



## کاربرد مواد جاذب برای حذف آلودگی نفتی

زهرا السادات رضوی

کارشناسی ارشد آلودگی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان

Zahrarazavi204@yahoo.com

### خلاصه

یکی از معضلات زیست محیطی جدی که می‌تواند خسارت‌های غیر قابل جبرانی به محیط زیست وارد سازد آلودگی نفتی است. روش‌های مختلف فیزیکی، شیمیایی و زیستی برای پاکسازی محیط‌های آلوده به نفت وجود دارد که هر کدام از این روش‌ها مزایا و محدودیت‌هایی دارند. در این مطالعه با در نظر گرفتن جنبه‌های مختلف اقتصادی و زیست محیطی، به بررسی روش‌های مختلف حذف آلودگی نفتی پرداخته شده است. نتایج نشان داد که در میان فرایندهایی که برای حذف آلاینده‌های نفتی به کار گرفته شده است، استفاده از مواد جاذب جز به صرفه‌ترین و اقتصادی‌ترین روش‌های حذف آلودگی نفتی محسوب می‌شود. استفاده از مواد زاید کشاورزی به عنوان جاذب علاوه بر اینکه باعث حذف انواع آلاینده‌ها مخصوصاً ترکیبات نفتی در محیط زیست می‌گردد می‌تواند منجر به کاهش آلودگی‌های ناشی از سوزاندن و دفع این مواد زاید نیز گردد.

کلمات کلیدی: آلودگی نفتی، روش‌های حذف، مواد جاذب

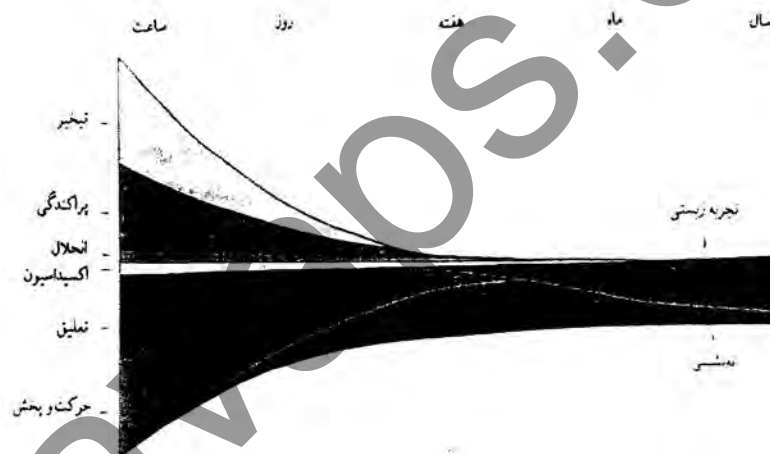
## ۱. آلودگی نفتی

از آنجایی که آلودگی نفتی آنها به سادگی قابل مشاهده است و مردم زیادی در تماس با آن قرار دارند، این مسئله اذهان عمومی را شدیداً به خود جلب کرده است [۱].

از جمله راه‌های ورود مواد نفتی به محیط آبی می‌توان به عملیات نفت کش‌ها، تصادم نفت کش‌ها، سایر عملیات حمل و نقل دریایی، پالایشگاه‌های نفتی واقع در مناطق ساحلی، پایان‌های بارگیری، فاضلاب‌های شهری و صنعتی، نزولات جوی، تراوش طبیعی مواد نفتی، بیوسنتز و غیره اشاره کرد [۱].

تخلیه بی‌ملاحظه فاضلاب‌های حاوی نفت خروجی‌های صنایع و کارخانه‌ها به محیط‌های آبی نه تنها از لحاظ زیباشناسی (بوی نامطبوع، ظاهر نامناسب و غیره) مشکلاتی را ایجاد می‌کند بلکه از لحاظ سمیت‌شناسی نیز اثرات زیان‌باری بر روی محیط زیست و انسان به دنبال دارد [۲].

