نشده عبور کند [6].

<sup>1</sup> Nikhil koratkar

<sup>2</sup> Rensselaer Polytechnic Institute

<sup>3</sup> Electrolysis

## نانوبسپارهای متخلخل

هنگامی که آلاینده های آلی آب گریز از طریق آب وارد خاک می شوند، به راحتی توسط ذرات جامد غیرمحلول در آب جذب و از آب جدا می شوند. پدیده جذب و دفع اینگونه آلاینده ها از آب به خاک و از خاک به هوا بسیار پیچیده است و به عوامل متعددی از قبیل حلالیت در آب، آب موجود در شبکه خاک و رقابت اجزای گوناگون خاک برای جذب این ذرات بستگی دارد.

هنگامی که بیش از یک مولکول آب گریز در محیط وجود داشته باشد، مولکول های آلاینده به جسمی متصل می شوند که از لحاظ شیمیایی بیشترین شباهت را به آنها داشته باشد. به همین دلیل نانوبسپارهای متخلخل که شباهت زیادی به مولکول های مواد آلاینده دارند، مناسب ترین وسیله برای جداسازی این نوع آلاینده های آلی از آب و خاک بشمار می روند. به طور کلی کاربردهای زیست محیطی این نانوساختارها عبارتند از:

1- جداسازی آلاینده های آلی از آب آشامیدنی.

2- تصفیه پساب های واحدهای صنعتی مانند نیروگاه های هسته ای برای استفاده مجدد از آنها.

3- پاکسازی منابع آبی آلوده شده به مواد نفتی.

4- پاکسازی منابع آب زیرزمینی از آلاینده های آلی.

باتوجه به این که نانوبسپارهای متخلخل به کرات مورد استفاده قرار می گیرند، بنابراین هزینه های تصفیه به مراتب کمتر می شود.

## نانو حسگرها

اگر چه حسگرهای گوناگونی برای آشکار نمودن آلودگی ها و مواد آلوده وجود دارند ولی فن آوری نانو امکان ایجاد نسل های جدیدی از حسگرهای با توانایی بالا را فراهم می نماید که مواد آلاینده در مقادیر و غلظت های کم را آشکار می نمایند.

## رنگ‌زدایی از آب آشامیدنی

رنگ موجود در آب آشامیدنی نه تنها به خاطر ظاهر آن باید از آب زدوده شود، بلکه چون این رنگ‌ها می‌توانند منشأ تولید تری هالو متان<sup>۱</sup> نیز باشند، خطرناک محسوب می‌شوند. این ماده هنگام ترکیب با کلر موجب تشکیل کلروفرم و دیگر ترکیبات هالوژنه مضر و سرطان‌زا می‌شود. رنگ موجود در آب طبیعی معمولاً ناشی از وجود اسیدهای معدنی با جرم مولکولی 800 تا 50000 گرم بر مول است. اسیدهای مذکور در اثر تجزیه مواد آلی موجود در آب حاصل می‌شوند. اغلب روش‌های متداول برای تصفیه آب قادر به جداسازی مواد فوق نیستند، لیکن با استفاده از غشاهای نانو می‌توان تا 99 درصد این گونه مواد را به سهولت از آب جدا کرد.

## جمع بندی

در آینده ایران جزء کشورهای خواهد بود که بحران مصرف بالا و کم آبی را به دلیل افزایش جمعیت شهر نشین و ارتقای سطح صنعت و کشاورزی، پیش رو خواهد داشت. کارشناس‌های کنترل کیفیت و منابع طبیعی می‌گویند: «در خشکسالی سال‌های گذشته حدود ۲۰۰ هکتار از باغ‌ها، بیش از ۱۰ هزار هکتار از محصول چای و ۲ هزار هکتار از باغ‌های موز سیستان و بلوچستان و باغ‌های کوهپایه آسیب جدی دید. استخراج بی رویه از آب‌های زیرزمینی و سفره‌های آبدار زیرزمین در شرایط کنونی یک موقعیت بحرانی دارد. در حال حاضر از ۶۱۲ دشت کشور، ۱۵۰ دشت جزو مناطق ممنوعه و بحرانی است.

با قبول این وضعیت، بخش بزرگی از مزارع در محدوده کویر قرار می‌گیرد و مشخص می‌شود خشکسالی یک واقعیت طبیعی و اقلیمی در کشور است. جمعیت کشور ما حدود یک درصد جمعیت جهان است ولی سهم ما از کل منابع آب شیرین در دنیا ۳۶ صدم درصد است. کشورهای دیگر دنیا از ۴۵ درصد منابع آب مطلوب خود استفاده می‌کنند. در کشور ما ۶۶ درصد آب مصرف می‌شود. بیش از ۵۰ درصد ذخایر آب شیرین کشور، وابسته به منابع آب‌های زیرزمینی است که درحقیقت ما باید این منابع زیرزمینی را برای سال‌های خشکسالی نگهداری می‌کردیم.

<sup>1</sup> CHX<sub>3</sub> X: Cl, Br, I

کارشناسان یکی از دلایل این بحران را ایجاد شهرک‌ها و گسترش بی رویه و برنامه ریزی نشده شهرها می‌دانند. از سویی ما در اقلیم خشک و کم آب قرار داریم. از سویی هم کره زمین در حال گرم شدن است و پدیده ال نینو<sup>1</sup> به گرم شدن هوا در این نقطه از جهان کمک کرده است. بنابراین با نگاهی به مشکلات تأمین آب در ایران و نیاز مبرم کشور به منابع جدید، می‌توان از فن‌آوری‌های نوین در این راه بهره جست.

این مهم در سایه انجام نیاز سنجی و مطالعه دقیق اولیه تحقق می‌یابد. با توجه به اینکه در سال‌های اخیر، ایران در حال اوج‌گیری در زمینه پژوهش‌های نانو است، عقلانی به نظر می‌رسد که در سمت و سوی برنامه‌های کلان آب در کشور از فن‌آوری نانو به عنوان یک پشتیبان قوی استفاده گردد. آنچه از توانمندی‌های فناوری نانو ارائه شد به این معنی است که می‌توان از این روش‌ها برای حفظ محیط زیست در آینده‌ای نه چندان دور استفاده کرد و در کنار استفاده از منابع طبیعی با کمک فناوری‌های پیشرفته بتوان به تعاملی پایدار با طبیعت رسید.[7].

## منابع و مآخذ

[1] <http://www.nano.ir>

[2] Masciangioli, T. and W. Zhang. "Environmental technologies at the nanoscale." *Environmental Science and Technology* 37(5):102A-108A, 2003.

[3] Chwirka, J.D.; Thomson, B.M. and Stomp III, J. M. 'Removing arsenic from groundwater'. *Journal AWWA*, vol. 92, no. 3, p. 79-88, (2000)

[4] Robichaud, A, D. Tanzil, U. Weilenmann and M. Weisner, "Relative risk analysis of several manufactured nanomaterials: An insurance industry context." *Environmental Science and Technology* 29(22): 8985-8994. 2005.

[5] <http://nanotechweb.org>

[6] <http://www.technologynewsdaily.com/node/6000>

[7] Ritter, S. "Planning nanotech from the ground up." *Chemical and Engineering News* 84(16):37-38, 2006.

<sup>1</sup> El Nino