

## فن آوری نانو پیشرفتی در سامانه‌های تصفیه‌ی آب

مهديه جلالی<sup>۱</sup>، زهره زرنگار<sup>۲</sup>

۱- دلیجان، پیام نور دلیجان

۲- دانشگاه کاشان، دانشکده‌ی شیمی، بخش شیمی آلی

### چکیده

یکی از مسایل مهم پیش روی جوامع امروزی، مشکل آلودگی آب است. پژوهشگران بسیاری در این حوزه مشغول پژوهش و بررسی برای رفع این مشکل هستند. یکی از راه کارهایی که مورد توجه بسیاری از پژوهشگران قرار گرفته، استفاده از نانو ساختارها برای حذف انواع آلاینده‌ها است. در میان نانو ساختارها، نانوذرات نقش مهمی در سامانه‌های نوین تصفیه‌ی آب دارند. در این مقاله به نقش نانوذرات در تصفیه‌ی آب‌های آلوده و فاضلاب‌ها پرداخته می‌شود.

**واژه‌های کلیدی:** فن آوری نانو - تصفیه‌ی آب - اکسایش پیشرفته - فاضلاب - نانوذرات

z\_zarnegar@yahoo.com

m.jalali405@yahoo.com

### ۱- مقدمه

بشر از دیرباز به دنبال زندگی بهتر و آسایش بیشتر بوده است و به مرور به تولید مواد و وسایل مصنوعی پرداخته تا آن‌ها در این جهت سود برد. ولی به تازگی، با پیشرفت چشمگیر صنایع، اکوسیستم‌های طبیعی دست‌خوش تغییر شده و برخی مشکلات را برای زندگی بشر به وجود آورده است. از جمله مشکلاتی که به وجود آمده در اثر توسعه صنایع، آلودگی هوا- خاک - آب است و به طور روز افزون نیاز به برطرف شدن این معضل احساس می‌شود. در این میان، برطرف کردن آلودگی آب توجه دانشمندان را به خود جلب کرده است؛ چون آب مایه‌ی حیات است و ادامه‌ی زندگی بدون آن ممکن نیست. به بیان دیگر، منابع آبی در سراسر جهان در مرحله بحرانی است مشکل کمبود آب و کیفیت آن مسایل بی‌شماری برای جهانیان به وجود آورده است. در دستور کار ۲۱ کنفرانس جهانی ریو تاکید بسیاری بر اصول اساسی مدیریت در آب دارند. مسایل مربوط به مدیریت آب از دیدگاه سازمان ملل متحد پس از مشکل جمعیت، به عنوان دومین مساله‌ی اصلی جهان شناخته شده است. آسیب‌های ناشی از کمبود آب سالم و بهداشتی، استفاده از فن آوری‌های نوینی مانند نانو را لازم می‌سازد.

روش‌های بسیار زیادی برای تصفیه آب و فاضلاب وجود دارد که هریک معایب و سودهای فراوانی دارد. اما همان طور که می‌دانیم باید به دنبال روشی گشت که حداقل ضرر، با بازده کاری بالا را داشته باشد، مثلاً یکی از مشکل‌های موجود در تصفیه آب و فاضلاب عدم امکان تصفیه‌ی مواد آلاینده در غلظت کم و خواص سمی برخی مواد آلاینده که به سادگی تصفیه نمی‌شوند و چه بسا در مقابل عوامل بیولوژیکی نیز مقاومت نشان دهند. برای حل این مشکل به تازگی پژوهش‌های فراوانی بر روی فرایندهای اکسایش پیشرفته (AOPs) صورت گرفته است. امروزه انواع نانوذرات مانند نانوذرات آهن اکسید و تیتانیوم دی‌اکسید از مهم‌ترین و کارآمدترین روش‌های تصفیه‌ی این نوع آلاینده‌ها هستند.

### ۲- پساب (فاضلاب)

پساب (فاضلاب) به آبی گفته می‌شود که خاصیت اولیه آن به علت مصرف زیاد بشر از دست رفته باشد به طوری که نشود دوباره از آن برای مصرفی دیگر استفاده کرد. پساب‌ها به دو دسته پساب‌های شهری و صنعتی تقسیم‌بندی می‌شود. وجود مواد آلی، میکروارگانیسم‌ها و فلزهای سنگین در

پساب‌ها از اهمیت بالایی برخوردار است چرا که این آلودگی‌ها مشکل‌های فراوانی را برای محیط زیست و سلامت بشر ایجاد کرده است.