به طور کلی نفت آلوده کننده آب در دو فرم نفت آزاد و نفت معلق یا امولسیون شده تقسیم بندی می‌شود. بر خلاف نفت شناور یا آزاد بیشتر فاضلاب‌های صنعتی شامل امولسیون نفت هستند که تصفیه آنها به خاطر پایداری بالای آنها با مشکلات زیادی روبرو هست و بنابراین فقط از طریق زلال‌سازی شیمیایی قابل جداسازی هستند [۲]. به محض ورود نفت به آب ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی نفت تغییر می‌کند که به این فرایند هوازدگی<sup>۱</sup> گفته می‌شود. فرایندهای اصلی هوازدگی نفت در آب شامل تبخیر، انحلال، اکسیداسیون، تشکیل امولسیون و تجزیه زیستی است [۳] (شکل ۱).



شکل ۱. نمای شماتیک سرنوشت نفت خام و تغییرات فرایندهای هوازدگی در طول زمان

## ۲. اثرات مخرب آلودگی نفتی

ورود نفت به محیط آبی علاوه بر اثرات کوتاه مدت اثرات بلند مدت را نیز به دنبال دارد. اما متأسفانه اثرات طولانی مدت آن کمتر مورد توجه قرار گرفته است. از جمله اثرات اکولوژیکی آلودگی نفتی می‌توان به آسیب به سواحل، مرگ موجودات آبی مانند پلانکتون‌ها به عنوان اولین زنجیره غذایی به دلیل جلوگیری از انتقال اکسیژن، تخریب پوشش‌های گیاهی ثابت مانند مانداب‌های شور و مرداب‌ها، نقصان تعداد پرندگان دریایی و پستانداران دریایی، مخاطرات بهداشت عمومی ناشی از آلودگی نفتی مانند سمیت آب آشامیدنی و بوی نامطبوع، خسارت‌های تجاری به شیلات و صنعت توریسم اشاره کرد [۱]. بنابراین گسترش تکنولوژی‌های جدید برای حذف و پاکسازی آلودگی نفتی ضروری است [۱].

<sup>1</sup> weathering



### ۳. روش‌های پاکسازی آلودگی نفتی

روش‌های مختلفی برای پاکسازی آلودگی نفتی و مشتقات آن وجود دارد. که این روش‌ها در سه دسته کلی فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی دسته بندی می‌شود. اولین گروه روش‌های فیزیکی مثل جاذب‌ها، بوم و اسکیمرها [۴]، فروردن لکه نفتی در اعماق [۱]. دومین گروه روش‌های شیمیایی مثل پراکنده سازها، سوزاندن در محل، استفاده از جامدسازها، عوامل ژل ساز [۱]. سومین گروه روش‌های بیولوژیکی مثل پاکسازی زیستی است [۴]. هر کدام از این روش‌ها مزایا و محدودیت‌های دارند که در زیر به برخی از آنها اشاره می‌گردد.

#### ۱.۳ روش‌های فیزیکی

بوم‌ها و اسکیمرها برای جلوگیری از پیشروی نفت به کار می‌روند. بوم‌ها اختصاصاً برای محدود کردن نفت به یک منطقه خاص یا جلوگیری از ورود نفت به مناطق دیگر استفاده میشوند در حالی که اسکیمرها برای بازیافت و احیای نفت از سطح استفاده می‌شوند [۵]. یکی از مهمترین مشکلات استفاده از بوم‌ها این است که بیشتر نفت به ته آب می‌رود و زندگی موجودات زیرین را به خطر می‌اندازد همچنین ممکن است تشکیل گلوله‌های قیری دهند. از جمله محدودیت‌های مهم استفاده از اسکیمرها نیز این است که آنها باعث می‌شوند بیشتر نفت با آب مخلوط شود [۴]. علاوه بر این محدودیت روش‌های فیزیکی مثل جاذب‌ها، نیز محدودیت در کاربرد عملی این مواد است. همچنین مواد جاذب پخش شده باید مجدداً جمع‌آوری گردند و با این عمل حجم فعالیت‌ها دوبرابر شده و میزان مواد نفتی که در یک زمان معینی می‌توان جمع‌آوری کرد نصف می‌گردد [۱].

