Archive of SID

دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی کاربرد شیمی در محیط زیست

سال دوم، شماره‌ی۸
پاییز ۱۳۹۰، صفحات۱۶-۱۱

حذف آلاینده‌های آب با استفاده از فناوری نانو

رضا حاجی محمدی
دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر، دانشکده علوم پایه، گروه شیمی، اهر، ایران
Reza_h1978@yahoo.com

آیلا پیری
دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر، دانشکده علوم پایه، گروه شیمی، اهر، ایران

چکیده:
استفاده از فناوری نانو در راستای کاهش اثرات سوء آلودگی‌های زیست محیطی، به‌عنوان یکی از راهکارهای مدیریتی مطرح می‌باشد. یکی از مواردی که این فناوری کاربرد خود را متبلور می‌نماید در ارتباط با منابع آب می‌باشد که در نظر گرفتن چالش‌های پیش رو ضرورت استفاده از آن را پر رنگ‌تر نموده است. در این مطلب برخی کاربردهای فناوری نانو در صنعت آب اشاره شده است و در نهایت بهترین روش حذف آلاینده‌ها انتخاب شده است.

کلید واژه ها: نانو- اسمز معکوس- زئولیت- نانو تیوپ- غشای نانومتری - جیوه‌زدایی

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه:

نانو، دلالت بر یک واحد بسیار کوچک در علم اندازه گیری دارد. یک نانومتر معادل ۹-۱۰ متر یا به عبارتی یک میلیاردم متر است. اخیراً با ورود فناوری‌های نوین از قبیل زیست فناوری و نانو فناوری، مواد و راهکارهای جدیدی برای تصفیه آب و نیز آب و فاضلاب‌های صنعتی و کشاورزی معرفی شده و یا می‌شوند. کاربردهای فناوری نانو در این خصوص عبارتند از: نانو فیلترها، نانو فتوکاتالیست‌ها، مواد نانو حفره‌ای، نانو ذرات، نانو سنسورها، توانایی‌های این فناوری در تصفیه آب و با توجه به انواع آلودگی‌های نقاط مختلف ایران مورد ارزیابی قرار گرفته است.

در گذشته نه‌چندان دور اهداف تصفیه خانه‌های آب آشامیدنی کاهش مواد معلق و زدودن عوامل زنده بیماری زا در آب بود که با روش‌های متداول فیلتراسیون و گندزدایی قابل حصول بوده‌اند. لیکن با افزایش غلظت مواد ریزدانه، ترکیبات ازته، مواد آلی و معدنی و فلزات سنگین به منابع آب روش‌های متعارف جوابگوی نیازتصفیه خانه‌ها نبوده و لازم است از فرآیندهای نسبتاً جدید در تصفیه خانه‌ها استفاده شود.

اخیراً نیز با ورود فناوری‌های نوین از قبیل زیست فناوری و نانو فناوری، مواد و راهکارهای جدیدی برای تصفیه آب و نیز آب و فاضلاب‌های صنعتی و کشاورزی معرفی شده و یا می‌شوند.

مفهوم نانوفناوری به حدی گسترده است که بخش‌های مختلف علوم و فناوری را تحت تأثیر خود قرار داده و در عرصه‌های مختلف از جمله محیط زیست کاربردهای وسیعی یافته است. در این قسمت به بررسی کاربردهای فناوری نانو در صنعت آب می پردازیم.