**۳- تصفیه‌ی پساب‌های صنعتی و فاضلاب‌های شهری به کمک فن آوری نانو**  
روش‌های مختلف تصفیه‌ی پساب با استفاده از علم نانو در سه دسته‌ی اصلی خلاصه می‌شوند:

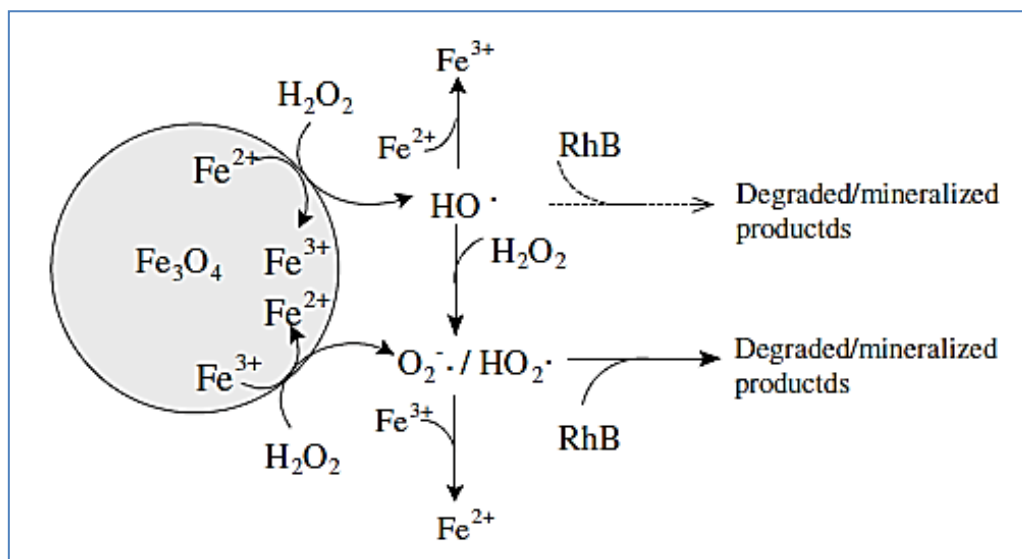
۱- جذب سطحی: در این روش به کمک جاذب مناسب، آلاینده‌ها از پساب جذب و جدا می‌شوند.

۲- نانوفیلتراسیون: نانوفیلتراسیون یک فرایند غشایی است که مابین فرایندهای اسمز معکوس و اولترافیلتراسیون قرار دارد.

۳- اکسایش نورکاتالیزگری: به طور کلی فرایندهای اکسایش پیشرفته در برگرفته کلیه فرایندهایی هستند که در آن‌ها با روش‌های مختلف، رادیکال‌های فعال هیدروکسیل تولید می‌شوند که باعث تجزیه‌ی کامل اکثر آلاینده‌ها می‌گردند. فرایندهای اکسیداسیون پیشرفته، اکسند قوی هیدروکسیل رادیکالی تولید می‌کنند که این اکسند قوی می‌تواند همه مواد آلوده را تجزیه کرده و با اکسایش مواد آلاینده به ترکیبات ساده تر و نیز غیرسمی مانند: دی‌اکسیدکربن، آب و یون‌های معدنی مانند:

نیترات، کلرید، سولفات، فسفات، باعث از بین رفتن کامل آلودگی آب شود. برخی روش‌های اکسایش پیشرفته فقط با افزودن هیدروژن پراکسید یا ازن، باعث حذف کامل آلاینده‌ها می‌شود و برخی روش‌های دیگر باید همراه با تابش‌های نور انجام پذیرد. در فرایند اکسایش پیشرفته، اکسید قوی هیدروکسیل رادیکالی از هیدروژن پراکسید که از اکسند‌های سبز به شمار می‌آید تولید می‌شود.

فرایند اکسایش پیشرفته به وسیله برخی کاتالیزورها کاتالیست می‌شود که از مهم‌ترین کاتالیزورها، پراکسیدازهای تجاری مانند Horseradish peroxidase می‌باشد که از فرایند کاتالیزوری اکسایش، در حذف آلاینده‌ها کاربرد گسترده‌ای دارد. اما این روش بسیار گران قیمت است و صرفه اقتصادی ندارد. به خصوص که این کاتالیزورها فقط برای حذف مواد رنگزا مورد استفاده قرار می‌گیرند. اما پژوهشگران به تازگی دریافته‌اند که نانوذرات آهن اکسید مگنتیت (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) را می‌توان به جای کاتالیزورهای پراکسیداز مورد استفاده قرار داد. این نانوذرات - مگنتیت- می‌توانند نه تنها تولید رادیکال هیدروکسیل کنند بلکه رادیکال‌های مناسب دیگر را در حضور هیدروژن پراکسید کاتالیست می‌کنند به طوری که فرایند اکسایش پیشرفته با استفاده از فن آوری نانو پیشرفت قابل توجهی نموده است. شکل ۱ نحوه انجام این فرایند را نشان می‌دهد.