#### ۲.۳ روش‌های شیمیایی

جامدسازها موادی هستند که با نفت واکنش می‌دهند و آن را از فرم مایع به فرم جامد تغییر می‌دهند. کارایی استفاده از جامدسازها برای حذف آلودگی نفتی بسته به نوع و ترکیب نفت متفاوت است. همچنین برای استفاده از جامدسازها برای حذف آلودگی نفتی باید مقادیر زیادی از آنها به کار گرفته شود [۶]. همچنین پراکنده سازها به سادگی نفت را پراکنده می‌کنند تا جدایی لکه نفتی را از آب توسط جذب تسریع ببخشند [۵]. یکی از معایب پراکنده سازها این است که هر چند لکه نفتی حذف می‌شوند اما ترکیبات نفتی هنوز در آب وجود دارند و مشکل اساسی حل نگشته است. همچنین کاربرد عملی این مواد نیز محدود است. همچنین در انتخاب مواد برای روش‌های شیمیایی به عنوان پراکنده ساز یا ژل ساز باید نهایت دقت انجام شود که مواد بسیار کم خطر به آب اضافه شود [۱].

#### ۳.۳ روش‌های بیولوژیکی

اگر چه معمولاً روش بیولوژیکی از لحاظ زیست محیطی و اقتصادی به صرفه هستند اما مهمترین محدودیت روش بیولوژیکی زمان بردن آن است [۴].

#### ۴. جذب

در میان فرایندهایی که برای حذف آلاینده‌های نفتی به کار گرفته شده است، جذب توجه زیادی را به خود اختصاص داده است [۲]. امروزه استفاده از مواد جاذب است جز به صرفه ترین و اقتصادی ترین روش‌های حذف آلودگی نفتی در زمین یا آبهای آلوده است [۵]. در حقیقت جاذب قابلیت تبدیل نفت مایع به فرم نیمه جامد و جامد را تسهیل می‌کند. از جمله فاکتورهای موثر در انتخاب مواد جاذب برای حذف ترکیبات نفتی قابلیت دسترسی، ارزان قیمت، ظرفیت و سرعت بالای جذب ترکیبات نفتی، هیدروفوب بودن جاذب، زمان نگهداشت زیاد، سهولت بازیافت نفت از جاذب، قابلیت استفاده مجدد، شناوری بالا، قابلیت تجزیه زیستی، مقاومت بالای فیزیکی و شیمیایی در مقابل تغییر شکل؛ تجزیه نوری، واکنش‌های شیمیایی. دوستدار محیط زیست است. به هر حال آب گریز بودن و چربی دوستی مواد جاذب از جمله پارامتر اولیه تعیین کننده برای انتخاب جاذب برای حذف ترکیبات آلی است [۷]. مواد جاذب نفت به سه گروه اصلی طبقه بندی می‌شود: مواد آلی سنتزی، مواد معدنی، مواد آلی گیاهی [۵، ۷].

#### ۱.۴ مواد آلی سنتزی

در حال حاضر محصولات سنتزی آلی مثل پلی پروپیلین و پلی یوری تان به خاطر ویژگی های هیدروفوب و چربی دوستی بالا بیشترین جاذب های تجاری مورد استفاده برای حذف ترکیبات نفتی به شمار می آیند ولی از جمله معایب استفاده از آنها، غیرقابل تجزیه بودن آنهاست [۷].

#### ۲.۴ مواد معدنی

مواد معدنی مورد استفاده در جذب نفت شامل پرلیت، گرافیت ورقه ورقه، ورمی کولیت، رس های آلی، زئولیت و دیاتوم ها است [۵]. زئولیت ها به دلیل دارا بودن خلوص بالای سیلیس و آب گریزی به عنوان جاذب انواع آلاینده های آلی مثل ترکیبات آلی فرار استفاده می شوند. زئولیت ها با دارا بودن سایز حفرات حدود  $0.4-0.9$  نانومتر سطح ویژه بالایی دارند. از جمله مزیت های زئولیت ها به عنوان جاذب ایمن بودن بالا به خاطر غیرقابل اشتعال بودن آنها، جذب بالا علی رغم رطوبت نسبی بالا (بیش از  $70\%$  در مقایسه با  $50\%$  کربن فعال)، تولید دوباره با بخار یا کلسینه کردن در دمای بالا است. ولی یکی از مضرات آن ظرفیت جذب کم برای بیشتر ترکیبات آلی در مقایسه با کربن فعال است [۵].

کربن فعال نیز به عنوان یک جاذب تجاری برای جذب ترکیبات آلی به خصوص ترکیبات آلی فرار (VOC) کاربرد دارد. از جمله مزیت های آن می توان به ظرفیت جذب بالا، قابل دسترس بودن اشاره کرد. ولی به هرحال از جمله معایب آن هزینه بالا، ریسک آتش سوزی، مسدود شدن حفرات و مشکل تولید مجدد و عدم گزینش پذیری اشاره کرد [۵].