نانو فیلترها

تاریخچه نانو فیلتراسیون به دهه هفتاد میلادی زمانی که غشاهای اسمز معکوس با فشارهای نسبتاً پایین همراه با جریان آب تصفیه‌ای قابل قبول، بسط و توسعه پیدا کردند باز می‌گردد. استفاده از فشارهای بسیار بالا در فرآیند اسمز معکوس، اگر چه منجر به تهیه آب با کیفیت بسیار عالی می‌شد، ولیکن به همان نسبت هزینه گزاف انرژی مصرفی عاملی نگران کننده به شماره می‌آمد. در نتیجه، تهیه آب با استفاده از این روش از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نبود. بنابراین استفاده از غشاهایی با میزان درصد حذف پایین‌تر ترکیبات محلول، اما با قدرت نفوذ آب بیشتر و به طبع آن، افزایش حجم آب تصفیه شده با کیفیتی مطلوب (درحد استانداردهای مورد نظر) در فناوری جداسازی یک پیشرفت قابل ملاحظه، به شمار می‌آمد. از این رو غشاهای اسمز معکوس با فشار پایین، بعنوان غشاهای نانو فیلتراسیونی شناخته شدند. نانو فیلتراسیون فرآیند غشایی جدیدی است که خواص آن بین فرایندهای اسمز معکوس و اولترافیلتراسیون قرار دارد و در اختلاف فشار پایین (۱۰-۲۰ بار) قابل استفاده می‌باشد. به علت عمل نمودن در فشار پایین و بازیابی بالاتر، هزینه‌های عملیاتی و نگهداری این فرآیند به مواد شیمیایی نیاز نبوده و پساب تولیدی فشرده و غلیظ می‌باشد. لذا هزینه حمل و نقل و دفع آن کمتر است. به کمک تجهیزات خاص غشاءها به طور خودکار تمیز می‌شود. در مورد فرآیند نانو فیلتراسیون، هزینه انرژی به مراتب از اسمز معکوس کمتر می‌باشد. نکته حائز اهمیت در مورد نانو فیلترها نسبت به سایر غشاها، قدرت انتخاب گری در حذف یون‌هاست.

غشاهای نانو فیلتراسیون معمولاً از دو لایه تشکیل می‌شود. لایه نازک و متراکم عمل جداسازی و لایه محافظ، عمل حفاظت در برابر فشار سیستم را انجام می دهد. غشاهای نانو فیلتراسیون معمولاً در دو نوع باردار و غیرباردار موجود هستند. مکانیسم اصلی در حذف ملکول‌های بدون بار، خصوصاً ترکیبات آلی بر پایه غربالسازی استوار می باشد. در حالی که حذف

www.SID.ir

Archive of SID

ترکیبات یونی به دلیل بر هم کنش‌های الکتروستاتیک بین سطح غشا و گونه‌های باردار، حذف می‌شوند.

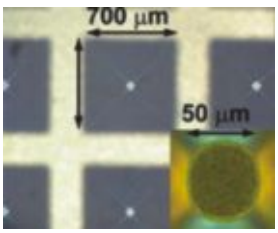
امروزه غشاهای نانویی تجاری، در اشکال متفاوتی استفاده می‌گردند. این اشکال شامل، سیستم‌های مارپیچی، صفحه‌ای، جعبه ای، لوله ای و فیبری می‌باشد. شکل هر یک از غشاهای نانویی براساس نوع غشا و نانویی براساس نوع غشا و به منظور بالا بردن بازده و عملکرد آن انتخاب می‌گردد.

نانو فیلترها برای حذف محدوده وسیعی از ترکیبات به کار گرفته شده است، از جمله:

- حذف آفت کش ها از جمله آترازین، سیمازین، دیورن و ایزوپرتورن
- حذف ترکیبات آلی فرار مانند مشتقات کلردار آلی سبک مانند کلروفرم، تری کلرواتیلن و تتراکلرواتیلن
- حذف محصولات جانبی حاصل از واکنش گندزدا با ترکیبات آلی آب از جمله هالومتان‌ها
- حذف کاتیون‌ها و سختی
- حذف کروم(VI) ، اورانیم، آرسنیک
- حذف آنیون‌ها
- حذف پاتوژن‌ها

تولید فیلترها

دانشمندان روش ساده‌ای برای تولید فیلترها با استفاده از نانو لوله‌های کربنی ابداع کرده‌اند که حتی قادر به حذف هیدروکربن‌های سنگین از نفت خام است. استفاده از نانو لوله‌های کربنی در ساخت فیلترها، سبب سهولت در تمیز کردن، افزایش استحکام، قابلیت استفاده مجدد و مقاومت آنها در برابر گرما می‌شود .