شکل ۱) سازوکار برای فعالیت آب اکسیژنه با کانالیزگر نانوذرات مگنتیت برای حذف آلاینده‌های آلی در آب

#### ۶- منابع

1. WWW.YAZDFARDA.COM.
2. <http://nmbk.ir/index.aspx>
3. L. Zhou, C. Gao, W. Xu, Applied materials & interfaces, 2 (2010)1483-1491 .
4. N. Daneshvar, D. Salari, A. Niaei, M.H. Rasoulifard, A.R. Khataei, J. Environ. Sci. Health, 40 (2005) 1605.
۵. اصول تصفیه‌ی آب و پساب‌های صنعتی، ابراهیم علیا، تهران، طراح، چاپ اول، ۱۳۸۲
6. N. Wang, L. Zhu, D. Wang, M. Wang, Z. Lin, H. Tang, Ultrasonics Sonochemistry. 17 (2010) 526-533.
7. N. Wang, L. Zhu, M. Wang, D. Wang, H. Tang, Ultrasonics Sonochemistry. 17 (2010) 78-83.
8. <http://www.tebyan.net/newindex.aspx>
9. <http://en.wikipedia.org>
۱۰. نانوفناوری برای همه، نویسندگان: ریچارد بوکر، ارل بویسن، مترجمان: فریبا شریفی، نوشین افتخارزاده، فرهاد مالکی. تهران: ره‌شهر، دیپاچه، ۱۳۸۸.

#### ۴- تصفیه‌ی آب با استفاده از نانو ذرات

نانو ذرات با داشتن ساختار بسیار کوچک و منحصر به فرد که ایجاد ویژگی‌های خاص مکانیکی، مغناطیسی، نوری، الکترونیکی و... می‌کند، برای تصفیه‌ی آب بسیار مناسب است. احتمال استفاده از نانوذرات فلزی و اکسیدهای فلزی مانند: نقره و تیتانیوم اکسید برای از بین بردن نانومواد آنتی باکتریال به مراتب از دیگر نانوذرات بیشتر است. از روش‌های دیگر تصفیه آب‌های آلوده، استفاده از نانوذرات آهن است. که برای این منظور آهن را به داخل آب آلوده تزریق کرده که آهن در تماس با اکسیژن آب به اکسید آهن تبدیل شده که آلاینده‌ها در تماس با اکسید آهن خنثی می‌شوند. این روش نسبت به روش‌های مورد استفاده امروزی بسیار به صرفه تر است. نانوذرات آهن از یک طرف به دلیل اندازه کوچک دارای توزیع زیرسطحی موثر و آسان می‌باشند و از طرفی دیگر با سطح مقطع بزرگ که واکنش پذیری بالایی را ایجاد می‌کند، می‌توانند ابتدا مواد آلاینده را به محصولات کم خطرتر کاهش داده و سپس آن‌ها را بر روی سطح خود جذب کنند.

همچنین در حذف آلاینده‌های آب از ساختارهای مختلفی نظیر نانومیله، نانوصفحه و نانوبرگ‌های اکسید مس نیز استفاده شده است. بر اساس نتایج به دست آمده، از میان ساختارهای مختلف، بازده عملکرد نانومیله‌ها بالاتر از سایر موارد بوده است؛ به گونه‌ای که میزان حذف رنگ قرمز کنگو با استفاده از نانومیله‌ها ۶۷ درصد و برای نانوبرگ‌ها و نانوصفحه‌ها به ترتیب ۴۸ و ۱۲ درصد گزارش شده است.

#### ۵- نتیجه‌گیری

استفاده از فن‌آوری نانو در کاربردهای زیست‌محیطی به تازگی موجب توسعه‌ی آن در سال‌های اخیر شده است. آنچه از توانمندی‌های فن‌آوری نانو ارایه شد به این معنی است که می‌توان از این روش برای حفاظت محیط زیست آینده‌ای نه چندان دور استفاده کرد و در کنار استفاده از منابع طبیعی با کمک فن‌آوری‌های پیشرفته بتوان به تعاملی پایدار با طبیعت رسید.