



## مروری بر روش‌های تصفیه فاضلاب به‌وسیله نانو مواد

اثر ق‌دبلند\*

گروه مهندسی شیمی، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر، اهر، ایران

سیروس زاهد کرکج

گروه مهندسی شیمی، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر، اهر، ایران

رضا حاجی محمدی

گروه مهندسی شیمی، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر، اهر، ایران

(دریافت مقاله دی ۱۳۹۳ و تایید خرداد ۱۳۹۴)

### چکیده

آب آشامیدنی یکی از ضروری‌ترین نیازهای امروزه بشر می‌باشد. امروزه با پیشرفت صنعتی و رشد جمعیت مصرف آب افزایش یافته است و منابع آب موجود قابل مصرف در معرض استفاده بیش از حد قرار گرفته است. آلودگی آب یک مشکل جهانی است که به ارزیابی مداوم و تجدیدنظر در سیاست منابع آبی در همه سطوح احتیاج دارد. به مجموعه آب‌های آلوده فاضلاب گفته می‌شود. آب مصرفی علاوه بر کافی بودن باید از نظر کیفی و بهداشتی مناسب باشد. بنابراین نیاز به تصفیه خود را نمایان می‌کند. مواد آلاینده در فاضلاب انواع مختلفی ظاهر می‌شوند. یکی از روش‌های حذف آلاینده‌ها استفاده از جاذب‌ها است. جذب سطحی فرآیند طبیعی است که به‌وسیله آن مولکول‌های ماده حل شده بر سطح یک جاذب جامد جمع شده و می‌چسبند. روش جدید خیلی امیدبخش برای حذف مواد آلی از آب، نانو تکنولوژی است. نانو مواد خواص جذب سطحی استثنائی دارند و قادرند گستره وسیعی از مولکول‌ها را به تله اندازه‌ند. در این بازبینی روش‌ها چنین استنباط گردید که می‌توان در برنامه‌های کلان آب در کشور از فناوری نانو به‌عنوان یک پشتیبان قوی استفاده نمود.

**کلید واژه:** نانو، خالص‌سازی، جاذب، جذب، آلاینده، آلایندگی

---

\* Email: ghadboland.asmar70@gmail.com

## مقدمه

جمعیت جهان در حال افزایش و منابع آب آشامیدنی رو به کاهش است. بنابراین ممکن است جهان در آینده با مشکل کمبود آب مواجه شود. افزایش مصرف آب و کمبود حاصل از آن که بر اثر آلودگی نیز تشدید می‌شود سبب شده است تأمین آب بهداشتی به یکی از دغدغه‌های اساسی جامعه جهانی تبدیل شود. امراض ناشی از آلودگی‌های آب هر روزه هزاران و شاید ده‌ها هزار نفر را می‌کشند [۱]، [۲]. توانایی باز یافت آب، امکان دسترسی به یک منبع مناسب برای مصارف گوناگون را ایجاد می‌کند. با به‌کارگیری فناوری‌های الکتریکی و مکانیکی به سادگی می‌توان آب آلوده را برای استفاده در کشاورزی و یا حتی مصارف خانگی بازیافت نمود. مواد آلاینده به روش‌هایی قابل حذف هستند که کاراترین روش، روش حذف توسط جذب سطحی است. جذب سطحی فرآیندی طبیعی است که به‌وسیله آن مولکول‌های ماده حل شده بر سطح یک جاذب جامد جمع شده و می‌چسبد اما روش جدیدی که برای حذف آلاینده‌ها از آب بسیار امیدوار کننده است استفاده از نانو تکنولوژی می‌باشد [۳].

با گسترش فناوری نانو، نانومواد، نانو کاتالیست‌ها و نانوذرات‌های جدیدی تهیه شده اند که در تصفیه آب دارای بازدهی بالاتری بوده و می‌توانند به‌طور مؤثری مواد آلاینده را از آب حذف کنند [۴]، [۵].

## مواد و روش‌ها

### تصفیه

آب سالم و تمیز به طور طبیعی به مقدار کافی در دسترس نمی‌باشد. اکثر منابع آب از نظر کیفیت شیمیایی و بیولوژیکی مناسب نیستند و قبل از مصرف احتیاج به یک سری عملیات دارند. چنین عملیاتی که به منظور متناسب‌سازی آب برای مصرف خاص صورت می‌گیرد تصفیه نامیده می‌شود. حفاظت از منابع آب در برابر آلودگی مشکل و پیچیده است لذا استفاده از تکنولوژی مدرن در جهت بهینه نمودن تصفیه آب از دستاوردهای بشر خواهد بود [۶].

روش‌های زیادی از جمله نانو فیلتراسیون، نانو لوله‌های کربنی، نانوغربال‌ها، نانو فتوکاتالیست‌ها، نانو سنسورها،

نانوذرات، نانو مواد حفزه‌ای،... برای تصفیه وجود دارند، از این میان چند را بررسی می‌نمایم.