برخی از شرکت‌های صنعتی در حال استفاده از نانوفیلترهای اکسید آلومینیم با اندازه دو نانو متر برای تصفیه آب هستند. فیلترهای نانو سرام قادرند باکتری‌ها، نمک‌ها عناصر کدر کننده، مواد رادیو اکتیو و فلزات سنگین را از آب حذف کنند. این نوع فیلترها در pH ۵ تا ۹ بهترین عملکرد را دارند. حداکثر۴ بار فشار را می‌توان به فیلترها اعمال کرد که منجر به شدت جریان ۹ تا۱۰ لیتر بر ساعت به ازای هر سانتی متر مربع از فیلتر خواهد شد. در حال حاضر، هزینه هر مترمربع فیلتر یک دلار است که ممکن است این مقدار به ۳ دلار نیز برسد. بنا به گفته کارشناسان، فیلترهای نانو سرام، نیازی به تصفیه پیشین یا پسین، تمیز کردن و شارژ مجدد فیلتر ندارند.

تحقیقات نشان می‌دهد استفاده از فناوری نانو در تصفیه آب علاوه برافزایش کیفیت آب تصفیه شده، می‌تواند هزینه‌های تصفیه را تا حدود زیادی کاهش دهد. به تازگی پژوهشگران فعالیت‌های وسیعی در زمینه استفاده از فناوری نانو فناوری نانو مدنظر قرار داده‌اند که چنانچه تحقیقات به نتایج مطلوبی برای استفاده در مقیاس صنعتی برسد امید آن می‌رود در آینده‌ای نزدیک نانو تکنولوژی بسیاری از فرآیندها را در صنایع مختلف، به ویژه در صنعت نفت، گاز و پتروشیمی تحت تأثیر خود قرار دهد.

نانو مواد

نانومواد در مقایسه با مواد در ابعاد بزرگ دارای سطوح بسیار وسیع تری هستند. به علاوه این مواد قادر به بر هم کنش با گروه‌های شیمیایی مختلف به منظور افزایش میل ترکیبی آن‌ها با ترکیبات ویژه می‌باشند. همچنین نانومواد می‌توانند به عنوان لیگندهای قابل بازیافت با ظرفیت و عملکرد انتخابی بسیار بالا برای یون‌های فلزی سمی به هسته‌های رایواکتیو، حلال‌های آلی و معدنی به شمار می‌آیند.

جاذب‌ها به طور وسیعی به عنوان جداساز محیطی در

www.SID.ir

Archive of SID

خالص سازی آب و برای حذف آلاینده‌های آلی از آب آلوده استفاده می‌شدند. تحقیقات وسیعی در این زمینه صورت گرفته است از جمله می‌توان به کاربرد نانو تیوپ‌های کربنی تک دیواره برای حذف یون‌های سنگین مانند Pb^{2+}، Cu^{2+}، Cd^{2+}، چیتوزان با گروه‌های عاملی فسفاته برای حذف2Pb، ترکیب کربن نانوتیوپ- اکسید سدیم برای حذف As (V)، نانو بلورهای - FeO(OH)برای جذب AS (V) و Cr (VI) ، زئولیت‌های تعویض یون NaP1 برای حذف فلزات سنگین از پساب‌های معدنی اسیدی مانند Cr^{3+}، Ni^{2+}، Zn^{3+}، Cu^{2+}، Cd^{2+}، نانو مواد کربنی برای جذب مواد آلی فرار، رنگ‌های آلی و ترکیبات آلی و ترکیبات آلی کلره، فولرن برای جذب ترکیبات آروماتیک چند حلقوی مانند نفتالین اشاره نمود.

نانو مواد حفره‌ای

مواد نانو حفره‌ای به عنوان یک زیر مجموعه مواد نانو ساختار با دارا بودن سطح منحصر به فرد، شکل ساختمانی و خواص حجمی در زمینه‌های مختلف از جمله، فرایندهای تعویض یونی، جداسازی، کاربردهای کاتالیستی، ساخت حسگرها، ایزولاسیون ملکولی‌های زیستی و خالص‌سازی کاربرد دارند.

به طور کلی مواد نانو حفره‌ای را می‌توان براساس دامنه قطر منافذ نانویی به سه دسته میکروپور، مزوپور و کاروپور تقسیم نمود. بر اساس سیستم آیوپاک، حفره های مواد میکروپور دارای قطری کمتر از ۲ نانومتر می- باشند. مزوپورها دارای حفره‌های به قطر بین ۲ تا ۵۰ نانومتر و ماکروپورها دارای حفره‌هایی با قطر بیشتر از ۵۰ نانومتر هستند.