دیاتوم ها جلبک های فنوسنتز کننده، بویکاریوت، تک سلولی هستند که تقریباً در هر زیستگاه آبی روی سطح زمین وجود دارند. جدا از اهمیت اکولوژیکی آنها، به دلیل دیواره سلولی حاوی سیلیس بسیار شناخته شده هستند. دیواره های سلولی آنها دارای مقیاس نانومتر تا میکرومتر است. دیاتوم ها از مواد آلی و معدنی تشکیل شده اند که حدود  $97\%$  دیواره سلولی دیاتوم ها از ترکیبات معدنی به خصوص سیلیس هیدراته خالص با مقدار کمی آلومینیم و آهن تشکیل شده است (شکل ۲). این ترکیبات به دلیل داشتن سطح ویژه بالا به خاطر نانوسیلیس قادر به جذب انواع آلاینده ها به خصوص مواد فرار مثل گازها هستند [۸].



شکل ۲. انواع مختلف دیاتوم ها بر اساس شکل و ساختار

در کل از جمله معایب جاذب های معدنی به عنوان جاذب می توان به عدم قابلیت استفاده مجدد (در بیشتر موارد)، بازیافت ضعیف نفت، آب گریز بودن ضعیف و غیره است. همچنین استفاده از جاذب های معدنی در بیشتر موارد نیاز به اصلاح سطح دارند تا ویژگی آب گریز بودن و تمایل آنها برای جذب ترکیبات آلی افزایش یابد [۶].



### ۳.۴ مواد آلی طبیعی

محدودیت های مواد معدنی و مواد سنتزی آلی باعث شد که توجه زیادی به گسترش جاذب های جدید از جمله مواد طبیعی آلی که قابلیت تجزیه زیستی دارند گردد. استفاده از مواد زاید یا محصولات جانبی کشاورزی مثل بقایای برنج، انواع فیبرهای گیاهی، بقایای ذرت، پنبه درختی، علف شیر، کنف و غیره به عنوان مواد قابل دسترس و ارزان قیمت برای پاکسازی محیط های آلوده توجه بسیاری از محققان را به خود جلب کرده است. از جمله مزیت های مهم آنها می توان به فراوانی آنها، هزینه کم، توانایی برای تجزیه زیستی، سادگی تکنیک استفاده از آنها اشاره کرد. همچنین از جمله مزیت های دیگر جاذب های طبیعی امکان بازیافت چندباره آنها در حذف آلودگی نفتی وجود دارد [۷].

یکی از این مواد زاید کشاورزی که در سالهای اخیر توجه زیادی را به خود اختصاص داده است پوسته برنج است. سالانه حدود ۵۰۰ میلیون تن برنج در سراسر جهان فراوری می شود که از این مقدار ۱۰۰ میلیون تن پوسته برنج است [۹]. در بسیاری از کشورها مانند ایران پوسته برنج به عنوان یک ماده زاید کشاورزی در اغلب موارد سوزانده می شود و باعث آلودگی هوا می گردد. پوسته برنج خشک شامل ۷۰-۸۵٪ مواد آلی (سلولز، لیگنین، همی سلولز و ...) و باقیمانده سیلیس است (جدول ۱) [۱۰].

جدول ۱. ترکیب پوسته برنج

درصد	ترکیب
۵۵-۶۰	سلولز
۲۰-۲۲	لیگنین
۱۸-۲۰	سیلیس

به دلیل فراوانی، هزینه کم، ساختار خاص پوسته برنج یک ماده مناسب برای تصفیه آب و جاذب بسیار موثری در حذف انواع آلاینده های محیطی به شمار می آید. پوسته برنج برای حذف بسیاری از آلاینده های فاضلاب مثل یون های فلزات سنگین، رنگ ها، فنول و سایر آلاینده های آلی و معدنی به کار گرفته شده است [۱۱]. به هر حال استفاده از این مواد زاید کشاورزی به عنوان جاذب علاوه بر اینکه به کاهش آلودگی های محیطی کمک می کند می تواند منجر به کاهش آلودگی های ناشی از سوزاندن و دفع آنها نیز گردد [۱۲].