### نانو فیلتراسیون

نانوفیلتراسیون یک روش مفید بین روش‌های اسمز معکوس و اولترافیلتراسیون است. اولترافیلتراسیون به دلیل بالاتر بودن مقدار آلاینده‌های معدنی و قلیایی نسبت به حد مجاز و روش اسمز معکوس به دلیل تولید خلوص بیش از حد معمول و بالا بودن قیمت دارای نقایصی هستند. دانشمندان دانشگاه باناراس روش ساده‌ای برای تولید فیلترها با استفاده از نانولوله‌های کربنی توسعه داده‌اند که قادر به حذف مؤثر آلاینده‌های میکرو و نانو مقیاس از آب و نیز حذف هیدروکربن‌های سنگین از نفت خام است. نانوفیلتراسیون دارای مزایایی مانند قیمت پایین و کنترل مقدار کاهش آلاینده‌ها در آب تصفیه شده است [۱]، [۷]، [۸].

### نانو فیلترها

با استفاده از نانو فیلترها، مواد معدنی مورد نیاز برای سلامت انسان در آب باقی می‌ماند و مواد سمی و مضر از آن‌ها حذف می‌شود. استفاده از نانولوله‌های کربنی در ساخت فیلترها سبب سهولت در پاک‌سازی، افزایش استحکام، قابلیت استفاده مجدد و مقاومت در برابر گرما می‌شود. این فیلترها از دقت بسیار زیادی برخوردارند و می‌توانند ویروس‌هایی به اندازه ۲۵ نانومتر و عوامل بیماری‌زای بزرگ‌تر مانند باکتری‌ای کولای را به‌خوبی از آب حذف کنند. نانوفیلترها برای حذف محدوده وسیعی از ترکیبات به کار گرفته شده‌اند. از جمله حذف آفت‌کش‌ها مانند آترازین، سیمارین، دیورن، ایزپرتورن، ترکیبات آلی فرار مانند مشتقات کلردار آلی سبک مثل کلروفرم، تری کلرواتیلن، تتراکلرواتیلن، حذف محصولات جانبی حاصل از واکنش گندزدا با ترکیبات آلی آب از جمله هالومتان‌ها، حذف کاتیون‌ها و سختی، حذف کروم، اورانیوم، آرسنیک، آنیون‌ها، پاتوژن‌ها. کنترل مقدار آلاینده‌ها در آب تصفیه شده از دیگر مزایای کاربرد این روش به شمار می‌آید.

## نانو سنسورها

در نانو تکنولوژی حساسیت سنسورها زیاد شده و زمان عکس‌العمل کاهش پیدا کرده است. یک نانو سنسوریو آنالیتیکال می‌تواند یک ذره کوچک ویروس را قبل از تکثیر ویروس و قبل از بروز علائم در گیاه و حیوان شناسائی کند. از ویژگی‌های نانوسنسورها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: ۱- به‌سرعت می‌تواند مواد خارجی و ویروس را شناسایی کنند.

۲- نانوسنسورهای کوچک، قابل حمل، دارای عکس‌العمل سریع در مقدار کم، قابل اطمینان، دقیق، مقاوم و مستحکم هستند.

۳- نانو سنسورها توانایی بالایی در آشکارسازی مواد آلاینده در مقادیر و غلظت‌های کم را دارند. یعنی میکروب‌ها و سموم را حتی در حد ppm شناسایی می‌کنند [۹].

## نانو فتوکاتالیست‌ها

موادی هستند که باعث نابودی آلاینده‌ها در آب و فاضلاب و تبدیل آن‌ها به مواد بی‌خطر نظیر آب و دی-اکسید کربن می‌شوند. فتوکاتالیست ماده‌ای است که در اثر تابش نور بتواند منجر به بروز یک واکنش شیمیایی شود. در حالی که خود ماده، دست‌خوش هیچ تغییری نشود. تعدادی از فتوکاتالیست‌ها عبارتند از: دی اکسید تیتانیوم  $TiO_2$ ، اکسید روی  $ZnO$ ، اکسید آهن  $Fe_2O_3$ ، اکسید تنگستن  $W_2O_3$  [۱۰].

## نانو ذرات

استفاده از نانو ذرات خاص که در غشاءها و یا در ساختار فیلترها قرار دارند به‌صورت مؤثر، ارزان و به‌سرعت، آب آشامیدنی غیرقابل استفاده را که از انواع مؤسسات و کارخانجات به‌دست می‌آید، تصفیه می‌نماید. تصفیه آب توسط نانو ذرات مزایای زیادی برای کشورهای صنعتی و در حال توسعه دارد. یکی دیگر از کاربردهای بالقوه و سودمند استفاده خلاقانه از نانو ذرات برای تصفیه فاضلاب‌های صنعتی است. از کاربردهای نانو ذرات می‌توان به: حذف رنگ، حذف مواد آلی، حذف آرسنیک، حذف فلزات سنگین و حذف آلاینده‌های خاص اشاره کرد [۱۱].