مواد نانوحفره‌ای را می‌توان براساس جنس، از قبیل آلی یا معدنی، سرامیک یا فلز و یا خواص آن‌ها دسته بندی نمود. در سیستم‌های پلی مری، سرامیکی و یا کربنی نیز مشابه این چنین حفره‌هایی دیده می‌شود که البته شکل حفره‌ها در آن متفاوت هست. در واقع جنس ماده، شکل حفره‌ها، اندازه آن‌ها و توزیع و ترکیب حفره‌ها است که در نهایت مشخص کننده نوع کاربرد ماده نانو حفره‌ای می‌باشد. این مواد شامل

- کربن‌های نانوحفره‌ای ترکیبات دارای کاربردهای متنوعی از جمله، جذب گازهای آلاینده، بسته‌های کاتالیستی، فیلترهای تصفیه آب، مخزن نگهداری گاز و... باشند.
- زئولیت‌های نانوحفره‌ای عمده کاربرد زئولیت‌های در فرایندهای تصفیه‌ای آب (شامل تصفیه آب شرب و پساب‌های صنعتی) حذف یون‌های فلزات سنگین می‌باشد.
- پلیمرهای نانوحفره‌ای (نانوپروس پلی مرها عمده کاربرد پلی مرهای نانوحفره‌ای براساس عملکرد آن‌ها به عنوان جاذب تعریف می‌گردد. از جداسازی ملکول‌های آلی خاص از سیستم‌های بیولوژیکی تا کاربرد آن‌ها را در تصفیه آب به منظور حذف آلودگی‌های ناشی از ترکیبات آلی نظیر فنل‌ها شامل می‌شود.

نانو ذرات

- حذف آرسنیک با نانو ذرات سریم
- حذف آرسنیک با نانو ذرات اکسید آهن
- حذف کروم با نانو ذرات آهن
- حذف مس، کبالت و نیکل با نانو ذرات آهن
- حذف ترکیبات آلی با نانو ذرات آهن
- حذف آلاینده‌ها با نانو ذرات آهن در محل
- کاهش نیترات با نانوذرات دوفلزی پالادیم- مس
- گندزدایی آب با نانو ذرات نقره

نانو سنسورها

از آنجائی که بسیاری از خواصی که انتظار می‌رود توسط سنسورها اندازه‌گیری شود در سطح مولکولی یا اتمی هستند از نانوتکنولوژی در کاربردهای حسگری یا

www.SID.ir

Archive of SID

شناسایی استفاده‌ی زیادی می‌شود.

سنسورهایی که در ابعاد نانومتری ساخته شده‌اند از حساسیت فوق‌العاده‌ای برخوردارند، عملکرد انتخابی دارند و پاسخ‌دهنده می‌باشند. بنابراین تأثیر نانو تکنولوژی بر سنسورها فوق‌العاده عمیق و گسترده است.

به طور کلی به منظور کنترل بوی ناخوشایند، لازم است تا اندازه‌گیری‌هایی مبنی بر میزان بوی منتشر شده انجام شود. ترکیبات بسیاری در بوهای ناشی از تصفیهٔ پساب شناسایی شده‌اند. به طور نمونه این ترکیبات عبارتند از :ترکیبات کاهش یافتهٔ گوگرد یا نیتروژن، اسیدهای آلی، آلدئیدها یا کتون‌ها.

در سال‌های اخیر سنسورهای تجارتی مجموعه‌ای که بینی الکترونیکی نامیده می‌شوند برای شناسایی میکروارگانیسم‌ها و فلزات سنگین در آب آشامیدنی (مانند کادمیوم، سرب و روی) و به منظور شناسایی و تعیین مشخصات بوهای ناشی از مخلوط بخار جمع شده در بالای یک جامد یا مایع موجود در یک محفظهٔ دربسته، تولید شده‌اند. این سنسورها روش سریع‌تر و نسبتاً ساده‌ای را برای پیگیری تغییرات در کیفیت آب و فاضلاب صنعتی فراهم می‌آورند.

نانوفتوکاتالیست

فتوکاتالیست ماده‌ای است که در اثر تابش نور بتواند منجر به بروز یک واکنش شیمیایی شود، در حالی که خود ماده، دست خوش هیچ تغییری نشود.