### ۵. نتیجه گیری

تخلیه ترکیبات نفتی در محیط زیست به خاطر سمیت و تهدید آن برای موجودات یکی از نگرانی های اصلی محسوب می شود. روش های مختلفی برای پاکسازی محیط های آلوده به نفت استفاده می شود. انتخاب هر روش پاکسازی باید با در نظر گرفتن جنبه های اقتصادی و زیست محیطی صورت گیرد. امروزه استفاده از مواد جاذب یکی از کارآمدترین روش های حذف آلودگی نفتی در محیط های آبی محسوب می شود. از جمله فاکتورهای موثر در انتخاب مواد جاذب برای حذف ترکیبات نفتی قابلیت دسترسی، ارزان قیمت، ظرفیت و سرعت بالای جذب ترکیبات نفتی، هیدروفوب بودن جاذب، زمان نگهداشت زیاد و غیره است. مواد جاذب نفت شامل مواد آلی سنتزی، مواد معدنی، مواد آلی گیاهی هستند. امروزه قابلیت مواد آلی گیاهی برای حذف انواع آلاینده ها به خصوص آلودگی نفتی بسیار مورد توجه است.

### ۶. مراجع

[1] کلارک. آر. بی. (۱۳۸۵). آلودگی دریا. مترجم: جعفر زاده حقیقی، ن. فرهنگ. م. انتشارات آوای قلم.

[2] Ibrahim, S., Ang, H.-M. and Wang, S., (2009), "Removal of emulsified food and mineral oils from wastewater using surfactant modified barley straw", *Bioresource Technology*, Vol., No. 100, pp. 5744-5749.

[3] Lee, B.-G., Han, J. S. and Rowell, a. R. M., (1999), *OIL SORPTION BY LIGNOCELLULOSIC FIBERS, KENAF PROPERTIES, PROCESSING AND PRODUCTS*. 423-433

[4] Bayat Ahmad, s. F. A., Ahmad Moheb, and G. Reza vakili Nazhaad, (2005), "Oil Spill Cleanup from sea Water by Sorbent Materials", *Chem. Eng Technol.*, Vol., No. 28, pp.

[5] Adebjo, M. O., R.L. Frost, Klopogge, J. T. and Kkot, O. C. A. S., (2003), "Porous Materials for Oil Spill Cleanup: A Review of Synthesis and Absorbing Properties", *Journal of Porous Materials*, Vol., No. 10, pp. 159-170.



- [6] Rosales, P. I., Suidan, M. T. and Venosa, A. D., (2010), "A laboratory screening study on the use of solidifiers as a response tool to remove crude oil slicks on seawater", *Chemosphere*, Vol. 80, No. 4, pp. 389-395.
- [7] Lim, T. T. and Huang, X., (2007), "Evaluation of kapok (*Ceiba pentandra* (L.) Gaertn.) as a natural hollow hydrophobic-oleophilic fibrous sorbent for oil spill cleanup", *Chemosphere*, Vol. 66, No. 5, pp. 955-963.
- [8] Werner, D., et.al., (1977), "Introduction with a note on taxonomy In *The Biology of Diatoms*", Vol., No., pp. 1-17.
- [9] Chen, X.-G., Lv, S.-S., Zhang, P.-P. and Ye, L. Z. Y., (2010), "Thermal destruction of rice hull in air and nitrogen", *J Therm Anal Calorim*, Vol., No. DOI 10.1007/s10973-010-1201-2.
- [10] رنجیر. م. شمس‌غ.ع. (۱۳۸۸). بررسی کاربردهای فناوری نانو به تفکیک رشته‌های تحصیلی مهندسی کشاورزی. مجله سبز زیست. سال دوم.
- [11] Sun, X. F., Sun, R. C. and Sun, J. X., (2002), "Acetylation of rice straw with or without catalysts and its characterization as a natural sorbent in oil spill cleanup", *Journal of agricultural and food chemistry*, Vol. 50, No. 22, pp. 6428-6433.
- [12] Brand o, P. C., Souza, T. C., Ferreira, C. A., Hori, C. E. and Romanielo, L. L., (2010), "Removal of petroleum hydrocarbons from aqueous solution using sugarcane bagasse as adsorbent", *Journal of hazardous materials*, Vol. 175, No. 1-3, pp. 1106-1112.