## نانولوله‌های کربنی

غشاهای نانولوله‌ای: نانولوله‌های کربنی می‌توانند برای تشکیل غشاهایی با تخلخل نانومتری و دارای قابلیت جداسازی آلودگی‌ها، به‌طور یکنواخت هم راستا شوند. تخلخل‌های نانومتری نانولوله‌ها، این فیلترها را از دیگر فناوری‌های فیلتراسیون بسیار انتخاب پذیرتر نموده است. هم-چنین نانولوله‌های کربنی دارای سطح ویژه بسیار بالا، نفوذپذیری زیاد و پایداری حرارتی و مکانیکی خوبی هستند. مطالعات آزمایشگاهی نشان می‌دهد که غشاهای نانولوله‌ای می‌توانند تقریباً همه انواع آلودگی‌های آب را حذف کنند؛ این آلودگی شامل باکتری، ویروس، ترکیبات آلی و تیرگی است. هم‌چنین این غشاها نویدی برای فرآیند نمک زدایی و گزینه‌ای برای غشاهای اسمز معکوس هستند.

## نانوغربال‌ها

از نانوغربال‌ها می‌توان در حذف گستره وسیعی از ترکیبات آلی و معدنی و یا مواد زیستی استفاده کرد. این فیلتر می‌تواند از چندین لایه نانولوله کربنی ساخته شود که هر لایه قابلیت حذف نوع متفاوتی از ترکیبات را دارد. نانوغربال‌های مورد استفاده در water stick توانایی حذف بیش از ۹۹/۹۹ درصد از باکتری‌ها، ویروس‌ها، کیست‌ها، میکروب‌ها، کپک‌ها، انگل‌ها و هم‌چنین کاهش قابل توجه آرسنیک و سرب دارند.

## بحث و نتیجه‌گیری

آب سالم برای سلامتی انسان ضروری است و هم‌چنین یک ماده خام حیاتی در بسیاری از صنایع کلیدی نظیر الکترونیک، دارو و مواد غذایی محسوب می‌شود. نانومواد دارای چندین ویژگی فیزیکی و شیمیایی کلیدی هستند که آن‌ها را به‌ویژه به‌عنوان فیلترهای جداکننده برای تصفیه آب جذاب می‌سازد. آن‌ها دارای سطح بسیار وسیع‌تری از ذرات توده هستند. هم‌چنین توسعه غشاهای هوشمند با سطوح مقاوم به بیوفیلم (Biofilm) و سنسورها و یا محرک‌های تعبیه شده که می‌توانند به صورت خودکار عمل‌کرد غشاء را تنظیم نمایند تا سال ۲۰۲۰ گزینه منتخب و هدف کلیدی بلند مدت برای شیرین نمودن و تصفیه آب خواهند بود.

شیوه‌های سنتی در تصفیه آب معایبی دارند که به چند مورد اشاره می‌شود: هر کدام از فرآیندهای شیوه‌ی سنتی به تنهایی قادر به از بین بردن تمامی آلودگی‌های آب نیستند (۱) شیوه‌ی سنتی اساساً بر مبنای نصب تاسیسات فرآیندی (مانند حوضچه‌های ته‌نشینی) و استفاده از چندین فرآیند متوالی می‌باشد، بنابراین امکان حمل و نقل در چنین سیستم‌هایی مشکل است (۲) کاهش بازدهی برخی فرآیندها با افزایش دبی از دیگر معایب این روش می‌باشد (۳) هزینه بهره‌برداری از این سیستم‌ها نسبت به سیستم‌های غشایی بیش‌تر است، بنابراین روش‌های نانو خود را بهتر نمایان می‌کنند. شاید دشوارترین مشخصه قابل درک هزینه باشد، زیرا ممکن است از هفته‌ای به هفته دیگر و از سفارشی به سفارش دیگر، متفاوت باشد. در روش‌های ذکر شده هزینه‌ها مقرون به صرفه و اقتصادی می‌باشند.

## منابع

- [1] US Bureau of Reclamation and Sandia National Laboratories, 2003, Desalination and Water Purification Technology Roadmap: A Report of the Executive Committee.
- [2] Weber, W.J. Jr., 2002. Distributed optimal technology networks: a concept and strategy for potable water sustainability., Water Sci. Technol, 46(6-7), 241-246.
- [3] [Http://nanotechweb.com](http://nanotechweb.com)
- [4] [Http://waterandwastewater](http://waterandwastewater)
- [5] ستاد ویژه توسعه فناوری نانو
- [6] [www.randomhistory.com](http://www.randomhistory.com)
- [7] Ahmad, A.L., Oop, B.S., Mohammad, A.W., Choudhury, J.P., 2004, Development of a highly hydrophilic nanofiltration membrane for desalination and water treatment., Desalination, 168:215-221.
- [8] M'nif, A., Bouguech, S., Hamrouni, B., Dhahbi, M., 2007, Coupling of membrane processes for brackish water desalination., Desalination, 203:331-6.
- [9] میر شجاع، ح، محراب، م، مجله اکتشاف و تولید تصفیه آب با استفاده از فناوری نانو دانشگاه صنعت.
- [10] سایت خبری وزارت نیرو
- [11] Obare, S.O., & Meyer, G.J., 2004, Nanostructured materials for environmental remediation of organic contaminants in water., J. Environ. Sci. Health, A, 39(10), 2549-2582.