فتوکاتالیست‌ها مستقیماً در واکنش‌های اکسایش و کاهش دخالت ندارند و فقط شرایط موردنیاز برای انجام واکنش‌ها را فراهم می‌کنند.

تیتانیم دی اکسید TiO_2 (با گستره اندازه بین خوشه‌ها تا کلوئیدها – پودرها و تک بلوهای بزرگ)، نزدیک به یک فتوکاتالیست ایده‌آل است و تقریباً تمامی این خصوصیات رادارد. تنها استثناء آن این است که نور مرئی را جذب نمی‌کند. نانو ذرات دی اکسید تیتانیم، بر سطح زیرلایه‌ای مناسبی از جمله شیشه و یا ترکیبات سیلیسی، پوشش داده می‌شوند و در حوضچه‌های تحت تابش نور ماوراء بنفش، قرار می‌گیرند.

بسیاری از آلاینده‌های موجود در آب‌های صنعتی که TiO_2آن‌ها را با آب و دی‌اکسید کربن تبدیل می‌کند عبارتند از: آلکان‌ها، آلکن‌ها، آلکین‌ها، اترها، آلدئیدها، الکل‌ها، ترکیبات آمینی، ترکیبات سیانیدی، استرها و ترکیبات آمیدی [۸].

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

1. Khopkar, S. M. (2004). *Environmental Pollution Monitoring and Control*. New Delhi: New Age International. p. 299. ISBN 81-224-1507-5. Retrieved 2009-06-28.

2. PUB (Singapore National Water Agency) (2011).

3. Metcalf & Eddy, Inc. (1972). *Wastewater Engineering*. New York: McGraw-Hill Book Company. ISBN 0-07-041675-3.

4. Burrian, Steven J., et al. (1999)."The Historical Development of Wet-Weather Flow Management." US Environmental Protection Agency (EPA). National Risk Management Research Laboratory

5. *Stormwater Effects Handbook: A Toolbox for Watershed Managers, Scientists, and Engineers*. New York: CRC/Lewis Publishers. 2001. ISBN 0-87371-924-7. Chapter 2.

6. Water and Environmental Health at London and Loughborough (1999). "Waste water Treatment Options."Technical brief no. 64. London School of Hygiene & Tropical Medicine and Loughborough University.

7. EPA. Washington, DC (2004). "Primer for Municipal Waste water Treatment Systems." Document no. EPA 832-R-04-001.

8. Roy F. Weston, Inc. (1971). *Process Design Manual for Upgrading Existing Wastewater Treatment Plants.* Washington, D.C.: EPA. Chapter 3.

9. Huber Company, Berching, Germany (2012). "Sedimentation Tanks."

10. Maine Department of Environmental Protection. Augusta, ME. "Aerated Lagoons - Wastewater Treatment." Maine Lagoon Systems Task Force. Accessed 2010-07-11.

11. Beychok, M.R. (1971). "Performance of surface-aerated basins". Chemical Engineering Progress Symposium Series67 (107): 322–339. Available at CSA Illumina website

12. Kadam, A.; Ozaa, G.; Nemadea, P.; Duttaa, S.; Shankar, H. (2008). "Municipal wastewater treatment using novel constructed soil filter system". *Chemosphere* (Elsevier) **71** (5): 975–981. doi:10.1016/j.chemosphere.2007.11.048.

13. Nemade, P.D.; Kadam, A.M.; Shankar, H.S. (2009). "Wastewater renovation using constructed soil filters (CSF): A novel approach". *Journal of Hazar*dous Materials (Elsevier)

14. A documentary video detailing a 3 MLD SBT plant deployed at the Brihanmumbai Municipal Corporation for Mumbai city can be seen at "SBT at BMC Mumbai."

15. EPA. Washington, DC (2007). "Membrane Bioreactors."

Wastewater Management Fact Sheet.

16. Black & Veatch, Inc. (1971). *Process Design Manual for Phosphorus Removal*. Washington, D.C.: EPA. p. 2-1.

17. Das, Tapas K. (08 2001). "Ultraviolet disinfection application to a wastewater treatment plant". *Clean Technologies and Environmental Policy* (Springer Berlin/Heidelberg)

18. Florida Department of Environmental Protection. Talahassee, FL. "Ultraviolet Disinfection for Domestic Waste water." 2010-03-17.

www.SID.ir